

Alterações nos atributos químicos do solo, cinco anos após a implantação de Sistemas Agroflorestais com manejos distintos em Pindorama, SP.

Changes on chemical soil attributes, five years after the implementation of Agroforestry Systems with different techniques of planting and soil preparation in Pindorama, SP.

SIQUEIRA, Caio César Zito¹; CHIBA, Marcio Koiti¹; ABDO, Maria Teresa Vilela Nogueira²; CARNIER, Ruan¹; MOREIRA, Rodrigo Santos¹.

¹Instituto Agrônomo, Campinas, SP, caiocesarflorestal@gmail.com;

²Polo Centro Norte- APTA, Pindorama, SP, mtvilela@apta.sp.gov.br.

Resumo: Este trabalho avaliou alterações químicas em um Argissolo, cinco anos após implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs), sob diferentes técnicas de plantio e preparo de solo: SAF1 (Roçadeira acoplada ao trator, plantio de árvores em covas, espaçamento 3 x 2m, 300 g de calcário, 200g de superfosfato simples nas covas, sem cultivo ou adubação nas entrelinhas); SAF2 (Herbicida, plantio em covas, espaçamento 3,5 x 2m, plantio de milho entrelinhas, 2 Mg ha⁻¹ de calcário e torta de filtro, 300 kg de NPK 8/28/16); SAF3 (Arado, grade, sulcador, plantio de árvores no sulco, espaçamento 3,5 x 2m, plantio de milho entrelinhas, 2 Mg ha⁻¹ de calcário e torta de filtro, 300 kg de NPK 8/28/16). O solo foi amostrado na camada 0-20 cm em 2011 e em 2016 para determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez (pH_{CaCl2}), matéria orgânica, soma de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases. Foram aplicados ANOVA e teste t 5% para os atributos químicos do solo obtidos em 2011 e 2016. Para comparação entre os tratamentos analisados em 2016 foi incluído como referência um fragmento de floresta próximo ao experimento e aplicada ANOVA e teste de Tukey 5%. A cobertura vegetal e o aporte de matéria orgânica nos SAFs proporcionaram aumento nos teores de matéria orgânica, fósforo, CTC, soma de bases, cálcio magnésio em todos os tratamentos, destacando o preparo de solo com uso de grade e arado, que contribuiu para a diminuição da acidez do solo no SAF3.

Palavras-chave: Fertilidade do solo, matéria orgânica, recuperação de áreas degradadas.

Abstract: This work evaluated chemical changes in a Ultisols, five years after the implementation of Agroforestry Systems (AFSs), under different tillage and planting techniques : SAF1 (Mower coupled to the tractor, planting trees in hollows, spacing 3 x 2 m, 300 g of lime, 200 g superphosphate in graves without cultivated or fertilization between lines); SAF2 (herbicide, planting in hollows, 3.5 x 2 m spacing, with maize cultivated between lines, 2 Mg ha⁻¹ of scale and filter cake, 300 kg of NPK 8/28/16); SAF3 (Plough, Harrow, scarifier, planting trees in furrows, 3.5 x 2 m spacing, with maize between lines, 2 Mg ha⁻¹ of scale and filter cake, 300 kg of NPK 8/28/16). The soil was sampled at 0-20 cm layer in 2011 and 2016 for the determination of the levels of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, acidity (pH_{CaCl2}), organic matter, sum of bases, cations exchange capacity, bases saturation. ANOVA and test-t 5% was applied for soil chemical properties obtained in 2011 and 2016. To compare the treatments analyzed in 2016 was included as reference a forest fragment near the experiment and applied ANOVA and Tukey test 5%. The vegetal cover and



the amount of soil organic matter of AFSs provided increased levels of phosphorus, cations exchange capacity, sum of bases, calcium e magnesium in 0-20 cm layer of soil in all treatments, highlighting the soil preparation with use of grid and plow, which contributed to the reduction in the acidity of the soil in the SAF3.

Keywords: Soil fertility, organic matter, recovery of degraded areas.

Introdução

A legislação florestal brasileira permite a implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) para recomposição vegetal de áreas de preservação permanente e reserva legal em pequenas propriedades ou posse rural familiar, sendo uma alternativa que gera renda e proporciona a produção de alimentos na área reflorestada.

Nos SAFs, espécies agrícolas, arbustivas e arbóreas são plantadas em consórcio em uma mesma área, com a possibilidade de incluir a criação de animais. Dessa forma, esses sistemas podem aumentar não só a resiliência ecológica, mas também a econômica e social das áreas restauradas (ENGEL, 2011).

As estratégias de implantação e condução utilizadas nesses sistemas se baseiam na tentativa de replicar a diversidade encontrada na natureza. Dessa maneira, os SAFs visam restaurar as funções ecológicas do solo por meio da cobertura vegetal, proteção dos recursos hídricos, manutenção dos ciclos biogeoquímicos, conservação da cadeia produtiva, da fauna silvestre e do microclima (MACDICKEN & VERGARA, 1990; GÖTSCH, 1995; WANDELLI, 2010).

A qualidade do solo representa sua capacidade em sustentar a atividade biológica e o crescimento das espécies vegetais e animais (DORAN & PARKIN, 1994). A matéria orgânica é utilizada como fonte de energia pelos microrganismos do solo, além de fazer parte da ciclagem de nutrientes, formação e estabilização de agregados, diminuição da densidade e aumento dos sítios de troca catiônica (CTC) (ALTIERI, 2002; PRIMAVESI, 2002; GLIESSMAN, 2009). Por essa razão, práticas de manejo que conservem e aumentem os teores de matéria orgânica são importantes para melhorar a qualidade do solo bem como seu potencial produtivo.

A avaliação dos teores de nutrientes e matéria orgânica do solo (MOS), em conjunto com outras características como acidez (pH), saturação por bases (V%), CTC e também devem ser utilizados para verificar a eficiência de práticas de manejo utilizadas na implantação de SAFs e sua contribuição de maneira efetiva para elevar a fertilidade de solos degradados em processo de restauração (MELLONI et al., 2008). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações químicas observadas em um Argissolo de textura arenosa, cinco anos após a implantação de SAFs compostos por 28 espécies arbóreas nativas intercaladas com três espécies de interesse produtivo: acerola (*Malpighia emarginata* L.), seringueira (*Hevea*

brasiliensis Muell. Arg) e urucum (*Bixa orellana* L.), instalados utilizando diferentes técnicas de plantio e preparo de solo.

Metodologia

A área estudada localiza-se no Polo Centro Norte/APTA, Pindorama, SP, pertencente à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA). O clima enquadra-se no tipo Aw, tropical úmido, conforme a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1258 mm, com temperatura média de 23,8 °C no verão e 19,3 °C no inverno (LEPSCH & VALADARES, 1976). O solo é classificado como Argissolo de textura arenosa média/abrupto (ABDO et al., 2012).

No ano de 1998 foi realizada a recuperação de uma área degradada por voçoroca com a construção de quatro açudes em desnível com canais vertedouros laterais de concreto, para direcionar o escoamento da água (ABDO et al. 2008).

O experimento foi instalado em 2011 às margens dos quatro açudes com a implantação de SAFs compostos por 28 espécies arbóreas nativas intercaladas com três espécies de interesse produtivo: acerola (*Malpighia emarginata* L.), seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) e urucum (*Bixa orellana* L.) (ABDO et al., 2012). Os tratamentos foram formados a partir da utilização de diferentes técnicas de preparo de solo e plantio:

SAF1: controle de mato com o uso de roçadeira acoplada ao trator, plantio de 33 espécies arbóreas em covas no espaçamento 3 x 2 m, adubação com 300 g de calcário e 200 g de superfosfato simples nas covas, sem cultivo agrícola nas entrelinhas das árvores e sem revolvimento de solo.

SAF2: controle químico de mato, plantio de 33 espécies arbóreas em covas no espaçamento 3,5 x 2 m e cultivo de milho nas entrelinhas das árvores no sistema plantio direto, sem revolvimento de solo, aplicação a lanço de calcário e de torta de filtro de usina sucroalcooleira na quantidade de 2 Mg ha⁻¹ e 300 Kg da fórmula NPK (8/28/16).

SAF3: controle de mato com o uso de arado e grade, utilização de sulcadores para abertura de sulcos, plantio de 33 espécies arbóreas em sulcos no espaçamento 3,5 x 2 m, plantio de milho nas entrelinhas das árvores no sistema convencional, após o revolvimento do solo, aplicação a lanço de calcário e de torta de filtro de usina sucroalcooleira na quantidade de 2 Mg ha⁻¹ e 300 Kg da fórmula NPK (8/28/16).

Em cada sistema foram instaladas oito parcelas experimentais de 15 x 30m (450 m²) no SAF1 e de 15 x 35m (525 m²) nos SAF2 e SAF3 onde a distância entrelinhas foi maior para a passagem de equipamentos. Cada parcela foi composta por 10 linhas e 7 colunas de árvores totalizando 70 mudas de espécies arbóreas, das quais 31 de

espécies nativas pioneiras, sete de espécies nativas de climácicas, nove de seringueira, onze de acerola e dez de urucum (Figura 1).

jambo	algodão do mato	paineira branca	farinha seca	araça pera	embaúba	angico vermelho
andá-assu	seringueira	maria mole	ingá de metro	angico vermelho	seringueira	andá-assu
paineira barriguda	jatobá	acerola	urucum	acerola	jequitibá vermelho	aroeira pimenteira
angico vermelho	seringueira	urucum	seringueira	urucum	seringueira	monjoleiro
jaracatiá	urucum	acerola	ipê roxo sete folhas	acerola	urucum	canudeiro
goiaba	seringueira	urucum	seringueira	urucum	seringueira	pau d'alho
acerola	espeteiro	acerola	urucum	acerola	espeteiro	acerola
farinha seca	algodão do mato	seringueira	urucum	seringueira	urucum	pau ferro
canafístula	acerola	geniparana	acerola	jequitibá branco	acerola	camu-camu
embaúba	pororoca	ingá mirim	embaúba	ingá de metro	pau formiga	capixingui

LEGENDA

Pioneiras
 Climácicas
 Acerola
 Seringueira
 Urucum

Figura 1. Organização sequencial das espécies arbóreas dentro de uma parcela do SAF implantado no Polo Centro Norte-APTA em 2011 (Adaptado de ABDO et al., 2012)

Para a avaliação da condição inicial dos atributos de fertilidade do solo, em 2011 foi realizada uma amostragem de solo com auxílio de um trado holandês na camada 0-20 cm, em que foram coletadas 40 amostras simples que deram origem a duas amostras compostas por tratamento. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e analisadas para os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez ativa (pH em cloreto de cálcio) matéria orgânica (MO), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%), de acordo com Raij et al., (1987).

Para avaliar alterações nos principais atributos de fertilidade, em 2016, cinco anos após a implantação dos SAFs, uma amostragem de solo foi realizada na camada de 0-20 cm de profundidade. Ao todo foram obtidas quatro amostras compostas de 20 sub amostras por tratamento, que foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade para determinar os mesmos atributos de fertilidade analisados em 2011, conforme a metodologia de RAIJ et al. (2001).

Para comparar os atributos do solo entre os tratamentos, e entre os tratamentos e uma área de referência, em 2016 foi incluído um fragmento de floresta estacional semi-decidual em estágio avançado de sucessão localizado a 400m do experimento nas coordenadas 21° 13' 27.40" S e 48° 55' 24.50" W (Figura 2).



Figura 2. Imagem de satélite da área experimental, mostrando a localização dos tratamentos: Floresta, SAF1, SAF2 e SAF3, Pindorama, SP. (Fonte: Google 2016).

Para determinação da densidade do solo foram coletadas amostras indeformadas no centro da camada 0-20 cm, com quatro repetições por tratamento. Para as coletas foram utilizados anéis volumétricos metálicos com volume de 100 cm³ com tara

definida e, após secagem em estufa a 105°C (48h) do conjunto anel+amostras, determinou-se a densidade (EMBRAPA, 1997).

Para a caracterização granulométrica, 40 amostras simples foram coletadas para compor uma amostra composta por tratamento. Nas amostras foram determinados os teores de argila (< 0,002 mm), silte (0,053 - 0,002 mm) e areia total (2,00 - 0,053 mm), conforme o método descrito em Camargo et al. (2009). Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização granulométrica do solo na camada 0-20 cm nos tratamentos Floresta, SAF1, SAF2 e SAF3.

Tratamento	Areia	----- (g kg ⁻¹) -----	
		Silte	Argila
Floresta	821	61	118
SAF1	787	92	121
SAF2	773	116	111
SAF3	803	90	107

Os resultados das análises de solo foram submetidos à análise de variância (ANOVA), tendo-se como fator de variação os tratamentos SAF1, SAF2, SAF3 e Floresta, com delineamento inteiramente ao acaso e posterior aplicação do teste de Tukey 5% para comparação das médias. Para comparação dos atributos químicos do solo obtidos em 2011 e 2016 em cada tratamento, foi aplicada ANOVA e teste t 5% para comparação das médias.

Resultados e discussões

Os resultados encontrados em 2011 foram comparados aos de 2016, nos quais observa-se aumento nos teores de MOS (Figura 3-I), P (Figura 3-II) e CTC (Figura 3-III) em todos os tratamentos.

Destaque para os teores de P (Figura 3-II), que atingiram valores considerados altos em todos os tratamentos, conforme as classes estabelecidas por Rajj et al. (1987).

É muito difundida a relação entre o aumento do teor de MOS com o da CTC, o que melhora a capacidade do solo na sorção de elementos nutrientes de plantas e no armazenamento e o fluxo da água. Na Figura 3 (III) é possível observar que a CTC também aumentou em todos os tratamentos provavelmente em função do aumento das cargas associadas à MOS.

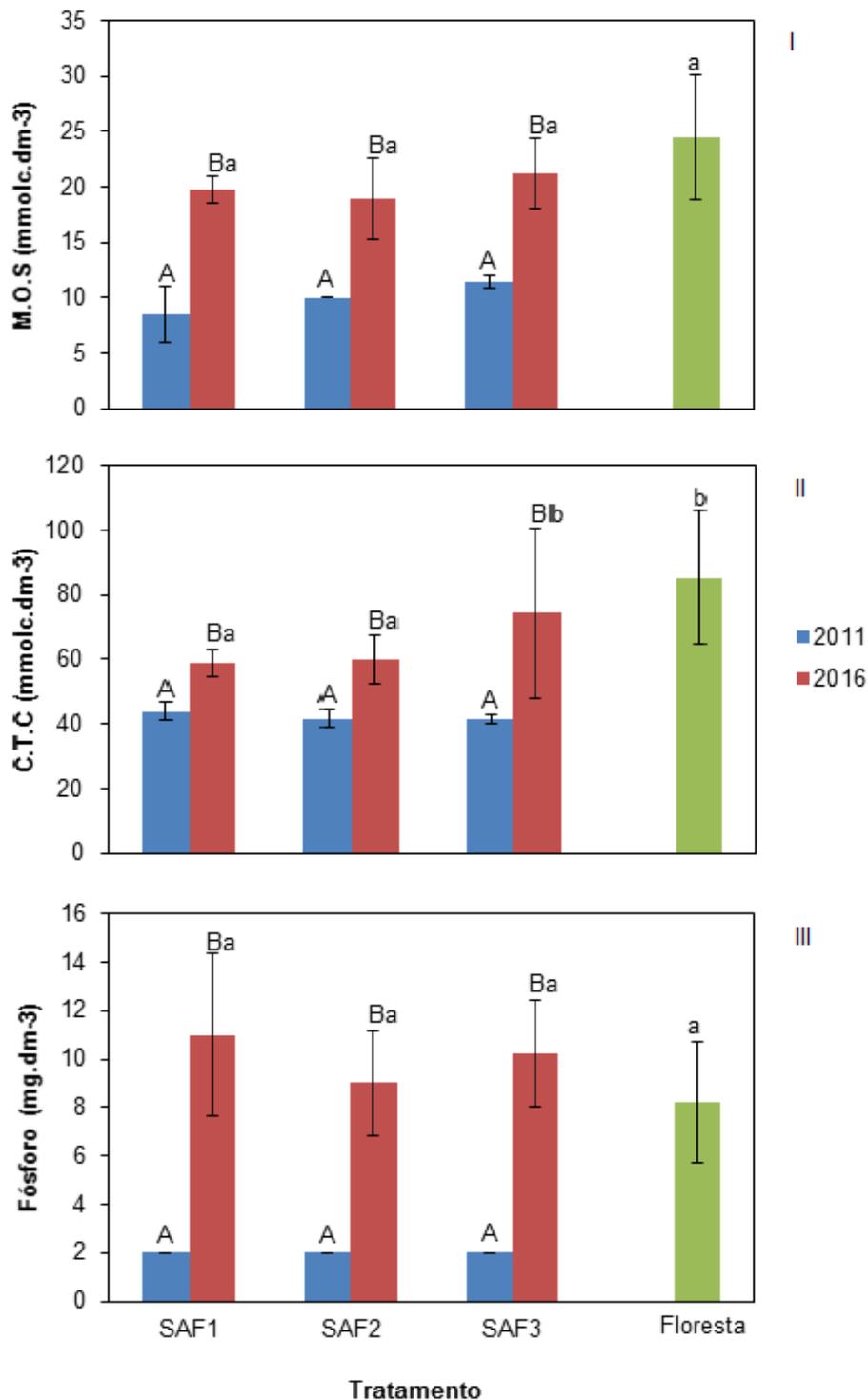


Figura 3. MOS (I), CTC (II) e P (III) na profundidade 0-20 cm em 2011 e 2016 nos tratamentos SAF1, SAF2 e SAF3 e Floresta em 2016. No topo das colunas, as barras indicam o desvio padrão; letras maiúsculas indicam comparação entre os anos e letras minúsculas a comparação entre os tratamentos e Floresta.

O maior aumento na CTC foi observado no SAF3. Neste sistema, o preparo de solo com o uso de grade e arado contribuiu para uma melhor incorporação do calcário. A calagem foi realizada na implantação dos SAFs e a incorporação do calcário resultou em melhor correção da acidez do solo na área em comparação com a correção na cova (SAF1) e aplicação à lanço (SAF2), que pode ser observado na Figura 4 (I). Como amostragem foi realizada em área total da parcela era esperado que este tratamento sobressaísse em relação aos demais.

Esses resultados mostram que na implantação de um sistema conservacionista em solos com elevado grau de acidez, a incorporação do calcário no solo deve ser utilizada para aumentar a eficiência da calagem, pois o pH muito baixo pode resultar em problemas para a vegetação, uma vez que nessa situação, ele influencia a disponibilidade de nutrientes, podendo gerar condições inóspitas pelo aumento na disponibilidade e solubilidade de metais tóxicos (RAIJ et al., 1987).

Já o aumento da saturação por bases em relação a 2011 foi observado apenas nos SAF2 e SAF3 (Figura 4-II) assim como teores de K (Figura 4-III), resultado esperado já que os mesmos receberam adubação da fórmula NPK (8/28/16) para o cultivo de milho nas entrelinhas, o que também resultou no aumento nos valores de saturação por bases (Figura 4-II) na camada 0-20 cm de solo. Esse resultado é coerente com a adubação diferenciada principalmente com K, Ca e Mg que os SAF2 E SAF3 receberam devido ao cultivo de milho nas entrelinhas.

Os valores de SB (Figura 5-I), Ca (Figura 5-II) e Mg (Figura 5-III) aumentaram em todos os tratamentos. É importante ressaltar a capacidade da MOS em complexar os cátions H^+ e Al^{+3} livres com compostos orgânicos aniônicos e adicionar bases (Ca, Mg e K), tendo em vista que o aumentos ocorreram inclusive no SAF1 que não recebeu adubação complementar como os SAF3 e SAF3.

Na comparação dos resultados obtidos em 2016 entre os tratamentos e a floresta, verificou-se que os valores de MOS (Figura 3-I), P (Figura 3-II), CTC (Figura 3-III), K (Figura 4-III) e Ca (Figura 5-II) encontrados na camada 0-20 cm de solo de todos os tratamentos foram semelhantes aos valores encontrados no solo da floresta, indicando a eficiência dos sistemas na restauração desses atributos.

Os teores de Mg (Figura 5-III) nos SAF1 e SAF2 também foram semelhantes aos valores encontrados no solo da floresta, enquanto no SAF3 os valores encontrados foram superiores a mesma.

Em ultima análise, apenas no SAF3 os valores de pH (Figura 4-I) foram semelhantes aos valores encontrados no solo da floresta, o que ratifica a influência do preparo de solo com o uso de grade e arado na implantação do SAF3.

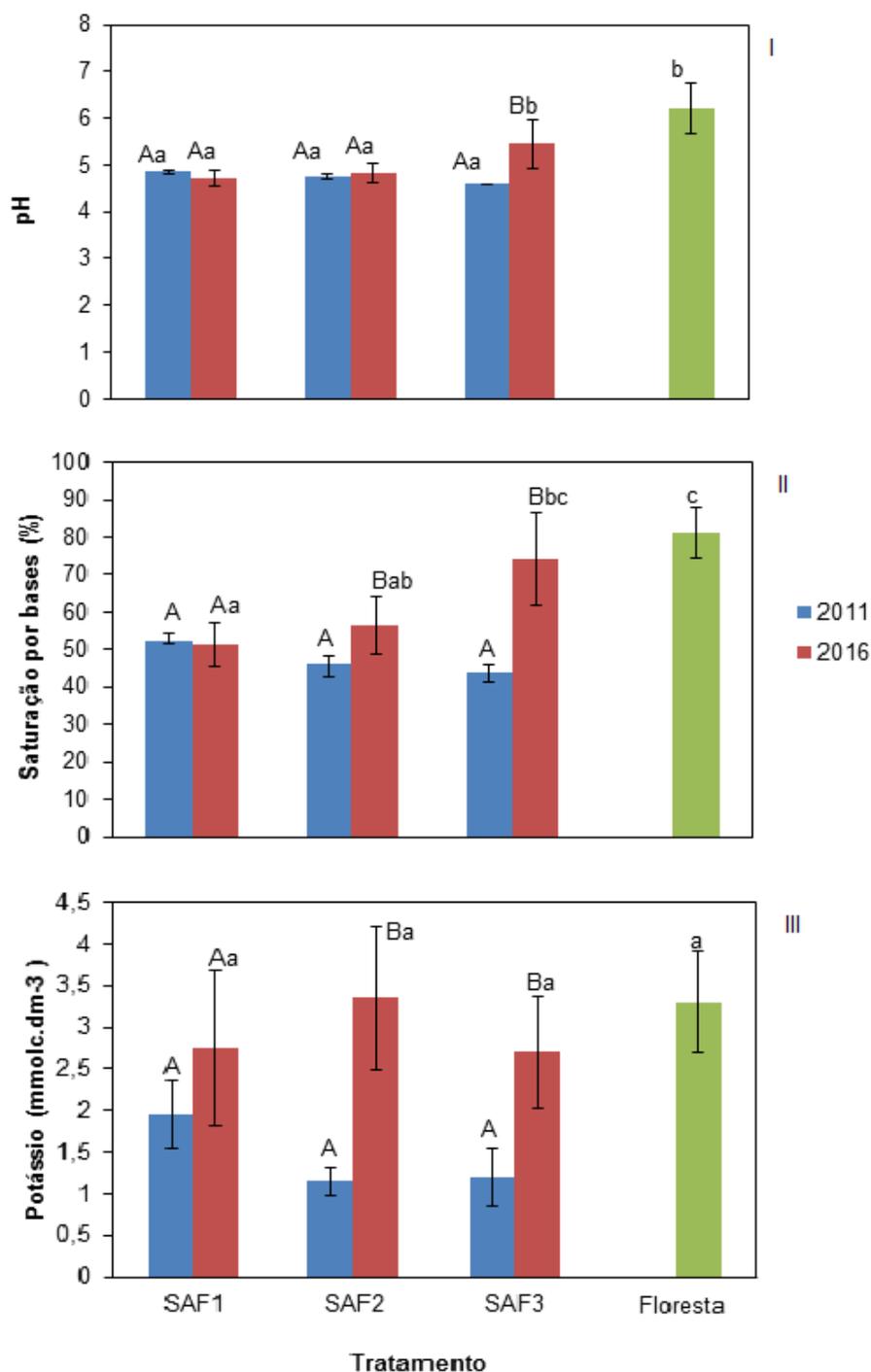


Figura 4. pH (I), V% (II) e K (III) na profundidade 0-20 cm em 2011 e 2016 nos tratamentos SAF1, SAF2 e SAF3 e Floresta em 2016. No topo das colunas, as barras indicam o desvio padrão; letras maiúsculas indicam comparação entre os anos e letras minúsculas a comparação entre os tratamentos e Floresta.

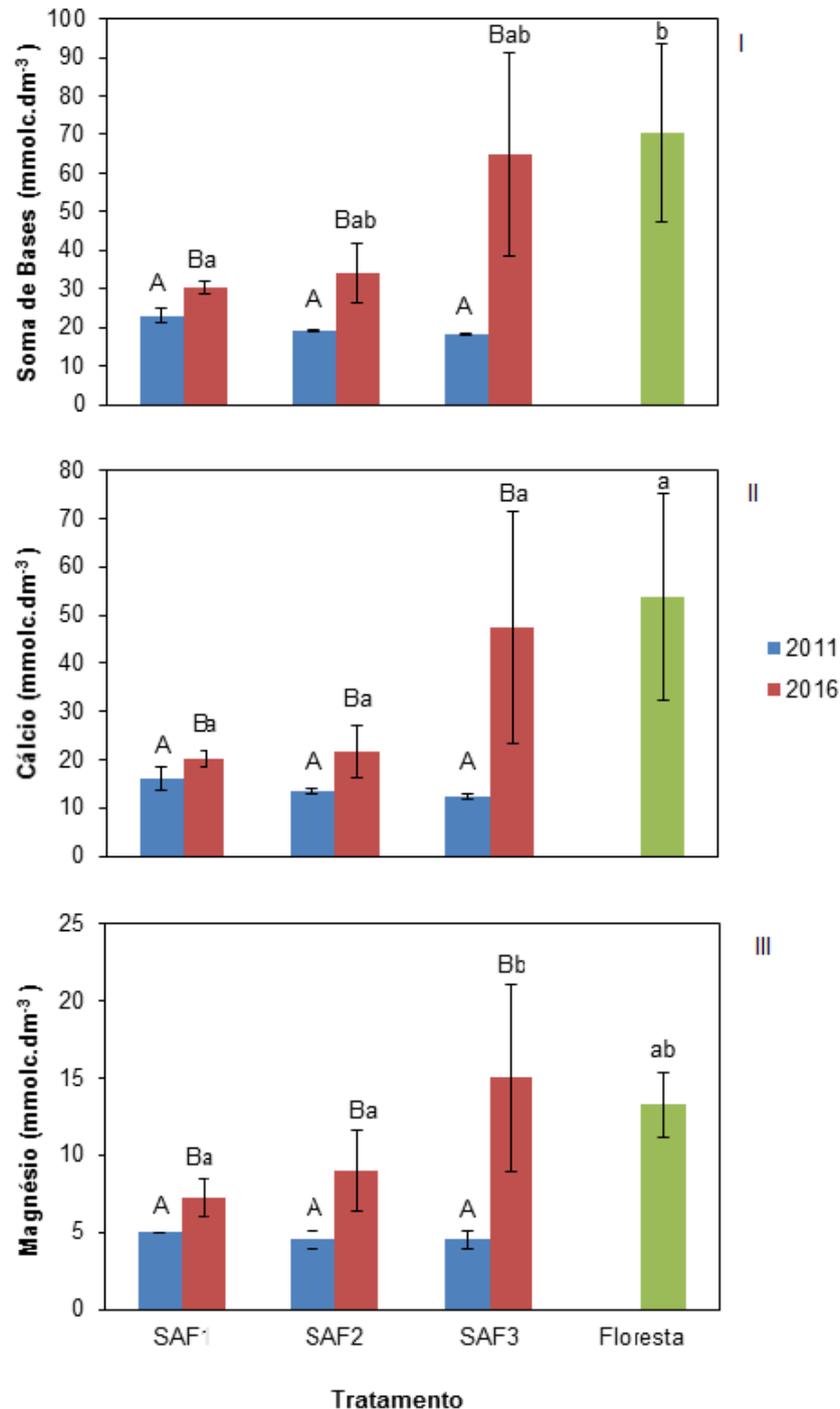


Figura 5. SB (I), Ca (II) e Mg (III) na profundidade 0-20 cm em 2011 e 2016 nos tratamentos SAF1, SAF2 e SAF3 e Floresta em 2016. No topo das colunas, as barras indicam o desvio padrão; letras maiúsculas indicam comparação entre os anos e letras minúsculas a comparação entre os tratamentos e Floresta.



Conclusões

1- A implantação dos SAFs proporcionou aumento nos teores de MOS, P, CTC, SB, Ca e Mg na camada 0-20 cm de solo em todos os tratamentos.

2- O preparo de solo com uso de grade e arado foi eficiente para a diminuição da acidez do solo e conseqüente aumento na CTC na camada 0-20 cm de solo, dessa forma apenas o valor de pH encontrado no SAF3 não diferiu do solo da Floresta.

Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de mestrado e a FUNDAG pelo auxílio financeiro.

Referências bibliográficas

ABDO, M. T. V. N.; VIEIRA, S. R.; MARTINS, A. L. M.; SILVEIRA, L. C. P. Estabilização de uma voçoroca no Pólo Apta Centro Norte- Pindorama-SP. **Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, p. 135-141, 2008.

ABDO, M. T. V. N.; MARTINS, A. L. M.; FINOTO, E. L.; FABRI, E. G.; PSSARRA, T. C. T.; BIERAS, A. C.; LOPES, M. C. Implantação de Sistema Agroflorestal com seringueira, urucum e acerola sob diferentes manejos. **Revista Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v.9, n.2, p.1-16, 2012.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. 2009. 77 p.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, p.3-21, 1994. (SSSA Special Publication, 35)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.



ENGEL, V. L. **Abordagem BEF: um novo paradigma na restauração de ecossistemas?** In: Anais do IV Simpósio de Restauração Ecológica: Desafios atuais e futuros, São Paulo, Instituto de Botânica – SMA, 2011, p. 155-165.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** 4ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2009.

GÖTSCH, E. **Break-thropugh in agriculture.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22p.

LEPSCH, I. F.; VALADARES, J. M. A. S.. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. **Bragantia**, Campinas, 1976. v. 35, p.13-40.

MACDICKEN, K.G. & VERGARA, N.T. Introduction to agroforestry. In: MACDICKEN, K.G. & VERGARA, N.T. eds. **Agroforestry: classification and management.** New York: John Wiley & Sons, 1990. p. 1-30.

MELLONI, R., MELLONI, E. G. P., ALVARENGA, M. I. N., & VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 06, p. 2461-2470, 2008.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** São Paulo: Nobel, 2002.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade.** Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. Van., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., & FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p. (*Boletim técnico*, 100).

WANDELLI, E. Serviços ambientais de sistemas agroflorestais. Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. **O valor dos serviços da natureza** - Subsídios para políticas públicas de serviços ambientais no Amazonas. p 54-55.