



Fertilidade química de solos em sistemas convencionais e agroflorestais *Chemical fertility of soils in conventional and agroforestry systems*

LOPES RANGEL, Iara Maria¹; LOPES, Keila Cássia Santos Araújo²; RANGEL, Rafael Passos³; LOPES, Paulo Rogério⁴.

¹ Escola Popular de Agroecologia e Agrofloresta Egídio Brunetto (EPAAEB)/MST, iaramlrangel@gmail.com; ² UEMG, keilacassia2020@gmail.com; ³ EPAAEB/MST, rafaprangel@yahoo.com.br; ⁴ UFPR, paulolopes@ufpr.br.

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de agroecossistemas

Resumo: Avaliações e monitoramentos em sistemas agroflorestais são relevantes e poderão evidenciar as melhorias nas condições edáficas do sistema. Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização da fertilidade química dos solos em lavouras convencionais e café de sistemas agroflorestais, em Teodoro Sampaio, SP. Para avaliação da fertilidade dos solos foram selecionados 8 agroecossistemas no município de Teodoro Sampaio/SP: 4 sistemas agroflorestais, 2 sistemas convencionais, 1 em transição e 1 área de mata nativa (Parque Estadual Morro do Diabo). Verificou-se diferenças estatísticas nas variáveis químicas analisadas nos diferentes sistemas produtivos. Acredita-se que os indicadores químicos dos solos serão alterados com o passar do tempo.

Palavras-chave: agroecologia; transição agroecológica; atributos químicos do solo.

Introdução

A base científica para esses estilos de agricultura com enfoque mais sustentável é dada pela Agroecologia, ciência pautada em diversas áreas do conhecimento científico e na valorização do conhecimento tradicional dos agricultores, contendo os princípios teóricos e metodológicos que dão suporte às análises dos agroecossistemas, subsídios para o manejo e redesenho dos sistemas produtivos, essencial no processo de transição agroecológica iniciado pelas unidades de produção convencionais que almejam alcançar níveis satisfatórios de sustentabilidade (LOPES, 2014).

De maneira geral, os sistemas agroflorestais (SAF) proporcionam melhorias consideráveis aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. As melhorias de ordem química normalmente estão relacionadas a melhores condições de porosidade e agregação do solo, bem como de atividade biológica do solo, graças ao aumento da diversidade e quantidade de organismos presentes no solo. Onde quanto maior a diversidade de espécies vegetais presentes no agroecossistema maior será a presença de organismos benéficos, que interferem diretamente na saúde do solo e das plantas (Primavesi, 2016).



A diversidade de espécies presentes nos SAFs possibilitam a maior ciclagem de nutrientes, onde as plantas através de seus sistemas radiculares típicos têm capacidade distintas de absorver nutrientes do solo, graças as diversas interações e mecanismos que estabelecem com microrganismos do solo (MITTER et al., 2021). Nesse sentido, a partir da deposição de suas biomassas sobre a superfícies do solo, ao ocorrer a decomposição da matéria orgânica por consequência sucede a ciclagem dos nutrientes, que anteriormente estavam inacessíveis no agroecossistema. Assim, disponibilizando bases trocáveis essenciais para o desenvolvimento vegetal, bem como diminuindo o efeito tóxico de alguns elementos, como por exemplo o alumínio (Al^{+3}).

Por outro lado, a cafeicultura, arranjas em monoculturas a pleno sol, sofre com as adversidades climáticas (sol, estresse hídrico, ventos) e fitossanitárias, uma vez que a ausência de práticas conservacionistas, como cobertura do solo e consórcios com espécies arbóreas, possibilita o empobrecimento dos solos e contribui com a má nutrição dos cafeeiros, aumentando sua susceptibilidade às pragas e doenças (LOPES, 2009).

O Pontal do Paranapanema é uma região que historicamente foi ocupada por grandes propriedades baseadas na monocultura e pecuária de corte, com ausência de manejo conservacionista dos recursos naturais (solo, recursos hídricos, flora e fauna). Os sistemas agroflorestais surgem como tecnologias sociais e ecológicas capazes de recuperar esses ambientes que foram historicamente degradados. Neste sentido, avaliações e monitoramentos em sistemas agroflorestais são relevantes e poderão evidenciar as melhorias nas condições edáficas do sistema. Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização da fertilidade química dos solos em lavouras convencionais de café e sistemas agroflorestais, em Teodoro Sampaio, SP, contribuindo diretamente do o “Eixo Temático Manejo de Agroecossistemas”.

Metodologia

Foram selecionados 8 agroecossistemas no município de Teodoro Sampaio/SP para realização da caracterização química do solo. Os agroecossistemas selecionados foram: 4 sistemas agroflorestais com 10 anos de implantação (SAFJM, SAFS, SAFFR e SAFB) 2 sistemas convencionais com cafeeiros (ANTO e ZEFU), 1 em transição agroecológica (MANO) e 1 área de mata nativa (Parque Estadual Morro do Diabo). Em cada agroecossistema foram estabelecidas 5 parcelas experimentais, as mesmas utilizadas para o monitoramento das pragas e doenças (subáreas). Realizou-se amostragem de solo de 0 a 20 cm de profundidade, com cerca de 1 m de distância dos cafeeiros. Estabeleceu-se como critério experimental realizar 10 coletas de solo (10 furos) com a sonda. Essas 10 amostras simples foram realizadas por meio de caminhamentos em zigue-zague, colocadas em um mesmo balde e depois de bem misturadas constituíam-se uma única amostra composta por parcela.



As análises químicas do material de solo amostrado nos diferentes tratamentos foram realizadas conforme metodologia descrita pela Embrapa (1999): pH em H₂O na relação 1:2,5 (solo:água). O alumínio trocável foi extraído com KCl 1M e analisado por titulometria com NaOH 0,025N. As bases trocáveis foram extraídas com KCl 1M e determinadas por titulometria com EDTA 0,025N. O fósforo e o potássio disponíveis foram obtidos com a solução extratora Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N), e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O teor de carbono do solo foi determinado através do método volumétrico pelo dicromato de potássio. Os valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0, foram obtidos de maneira indireta através dos valores de acidez potencial, bases trocáveis e alumínio trocável. Os demais índices, soma de bases (S), saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m) foram determinados segundo o Manual de Adubação para Estado de São Paulo (Lorenzi et al., 1997).

Resultados e Discussão

Os tratamentos SAFS, SAFFR, SAFB, ANTO, MANO e ZEFU não apresentaram resultados estatisticamente diferentes para a variável pH, ficando entre 4,7 e 4,96. Já os tratamentos MATA e SAFJM diferiram estatisticamente dos demais, apresentando valores menores de pH, que variaram de 4,32 a 4,56, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo em sistemas convencionais e agroflorestais, 0-20 cm de profundidade.

TRAT	pH CaCl ₂	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺¹	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC	V	m
					mmolc.dm ⁻³				%	
SAFJM	4,56 B	4,0 E	1,8 C	0,48 C	1,22 B	15 B	6,28 C	21,28 C	29,4 D	15 B
SAFS	4,88 A	4,2 E	3 B	0,4 C	1,3 B	11,4 C	7,74 C	20,4 C	39,4 C	16,6 B
SAFFR	4,8 A	9,0 C	4 B	0,54 C	1,1 B	12,2 C	13,5 B	25,74 B	53 B	5,8 C
SAFB	4,7 A	13,7 A	5,4 A	0,98 B	0,8 B	13,2 C	19,1 A	32,38 A	61,4 A	4,6 C
MATA	4,32 B	5,0 E	3,6 B	0,58 C	4,52 A	21 A	10,1 B	32,38 A	32,8 D	32,4 A
ANTO	4,88 A	8,2 C	4,6 A	0,64 C	0,8 B	15,8 B	12,4 B	30,58 A	43,4 C	19,8 B
MANO	4,96 A	10,8 B	5,6 A	1,2 A	0,6 B	15,6 B	17,6 A	32,78 A	55,6 B	3,2 C
ZEFU	4,88 A	7,0 D	3,8 B	0,68 C	0,58 B	10,6 C	11,4 B	22,08 C	52 B	4,6 C
Média Geral	4,75	7,74	3,98	0,69	1,38	14,35	12,3	27,2	45,88	12,75
Teste F	2,35	29,12	10,23	13	27,46	11,14	26,48	16,2	22,6	30,64
CV%	6,57	18,27	21,97	24,34	40,08	15,49	15,78	11,07	11,72	32,31



Com relação ao elemento alumínio, somente o tratamento MATA diferiu estatisticamente dos demais, apresentando $4,52 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de Al^{+3} , enquanto que os outros tratamentos apresentaram valores que oscilaram de 0,58 a $1,3 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de Al^{+3} . Já a variável H+Al apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. A MATA foi o tratamento que mais diferiu dos demais, apresentando 21 mmolc.dm^{-3} H+Al, seguida dos tratamentos ANTO, MANO e SAFJ. Os tratamentos que não diferiram entre si e apresentaram menor índice de H+Al no solo foram SAFS, SAFFR, SAFB e ZEFU. A saturação por alumínio (m%) observada nos tratamentos possibilitou averiguar que os sistemas MATA, ANTO e SAFJM estão com elevadas concentrações de Al.

Os maiores valores de pH encontrados nos tratamentos SAFS, SAFFR, SAFB, ANTO, MANO e ZEFU pode estar diretamente relacionado com algumas práticas, a calagem realizada com mais frequência nos sistemas convencionais de cultivos analisados, e nos SAFs (sistemas agroflorestais) a adubação orgânica e a cobertura vegetal permanente do solo, corroborando com Pavan et al. (1997), que observaram, em sistemas de produção de café adensado, que o acúmulo de matéria orgânica no solo significa redução de perdas de ânions orgânicos do sistema e aumento do consumo de H^+ .

Os teores de cálcio encontrados nos agroecossistemas diferiram estatisticamente nos tratamentos, o tratamento SAFB destacou-se com a maior quantidade dentre todos os tratamentos, apresentando $13,72 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de Ca^{+2} , enquanto que os tratamentos SAFJM, SAF e MATA apresentaram os menores valores de Ca^{+2} (4; 4,2 e 5 mmolc.dm^{-3} , respectivamente) (Tabela 1). Estes agroecossistemas que apresentaram baixos valores de pH e Ca^{+2} não receberam calcário nos últimos 9 anos e o ecossistema natural, denominado de tratamento MATA, nunca passou pelo processo de calagem. O nutriente Magnésio (Mg^{+2}) apresentou baixos índices em todos os tratamentos, variando de 1,8 a $5,6 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de solo. No entanto, com relação a este elemento os tratamentos diferiram significativamente (Tabela 1).

Todos os tratamentos analisados possuem baixos teores de potássio (K^{+1}) no solo (Tabela 1). Contudo, dois tratamentos diferiram significativamente dos demais, o SAFB e o MANO, observando-se maiores níveis ($0,98$ e $1,2 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ de K^{+1} no solo, consecutivamente). Provavelmente isso se deve ao fato do sistema agroflorestal SAFB receber adubação com esterco de aves e bovinos, e o tratamento MANO, recebe anualmente adubações orgânicas de Bokashi. As médias obtidas para soma de bases (Tabela 1) dos tratamentos de manejo refletem o comportamento das bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} , Na^{+1}) no solo. Os tratamentos SAFB e MANO apresentaram os maiores índices de soma de bases (SB), 19,18 e 17,62 mmolc.dm^{-3} , respectivamente. E os tratamentos SAFJM e SAFS tiveram os menores índices de soma de bases ($6,28$ e $7,74 \text{ mmolc.dm}^{-3}$, consecutivamente).

Os tratamentos SAFB, MATA, ANTO e MANO apresentaram as maiores médias de CTC (capacidade de troca de cátions) dentre todos os tratamentos, assumindo valores acima de 30 mmolc.dm^{-3} (Tabela 1). De acordo com Ronquim (2010), a



capacidade de troca iônica dos solos representa graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período. Ainda segundo Ronquim (2010), se a maior parte da CTC do solo está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , pode-se dizer que esse é um solo bom para a nutrição das plantas, mas se ela estiver ocupada por cátions potencialmente tóxicos, este solo é considerado pobre. Infelizmente, a maioria dos tratamentos enquadram-se nesta categoria de solo pobre, com exceção dos tratamentos SAFB e MANO, pois os demais apresentam elevadas quantidades de H^+Al .

Os tratamentos diferiram significativamente quando se analisou a saturação por base (V%) dos solos, destacando-se com o maior valor obtido o tratamento SAFB (61,4%), seguido pelos tratamentos MANO (55,6%), SAFFR (53%) e ZEFU (52%). Contrariamente, os tratamentos MATA e SAFJM tiveram as menores médias de saturação por base (Tabela 1). Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50$ (RONQUIM, 2010). Diante desta classificação verificou-se que os solos dos tratamentos SAFB, MANO, SAFFR e ZEFU, podem ser considerados férteis. No entanto, existem muitos outros parâmetros importantes para indicar a fertilidade do sistema edáfico.

Conclusões

A análise química do solo é uma ferramenta importante para a avaliação da influência do manejo do sistema produtivo na fertilidade do solo. Contudo, no caso dos sistemas agroflorestais nem sempre a baixa disponibilidade de bases trocáveis como Ca^{+2} , Mg^{2+} e K^+ está associada a uma condição de má nutrição das plantas, visto que a maximização da ciclagem de nutrientes nos sistemas agroflorestais em relação aos sistemas convencionais de café, torna o agroecossistema mais sustentável, pois diminui a dependência de insumos externos frente ao estabelecimento de múltiplas relações ecológicas no sistema solo-planta.

Para uma avaliação mais completa da saúde do solo e das plantas nos agroecossistemas, recomenda-se a análise dos atributos químicos do solo em conjunto com as análises dos atributos físicos e principalmente biológicos do solo, associado ainda a uma avaliação e reflexão sobre a sanidade das plantas.

Referências bibliográficas

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

LOPES, Paulo R. A biodiversidade como fator preponderante para a produção agrícola em agroecossistemas cafeeiros sombreados no Pontal do Paranapanema. 2014, 172 p. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba -SP.



LOPES, Paulo R. Caracterização da incidência e evolução de pragas e doenças em agroecossistemas cafeeiros sob diferentes manejos. 2009. 203 p. Dissertação de Mestrado em Agroecologia - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 221-229. (IAC. Boletim Técnico, 100).

MITTER, Eduardo K.; TOSI, Micaela; OBREGÓN, Dasiel; DUNFIELD, Kari E.; GERMIDA, James J. Rethinking Crop Nutrition in Times of Modern Microbiology: Innovative Biofertilizer Technologies. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 1-23, 2021.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; SIQUEIRA, R. & ANDROCIOLI FILHO, A. **O sistema de plantio adensado e a melhoria da fertilidade do solo**. Piracicaba, Potafós, 1997. p.1-7. (Informações Agrônômicas, 80)

PRIMAVESI, Ana M. **Manual do solo vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2. ed. São Paulo, SP: Expressão Popular, 2016. 205p.

RONQUIM, Carlos C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais** – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p.