

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM SOLOS CULTIVADOS SOB SISTEMA SOJA-MILHO SEGUNDA SAFRA

Júlio Cezar Perez¹, Alfredo José Alves Neto², Marcos Rafael Nanni³, Eloisa Lorenzetti²,
Jéssica Caroline Coppo² e Fernando Fávero¹

¹Engenheiro Agrônomo, Copacol - Cooperativa Agroindustrial Consolata Ltda. CEP: 85415-000, Cafelândia-PR.
E-mail: julio@copacol.com.br; favero@copacol.com.br

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus* Marechal Cândido Rondon. Rua Pernambuco, 1777, Caixa Postal 1008, Centro, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon-PR. E-mail: alfredo.alves.neto@hotmail.com; eloisa-lorenzetti@hotmail.com; coppojessica0@gmail.com

³Universidade Estadual de Maringá - UEM, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia. Av. Colombo, 5790. Zona 07. CEP: 87020900, Maringá-PR. E-mail: mrnanni@uem.br,

RESUMO: O monitoramento da fertilidade do solo é fundamental para regularidade de produção e para contínuos incrementos na produtividade no sistema de cultivo soja – milho segunda safra. Com o objetivo de avaliar a fertilidade dos solos de cinco municípios (Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê e Quarto Centenário), pertencentes à região centro oeste do Paraná, um experimento de amostragem de solos foi desenvolvido para caracterização dos atributos químicos do solo, nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, em julho e agosto de 2014. As áreas vinham sendo cultivado há cinco anos no sistema de plantio direto, sob a sucessão de culturas soja – milho segunda safra. Foram avaliados os atributos químicos do solo. Todos os atributos químicos diferiram entre si com significância para o fator local ($p < 0,05$), sendo que, apenas para Zn, todos os solos amostrados foram considerados semelhantes. O nível de fertilidade do solo foi considerado baixo em todos os municípios avaliados, havendo sérias restrições para o aumento na produtividade das culturas. Os menores teores de saturação por bases foram encontrados nos municípios de Perobal e Mariluz, com 30,63 e 31,54%, respectivamente na camada de 0-0,10 m, sendo ainda menores na camada de 0,20-0,30 m com 8,52 e 6,04, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: análise de solo, atributos químicos, fertilidade.

EVALUATION OF CHEMICAL CHARACTERISTICS IN SOILS UNDER SYSTEM SOYBEAN-CORN SECOND CROP

ABSTRACT: Monitoring of soil fertility is main factor to regularity of production and continuous productivity increases in soybean – second corn crop system. In order to assess the fertility of five municipalities soils (Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê and Quarto Centenary), belonging to the center west region of Paraná State, Brazil, a soil sampling study was conducted to characterize the soil chemical properties, at 0-0,10, 0,10-0,20 and 0,20-0,30 m in July and August 2014. The areas were being cultivated for five years in the tillage system, under the succession soybean – second crop corn. They evaluated the soil chemical properties. All chemical attributes differ from each other with a significance factor for location ($p < 0,05$), and that, for zinc, all sampled soils were considered similar. The soil fertility level was considered low in all evaluated municipalities, with serious restrictions to the increase in crop productivity. The lower base saturation levels were found in the municipalities of Perobal and Mariluz, with 30,63 and 31,54% respectively in the 0-0,10 m layer, still being smaller in layer 0,20-0,30 with 30,63 and 31,54 % respectively in the 0-0,10 m layer, still lower in the layer of 0,20-0,30 m with 8,52 and 6,04, respectively.

KEY WORDS: soil analyze, chemical attributes, soil fertility.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui clima tropical e subtropical, os quais permitem duas safras por ano sem o revolvimento do solo (Barros e Barros, 2005). A cultura principal é a soja, com área de cultivo de 30,17 milhões de hectares, e o milho segunda safra com quase 9,18 milhões de hectares, sendo que a área cultivada com milho, primeira safra e segunda safra, totalizam 15,80 milhões de hectares (Conab, 2015).

Na região sul do Brasil o principal sistema de cultivo adotado é o sistema soja-milho segunda safra, em virtude dos preços relativamente baixos atingidos durante a comercialização das principais culturas de inverno, principalmente a cultura do trigo, além da carência de outras opções de cultivo, sendo que em algumas regiões do Estado do Paraná os produtores optam pelo cultivo de soja após o período normal de safra (Albrecht et al., 2009).

Os sistemas de produção de grãos e a sustentabilidade nas regiões subtropicais e tropicais dependem diretamente da manutenção e melhoramento dos atributos químicos do solo, sendo o incremento constante de carbono orgânico e a preservação dos atributos físicos do solo os elementos-chave para construção da fertilidade do solo (Amado et al., 1999).

Por sua vez, a dinâmica da matéria orgânica nos solos, é afetada além do manejo, por fatores ambientais como temperatura, umidade, pH, potencial de oxi-redução do solo, e, fatores bióticos como a quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos e a atividade microbiana do solo (Muzzili, 2002).

Porém o cultivo de milho segunda safra pode ocasionar pouco incremento na matéria orgânica do solo, e, além disso, estas regiões apresentam alta mineralização da matéria orgânica, devido as elevadas temperaturas e alta umidade do solo durante boa parte do ano, impossibilitando a adequada reposição de nutrientes e de carbono orgânico (Carvalho et al., 2004).

Para avaliação da qualidade do solo e da contribuição dos sistemas de cultivo, Oliveira et al., (2007) sugere a avaliação dos atributos químicos do solo, os quais, servem de parâmetro para a melhoria da produtividade e sustentabilidade nos sistemas de cultivo, sendo fundamental o estudo de variabilidade de alguns atributos químicos como: carbono orgânico, teores de fósforo e necessidade de calagem.

O carbono orgânico desempenha papel fundamental para diminuição do alumínio tóxico, aumento da CTC, além de promover aumento na infiltração e do armazenamento de

água no solo, diminuição da temperatura superficial do solo e do aumento da atividade microbiana (Carneiro et al., 2009).

Para garantir a eficiência na calagem e a correta escolha do tipo de calcário, a análise de solo é a ferramenta fundamental, onde a recomendação correta garante a correção do pH, garantido a disponibilidade dos nutrientes nas camadas superficiais e em profundidade, além de influir no melhoramento do sistema radicular das culturas no solo. (Raij, 2014).

Mesmo que o manejo de fertilidade do solo adotado pelos produtores possa ser uniforme em determinadas regiões ou em determinadas glebas, a resposta a esse manejo pode ser diferenciada em função de erosão, compactação, erros nas dosagens de fertilizantes e histórico de sistemas de cultivos das áreas (Varaschini, 2012).

O presente trabalho foi realizado em uma microrregião de atuação da Copacol em locais com teores de argila menores que 40%, situados no oeste do Estado do Paraná, englobando os municípios: Alto Piquiri, Perobal, Quarto Centenário, Goioerê e Mariluz, municípios estes, que apresentam considerável participação nas culturas de soja, milho e trigo. A maior parte é cultivada com soja no verão e milho segunda safra no inverno. As doses médias de fertilizantes usadas nas lavouras são na proporção de 20 kg de N, 120 kg P e 80 kg de K por hectare na soja e 50 kg de N, 75 kg de P e 75 kg de K por hectare no milho segunda safra. A correção dos solos nesta micro região é baseada em análise de solos realizadas no intervalo de 2 em anos.

Neste contexto, objetivou-se a determinação dos atributos químicos de cinco diferentes glebas, na região oeste do Paraná, nas profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, para avaliação da fertilidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em lavouras particulares que representam o modelo dos demais produtores da região, sendo consideradas áreas de referência em uma microrregião, assistida pela assistência da cooperativa Copacol – Cooperativa Agroindustrial Consolata. As amostras foram realizadas nos meses de julho e agosto, após a colheita do milho segunda safra do ano de 2014. As áreas foram escolhidas ao acaso com características similares e pela frequência de no mínimo 5 anos cultivados soja e milho segunda safra.

As áreas foram amostradas em Alto Piquiri na localização 24° 12' 26,70" S, 53° 25' 01,10" W a 334 metros de altitude, Perobal a 24° 00' 14,10" S, 53° 19' 35,10" W a 379 metros de altitude, Mariluz a 24° 56' 21,10" S, 53° 15' 34,70" W a 380 metros de altitude,

Goioerê a 24° 15' 32,40" S, 53° 59' 70,90" W, a 455 metros de altitude e Quarto Centenário a 24° 15' 39,60" S, 53° 03' 14,93" W a 483 metros de altitude em relação ao nível do mar.

Ao longo das propriedades escolhidas em cada município, foram feitas amostragens em 5 pontos principais, espaçados a uma distância de 200 m.

Em cada ponto foram feitas 3 amostragens em profundidades de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, totalizando 15 amostras por local. Foram abertas trincheiras nas respectivas profundidades, com auxílio de pá de corte e enxadão. Nestas profundidades foram coletadas amostras de solo, sendo armazenadas em sacos plástico identificados. As amostras foram enviadas para o laboratório de análises físicas e químicas de solos da UEM – Universidade Estadual de Maringá.

A metodologia utilizada foi Embrapa, (1997): pH em água, relação 1: 2,5 (solo: água); o Al trocável extraído com KCl 1 N; Ca⁺² e Mg⁺², extraídos com KCl 1 N, e determinadas por titulometria com EDTA 0,025 N; K disponível foi obtido com solução extratora Mehlich-1 e analisado por fotometria de chama, e o P foi determinado pelo método de colorimetria, Fe, Cu, Mn, Zn, foram determinados por espectroscopia de absorção atômica, o C pelo método do dicromato de potássio e titulado com sulfato de ferroso.

Os resultados das análises foram submetidos a ANOVA e as médias de profundidade e local submetidas ao teste de Tukey a 5 % de significância, considerando os níveis de 5 e 1 % de probabilidade. Na análise estatística foi utilizado o programa estatístico Sisvar 5.1 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é possível verificar que não houve efeito significativo ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas, somente para Zn, e, para K, houve efeito significativo a 5% de probabilidade para o fator local, porém, para todos os outros atributos químicos avaliados houve efeito significativo a 1% de probabilidade de erro, para os diferentes municípios onde os solos foram amostrados.

Segundo Salgado et al., (2006) os sistemas produtivos com exploração intensiva das terras, existe a necessidade do constante monitoramento dos atributos químicos do solo, de forma a direcionar práticas que reduzam o depauperamento a níveis toleráveis, buscando manter uma exploração racional do solo.

Estudando a variabilidade horizontal do solo para definir o número de subamostras para formar uma amostra representativa da fertilidade do solo, em solos de lavouras

comerciais no noroeste do Rio Grande do Sul, Schlindwein e Anghinoni (2000) evidenciou que a pesquisa não têm acompanhado o ritmo da evolução da adoção e das demandas do sistema plantio direto. Segundo este autor, a ênfase foi dada, inicialmente, ao estudo das características físicas (densidade, agregação, etc.), químicas (disponibilidade e concentração dos nutrientes) e biológicas do solo afetadas pelo sistema plantio direto, sendo que atualmente, está se dando maior importância ao conhecimento dos mecanismos e processos envolvidos na determinação da fertilidade do solo, para estabelecer procedimentos e metodologias para amostragem do solo no sistema plantio direto, visando as recomendações de adubação e calagem.

Para potássio, todas as amostras estão abaixo do nível considerado adequado, sendo considerados baixos os níveis de potássio, com exceção do município de Goiorê, que possui $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, nível este, considerado bom (Embrapa, 2014). O potássio, por apresentar alta mobilidade no solo, se torna facilmente lixiviado em solos com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), como por exemplo, em solos arenosos, onde a lixiviação é a principal causa de deficiência de potássio em solos de baixa CTC, havendo situações em que as perdas se aproximam das quantidades extraídas pelas culturas (Sengik, 2003).

Tabela 1 - Quadro de ANOVA com os quadrados médios dos atributos químicos dos solos em microrregião do oeste do Paraná

FV	GL	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	PH CaCl ₂	SB	CTC	V(%)	C org
Repetição	4	0,64 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,008 ^{ns}	85,12 ^{ns}	0,28 ^{**}	5,97 ^{**}	0,17 ^{ns}	0,51 ^{ns}	6,07 ^{**}	131,13 ^{ns}	16,75 ^{ns}
Município	4	10,21 ^{**}	2,18 ^{**}	0,06 ^{**}	728,05 ^{**}	0,47 ^{**}	12,72 ^{**}	1,37 ^{**}	20,14 ^{**}	27,88 ^{**}	2149,92 ^{**}	27,88 ^{**}
Profundidade	2	1,98 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,007 ^{ns}	1011,02 ^{**}	0,11 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,16 ^{ns}	4,05 ^{ns}	2,2 ^{ns}	384,26 ^{ns}	2,2 ^{**}
MunxProf	8	0,42 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,003 ^{ns}	59,91 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,4 ^{ns}	82,35 ^{ns}	0,4 ^{ns}
Erro	56	0,9	0,08	0,004	50,98	0,05	0,5	0,08	1,47	0,88	136,66	0,88
Total	74											
CV(%)		51,34	41,01	69,46	68,41	98,69	16,29	6,17	45,56	13,39	32,1	13,39
Média		1,85	0,71	0,09	10,43	0,22	4,35	4,72	2,66	7,02	36,43	7,02

P, K+– Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - KCl; SMP; S(SO₄)₂- - Fosfato Monocálcico.; C – Walkey Black; pH – Cloreto de Cálcio; H⁺ + Al³⁺ – Tampão SMP

FV	GL	Fe	Mn	Cu	Zn	Argila	Ca/Mg	Sat Al ³⁺	Sat Ca ²⁺	Sat Mg ²⁺	Sat K ⁺
Repetição	4	5501,41 ^{ns}	5095,15 ^{**}	37,91 ^{**}	16,75 ^{ns}	131,19 ^{ns}	2,59 ^{ns}	39,71	82,27 ^{ns}	23,05 ^{ns}	2,02 ^{ns}
Município	4	38070,33 ^{**}	28227,25 ^{**}	127,7 ^{**}	30,39 ^{ns}	1607,48 ^{**}	13,45 ^{**}	94,41 ^{**}	931,04 ^{**}	346,98 ^{**}	9,77 ^{**}
Profundidade	2	516,34 ^{ns}	24539,9 ^{**}	2,41 ^{ns}	86,19 [*]	292,97 ^{**}	0,01 ^{ns}	21,75	208,81 ^{ns}	21,7 ^{ns}	0,51 ^{ns}
MunxProf	8	4915,85 ^{ns}	1225,21 ^{ns}	1,54 ^{ns}	15,99 ^{ns}	19,05 ^{ns}	0,36 ^{ns}	8,24	49,21 ^{ns}	13,44 ^{ns}	0,76 ^{ns}
Erro	56	4186,4	1216,17	9,42	20,29	52,19	0,77	9,97	86,86	10,69	0,81
TOTAL	74										
CV(%)		66,99	52,1	122,32	287,43	30,49	29,77	96,64	36,59	32,3	64,8
Média		96,58	66,93	2,5	1,56	23,63	2,95	3,26	25,17	9,84	1,39

Cu, Zn, Fe e Mn – Mehlich-1

^{ns} não significativo, * significativo (p<0,05) ** significativo (p<0,01) de probabilidade de erro.

Solos com baixo teor de matéria orgânica, ácidos, lixiviados, em geral possuem baixos teores de cálcio e magnésio, mas o uso da calagem, com os calcários dolomíticos, tem criado uma nova situação em que alguns solos têm apresentado altos teores de magnésio (Sengik, 2003).

Segundo Embrapa (2004), a saturação por bases (V%), é definida como a proporção da CTC ocupada por bases trocáveis, que são potássio, cálcio, magnésio e sódio, onde os teores de saturação por bases baixos apresentam predominância de hidrogênio e alumínio no complexo de troca, o que explica essa variação dos níveis de cálcio, magnésio e potássio.

Para o fator mais importante na avaliação da fertilidade do solo, que é a disponibilidade dos nutrientes, a saturação por bases não apresentou teores satisfatórios em nenhum dos municípios, sendo este fato preocupante (Tabela 2).

Tabela 2- Teores de saturação por bases, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	V %				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Quarto Centenário
0-0,10	54,56 A ⁽¹⁾ a	30,62 Ab	31,54 Ab	45,24 Aab	42,74 Aab
0,10-0,20	50,66 A a	19,54 Ab	22,55 Ab	44,90 Aa	33,80 Aab
0,20-0,30	50,63 A a	21,00 A c	24,48 A c	45,91 Aab	28,07A bc
Valor médio	51,95 a	23,72 c	26,19 c	44,52 ab	35,70 bc

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Malavolta, (1993), salienta que os processos mais importantes para explicar a origem da acidez dos solos e a lixiviação de bases ao longo dos anos (Ca, Mg e, em menor grau, K), que são substituídas por íons H⁺ e, principalmente, íons Al³⁺, são os processos de troca de cátions da solução do solo (K⁺, Ca⁺² e Mg⁺², principalmente), durante a absorção radicular, por íons H⁺, bem como a utilização adubos nitrogenados não nítricos e utilização do cloreto de potássio durante a adubação, trazendo como consequência o aumento os teores de Al e Mn, componentes da acidez do solo.

Na Tabela 3, é possível identificar que todos as áreas amostradas estão abaixo do pH desejado.

Tabela 3 - Valores de pH CaCl₂, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	pH CaCl ₂				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Q. Centenário
	-----0,01M-----				
0-0,10	5,18 A ⁽¹⁾ a	4,54 Ab	4,82 Aab	4,76 Aab	4,80 Aab
0,10-0,20	5,18 A a	4,26 Abc	4,86 Aab	4,44 A b	4,66 A bc
0,20-0,30	5,12 A a	4,24 A c	4,94 Aab	4,15 A BC	4,62 Aabc
Valor médio	5,16 a	4,34 c	4,62 b	4,85 bc	4,64 bc

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes na linha, e letras maiúsculas diferentes na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 4, é possível estão descritos os teores de alumínio determinados nos cinco municípios.

Tabela 4 - Teores de alumínio, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	Alumínio				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Quarto Centenário
	----- cmolc/dm ⁻³ -----				
0-0,10	0,22A ⁽¹⁾ a	4,73 Aa	1,87 Aa	1,63A a	1,71 A a
0,10-0,20	0,22A b	7,07 Aa	3,73 Aab	2,00A ab	4,54 Aab
0,20-0,30	0,25A b	8,29Aa	3,34 Aab	1,22A b	7,13 Aa
Valor médio	0,23 c	6,07 a	3,32 bc	1,61 bc	4,46 ab

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Segundo Embrpa (2014), para a melhor disponibilidade de nutrientes e para evitar a toxidez por alguns elementos o pH em CaCl₂, a faixa mais adequada deve ficar entre 5,5 a 6,5, sendo recomendado que o pH alcance a nível de 6 para as cultura de soja, milho e trigo, porém, para solos no sistema plantio direto com saturação de bases acima de 65% pode-se utilizar como referência pH 5,5, possibilitando o pleno desenvolvimento das culturas.

Na Tabela 5, para os níveis de fósforo, observa-se que houve diferença significativa p(<0,01), para os diferentes municípios e nas profundidades amostradas.

Tabela 5 - Teores de fósforo, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade	P, mg/dm ³				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Quarto Centenário
m	----- mg/dm ³ -----				
0-0,10	9,40 A ⁽¹⁾ b	13,65 A b	30,01 A a	11,07 A b	22,04 A ab
0,10-0,20	2,10 A a	6,47 A b	24,84 A a	9,32 A b	7,38 B b
0,20-0,30	1,29 A a	2,78 A a	11,84 B a	1,90 Aa	2,41 Ba
Valor médio	4,26 b	7,63 b	22,23 a	7,43 b	10,61 b

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Dentre os nutrientes de maior importância e incremento na produtividade das culturas, destaca-se o fósforo, que é o nutriente com as maiores adsorções, que podem ser de fatores do próprio solo, ou, pode ser influenciado pelo sistema de manejo adotado. Os maiores níveis de P, foram encontrados na profundidade de 0-0,10 m, onde a área amostrada do município de Mariluz e Quarto Centenário, foi a que apresentou os maiores níveis de P, com 30,01 e 24,84 mg dm³, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente, os níveis nessas camadas são mais elevados pela mobilidade do P ser baixa e por que as semeadoras distribuem na profundidade próxima a 15 cm. A adsorção de P pode ocorrer principalmente por ligações eletrostáticas deixando o fortemente ligado aos colóides do solo, ou por precipitação dos íons fosfatos devido à presença de oxidróxidos de Fe e Al, tornando-os indisponíveis para as plantas (Antelo et al., 2007).

Da mesma forma, os teores de argila demonstraram efeitos significativos ($p < 0,01$) para os municípios e para as profundidades (Tabela 6). Quanto mais profunda a amostra, houve maior tendência no aumento dos teores de argila de todos os solos amostrados.

Tabela 6 - Teor de argila, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade	Argila, %				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Quarto Centenário
m	----- % -----				
0-0,10	21,80 Aab ⁽¹⁾	15,80 Abc	7,00 Ac	26,00 Aab	29,40 Aa
0,10-0,20	25,40 A ab	18,80 Abc	7,80 Ac	34,60 Aa	35,00 Aa
0,20-0,30	31,80 A ab	20,80 Abc	10,40 Ac	35,20 Aa	35,60 Aa
Valor médio	26,33 a	18,46 b	8,40 c	32,06 a	33,20 a

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com Souza et al., (2006), quanto maior quantidade de sítios de adsorção, ou seja, quanto mais intemperizado for o solo, maior a adsorção de P, onde os solos com maiores teores de argila apresentam maiores quantidade de sítios de adsorção, nas superfícies dos colóides por meio de complexos de esfera interna, conferindo a estes solos elevada capacidade de fixação de P.

Duas práticas agrícolas apresentam desempenho satisfatório na redução da adsorção de P, sendo elas a calagem e a adubação orgânica. A ação da calagem ocorre na alteração do pH do solo, tornando a carga residual dos colóides negativas, a matéria orgânica por sua vez atua na redução das superfícies adsorptivas do solo, por meio do bloqueio dos sítios de ligações, melhorando assim a eficiência das adubações fosfatadas (Souza et al., 2006).

Os níveis de CTC demonstraram serem maiores no município de Goioerê e Quarto Centenário, alcançando níveis de 8,01 e 9,19, respectivamente, na camada de 0-0,10 m (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores de CTC, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade	CTC				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Quarto Centenário
m	cmol _c kg ⁻¹				
0-0,10	7,46 A ⁽¹⁾ ab	6,48 Abc	5,29 Ac	8,01 Aab	9,19 Aa
0,10-0,20	6,39 A bc	6,15 Abc	5,29 Ac	7,52 Aab	8,74 Aa
0,20-0,30	6,78 A bc	5,95 A c	5,19 Ac	8,07 Aa	8,40 Aa
Valor médio	6,88 b	6,32 b	5,26 c	7,87 a	8,78 a

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Quanto maiores os níveis de CTC, maiores são as quantidades de cátions que o solo poderá reter, sendo a textura, quantidade de argila e o teor de matéria orgânica, os principais fatores que influenciam na CTC, sendo considerados os níveis de 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 e maior que 50 cmol_c kg⁻¹, considerado baixo, moderadamente baixo, moderadamente alto, alto e muito alto respectivamente. Segundo este critério, todos os solos amostrados possuem níveis de CTC considerados baixos.

Para os teores de carbono orgânico, os maiores índices foram encontrados na camada de 0-0,10 m, com os maiores valores de 13,48 e 15,01 g kg⁻¹, nos municípios de Perobal e Quarto Centenário, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 - Teores de carbono orgânico, nos diferentes municípios, por locais e profundidade na média do perfil

Profundidade m	Carbono orgânico				
	Alto Piquiri	Perobal	Mariluz	Goioerê	Quarto Centenário
0-0,10	11,74 A ⁽¹⁾ ab	13,48 Aa	8,72 Ab	11,30 Aab	15,01 Aa
10-0,20	8,12 A b	10,30 Aab	6,98 Ab	8,47 Aab	12,14 Aa
0,20-0,30	7,18 A ab	8,52 Aab	6,04 Ab	8,17 Aab	10,55 A
Valor médio	9,02 bc	10,77 ab	7,25 c	9,31 bc	12,57 a

⁽¹⁾ Letras minúsculas diferentes, na linha, e letras maiúsculas diferentes, na coluna, indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Ao avaliar a fertilidade e o estoque de carbono de solos de quintais agroflorestais em diferentes sistemas de cultivo (plantio direto e floresta nativa), Borba, (2013) salienta que o sistema plantio direto é conceituado como a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente, porém para que seja devidamente eficiente, é necessário o incremento de carbono orgânico com o passar dos anos, sendo a taxa de decomposição de palha mantida na superfície do solo, menor do que se fosse incorporada ao solo, pois o carbono orgânico propicia melhor qualidade aos solos, tem implicações graduais nas alterações do pH, na toxidez de alumínio, na dinâmica de nitrogênio, do fósforo e de outros nutrientes. Na Figura 1, é possível observar os teores de carbono orgânico, nos municípios onde os solos foram amostrados, nas diferentes profundidades.

A quantidade e a disponibilidade de micronutrientes para as plantas dependem muito da mineralogia das rochas que dão origem aos solos, havendo íntima correlação entre o teor de argila e o conteúdo de micronutrientes. Solos com baixos teores de argila, ácidos e com baixo teor de matéria orgânica são potencialmente deficientes em micronutrientes. O agrupamento dos micronutrientes em cátions (Fe⁺⁺, Mn⁺⁺, Zn⁺⁺ e Cu⁺⁺) e ânions (B, Cl⁻, Mo⁴⁻) facilita o entendimento do seu comportamento em relação aos colóides do solo, bem como da sua disponibilidade (Sengik, 2003).

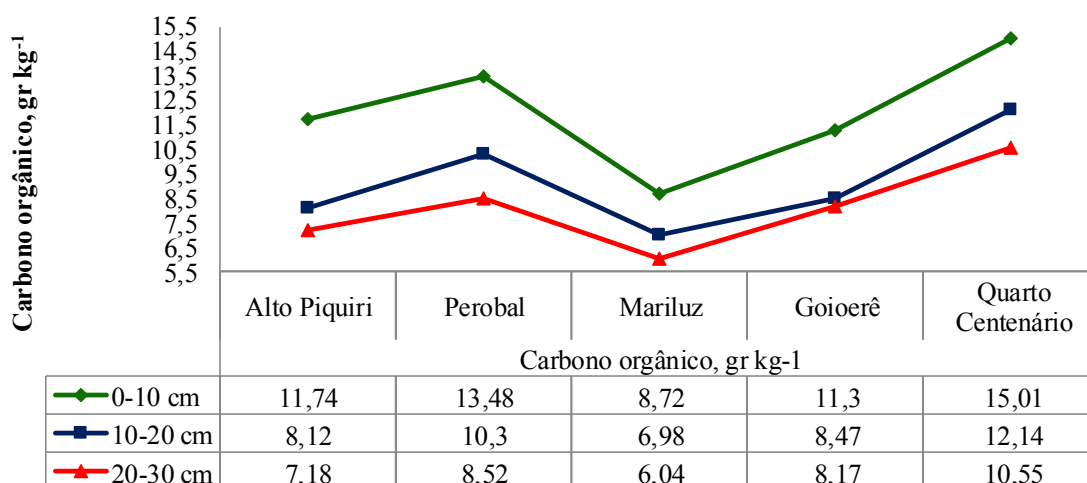


Figura 1 - Carbono orgânico, dos solos amostrados nos municípios, Alto Piquiri, Perobal, Mariluz, Goioerê e Quarto Centenário, em suas respectivas profundidades.

Na Tabela 9 é possível observar que os teores de cobre no município de Goioerê é considerado muito alto, nos municípios de Mariluz e Alto Piquiri, estão em níveis considerados altos e nos municípios de Quarto Centenário e Perobal, Para os teores de manganês, todos os município apresentaram níveis considerados muito altos, (acima de 20 mg dm⁻³) para o Estado do Paraná, sendo que os maiores teores deste micronutriente foram encontrados nos municípios de Mariluz e Goioerê (Embrapa, 2014).

Tabela 9 - Teores de ferro, zinco, cobre e manganês nos diferentes municípios

Local	Fe		Zn		Cu		Mn	
	mg dm ⁻³							
Mariluz	29,50	c	3,94	a	1,59	b	107,89	a
Goioêre	67,33	bc	1,38	a	7,66	a	114,89	a
Quarto Centenário	109,69	ab	0,44	a	0,81	b	23,78	bc
Alto Piquiri	114,12	ab	1,57	a	1,75	b	61,92	b
Perobal	162,29	a	0,49	a	0,72	b	26,16	bc
MÉDIA	96,58		1,56		2,50		66,93	
CV (%)	66,99		287,43		122,32		52,10	

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença pelo teste de Tukey a 5%.

Para ferro, todos os municípios apresentaram teores considerados muito altos, sendo o maior teor encontrado no município de Perobal. Para zinco, todos os municípios apresentaram semelhança entre si, porém segunda Embrapa (2014), o município de Quarto Centenário apresentou nível considerado baixo (menor que 0,5 mg dm⁻³), onde,

segundo este manual, sugere que para correta diagnose de deficiência deste micronutrientes, uma ferramenta essencial é a análise foliar, podendo auxiliar em possíveis aplicações em casos de deficiência e diagnose de toxicidade de micronutrientes, porém alertam que as correções só se viabilizam na próxima safra, considerando-se que para as análises a amostragem de folhas é indicada no período da floração, a partir do qual não é mais eficiente realizar qualquer correção de ordem nutricional no caso da cultura da soja.

CONCLUSÕES

Para P, os maiores níveis foram em Mariluz e Quarto Centenário com 30,01 e 24,84 mg/dm³, na camada de 0-0,10 m. O Município de Mariluz apresentou os maiores níveis de P em todas as profundidades amostradas.

Os solos de Goioerê e Quarto Centenário apresentaram os maiores de argila, com 32,06 e 33,20 %, respectivamente na camada 0-0,30 m.

Os menores teores de saturação por bases foram encontrados nos municípios de Perobal e Mariluz, com 30,63 e 31,54 %, respectivamente na camada de 0-0,10 m, sendo ainda menores na camada de 0,20-0,30 m com 8,52 e 6,04, respectivamente.

Todos os solos amostrados possuem níveis de potássio abaixo do desejado.

Todos os solos amostrados possuem níveis de CTC considerados baixos, em todas as profundidades amostradas.

A análise de solo é um dos instrumentos mais indicados e utilizados na correção de solo e recomendação de adubação.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A. de L.; AVILA, R.M.; SCAPIM, C.A.; BARBOSA, M.C.; STULP, M. Sementes de soja produzidas em épocas de safrinha na região oeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, n.31, p.121-127, 2009.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUCK, J.; FERNANDES, S.B.V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.23, p.679-686, 1999.

ANTELO, J.; ARCE, F.; AVENA, M. FIOL, S.; LÓPEZ, R.; MACÍAS, F. Adsorption of soil humic acid at the surface of goethite and its competitive interaction with phosphate. **Geoderma**, n.138, p.12-19, 2007.

BARROS, J.R.M.; BARROS, A.L.M. **A revolução do agronegócio com ênfase na economia do conhecimento**. In: VELOSO, J.P.R. O desafio da China e da Índia. A resposta do Brasil. Fórum Nacional, Editora José Olympio, Rio de Janeiro, 2005.

BORBA, M.L. **Fertilidade e carbono orgânico dos solos de quintais agroflorestais, plantio direto e floresta nativa no município de Irati, Paraná**. 2013. 62p. Dissertação (Mestrado em) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Safras. In.: **Séries históricas**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcm_sconteudos=3#A_objcmsconteudos. Acesso em: 24 fev. 2015.

CUNHA, G.M. **Estudo comparativo de condições químicas e físicas de um latossolo Vermelho-Amarelo Álico, de encosta, sob duas coberturas: café e mata natural**. 1995. 65p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Arroz e Feijão. **Sistemas de Produção**. n.4, 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/solos.htm>. Acesso em: 24 fev. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA FLORESTAS. **Mapa elaborado para apoio ao projeto de extensão universitária solo na escola**, 2012. Disponível em: http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa_solos_pr.pdf. Acesso em: 28 jul. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção**. n. 16. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 265p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. UFLA, n.35 p.1039-1042, 2011.

GISMONTI. **Assuntos sobre Agronomia**. Disponível em: <http://agronomiacomgismo.ntl.blogspot.com.br/2011/05/os-solos-arenosos.html>. Acesso em: 28 jul. 2015.

MALAVOLTA. E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, colheitas máximas econômicas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MUZILLI, O. **3º Simpósio sobre a rotação de soja milho plantio direto**. IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. Londrina-PR, 2002.

OLIVEIRA, F.H.T.; ARRUDA, J.A.; SILVA, I.F.; ALVES, J.C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de

tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.31, p.973-983, 2007.

RAIJ, B. Melhorando o ambiente radicular em superfície. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. STIPP, S.R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Culturas**. IPNI, Piracicaba. p.350-382, 2014.

SÁ, J.C. de M.; SÉGUY, L.; SÁ, M.F.M.; FERREIRA, A. de O.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J.B.; CANALLI, L. Gestão da matéria orgânica e da fertilidade do solo visando sistemas sustentáveis de produção. In.: **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Volume 1. Contexto mundial e práticas de suporte, Piracicaba, p.385-420, 2014.

SALGADO, B.G.; MACEDO, R.L.; ALVARENGA, M.I.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) EM LAVRAS-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.343-349, 2006.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade da fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.85-91, 2000.

SENGIK, S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. Versão 2003. Disponível em: <<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

SOUZA, R.F.; FAQUIM, V.; FERNANDES, L.A.; AVILA, F.W. Nutrição fosfatada e rendimento do feijoeiro sob influência da calagem e adubação orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, n.30, p.656-664, 2006.

VARASCHINI, A.D.C. **Avaliação da fertilidade do solo na agricultura de precisão**. (Dissertação Mestrado) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí-RS, 2012.