

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO AFETADOS POR MÉTODOS DE
PREPARO E SISTEMAS DE CULTURAS**

Alejandra Maria Campos Carballo
(Dissertação de Mestrado)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO AFETADOS POR MÉTODOS DE
PREPARO E SISTEMAS DE CULTURAS**

ALEJANDRA CAMPOS CARBALLO
Engenheira Agrônoma (Universidad de Costa Rica)

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção
do Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS), Brasil

Abril/ 2004

*Dedicado ao Oscar,
aos meus pais,
e à minha avó no céu.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e valor para enfrentar as dificuldades e os momentos difíceis.

Ao professor Carlos Alberto Bissani pela sua compreensão, apoio e orientação durante a realização do curso.

Aos meus pais, Martin e Nuria, por tudo aquilo que me ensinaram, pelo amor e apoio sempre, fazendo possível que eu realize um sonho.

Ao Oscar, que mesmo a muitos quilômetros de distância, esteve comigo com seu amor e amizade.

Aos amigos, Rafael, Fátima, João Paulo, Mariel, Márcia, Rodrigo e Frederico, pela sua amizade e o seu carinho nestes dois anos. Os levarei sempre em meu coração.

À minha família brasileira, Alexandre, Eliane, Arthur, Julia, Elaine e Rubem, pela acolhida e ajuda em todos os momentos.

À Cinthya, Gina, Tuto, Christian, Fabian, Tati e Carlos que sempre me deram a maior força e carinho.

Aos professores, funcionários e colegas do PPG pelo auxílio e amizade, especialmente aos professores Cimélio Bayer e João Mielniczuk, e ao Adão pela ajuda no laboratório.

À Embaixada do Brasil na Costa Rica e ao CNPq pela concessão da bolsa.

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO AFETADOS POR MÉTODOS DE PREPARO E SISTEMAS DE CULTURAS^{1/}

Autor: Eng. Agr. Alejandra Campos Carballo

Orientador: Prof. Carlos Alberto Bissani

RESUMO

Métodos de preparo e sistemas de culturas podem afetar os atributos químicos do solo e, conseqüentemente, sua fertilidade. Com o objetivo de avaliar os efeitos destas práticas, foram analisadas amostras de solo coletadas de seis camadas (0-2,5, 2,5-5, 5-7,5, 7,5-12,5, 12,5-17,5 e 17,5-30 cm), no 13º ano de experimento de longa duração, instalado em 1985, em um Argissolo Vermelho distrófico, localizado na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS. O experimento constitui-se de três métodos de preparo (convencional-PC, reduzido-PR e plantio direto-PD), três sistemas de culturas (aveia/milho-A/M, vica/milho-V/M e aveia+vica/milho+caupi-A+V/M+C) e duas doses de N mineral no milho (0 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ e 180 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia). Houve aumento no estoque de carbono orgânico (CO) do solo no PD e PR quando associados com sistemas de culturas com maior aporte de resíduos vegetais ao solo. Os métodos de preparo sem revolvimento do solo apresentaram maior valor de CTC efetiva e a pH 7,0, em concordância com o teor de CO. Maiores teores de Ca, Mg e P foram determinados na camada superficial do solo (0-5 cm) em PD e PR, enquanto o solo em PC apresentou distribuição homogênea destes atributos na camada arável (0-17,5 cm). Sistemas de culturas que incluíram leguminosas, principalmente o sistema V/M, apresentaram menor valor de pH e maiores valores de Al trocável e saturação por alumínio. Em média, tratamentos com aplicação de N mineral apresentaram menores valores de pH e de saturação por bases e aumento da saturação por alumínio.

^{1/}Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. Brasil. (83p.) – Maio, 2004.

SOIL CHEMICAL CHARACTERISTICS AFFECTED BY DIFFERENT TILLAGE METHODS AND CROP SYSTEMS^{1/}

Author: Eng. Agr. Alejandra Campos Carballo
Adviser: Prof. Carlos Alberto Bissani

ABSTRACT

Tillage methods and crop systems affect soil chemical characteristics and, as a consequence, soil fertility. In order to evaluate these effects, soil samples from six layers (0-2.5, 2.5-5, 5-7.5, 7.5-12.5, 12.5-17.5 and 17.5-30 cm) of a thirteen-year old experiment were analyzed. A long-term experiment started in 1985, is established on a Paleudult soil, at the Experimental Station of the Federal University of Rio Grande do Sul, Eldorado do Sul, RS, Brazil. The experiment comprises three soil tillage systems (conventional-CT, reduced-RT and no tillage-NT), three crop systems [oat (*Avena strigosa*)/maize (*Zea mays*)-O/M; vetch (*Vicia sativa*)/maize-V/M and oat+vetch/maize+cowpea (*Vigna unguiculata*)-O+V/M+C] and two nitrogen treatments (0 and 180 kg N ha⁻¹ year⁻¹, as urea) applied to maize crop. There was an increase in the stock of soil organic carbon (OC) for RT and NT systems when associated with crop systems with high plant residue addition. The highest values of CEC were observed in the methods without ploughing according to the OC values. Higher concentrations of Ca, Mg and P were obtained at the surface layer of soil (0-5 cm) under RT and NT methods than in conventionally tilled soil, which shown a homogeneous distribution values for these attributes in the plough layer (0-17.5cm). Crop systems that include legume species, specially V/M, had lower values of pH and higher values of exchangeable aluminum and aluminum saturation. On average, treatments with N addition showed lower values for pH and cation saturation, and higher aluminum saturation.

^{1/}Master of Science Dissertation in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brazil. (83 p.) – May, 2004.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1. Sistemas conservacionistas de manejo.....	03
2.2. Efeitos dos métodos de preparo e de sistemas de culturas sobre atributos químicos do solo.....	05
2.2.1. Matéria orgânica.....	05
2.2.2. Nitrogênio.....	08
2.2.3. Capacidade de troca de cátions (CTC) e bases trocáveis.....	10
2.2.4. Acidez do solo e alumínio trocável.....	12
2.2.5. Fósforo.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Localização geográfica e clima.....	19
3.2. Descrição do experimento.....	19
3.3. Amostragem e preparo das amostras.....	23
3.4. Análises químicas do solo.....	23
3.4.1. Carbono orgânico no solo.....	23
3.4.2. Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis.....	23
3.4.3. Fósforo.....	24
3.4.4. Potássio.....	24
3.4.5. Acidez potencial (hidrogênio+alumínio).....	24
3.4.6. pH (H ₂ O) e SMP.....	25
3.4.7. Soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e saturação por alumínio.....	25
3.5. Análise estatística.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Carbono orgânico.....	26
4.2. Capacidade de troca de cátions (CTC).....	28
4.2.1. CTC efetiva.....	28
4.2.2. CTC pH 7,0.....	32

	Página
4.3. Componentes da acidez do solo.....	33
4.3.1. pH do solo.....	33
4.3.2. Alumínio trocável e saturação por alumínio.....	38
4.3.3. Efeito da adubação nitrogenada sobre os componentes da acidez do solo.....	42
4.4. Bases trocáveis e saturação por bases.....	45
4.4.1. Cálcio, magnésio e potássio.....	45
4.4.2. Saturação por bases.....	50
4.4.3. Efeito da adubação nitrogenada na saturação por bases.....	53
4.5. Fósforo.....	54
5. CONCLUSÕES.....	58
6. BIBLIOGRAFIA.....	59
7. APÊNDICES.....	66

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Sistemas de culturas utilizados nos anos agrícolas de 1985 a 1998.....	22
2. Quantidades de fósforo, potássio e calcário aplicadas na área experimental no período de 1985 a 1998.....	23
3. Teor de magnésio trocável do solo após a utilização durante treze anos de três métodos de preparo e três sistemas de culturas, em seis profundidades (média de três repetições).....	48
4. Teor de potássio trocável do solo após a utilização durante treze anos de três métodos de preparo e três sistemas de culturas, em seis profundidades (média de três repetições).....	50

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Distribuição dos tratamentos na área experimental. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	21
2. Teor de carbono orgânico (CO) do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições) (Lovato, 2001).....	27
3. Valor de CTC efetiva do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	29
4. Valor de CTC efetiva do solo em função de métodos de preparo e sistemas de culturas, em três épocas de avaliação (média de três repetições; valores apresentados correspondem à camada de 0-17,5 cm de profundidade).....	31
5. Valor de CTC a pH 7,0 em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	33
6. Valor de pH-H ₂ O do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	34
7. Valor de pH-H ₂ O do solo em função de métodos de preparo e sistemas de culturas, ao longo de treze anos de avaliação (média de três repetições; valores apresentados correspondem à média para a camada de 0-17,5 cm de profundidade).....	37
8. Valor de alumínio trocável no solo em função de métodos de preparo e sistemas de culturas (média de três repetições).....	39
9. Valor de saturação por alumínio (m) no solo em função de métodos de preparo de sistemas de culturas (média de três repetições).....	41
10. Relação entre o pH-H ₂ O do solo e a saturação por alumínio (m) para todos os tratamentos sem aplicação de N e camadas avaliadas (médias de três repetições).....	42
11. Valor de pH-H ₂ O do solo em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições).....	43

	Página
12. Valor de pH-H ₂ O em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições).....	44
13. Valor de saturação por alumínio (m) em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições).....	44
14. Teor de cálcio trocável do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	46
15. Relação entre a capacidade de troca de cátions efetiva e os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis no solo (média de três repetições).....	47
16. Valor de saturação por bases (V) no solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	51
17. Relação entre o pH-H ₂ O do solo e a saturação por bases (V) (média de três repetições).....	52
18. Valor de saturação por bases (V) no solo em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições).....	53
19. Teor de fósforo extraído com solução Mehlich-1 em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	55
20. Teor de fósforo extraído com resina trocadora de ânions e função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições).....	56

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
1. Teor de cálcio trocável ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	67
2. Teor de magnésio trocável ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	68
3. Teor de potássio trocável ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	69
4. Valor da soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	70
5. Valor de saturação por bases (%) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	71
6. Teor de alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	72
7. Valor de saturação por alumínio (%) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	73
8. Valor de acidez potencial (H+Al) ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	74
9. Valor de pH-H ₂ O nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	75
10. Valor de pH-SMP nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	76
11. Valor de CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	77

	Página
12. Valor de CTC a pH 7,0 ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	78
13. Teor de fósforo extraído com solução Mehlich-1 (mg kg^{-1}), nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses e N mineral.....	79
14. Teor de fósforo extraído com resina trocadora de ânions (mg kg^{-1}), nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	80
15. Relação entre os métodos Mehlich-1 e resina trocadora de ânions para determinação do teor de P no solo, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	81
16. Teor de carbono orgânico (CO), nas repetições I, II, III e na media, e concentração de CO nas camadas (g dm^{-3}), no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	82
17. Produtividade de milho no ano agrícola 2002-2003, nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.....	83
18. Produção de matéria seca e resíduos vegetais remanescentes sobre o solo no ano agrícola 2002-2003, nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas, sem aplicação de N mineral.....	83

1. INTRODUÇÃO

O interesse geral em se preservar os recursos naturais, principalmente o solo, teve como resultado o desenvolvimento de novas técnicas que permitissem cultivar o solo minimizando a sua degradação. Com este objetivo, foram concebidas práticas conservacionistas com mínima mobilização do solo e manutenção dos resíduos vegetais sobre sua superfície. Assim, surgiram opções como os preparos reduzidos de solo e, posteriormente, o plantio direto, que, em relação às práticas tradicionais como o preparo convencional, é uma alternativa com amplos benefícios ambientais e econômicos.

A utilização do sistema plantio direto associado à rotação de culturas tem demonstrado ser uma opção de manejo capaz de contribuir para a sustentabilidade de sistemas agrícolas que usam intensamente o solo. Dentre os benefícios advindos da adoção desse sistema em relação aos sistemas tradicionais de manejo do solo, pode-se citar aqueles relacionados aos fatores econômicos, como a diminuição dos custos de produção e a manutenção do rendimento das culturas, e ambientais, promovidos pelo aumento da matéria orgânica e manutenção da cobertura permanente do solo, minimizando os efeitos erosivos da chuva.

Este sistema de manejo vem sendo cada vez mais adotado pelos agricultores, e as pesquisas têm gerado grande número de informações sobre a fertilidade do solo, relacionada principalmente ao acúmulo de matéria orgânica e nutrientes, notadamente os macronutrientes, e também aos aspectos de acidez do solo. No entanto, para fornecer recomendações seguras e atualizadas aos agricultores, são necessários estudos de longa duração, a fim de avaliar as mudanças ocorridas em atributos do solo a longo prazo. Nesse sentido, há o interesse em comparar diferentes sistemas de manejo envolvendo métodos de preparo e sistemas de culturas.

Com este objetivo, foi iniciado em 1985 um experimento deste tipo, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no qual já foram realizados diversos estudos sobre este tema. O presente estudo faz parte da seqüência de avaliações realizadas nesta área.

Este trabalho tem como hipótese geral que atributos químicos, como os teores de carbono orgânico e fósforo, a capacidade de troca de cátions e os atributos relacionados à acidez do solo, são influenciados por métodos de preparo e sistemas de culturas a longo prazo.

O presente estudo teve por objetivos: 1) avaliar o efeito de diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas, após treze anos, sobre atributos químicos do solo; 2) relacionar atributos químicos com os processos de acidificação do solo; 3) analisar a dinâmica de alguns atributos químicos nas diferentes avaliações realizadas no experimento ao longo do tempo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistemas conservacionistas de manejo

Devido à exploração descontrolada dos recursos naturais pelo homem, tais como os solos sob uso agrícola, e a necessidade de proteger estes recursos, têm sido desenvolvidos, nas últimas décadas, sistemas de produção voltados para a preservação e melhoramento das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Estes sistemas de produção, denominados conservacionistas, têm como principal característica a redução ou ausência de revolvimento do solo, assim como o uso de culturas de cobertura para proteção física do solo e aporte de uma maior quantidade de fitomassa, aumentando, conseqüentemente, o teor de matéria orgânica do solo. Estas tecnologias, implementadas atualmente em grandes áreas produtoras brasileiras, modificam a dinâmica dos atributos do solo e afetam positivamente o rendimento das culturas de interesse econômico (Wiethölter, 2002).

O preparo convencional do solo (PC), com arações e gradagens, teve origem na idéia de que o desenvolvimento das plantas cultivadas, principalmente na fase inicial de crescimento, necessitava de um leito de semeadura revolvido e livre de vegetação, a tal ponto que permitisse uma boa germinação das sementes e proporcionasse adequadas condições às raízes (Dexter, 1976).

Esta prática, envolvendo a mobilização ou revolvimento total das camadas superficiais do solo por meio de implementos, é de uso comum e foi amplamente adotada no Brasil como condição básica para uma boa agricultura, sem levar em consideração as condições de clima, tipo de solo e topografia. O PC foi o mais utilizado até o final da década de 70, quando foi percebida a importância da conservação e a magnitude do problema da degradação dos solos. Desde então, começaram a ser estudados sistemas alternativos, como o preparo reduzido de solo (PR) e o sistema plantio direto (PD).

O PR abrange práticas conservacionistas de manejo do solo, tais como a substituição do arado e da grade por escarificadores, reduzindo a intensidade de revolvimento do solo e o tráfego de máquinas sobre o mesmo, além da eliminação da queima da palha de cereais de inverno e a introdução de culturas de cobertura do solo nas áreas sob pousio no inverno (Wiethölter, 2002). O sistema PD consiste em realizar as operações de semeadura com o mínimo revolvimento da camada superficial do solo, afetando somente um pequeno volume de solo na linha de semeadura para colocação das sementes, além de outras práticas similares ao PR, como o uso de culturas de cobertura.

O sistema PD foi primeiramente estudado na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, na década de 40, em que se constatou que as plantas cultivadas podiam se desenvolver satisfatoriamente sem o preparo do solo, enquanto não houvesse competição com ervas daninhas (Koronha, 1973). No Brasil, os primeiros testes com PD em escala de produção foram realizados em 1972, simultaneamente nos Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, com as culturas de trigo e de soja, tendo como principal meta o controle da erosão do solo (Cabeda, 1984). Contudo, seu avanço foi lento nas décadas de 70 e 80. Porém, com a constatação de que a erosão poderia ser reduzida a níveis toleráveis, com pequenas perdas de solo, a possibilidade de controlar adequadamente as invasoras sem a necessidade de incorporar herbicidas, o desenvolvimento de semeadoras eficientes na semeadura e na aplicação dos fertilizantes em solos com palha na superfície, e por ter menor custo que o sistema convencional, o sistema PD passou a ser adotado em larga escala, principalmente a partir da metade da década de 90 (Wiethölter, 2002).

Atualmente, o sistema PD abrange uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares no país. No Rio Grande do Sul, a área atual sob PD é de cerca de quatro milhões de hectares, constituindo cerca de 60% da área cultivada com culturas de grãos no Estado (Federação..., 2003).

Os diferentes métodos de preparo do solo, mencionados anteriormente, associados a sistemas de culturas, afetam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, as quais podem afetar o crescimento das plantas. Nesta revisão, serão abordados, principalmente, os efeitos de métodos de preparo e de sistemas de culturas sobre atributos químicos do solo.

2.2. Efeitos dos métodos de preparo e de sistemas de culturas sobre atributos químicos do solo

Estudos feitos por diversos autores (Sidiras & Pavan, 1985; Bayer, 1992; Testa, et al., 1992; Bayer & Mielniczuk, 1997; Silveira & Stone, 2001) demonstraram que alterações nos teores de matéria orgânica, nitrogênio, alumínio e cátions trocáveis (cálcio, magnésio e potássio) e no pH do solo foram causadas pelos diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas utilizados nas lavouras. O conhecimento dessas alterações, em condições específicas de solo e clima, é importante para o entendimento da potencialidade dos sistemas de manejo em relação à produtividade das culturas e na adoção de práticas no sentido de prever possíveis limitações advindas da sua utilização (Silveira & Stone, 2001).

Os métodos de preparo influem na distribuição de nutrientes e outros elementos no perfil do solo. Preparos com menor mobilização favorecem o acúmulo destes na camada superficial, enquanto os que mobilizam o solo mais intensamente proporcionam distribuição mais uniforme na camada arável (Sidiras & Pavan, 1985). Isso afeta as condições de fertilidade do solo e influencia a eficiência das práticas de adubação e calagem.

Além do preparo de solo, o uso de sistemas de culturas, com aporte contínuo de resíduos vegetais ao solo, pode melhorar a estrutura do mesmo, aumentar a atividade biológica e promover a ciclagem de nutrientes e adição de nitrogênio (Mielniczuk et al., 2000). Assim, a eficiência do uso de culturas de cobertura para proteção do solo e para melhoria das propriedades químicas vai depender basicamente do seu manejo, variando desde o PC com incorporação total dos resíduos, passando pelo PR com incorporação parcial dos resíduos, até o sistema PD, com a manutenção dos resíduos na superfície do solo.

2.2.1. Matéria orgânica

Os diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas podem afetar a dinâmica e, conseqüentemente, o teor de carbono orgânico (CO), principal constituinte da matéria orgânica do solo (MOS). Assim, devido à estreita relação que existe entre o teor de matéria orgânica e os demais atributos do solo, as variações em seus conteúdos afetarão as condições

consideradas satisfatórias para a produtividade das culturas (Bayer et al., 2000).

Diversos são os resultados de pesquisas que demonstraram o efeito de diferentes métodos de preparo sobre o conteúdo de MOS. A variação verificada nas taxas de acúmulo de MOS no sistema PD é devida principalmente às diferentes condições ambientais, ao tipo de solo e ao histórico das áreas em que foram realizados.

Nas condições de clima tropical e subtropical, com elevada temperatura e alta precipitação pluviométrica, são expressivas as perdas de MOS, tanto pela alta taxa de mineralização, como pela erosão do solo, principalmente em solos descobertos, daí a importância do uso de sistemas agrícolas que diminuam estes efeitos (Lovato, 2001). O baixo conteúdo de MOS diminui a retenção de cátions e o fornecimento de nutrientes para as culturas, levando à redução nos rendimentos (Bayer, 1996).

A diminuição do conteúdo de MOS é favorecida pela mobilização do solo, que aumenta a taxa de perda do carbono, pois o revolvimento do solo proporciona uma maior aeração e aumenta o contato dos resíduos orgânicos com a microbiota do solo, estimulando assim o processo de oxidação da MOS pelos microorganismos. Como consequência, em solos submetidos ao revolvimento intenso, com lavrações e gradagens, como é o caso do PC, pode ocorrer o balanço negativo da MOS no sistema, onde a taxa de adição é menor que a taxa de decomposição, apresentando menores conteúdos de CO (Amado, 2000).

Quando combinados métodos de preparo, com mínimo ou nenhum revolvimento do solo, com sistemas de culturas que proporcionam alto aporte de biomassa, ocorre o aumento ou a manutenção no teor de MOS. A quantidade de biomassa produzida pelas culturas de cobertura depende das espécies, do tempo de estabelecimento, das condições de crescimento e de quando a cultura é eliminada (Duiker & Curran, 2003).

Bayer & Bertol (1999), em experimento conduzido em um Cambissolo Húmico, após nove anos, obtiveram um conteúdo de 51,5 Mg ha⁻¹ de CO no solo sob PC, enquanto que nos tratamentos com PR e PD este valor foi de 57,8 e 60 Mg ha⁻¹, representando um incremento relativo no conteúdo de carbono de 17 e 24% em relação ao PC, respectivamente.

O acúmulo de MOS nos sistemas PD e PR ocorre principalmente nos primeiros centímetros superficiais do solo. Bayer et al. (2000) mencionam que aportes de 4,35 e 7,95 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, pelos sistemas aveia/milho e aveia+vica/milho+caupi, resultaram em acúmulo de CO restrito à camada superficial de 0-5 e 0-12,5 cm, respectivamente. Isto ocorre principalmente nos primeiros anos de instalação de sistemas de culturas em solos não revolvidos. Segundo Testa et al. (1992), com o tempo, os incrementos ocorrem em camadas mais profundas, possivelmente como reflexo do desenvolvimento radicular das culturas e da atividade da biota do solo.

O uso de sistemas de culturas que utilizam leguminosas para cobertura de solo, em sucessão e/ou consorciadas com gramíneas e culturas comerciais, capazes de adicionar elevadas quantidades de resíduos ao solo, permite aumentar o teor de MOS, com conseqüente aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e redução na lixiviação de cátions, além de adicionar N proveniente da fixação de N₂ atmosférico (Testa et al., 1992). Teixeira (1988), em área adjacente à do presente estudo, encontrou aumentos significativos do teor de CO do solo na camada de 0-2,5 cm, no sistema guandu + milho (2,70% de C) e aveia + vica/milho + caupi (2,58% de C) em relação ao pousio/milho (1,33% de C), enquanto que nas camadas mais profundas as diferenças não foram significativas, após cinco anos sob PD.

Outra variável importante, no uso de sistemas de culturas, é a relação C:N das espécies utilizadas, pois culturas com relação C:N baixa são decompostas mais rapidamente que espécies com alta relação C:N (Duiker & Curran, 2003). Espécies que apresentam uma relação C:N mais ampla possuem maior efeito agregante, devido à decomposição mais lenta e à formação de compostos orgânicos intermediários que contribuem para o aumento do teor de MOS. Nesse contexto, as gramíneas atuam de forma mais eficaz na formação de agregados, tanto pela ação direta das raízes como pelo suprimento de resíduos orgânicos mais duradouros e estáveis (Muzilli, 2002).

Bayer (1992), na mesma área experimental do presente estudo, observou que, após nove anos, a associação do PD ao sistema de culturas aveia+vica/milho+caupi apresentou menor taxa de decomposição da MOS e maior taxa de adição de resíduos ao solo, resultando em uma diferença na quantidade de CO acumulado no solo de 11 Mg ha⁻¹ a mais que o PC

associado ao sistema aveia/milho. Além da expressiva melhoria de qualidade do solo pelo aumento dos estoques de matéria orgânica, a adoção de sistemas de manejo sem revolvimento do solo e o alto aporte de resíduos resultam em menor emissão de CO₂ para a atmosfera e sua retenção no solo (Marques, 2000).

2.2.2. Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Apesar de encontrar-se na camada arável do solo em quantidades relativamente elevadas, sua baixa disponibilidade, somada à grande quantidade absorvida pelos vegetais, faz com que seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade da maioria das culturas (Camargo, 1996). Esta baixa disponibilidade é decorrente de que 95% ou mais de N do solo encontra-se em formas orgânicas, sendo somente uma pequena parte mineralizada pela microbiota do solo durante o ciclo de uma determinada cultura (Conti et al., 1998; Camargo et al., 1999).

O teor de nitrogênio total (NT) depende, principalmente, da relação entre a adição de N ao solo via resíduos culturais, fixação biológica e adubação mineral, e as quantidades de N perdidas por lixiviação, erosão do solo ou extração pelas plantas (Freitas et al., 1996), sendo estes fatores afetados pelos métodos de preparo do solo e sistemas de culturas. Segundo Testa (1989), a redução do revolvimento do solo e a utilização de sistemas de culturas que incorporam ao solo N fixado da atmosfera por leguminosas constituem um tipo de manejo eficiente em recuperar o teor MOS e a capacidade do solo em fornecer N às culturas anuais.

A fixação biológica de N₂ pelas leguminosas representa um aporte importante ao sistema solo. Estudos realizados por Aita et al. (1994), no Rio Grande do Sul, avaliaram diversas espécies de inverno usadas como cobertura do solo, como a ervilhaca comum (*Vicia sativa*), o chícharo (*Lathyrus sativus*) e o tremoço azul (*Lupinus angustifolius*), capazes de fixar nas condições estudadas, 34, 40 e 42 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente. Segundo Burle (1995), em algumas situações, as contribuições de N por parte das leguminosas não vem unicamente da fixação biológica, mas também pela melhor ciclagem de N por essas plantas.

O efeito dos métodos de preparo sobre a recuperação do conteúdo de N do solo é decorrente da redução das perdas, enquanto que os sistemas de culturas podem afetar tanto as perdas como as adições de N (Bayer, 1992). Assim, no PC as perdas de N são causadas principalmente por erosão e lixiviação, devido à superfície descoberta do solo e à aceleração da decomposição da MOS e dos resíduos culturais incorporados (Freitas et al., 1996).

De acordo com Amado et al. (2000), os sistemas conservacionistas de preparo do solo reciclam o nitrogênio mais lentamente, porém de forma mais eficiente do que o sistema de PC, por várias razões, dentre elas o aumento do teor de carbono e nitrogênio orgânico na superfície do solo, a maior imobilização do N durante a decomposição dos resíduos culturais e a redução da erosão do solo e das perdas por lixiviação.

Amado et al. (2001) verificaram que a associação do sistema PD com o cultivo de leguminosas foi eficiente em promover o aumento do estoque de N total no solo. Embora tenha sido constatado pelos autores que existe uma maior velocidade de decomposição de resíduos no PC do que no PD, ambos os sistemas apresentaram potencial de sincronismo da liberação de N dos resíduos para a demanda do milho.

Os maiores conteúdos de N total no solo sob PD, em comparação com o PC, são resultado da menor taxa de decomposição da MOS naquele sistema, e dos resíduos culturais devido a sua localização na superfície que reduz o contato solo-resíduo, retardando sua decomposição. Bayer & Mielniczuk (1997) encontraram na camada de 0-17,5 cm conteúdos de NT no solo sob PD de 398, 342 e 117 kg ha⁻¹ maiores do que no solo sob PC, nos sistemas aveia+trevo/ milho+caupi, aveia+trevo/milho e aveia/milho, respectivamente. Esses maiores conteúdos de NT resultaram da diminuição das perdas de N pelo não revolvimento do solo.

Avaliações anteriores, na mesma área experimental deste estudo, concluíram que as quantidades de N adicionado e/ou reciclado pelos sistemas de culturas refletiram-se na quantidade de N total acumulado no solo. Assim na sucessão das culturas aveia/milho, sem adubação nitrogenada, os métodos de preparo tiveram pequeno efeito no acúmulo de N total (Bayer, 1992, Freitas et al., 1996, Lovato, 2001). Por outro lado, nos sistemas de culturas com

características de elevado aporte de N, foi possível constatar que a redução na intensidade do preparo se refletiu no maior acúmulo de N total no solo. Desta maneira, o sistema aveia+ervilhaca/milho+caupi apresentou o acréscimo de 404 kg ha⁻¹ de N no solo sob PD em relação ao PC, após nove anos de avaliação (Amado et al., 2000), ocorrendo o acúmulo principalmente na camada superficial (0-5 cm) e a diminuição nos teores de NT em profundidade.

Dada a importância do teor de nitrogênio no solo e de sua disponibilidade para as culturas de interesse econômico, a combinação de preparos conservacionistas com o uso de espécies leguminosas é uma opção importante para manter ou aumentar o estoque de NT no solo.

2.2.3. Capacidade de troca de cátions (CTC) e bases trocáveis

Em solos tropicais, mais intemperizados e com predominância de argilominerais do tipo 1:1, como a caulinita, e óxidos de ferro, a MOS tem grande influência na capacidade de reter e trocar íons, assim como de tamponamento da solução do solo (Ding et al., 2002). Quanto menor a CTC da fração mineral do solo, maior é a contribuição relativa da MOS na CTC total.

Silva et al. (1994) verificaram que decréscimos no teor de MOS sob cultivos tradicionais resultaram também em decréscimos na CTC do solo. Testa et al. (1992), após cinco anos, em uma área adjacente a do presente estudo, observaram que, associado ao incremento do teor de CO, nos sistemas com maior produção de fitomassa, ocorreu também o incremento da CTC do solo na camada superficial. Este aumento foi maior na camada de 0-2,5 cm, destacando-se os sistemas de culturas milho+guandu, siratro e milho+lابلاب.

Dados apresentados por Ciotta et al. (2003), para um solo sob PD por 21 anos, mostraram que, apesar do pequeno acúmulo de matéria orgânica na superfície de um Latossolo Bruno, este resultou em aumento expressivo nos valores de CTC efetiva e CTC a pH 7,0 até 8 cm de profundidade, em comparação ao PC. Nas camadas 0-2, 2-4, 4-6 e 6-8 cm, o aumento da CTC efetiva variou de 58% a 17%, e da CTC a pH 7,0 de 31% a 15%, em relação ao PC.

Bayer & Mielniczuk (1997) verificaram a interação entre métodos de preparo e sistemas de culturas em relação ao seu efeito sobre a CTC efetiva e a pH 7,0, aumentando à medida que se reduziu o revolvimento do solo e se

elevou a quantidade de resíduos vegetais produzidos pelos sistemas de culturas, sendo o efeito restrito às camadas superficiais. No entanto, estudos feitos por Lal et al. (1990), em solo de textura argilosa, demonstraram redução na CTC do solo sob PD, comparado ao PC, mesmo com um aumento da matéria orgânica, podendo este efeito ser atribuído ao bloqueio de cargas dos argilominerais pela MOS pela formação de complexos organominerais.

A distribuição, o conteúdo e, conseqüentemente, a disponibilidade de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) também podem ser afetados pelos métodos de preparo do solo e sistemas de culturas, devido, principalmente, às alterações na CTC do solo, localização da aplicação de fertilizantes e corretivos e variação na capacidade de reciclar nutrientes (Wiethölter, 2002). Segundo Amaral (2002), a intensidade de lixiviação dos cátions trocáveis no solo também depende de fatores como a precipitação pluviométrica, o equilíbrio entre as fases sólida e líquida do solo e o tipo de rotação de culturas utilizado.

No PC, a incorporação de resíduos, calcário e fertilizantes ao solo resulta em distribuição mais uniforme na camada revolvida (Blevins et al. 1983). Em contraste, os métodos de preparo sem revolvimento promovem a estratificação do conteúdo de cátions trocáveis, com o acúmulo nos primeiros centímetros superficiais e a redução da concentração com o aumento da profundidade (Centurion et al., 1985). Esta maior concentração na camada superficial é atribuída à maior CTC, à localização superficial dos fertilizantes e corretivos e à mineralização dos resíduos culturais (Bayer, 1992).

Blevins et al. (1983) não verificaram o acúmulo superficial de Ca no sistema PD, relacionado à maior lixiviação deste elemento associado a ânions orgânicos. Do mesmo modo, Burle et al. (1997) encontraram maior redistribuição dos cátions trocáveis no perfil do solo sob PD, devido possivelmente à formação de complexos organometálicos e à maior taxa de infiltração de água no solo.

As culturas também podem afetar o teor de cátions trocáveis do solo. Pavan (1999) demonstrou que há diferenças entre espécies vegetais em formar ligantes orgânicos, que podem complexar o Ca ou o Mg, transportando-os para mais de 30 cm de profundidade. Assim, o transporte de Ca e Mg provindos da aplicação de calcário na superfície do solo pode ocorrer em função da presença de ânions orgânicos.

Em relação ao K, os resultados variam conforme o tipo de solo (textura, mineral de argila), regime de drenagem e quantidade adicionada na adubação. Muzzili (1983) observou distribuição similar do K no solo nos sistemas PD e PC. Santos et al. (2003) observaram, após sete anos, que os teores de K foram mais elevados nas camadas superficiais dos preparos reduzidos. Sidiras & Pavan (1985) observaram maior distribuição do elemento no perfil do solo, no sistema com cobertura permanente e no PD, devido provavelmente à maior infiltração de água observada nesses tratamentos. Os autores verificaram ainda menores teores de K no PC, o que foi atribuído à mobilização do solo, lixiviação, erosão e maior utilização pelas plantas.

O efeito das culturas sobre o teor de K no solo também é variável. Silveira & Stone (2001) observaram menores teores de K, nas camadas de 10-20 e de 20-30 cm de profundidade, nos sistemas que incluíram soja, atribuindo as diferenças à exportação de K pelos grãos, já que das culturas por eles estudadas, a soja e o feijão apresentaram os maiores valores de exportação de K por tonelada de grãos produzida. Testa et al. (1992), avaliando diferentes sistemas de culturas após nove anos, verificaram que o teor de K extraível do solo apresentou menor variação entre os sistemas do que o Ca e Mg, talvez pelo fato do K ter sido adicionado anualmente e estar em altos teores no solo.

Com base no exposto, pode-se perceber a influência do tipo de preparo do solo e do uso de sistemas de culturas na CTC do solo e no movimento e na disponibilidade para as plantas dos cátions trocáveis do solo.

2.2.4. Acidez do solo e alumínio trocável

A maioria dos solos da região Sul do Brasil são ácidos, apresentando valores de pH menores que 5,5 e teores de alumínio que podem ser tóxicos às plantas, prejudicando o seu desenvolvimento e reduzindo o rendimento das culturas (Pöttker, 2002).

O processo de acidificação do solo é influenciado pelos métodos de preparo, sistemas de culturas e fertilização nitrogenada, acontecendo interação entre os três fatores em solos cultivados. Segundo Bauer et al. (2002), os solos sob sistema PD podem sofrer maior acidificação, comparados com o PC, devido às perdas de cátions básicos e aos processos de decomposição do material orgânico e de nitrificação.

No sistema PD, a decomposição dos resíduos acumulados na superfície do solo resulta na liberação de CO_2 , nitrato (NO_3^-) e íons H^+ livres na solução do solo, baixando o pH do solo e causando maior acidez na camada superficial (Bohnen et al., 2000), enquanto no PC esta acidificação ocorre em uma camada maior devido ao revolvimento do solo, diluindo seu efeito.

Menores valores de pH nas camadas de 0-5 e 5-10 cm do solo em PD do que no PC foram observados por Pöttker & Ben (1998). Entretanto, alguns autores (Lal et al., 1994; Teixeira et al., 2003) não verificaram diferença nos valores de pH entre ambos sistemas, o que pode estar relacionado com o maior poder tampão de acidez dos solos estudados por esses autores, menor lixiviação de bases, decorrente de menor precipitação pluviométrica, ou menor aplicação de fertilizantes com reação ácida no solo.

As culturas também podem afetar o valor de pH do solo devido a sua relação com os ciclos do carbono e do nitrogênio, que tem componentes que são fontes de acidez no solo.

O ciclo do carbono começa pela absorção de dióxido de carbono (CO_2) pelas plantas, a partir do qual, juntamente com a H_2O e a energia solar, são sintetizados açúcares, pelo processo da fotossíntese. Uma parte destes compostos é convertida em ácidos orgânicos, que se dissociam em íons H^+ e ânions orgânicos. As cargas negativas presentes nestes ânions são balanceadas pela absorção, por parte da raiz, de cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), formando sais e ácidos orgânicos (Sposito, 1989). Ao mesmo tempo, as raízes liberam na rizosfera íons H^+ ou OH^- , conforme realizam a absorção, de um cátion ou um ânion, respectivamente, para manter a sua eletroneutralidade. Assim, os íons H^+ são consumidos em reações metabólicas ou são liberados na rizosfera. Como resultado destas reações, a planta torna-se alcalina e o solo ácido. Posteriormente, quando a planta perde as folhas ou morre, os resíduos vegetais passam a formar parte da MOS, que no tempo é transformada novamente em CO_2 , H_2O e energia, liberando a alcalinidade acumulada na forma de ânions orgânicos e neutralizando a acidez gerada no solo durante o ciclo da cultura (Fenton & Helyar, 2002). Este equilíbrio não ocorre nos sistemas agrícolas, onde os resíduos vegetais ou os produtos das lavouras são removidos. Assim, a extração de grãos, por exemplo, remove parte dos ânions orgânicos, resultando, ao longo do tempo, em acidificação do

solo. Nesse sentido, Slattery et al. (1991), apud Helyar (2003), apresentaram dados relacionados à quantidade de calcário necessário para neutralizar a acidificação causada pela remoção do produto colhido, variando de 9 kg Mg⁻¹ de milho e trigo, até 70 kg Mg⁻¹ de feno de alfafa. A diferença do efeito acidificante encontrada entre leguminosas e gramíneas está relacionada diretamente com a dinâmica do N nas culturas.

Num ecossistema, o ciclo do N começa quando o N₂ livre no ar é fixado e incorporado ao solo pelas leguminosas. Ao final do ciclo das plantas, o N passa a formar parte da MOS, a qual é mineralizada formando amônio (NH₄⁺), com consumo de um mol de H⁺ da solução do solo por cada mol de NH₄⁺ formado. Na seqüência, o NH₄⁺ é transformado em nitrato (NO₃⁻) pelo processo de nitrificação, sendo liberados dois moles de H⁺ por cada mol de NO₃⁻ formado. O NO₃⁻ produzido pode ser absorvido pelas culturas, sendo liberado então um íon HCO₃⁻ pela raiz. De cada dois moles de H⁺ liberados no processo de nitrificação, um é reutilizado no processo de amonificação do N orgânico e o outro é neutralizado pelo HCO₃⁻ liberado pela planta, não ocorrendo então mudança no pH do solo (Helyar, 2003). Nestas condições, há o equilíbrio entre a liberação e o consumo de íons H⁺.

As espécies leguminosas absorvem maior quantidade de cátions (Ca²⁺, Mg²⁺), sendo capazes de absorver maior quantidade também de N na forma de NH₄⁺, resultando em maior liberação de íons H⁺ no solo, o que contribui para intensificar o processo de acidificação, sobretudo se não houver o retorno de resíduos vegetais ao solo (Fenton & Helyar, 2002). Estas espécies, devido à sua capacidade de fixação de N, não absorvem tanto nitrato como as gramíneas, o que favorece ainda mais o acúmulo de íons H⁺ na rizosfera (Bohnen, 2000). Por outro lado, as gramíneas, ao absorverem predominantemente o íon NO₃⁻ liberam íons HCO₃⁻, favorecendo a alcalinidade no solo.

Quando são realizadas práticas como a aplicação de adubos nitrogenados, pode ocorrer a acidificação ou alcalinização do solo devido ao desbalanço nas reações envolvendo as formas de N. No caso do uso de adubos nitrogenados à base de NO₃⁻, o crescimento das culturas envolve uma maior absorção de ânions sobre cátions, havendo um efeito alcalino ao serem liberados íons OH⁻ e HCO₃⁻ pelas plantas (Burle, 1995).

Fontes amoniacais causam acidez pela liberação de íons H^+ no processo de nitrificação. O efeito na acidez do solo é mais pronunciado se não houver a absorção do ânion NO_3^- pelas plantas. Assim sendo, o NO_3^- é lixiviado e os íons H^+ ficam livres no solo, diminuindo o valor de pH (Fenton & Helyar 2002). Bohnen et al. (2000) mencionam o sulfato de amônio como fonte de acidificação quando utilizado com frequência em solos com baixo poder tampão.

Ernani et al. (2001) mencionam como outra possível causa de acidificação do solo a dissolução de fosfatos de cálcio solúveis. Isto ocorre quando fertilizantes fosfatados solúveis são adicionados ao solo e liberam em pequenas concentrações fosfato bicálcico e ácido fosfórico, que acidificam o solo na região adjacente aos grânulos. Como conseqüência do baixo pH, pode ocorrer solubilização de oxihidróxidos de ferro e alumínio na vizinhança do grânulo, provocando a adsorção do fosfato. Se o solo possuir abundância de cálcio, podem ser formados fosfatos de cálcio que, dependendo do pH, podem ser dissolvidos mais facilmente do que aqueles ligados aos oxihidróxidos (Selles et al., 1997; Rheinheimer, 2000).

Assim a acidificação é um processo natural do solo, porém afetado pelos sistemas de manejo, pelas culturas, principalmente as leguminosas, e pela adubação nitrogenada mineral.

Com a diminuição do pH do solo, ocorre incremento nos teores de alumínio trocável e, conseqüentemente, de alumínio solúvel. Quanto maior o alumínio solúvel maior é sua toxidez para as plantas, ocasionando danos ao sistema radicular e reduzindo a absorção de nutrientes (Salet, 1998).

Salet et al. (1999) determinaram a especiação e a atividade do alumínio na solução de um Latossolo Vermelho no Estado do Rio Grande do Sul, na camada de 0-5 cm de profundidade, submetido a dois sistemas de manejo, durante um período de oito anos. Aproximadamente, dois terços do alumínio solúvel no solo sob PD apresenta-se complexado por ligantes orgânicos, enquanto que no PC apenas a metade está nessa forma. Outra diferença importante, encontrada por estes autores, é o percentual das espécies do Al consideradas tóxicas às plantas, Al^{3+} e $Al(OH)_2^+$, que no PD apresentaram percentuais de 2,5% e 1,6%, enquanto no solo em PC os valores foram de 4,0% e 2,6%, respectivamente. O maior teor de carbono orgânico

solúvel e a maior força iônica da solução no sistema PD devem ser os fatores responsáveis pela diminuição na atividade do alumínio (Salet, 1998).

De acordo com Amaral et al. (2000), resíduos vegetais deixados na superfície do solo podem diminuir a acidez e reduzir o efeito tóxico do alumínio. Esta capacidade de neutralização da acidez do solo está associada à complexação com os ácidos orgânicos dos resíduos vegetais e aos teores de cátions e CO solúvel, que normalmente são maiores em resíduos de culturas utilizadas para cobertura do solo como aveia preta, nabo forrageiro, tremoço, ervilhaca, leucena, mucuna e outros. Geralmente, resíduos de culturas comerciais, como milho, apresentam menor capacidade de neutralização da acidez do solo, devido à retirada de resíduos vegetais ou dos produtos colhidos, assim como a redução dos teores de cátions e carbono solúvel com o avanço da idade fisiológica da planta (Miyazawa et al., 2000).

A complexação do alumínio pelos ligantes orgânicos parece ser a reação mais importante sob o ponto de vista da redução da sua fitotoxidez. O grande potencial de produção de ligantes orgânicos solúveis no sistema PD faz com que grande parte do alumínio solúvel, nesse sistema, se encontre na forma de Al-ligante orgânico (Salet et al., 1999).

2.2.5. Fósforo

Os solos tropicais e subtropicais caracterizam-se pelo alto grau de intemperismo. Aproximadamente, 36% destes são deficientes em nutrientes e mais de 25% altamente deficientes em fósforo (P) disponível (Rheinheimer, et al., 1999). Além disso, o P é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas. Em geral, as quantidades aplicadas superam muito as extrações pelas culturas. A baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados é atribuída à fixação de P, expressiva em solos do Sul do Brasil, com elevados teores de óxidos de Fe e Al (Gatiboni et al., 2003).

O P encontra-se em formas orgânicas e inorgânicas, sendo a mobilidade da fase inorgânica em solos ácidos controlada pelos conteúdos de sesquióxidos de Fe e Al (Selles et al., 1997). Por sua vez, o P orgânico apresenta movimentação livre no solo como constituinte de células microbianas e outros colóides orgânicos (Rheinheimer et al., 1999). Estes aspectos são

importantes para explicar as diferentes distribuições desse nutriente encontradas em diferentes preparos de solo.

O teor total de P do solo depende inicialmente do material de origem, mas o P disponível para as culturas depende do grau de intemperização, das características químicas e físicas e da atividade biológica do solo, bem como da vegetação predominante que o utiliza como nutriente (Selles et al., 1997). Em solos cultivados, onde há adições periódicas de fosfatos, o sistema de manejo determina alterações na distribuição das formas e nas concentrações do P no seu perfil, mais especificamente na camada superficial (Villareal et al., 2003).

O revolvimento do solo sob PC promove maior contato entre o íon fosfato e a superfície dos colóides inorgânicos, favorecendo as reações de adsorção e a redução de sua disponibilidade para as plantas (Santos et al., 2003). O principal motivo da adsorção está relacionado com a característica da fração argila dos solos brasileiros, que é constituída principalmente por argilas do tipo 1:1, como a caulinita, e por óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Nesses colóides da fração argila, a formação de cargas negativas é dependente do pH, e em condições abaixo do ponto de carga zero (PCZ), há predominância de desenvolvimento de cargas positivas (Rheinheimer, 2000). Daí a elevada afinidade do íon fosfato na superfície desse grupo de colóides inorgânicos, que favorece o mecanismo de adsorção através de complexos de esfera interna (Sposito, 1989).

Em experimentos de longa duração, o efeito do PD no acúmulo de nutrientes na camada superficial tem estreita relação com o aumento nos teores de matéria orgânica (Amado et al., 2001). Dos macronutrientes, o P é o elemento que possui a menor mobilidade e tem apresentado os maiores acréscimos, com resultados da ordem de quatro a sete vezes em seu teor no PD em relação ao PC, na camada de 0-5 cm (Núñez et al., 2003). Ciotta et al. (2002) em experimento conduzido durante 21 anos, verificaram que no solo sob PC a incorporação dos adubos fosfatados com arações e gradagens, além de intensificar as reações de adsorção, promoveu maior distribuição de P na camada arável (0-20 cm). Sob PC, ocorre também a queda significativa no conteúdo da matéria orgânica do solo, com conseqüente alteração nas reações

das formas de P inorgânicas disponíveis, no compartimento da biomassa microbiana e nas formas orgânicas disponíveis (Rheinheimer, 2000).

Em geral, solos sob preparo conservacionista apresentam uma maior concentração de P disponível na camada superficial e estratificação no perfil, com redução acentuada da concentração à medida que aumenta a profundidade (Centurion et al., 1985). Lal et al. (1990), em experimento com duração de 12 anos, encontraram concentração 2,42 vezes maior de P disponível em PD comparado com PC na camada de 0-10 cm; na camada de 10-50 cm a concentração foi maior no PC.

O acúmulo de P na camada superficial do solo sob PD resulta da aplicação de fertilizantes fosfatados, da liberação durante decomposição dos resíduos de plantas e animais, da diminuição da fixação, em decorrência do menor contato deste elemento com os constituintes inorgânicos do solo, e da menor erosão (Santos et al., 2003).

São diversos os efeitos que o uso de sistemas de culturas têm sobre o P. Segundo Franchini et al. (2000), o fluxo contínuo de diferentes formas de C, provenientes da decomposição dos resíduos culturais, associado ao não revolvimento do solo, resulta na competição pelos sítios de carga positiva dos colóides inorgânicos por parte dos compostos orgânicos, ocorrendo a formação de complexos orgânicos com os íons de Al^{3+} , Fe^{3+} e Mn^{2+} . O resultado da ocupação dos sítios de carga positiva na superfície dos colóides inorgânicos é a minimização da passagem do P-disponível para o P-não disponível, resultando no aumento da disponibilidade de P para as raízes das plantas (Rheinheimer, 2000).

Silveira & Stone (2001), avaliando seis sistemas de rotação de culturas, verificaram que estas não afetaram significativamente os teores de P disponível no solo, mas de forma geral os teores de P aumentaram significativamente com os anos de cultivo em todas as rotações estudadas.

A complexa dinâmica do P no solo faz com que a combinação de práticas agrícolas conservacionistas, o uso de plantas eficientes na absorção, assim como a aplicação de fertilizantes fosfatados, sejam necessários para aumentar o teor de P disponível do solo e otimizar sua utilização pelas plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Em um experimento de longa duração, instalado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foram analisadas amostras de solo coletadas de parcelas submetidas a diferentes sistemas de preparo e de culturas, objetivando a caracterização química de diferentes camadas na profundidade de 0-30 cm.

3.1. Localização geográfica e clima

A área do experimento está localizada na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul-RS, região fisiográfica da Depressão Central, à 30°51' de latitude sul e 51°38' de longitude oeste (IPAGRO, 1979).

O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa, segundo a classificação climática de Köeppen. A temperatura média anual é de 19,4°C, com variação de 13,9 a 24,9°C entre as temperaturas médias mensais. A precipitação média anual é de 1490 mm, com variações mensais de 95,2 mm a 168 mm (Bergamashi & Guadagnin, 1990).

3.2. Descrição do experimento

O experimento intitulado “Preparos de Solo e Cobertura Vegetal como Alternativa de Conservação do Solo” foi implantado em abril de 1985, em um Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999), (Paleudult na Classificação Americana e Acrisol pela legenda da FAO). Este solo apresenta textura franco-argilo-arenosa (240 g kg⁻¹ de argila) (Bayer, 1996) com 36 g kg⁻¹ de Fe₂O₃ e 103 g kg⁻¹ Al₂O₃, sendo a caulinita o mineral predominante na fração argila (Embrapa, 1973). Quando o experimento foi implantado, o solo se encontrava fisicamente degradado pela utilização contínua com culturas anuais sob PC durante 15 anos.

O experimento foi instalado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em um esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas principais (15x20m) correspondem a três métodos de preparo do solo (preparo convencional-PC, preparo reduzido-PR e plantio direto-PD) e as subparcelas (5x20m) consistem em três sistemas de culturas [aveia preta (*Avena strigosa*)/milho (*Zea mays*); vica (*Vicia sativa*)/milho e aveia+vica/milho+caupi) (*Vigna unguiculata*)]. Além disso, são estudados dois níveis de nitrogênio mineral (sem e com aplicação de 180 kg N ha⁻¹ na forma de uréia), em faixas nas parcelas (subsubparcelas com 45x10m). O croqui do experimento, com a distribuição dos tratamentos nos blocos, pode ser visualizado na Figura 1.

O PC consiste em uma aração e duas gradagens, realizadas antes da implantação da cultura do milho. O PR consiste em uma escarificação, realizada antes da semeadura do milho. O PD consiste da semeadura do milho com todo o resíduo das culturas de cobertura mantido na superfície. Em todos os preparos, os resíduos das culturas de cobertura e do milho são manejados com uma passagem de rolo-faca.

As culturas de inverno (aveia e ervilhaca) são implantadas nos meses de abril-maio, sendo realizada a semeadura manual a lanço ou por máquina semeadora em linhas sobre os resíduos das culturas de verão (milho e milho+caupi).

O milho é semeado em setembro-outubro, aproximadamente 10-15 dias após as operações de preparo do solo. Do início até 1990, utilizou-se implemento manual (saraquá) em uma distância de 20-30 cm entre covas (2-3 sementes por cova), em linhas distanciadas um metro. Após a emergência das plântulas, era desbastado visando uma população de 40-45.000 plantas ha⁻¹. Atualmente, de 1990 em diante, utiliza-se máquina semeadora com espaçamento de 70 a 90 cm e em torno de 60.000 plantas por hectare. O caupi é semeado 20 a 30 dias após a emergência do milho. A semeadura é manual (saraquá), entre as fileiras das plantas de milho, em covas distanciadas 40-50 cm, com 3 a 4 sementes por cova.

A colheita do milho é feita em março-abril, sendo as plantas dobradas rente ao solo para possibilitar o maior desenvolvimento do caupi.

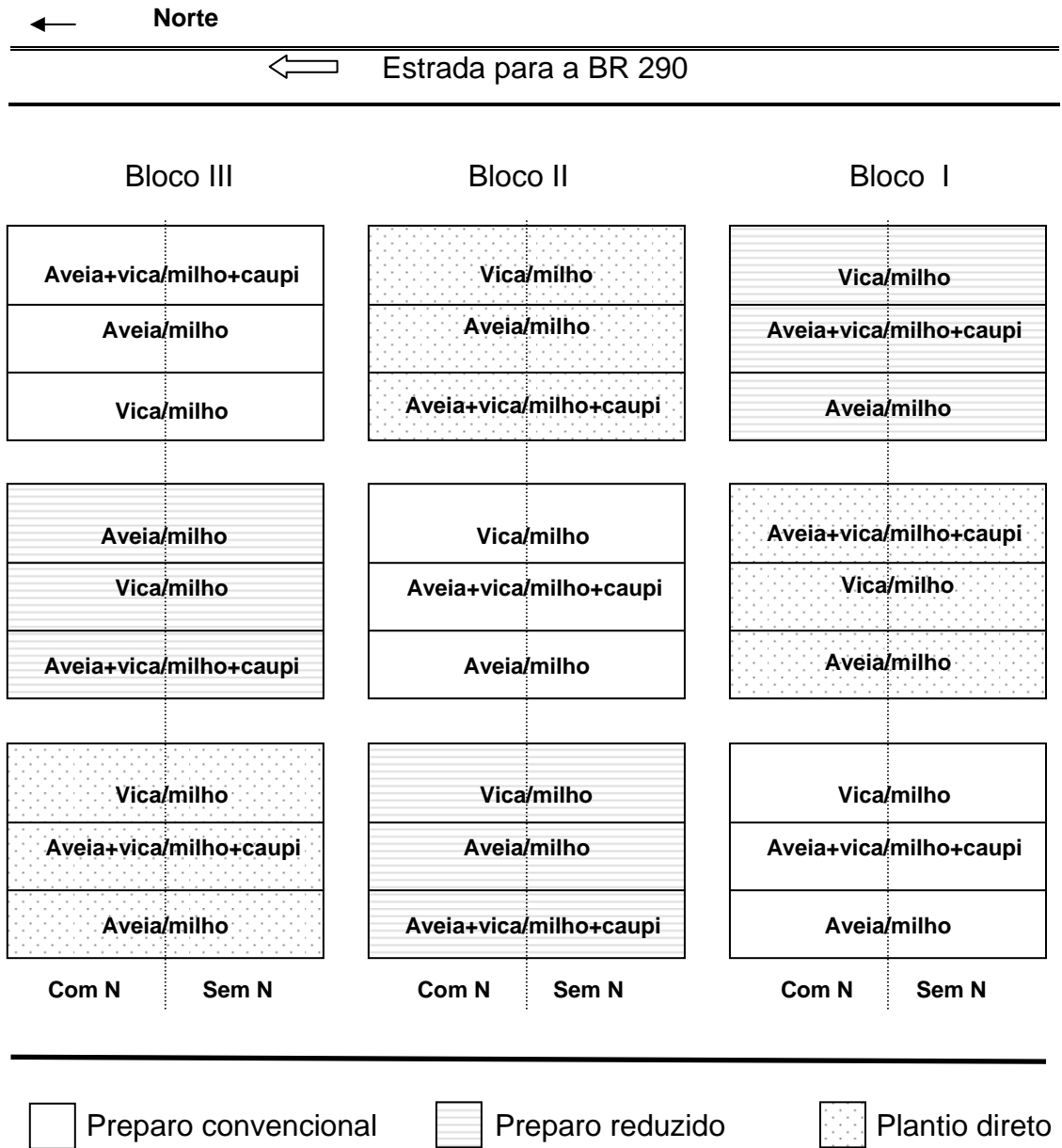


Figura 1. Distribuição dos tratamentos na área experimental, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

Aproximadamente 15-20 dias após a colheita, até 1990, era realizada a passagem de uma grade aberta com o objetivo de cortar a resteva do milho e interromper o ciclo do caupi. A partir de 1990, esta operação é feita com a passagem de rolo-faca. Em abril-maio, são estabelecidas as culturas de inverno, iniciando-se assim um novo ciclo.

Durante a condução do experimento, houve variações nos consórcios de culturas de outono-inverno, conforme a Tabela 1, bem como mudança das doses de N. De 1985 a 1994, as doses de N mineral foram 0 e 120 kg ha⁻¹. De 1994 a 1998 foram aplicados 0 e 180 kg ha⁻¹ de N. A aplicação do N mineral em cobertura é realizada a lanço, em duas aplicações, a primeira aos 10-20 dias após a emergência do milho e a segunda, 40-50 dias após a emergência.

Os preparos de solo, que são realizados somente antes da implantação da cultura do milho, foram selecionados para que todo (preparo convencional), uma parte (preparo reduzido) e nenhum (plantio direto) resíduo das culturas de inverno fosse incorporado ao solo. A seleção dos sistemas de culturas objetivou níveis crescentes de aporte de carbono pela biomassa vegetal e de N por fixação simbiótica.

Tabela 1. Sistemas de culturas utilizados nos anos agrícolas de 1985 a 1998

	Outono-Inverno	Primavera-Verão
	Aveia	Milho
Culturas	Vica ⁽¹⁾	Milho
	Aveia+Vica ⁽²⁾	Milho+caupi

⁽¹⁾ De 1985 a 1989, no período de outono-inverno, foi utilizado o consórcio de trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*)+aveia (*Avena strigosa*). De 1990 a 1994, foi utilizado o consórcio de vica (*Vicia sativa*)+aveia. A partir de 1995 utilizou-se a vica solteira.

⁽²⁾ No período de outono-inverno de 1985 a 1989, foi utilizado o consórcio aveia+trevo. A partir de 1990, o consórcio constou de aveia + vica.

Aplicações de fósforo e potássio segundo as recomendações de Comissão (1995) para a cultura do milho foram realizadas anualmente na linha de semeadura (Tabela 2). Aplicações de calcário na base de 2 Mg ha⁻¹ foram realizadas em 1988, 1992 e 1996. Maiores detalhes sobre a condução do experimento podem ser obtidos em Freitas (1988) e Bayer (1992).

Tabela 2. Quantidades de fósforo, potássio e calcário aplicadas na área experimental no período de 1985 a 1998

Ano	Estação	Nutriente		Calcário	Fonte
		P	K		
		--- kg ha ⁻¹ ---		--Mg ha ⁻¹ --	
1985	Inverno	52	-	1	Calcário dolomítico ⁽²⁾
	Verão	33	37		Superfosfato triplo
1986 a 1998 ⁽¹⁾	Verão	33	37		Fórmula 0-25-15
	Inverno	33	37		Fórmula 0-25-15
1988	Inverno			2	Calcário dolomítico ⁽³⁾
1992	Inverno			2	Calcário dolomítico
1996	Inverno			2	Calcário dolomítico

⁽¹⁾ Médias das aplicações; houve pequenas variações nas doses de P e K aplicadas no período

⁽²⁾ PRNT 67%

⁽³⁾ PRNT 65%

3.3. Amostragem e preparo das amostras de solo

Para esta avaliação, foram utilizadas amostras coletadas manualmente em setembro de 1998, antes dos preparos para a implantação da cultura do milho, das camadas de 0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-7,5; 7,5-12,5; 12,5-17,5; 17,5-30,0 cm de profundidade. Em cada subsubparcela, foi coletada uma amostra, retirando-se de cada camada de solo uma fatia de 10 cm de largura por 50 cm de comprimento, no sentido transversal às linhas do milho.

O solo coletado foi homogeneizado e colocado a secar ao ar. Após, foi triturado em moinho de solos, passando por peneira de malha de 2 mm.

3.4. Análises químicas do solo

Em continuidade às avaliações periódicas de atributos químicos realizadas no solo da área experimental, foram analisadas as amostras coletadas em 1998 (13º ano).

3.4.1. Carbono orgânico no solo

Neste estudo, foram utilizados os valores de carbono orgânico no solo obtidos por Lovato (2001), nas mesmas amostras analisadas.

3.4.2. Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis

As determinações dos teores de Ca, Mg e Al trocáveis das amostras de solo foram feitas pelo método de extração com solução de KCl 1 mol L⁻¹.

Posteriormente, foram determinados os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Para a determinação de Al³⁺ trocável, foi feita a titulação com NaOH 0,0125 mol L⁻¹, após a adição de azul de bromotimol como indicador, seguindo a metodologia adaptada do SNLCS (Embrapa, 1979) por Tedesco et al. (1995).

3.4.3. Fósforo

A determinação no teor de fósforo foi realizada utilizando-se dois métodos de extração: resina trocadora de ânions e Mehlich-1.

O teor de fósforo disponível foi determinado a partir da extração com resina trocadora de ânions em lâminas saturadas com HCO₃⁻ 0,5 mol L⁻¹. As lâminas foram colocadas em frascos com uma suspensão de solo e água e após agitação, transferidas para frascos com HCl 0,5 mol L⁻¹. A partir do extrato de eluição, foi determinada a absorbância conforme a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

O teor de P também foi analisado usando-se a solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), com posterior determinação por espectrofotometria de absorção, conforme a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

3.4.4. Potássio

A análise do teor de potássio das amostras foi feita a partir da extração com solução Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹).

Posteriormente, foram determinados os teores de K por fotometria de chama, conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

3.4.5. Acidez potencial (hidrogênio + alumínio)

A determinação da acidez potencial (H + Al) foi feita a partir de extração com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ (pH 7,1-7,2) e posterior titulação alcalimétrica do extrato com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹, usando-se o indicador fenolftaleína, segundo metodologia descrita por Embrapa (1997).

3.4.6. pH (H₂O) e pH SMP

O pH (H₂O) do solo foi medido com eletrodo combinado, imerso em suspensão solo: água na proporção 1:2,5, segundo metodologia descrita por Embrapa (1997).

O pH SMP foi medido com eletrodo combinado, imerso em uma suspensão solo-água-solução tampão SMP pH 7,5 (proporção 1:2,5:2,5), segundo metodologia descrita por Embrapa (1997).

3.4.7. Soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e saturação por alumínio

Os valores de soma de bases, CTC efetiva, CTC a pH 7, saturação por bases e por alumínio foram estimados conforme descrito por Meurer et al. (2000), seguindo as seguintes fórmulas:

- Soma de bases (S) (cmol_ckg⁻¹) = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺
- CTC efetiva (cmol_ckg⁻¹) = S + Al³⁺
- CTC a pH 7,0 (cmol_ckg⁻¹) = S + (H + Al)
- Saturação por bases (V) (%) = (S / CTC pH 7) x 100
- Saturação por Al³⁺ (m) (%) = Al³⁺ / (S + Al³⁺) x 100

3.5. Análise estatística

Foi realizada a análise de variância para todos os dados, utilizando-se o programa SANEST para análise estatística (Zonta & Machado, 1984). Foi determinada a variância dos dados para cada profundidade do solo e no caso de significância foi aplicado o teste Tukey (p<0,05) para discriminar a diferenças entre as médias de tratamentos.

Em alguns casos, foi realizada análise de regressão entre atributos, utilizando-se o programa SigmaPlot versão 8.02.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na seqüência, serão apresentados e discutidos os resultados referentes à influência dos métodos de preparo e sistemas de culturas sobre atributos químicos do solo, com enfoque principal para os tratamentos sem a aplicação de N mineral. Para alguns atributos, afetados significativamente, será discutido também o efeito da aplicação de N mineral. Além disso, os resultados de alguns atributos químicos serão comparados com aqueles obtidos em avaliações anteriores, a fim de se verificar a variação desses atributos ao longo do tempo. Serão abordados os atributos carbono orgânico, capacidade de troca de cátions, cátions trocáveis (Ca, Mg e K), saturação por bases, pH, alumínio trocável, saturação por alumínio e fósforo no solo.

4.1. Carbono orgânico

Devido à importância do carbono nos sistemas agrícolas e sua estreita relação com os atributos químicos do solo a serem tratados posteriormente neste estudo, serão brevemente apresentados e discutidos os dados obtidos por Lovato (2001) para as mesmas amostras de solo avaliadas.

Os resultados mostram o aumento do carbono orgânico (CO) do solo devido à diminuição do revolvimento do solo e à presença de culturas que propiciam elevadas adições de resíduos (Figura 2). Comparando os três sistemas de culturas dentro de cada método de preparo do solo, verifica-se o aumento do acúmulo de CO na medida em que aumenta a adição de resíduos, apresentando o sistema A+V/M+C o maior teor de CO nos três métodos de preparo, seguido do sistema V/M e com menor valor no sistema A/M.

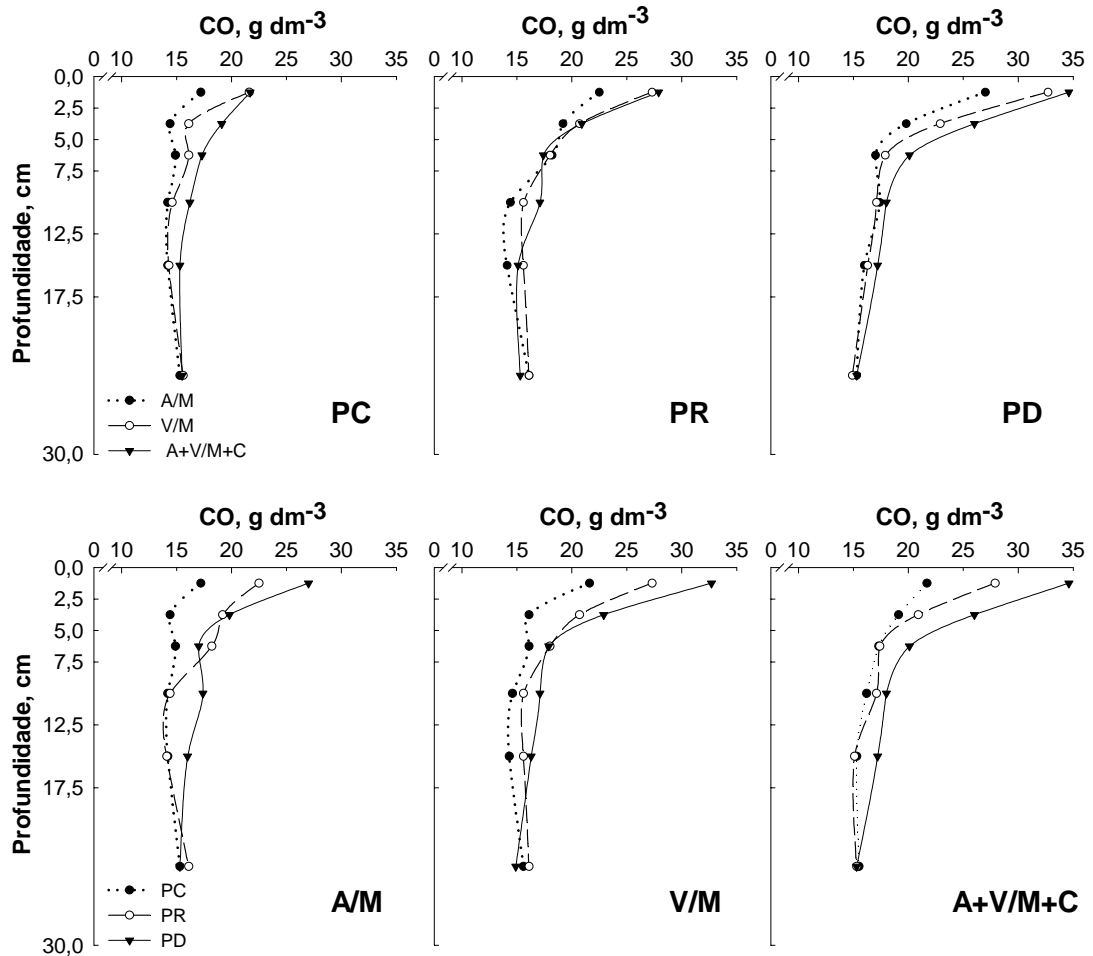


FIGURA 2. Teor de carbono orgânico (CO) do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições) (Lovato, 2001). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, V=vica, M=milho e C=caupi

Maiores teores de CO no solo em sistemas de culturas como A+V/M+C estão relacionados com o maior aporte de CO devido à contribuição direta da matéria seca do caupi e ao fornecimento de N ao consórcio aveia+vica, que o sucede (Lovato, 2001). Em sistemas com gramíneas, como A/M, o aporte de matéria seca é significativamente inferior.

Comparando os métodos de preparo dentro de cada sistema de culturas, pode se observar que a intensidade de revolvimento do solo apresentou relação inversa com o acúmulo de CO, observando-se, nos três sistemas de culturas, o maior valor no PD, seguido do PR e do PC.

Os resultados de CO serão relacionados aos atributos químicos do solo nos diferentes sistemas de preparo e de culturas.

4.2. Capacidade de troca de cátions (CTC)

Os métodos de preparo e os sistemas de culturas interagiram significativamente quanto ao seu efeito sobre os valores de CTC efetiva e de CTC a pH 7,0 do solo nas camadas amostradas.

4.2.1. CTC efetiva

Na Figura 3, são apresentados os valores de CTC efetiva. Comparando os sistemas de culturas em cada método de preparo, observam-se diferenças significativas em algumas profundidades. No solo sob PC, os valores tiveram distribuição uniforme ao longo da profundidade, não apresentando diferença significativa entre os sistemas de culturas nas camadas de solo amostradas, observando-se os maiores valores quando associado aos sistemas de culturas A+V/M+C e V/M. Essa distribuição mais homogênea em profundidade é devida ao revolvimento do solo e à distribuição do teor de CO na camada arável.

No PR, não houve diferença significativa entre as culturas na camada de 0-12,5 cm, ocorrendo os menores valores de CTC efetiva quando associado ao sistema A+V/M+C.

No solo sob PD, houve diferença significativa entre os sistemas de culturas nas profundidades de 0-2,5, 2,5-5 e 17,5-30 cm, apresentando o sistema A+V/M+C os maiores valores de CTC efetiva em todas as camadas analisadas.

Comparando-se os métodos de preparo em cada sistema de culturas, observa-se no sistema A/M diferença significativa entre os três preparos de solo na camada de 2,5-30 cm, diminuindo os valores desde o PR até o PC. No sistema de culturas V/M, houve diferença significativa entre preparos também na camada de 2,5-30 cm, encontrando-se os menores valores no PD e os maiores valores no PR, na camada de 0-7,5 cm.

No sistema A+V/M+C, os preparos apresentaram os valores mais altos de CTC efetiva na camada de 0-2,5 cm, o que é devido ao maior aporte de resíduos pelas culturas e, conseqüentemente, ao aumento do teor de CO.

Resultados apresentados por Bayer (1992), no quinto ano do experimento, coincidem com os resultados encontrados na comparação de

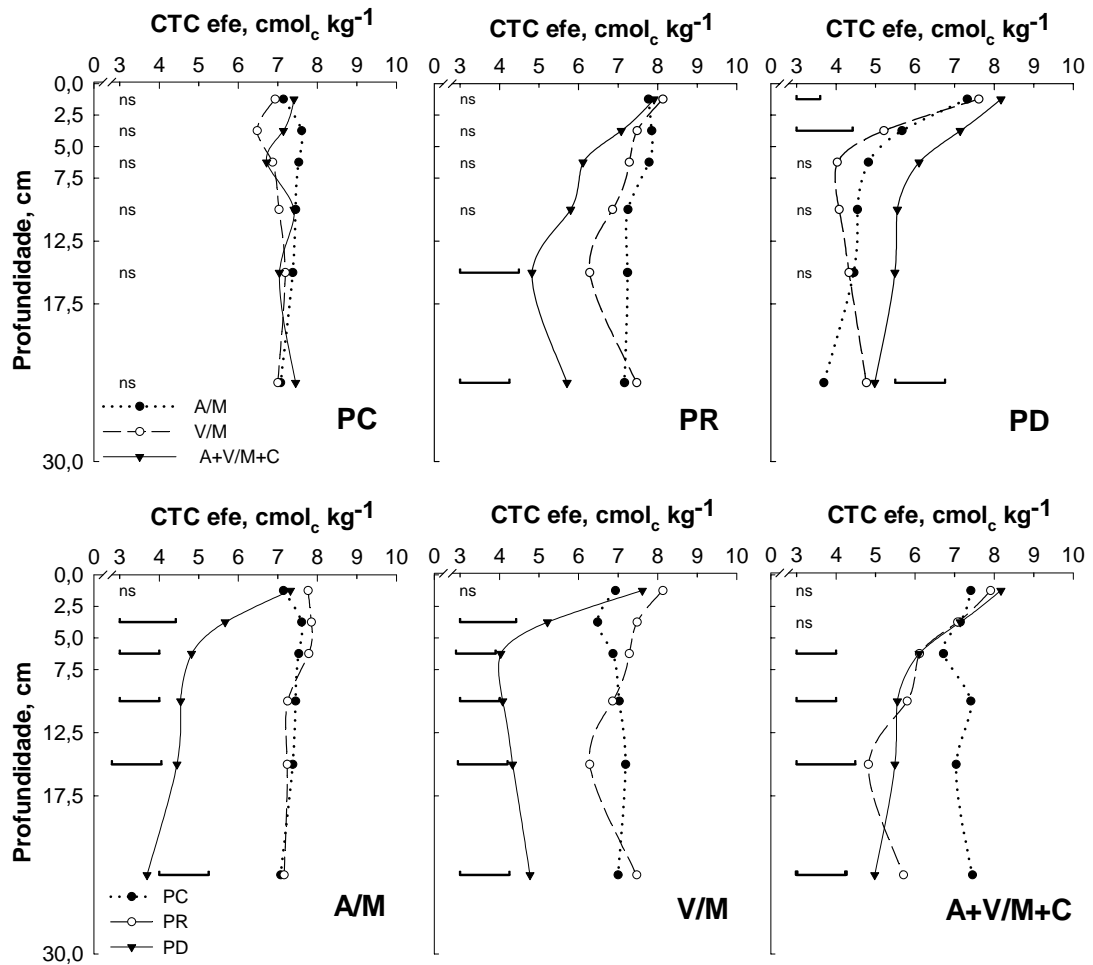


FIGURA 3. Valor de CTC efetiva do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, V=vica, M=milho e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

sistemas de culturas nos preparos. Este autor relata que a CTC efetiva apresentou valores maiores no solo sob PD em comparação ao solo sob PC, na camada de 0-2,5 cm, sendo maior no sistema aveia+trevo/milho+caupi, com valores intermediários para o PR.

O maior valor de CTC efetiva encontrada no solo sob PD combinado ao sistema A+V/M+C está associado à presença de culturas com maior aporte de matéria seca. Burle (1995), comparando os efeitos de dez sistemas de culturas, após dez anos, observou que as culturas afetaram significativamente a CTC efetiva, sendo os sistemas com leguminosas os que produziram maior acúmulo de CO. Além do C orgânico, outra variável que pode afetar a CTC

efetiva do solo é o pH, pois as cargas da matéria orgânica e de parte da fração mineral do solo são dependentes do pH (Sidiras & Pavan, 1985).

Em todos os sistemas de culturas, a CTC efetiva diminui em profundidade no solo sob PR e PD, principalmente na camada de 0-5 cm, enquanto que no PC os valores têm pouca variação ao longo do perfil. Este comportamento segue a tendência observada para outros atributos associados, como CO e pH, que afetam a CTC do solo. No PC, devido ao revolvimento, há maior homogeneização da camada arável do solo.

A Figura 4 mostra os valores de CTC efetiva na camada de 0-17,5 cm, em três diferentes avaliações, realizadas aos cinco, nove e treze anos após a instalação do experimento. Ao se comparar os sistemas de culturas, observa-se que nos preparos PC e PR, a CTC efetiva foi maior no sistema A/M. No PD, entretanto, nos dois primeiros períodos avaliados, os maiores valores ocorreram no sistema A+V/M+C, seguido do V/M e A/M. No último período (1998), os maiores valores ocorreram no sistema A+V/M+C e os menores, no V/M, com o A/M em posição intermediária, ocorrendo em geral um decréscimo dos valores de CTC efetiva, em comparação aos outros períodos avaliados. Em geral, nos dois preparos com mobilização do solo (PC e PR), ocorreram ao longo do tempo, valores próximos de CTC efetiva para todos os sistemas de culturas, mas principalmente para os sistemas A+V/M+C e A/M.

Comparando-se os métodos de preparo nos sistemas de culturas, pode-se generalizar que houve, durante os períodos 1990 e 1994 valores similares de CTC efetiva nos três preparos. Para o período de 1998, nos três sistemas de culturas ocorreu decréscimo dos valores de CTC efetiva no solo sob PD, principalmente quando associado ao sistema V/M.

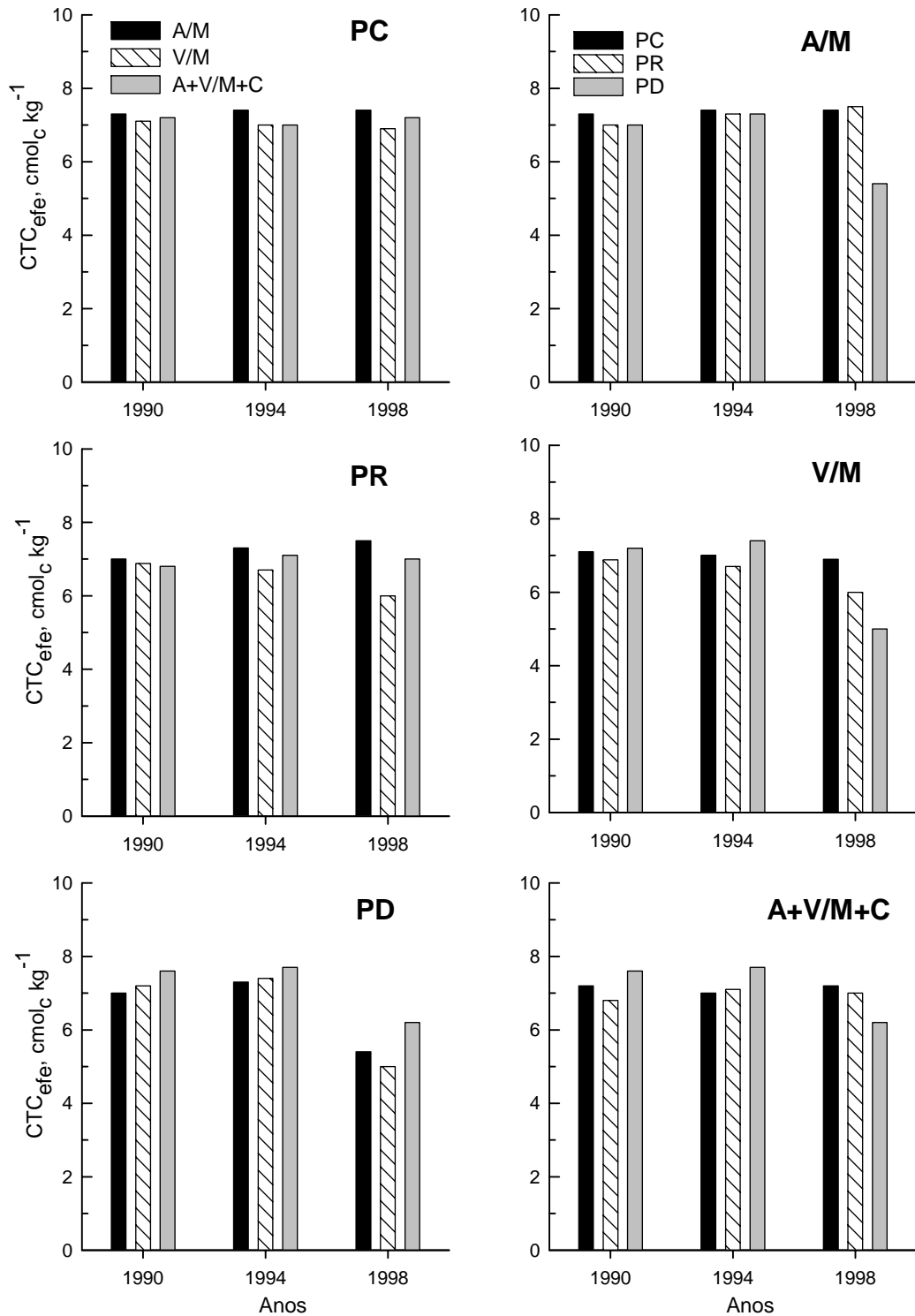


FIGURA 4. Valor de CTC efetiva do solo em função de métodos de preparo e sistemas de culturas, em três épocas de avaliação (média de três repetições; valores apresentados correspondem à média para a camada de 0-17,5cm de profundidade). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, V=vica, M=milho e C=caupi (Dados de Bayer, 1992; Mielniczuk et al., 1995)

4.2.2. CTC pH 7,0

A Figura 5 apresenta a distribuição do valor da CTC a pH 7 nas distintas profundidades, apresentando tendência similar à CTC efetiva. Comparando-se os sistemas de culturas, foram encontradas diferenças no PC, principalmente na camada de 12,5-30 cm, sendo o sistema A+V/M+C o que apresentou valores maiores na camada de 0-5 cm, devido ao maior aporte de CO ao solo pelas culturas neste sistema. No PR, houve diferença significativa entre os sistemas de culturas na profundidade de 5-30 cm, com maiores valores para o sistema A+V/M+C. No solo sob PD, houve diferença entre os sistemas de culturas em todas as camadas amostradas, com valores maiores no sistema A+V/M+C, seguido do V/M e menores valores para o sistema A/M.

Na comparação dos métodos de preparo, observa-se diferença significativa entre os preparos no sistema A/M em todas as profundidades, com menores valores para o PD e valores similares no PC e PR. Esta mesma tendência é observada no sistema V/M. No sistema A+V/M+C, os menores valores ocorrem no PR, com valores intermediários no PD e maiores valores no PC, ao longo da profundidade.

Observa-se que no PD o sistema A+V/M+C apresenta um aumento da CTC efetiva e a pH 7,0 comparativamente aos sistemas A/M e V/M, coincidindo com o maior aporte de resíduos vegetais pelas culturas. Porém, quando se compara os métodos de preparo, não se constata maior valor de CTC a pH 7,0 no PD, como reportado na literatura, especialmente na camada superficial. Isto poderia ser atribuído à falta de sensibilidade da metodologia usada para estimar este atributo em detectar as alterações que seriam esperadas em função dos aumentos de CO e pH nas camadas superficiais do solo.

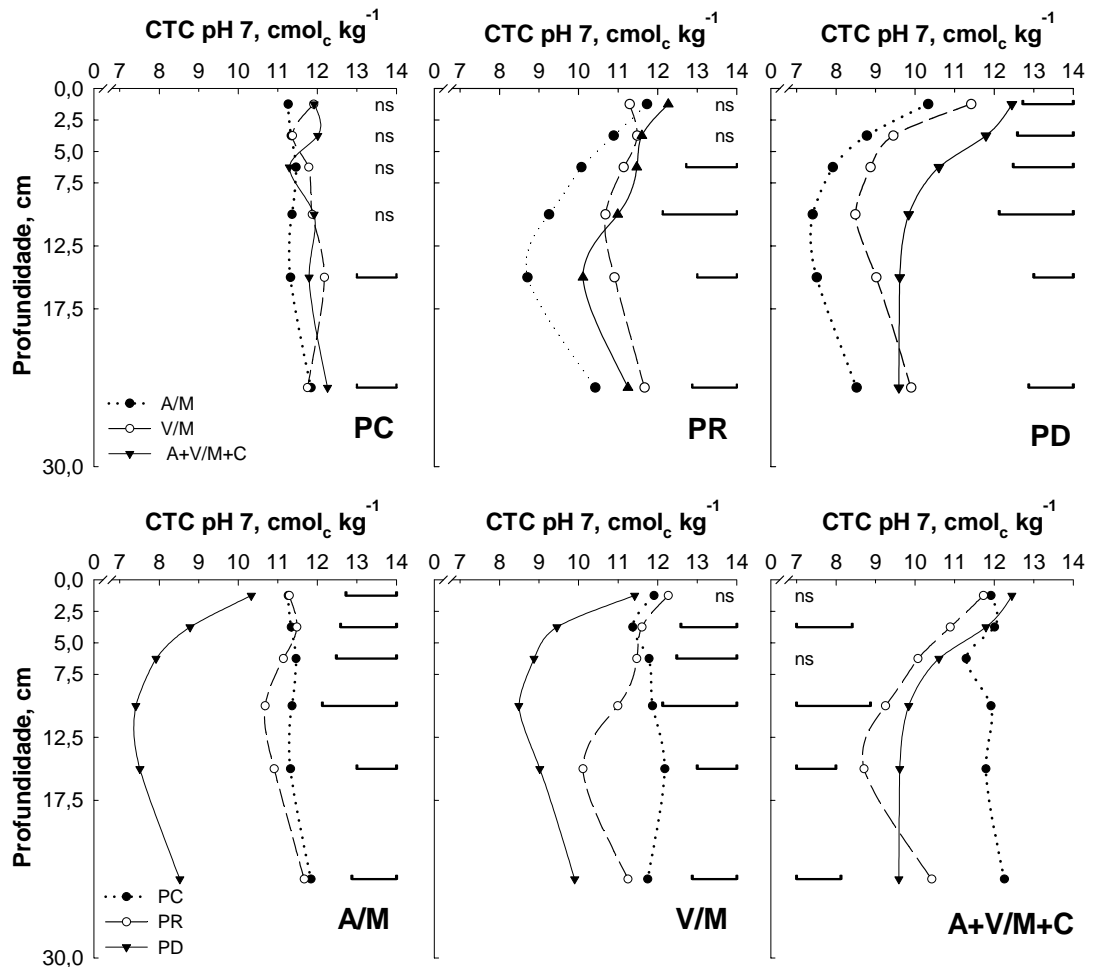


FIGURA 5. Valor de CTC a pH 7,0 do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, V=vica, M=milho e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

4.3. Componentes da acidez do solo

Os diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas afetaram significativamente os atributos químicos relacionados à acidez do solo, como pH e Al trocável, com interação significativa entre ambos.

4.3.1. pH do solo

Observa-se na Figura 6 diferenças significativas no pH das camadas de 0-2,5 e de 5-7,5 cm de profundidade, entre os diferentes sistemas de cultura no PC e PR, o que não ocorreu no PD. Em nenhum dos tratamentos houve diferença significativa na camada entre 7,5 e 30 cm de profundidade. Pode-se se notar claramente que em todos os tratamentos ocorreu diminuição do valor

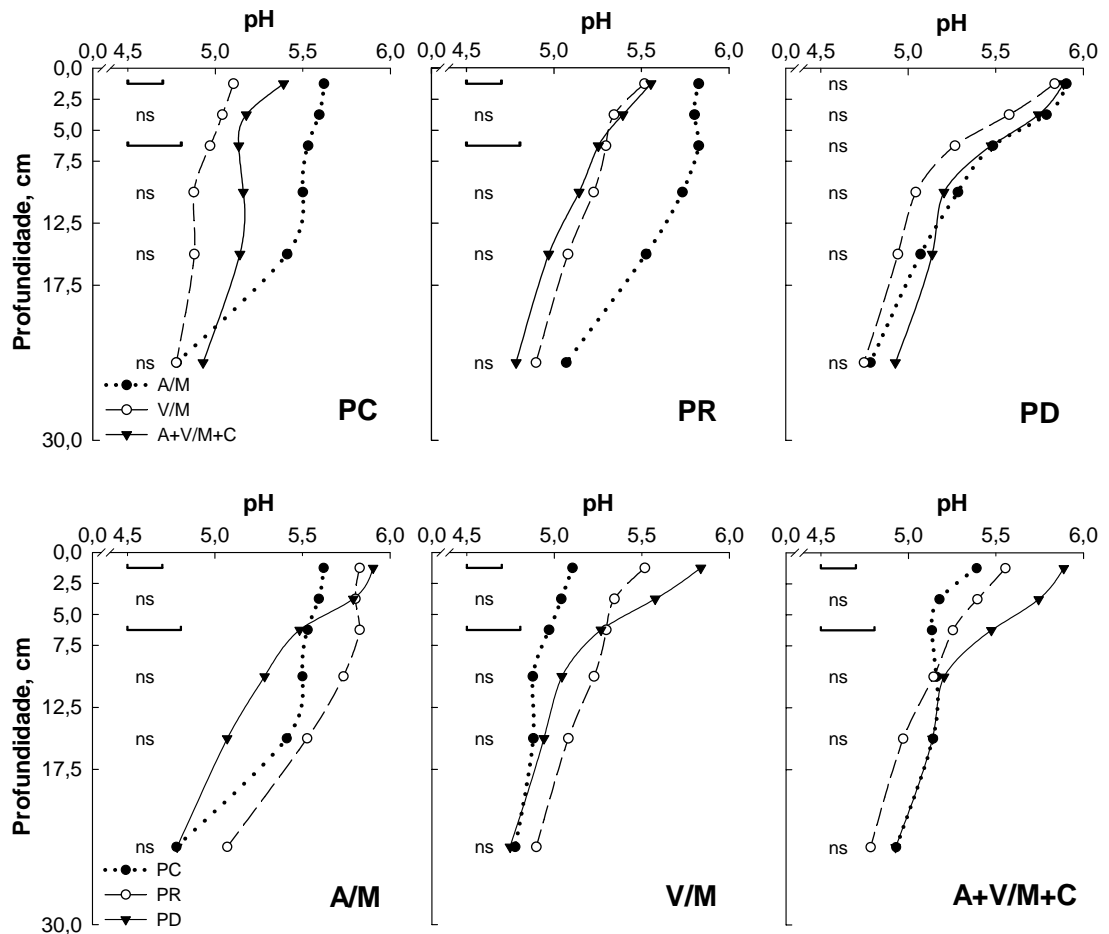


FIGURA 6. Valor de pH-H₂O do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

de pH do solo em profundidade.

No PC, os sistemas de culturas afetaram significativamente os valores de pH somente nas camadas superficiais, sendo observados os menores valores no sistema V/M, com valores intermediários no sistema A+V/M+C, e os maiores no sistema A/M. No PR, o sistema A/M apresentou os maiores valores de pH, sendo que estes foram similares entre os sistemas V/M e A+V/M+C. No PD os valores para os três sistemas de culturas avaliados foram similares, ocorrendo os menores valores quando associado com o sistema V/M.

No PC, os valores de pH foram similares ao longo do perfil devido ao efeito do revolvimento do solo, resultando em distribuição mais homogênea dos

adubos e corretivos aplicados ao solo e dos produtos de sua dissolução. No PD, os maiores valores de pH encontram-se na camada superficial, diminuindo consideravelmente nas camadas mais profundas, porque no solo não revolvido os efeitos dos corretivos e dos resíduos aportados pelas culturas ocorrem principalmente na camada de 0-5 cm.

O menor valor de pH do solo nos sistemas que incluem leguminosas pode ser devido à nitrificação do N fixado biologicamente por estas culturas e sua perda, assim como à menor capacidade de neutralização da acidez do solo dos resíduos de culturas como o milho, relacionada com a redução dos teores de cátions e carbono solúvel com o avanço da idade fisiológica da planta (Miyazawa et al., 2002). Em estudo apresentado por Burle (1995), num experimento com diferentes sistemas de culturas sob plantio direto, não foi observada acidificação nos sistemas com leguminosas na camada de 0-2,5 cm, com exceção do sistema com siratro. Isto foi justificado pela autora pelo possível efeito do CO acumulado no solo, amenizando a acidificação do solo por possível complexação do Al com ácidos orgânicos. Os valores intermediários encontrados para o sistema A+V/M+C podem ser causados pela associação de leguminosas com gramíneas, que poderiam diminuir o efeito de acidificação causado por espécies leguminosas cultivadas isoladamente.

Ao comparar os métodos de preparo dentro dos sistemas de culturas, observa-se diferença significativa do valor de pH nas camadas de 0-2,5 e 5-7,5 cm. No sistema A/M, o PD apresenta o maior valor na camada de 0-2,5 cm, com diminuição do pH em profundidade, o PR apresenta os maiores valores nas camadas de 5-30 cm, enquanto que o PC apresenta nas mesmas camadas valores intermediários entre o PR e PD, ocorrendo os menores valores, na camada de 0-5 cm, em comparação aos outros preparos. No sistema V/M, o PD apresenta os maiores valores nas camadas de 0-5 cm, seguido do PR com valores intermediários e os menores valores no PC em todas as camadas amostradas. No sistema A+V/M+C, o PD apresenta os maiores valores nas camadas de 0-12,5 cm, seguido do PR e do PC com os menores valores, ocorrendo nas camadas de 12,5 a 30 cm valores similares entre os três métodos de preparo. O aumento do valor de pH no solo sob PD, principalmente nas camadas de 0-5 cm, independentemente do sistema de culturas, pode ser atribuído à aplicação de calcário em superfície, à diminuição

do revolvimento do solo com conseqüente diminuição de perdas de cátions, maior poder tampão do solo pelo aumento no teor de MOS, enquanto que no PC o calcário aplicado é distribuído numa maior camada de solo, ocorre maior mineralização da MOS e também podem ocorrer maiores perdas de nutrientes pela erosão do solo.

Na Figura 7, pode-se observar o valor pH do solo em quatro avaliações realizadas ao longo de treze anos, mostrando também as épocas nas quais foram realizadas as aplicações de calcário, sendo importante salientar que os resultados foram obtidos calculando-se a média ponderada para a camada de 0 a 17,5 cm, a partir dos valores das diferentes camadas avaliada nesta profundidade. Nota-se que não há uma tendência definida de aumento ou diminuição dos valores de pH ao longo do tempo avaliado. Em geral, mesmo com aplicação de calcário no ano 1988, os valores para o ano 1990 são os menores em comparação com as outras avaliações em todos os tratamentos. Posteriormente, ocorreu o aumento nos valores de pH do solo no ano de 1994 e a diminuição para todos os tratamentos na avaliação correspondente a 1998.

Comparando-se os sistemas de culturas dentro de cada preparo, exceto no primeiro ano do experimento onde o pH foi o mesmo em toda a área experimental, no PC o sistema A/M apresentou os valores maiores de pH, seguido do sistema A+V/M+C com valores intermediários e do V/M com os menores valores, nas três avaliações. No PR, os sistemas de culturas apresentaram a mesma tendência que o PC, nas avaliações de 1990 e 1994, mas em 1998 o sistema V/M foi levemente maior que o sistema A+V/M+C. No solo sob PD, na avaliação de 1990 os maiores valores de pH ocorreram nos sistemas A/M e A+V/M+C. Em 1994 o maior valor ocorreu no sistema A/M, com valores semelhantes entre os sistemas V/M e A+V/M+C. Em 1998, o menor valor ocorreu no sistema V/M, com valores similares entre A/M e A+V/M+C. Observa-se a longo prazo, nos três preparos avaliados, valores superiores de pH no sistema de culturas A/M e menores valores no sistema V/M, devido

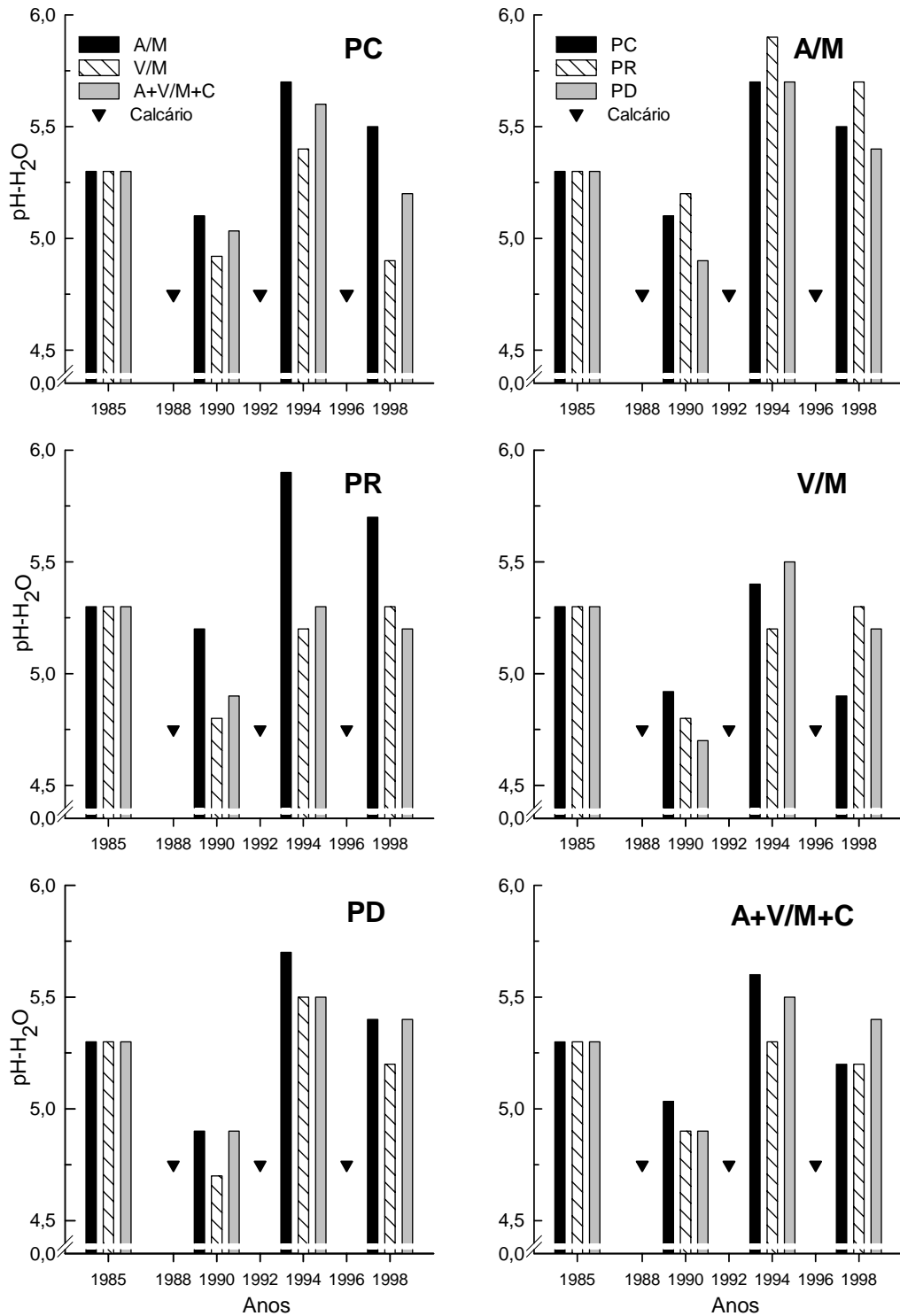


FIGURA 7. Valor de pH-H₂O do solo em função de métodos de preparo e sistemas de culturas, ao longo de treze anos de avaliação (média de três repetições; valores apresentados correspondem à média para a camada de 0-17,5 cm de profundidade). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi (Dados de Freitas, 1988; Bayer, 1992; Mielniczuk et al., 1995)

possivelmente à acidificação pela presença de vica à maior capacidade de neutralização da acidez por parte de gramíneas como a aveia.

Ao comparar os métodos de preparo dentro de cada sistema de culturas, observa-se no sistema A/M que o PR apresentou os maiores valores nas três avaliações desde 1990, seguido do PC e do PD. No sistema V/M, observou-se em 1990 os menores valores no PD, seguido do PR e do PC, enquanto que em 1994, o PD atingiu o maior valor, seguido do PC e por último o PR. Em 1998, houve diminuição dos valores comparativamente a 1994, com os menores valores no PC e os maiores no PR. No sistema A+V/M+C, o PC apresenta os maiores valores em 1990 e 1994, mas é igual ao PR em 1998, ocorrendo o aumento do valor de pH no PD. Em geral, a exemplo das culturas, não foi observada uma tendência clara dos métodos de preparo ao longo do tempo quanto aos efeitos no pH do solo.

O método PD associado ao sistema A+V/M+C apresentou a menor variação nos valores de pH entre 1994 e 1998, devido possivelmente à estabilização do sistema pelo não revolvimento do solo e pelo contínuo aporte de resíduos vegetais. Resultado semelhante foi encontrado por Conyers et al. (2003) em experimento de longa duração em Wagga Wagga, Austrália, num sistema similar com rotação de culturas, aplicação de calcário e fertilizantes, no qual ocorreram mudanças significativas do pH, na camada de 0-10 cm nos dez primeiros anos, com posterior estabilização dos valores.

4.3.2. Alumínio trocável e saturação por alumínio

O valor de alumínio trocável (Al) do solo (Figura 8) apresenta interação significativa entre os métodos de preparo e os sistemas de culturas nas profundidades amostradas.

Comparando-se os sistemas de culturas em cada preparo de solo, no PC os sistemas V/M e A+V/M+C superaram o A/M na camada de 0-17,5 cm. O sistema A/M apresentou valores próximos a zero na camada de 0-17,5 cm, devido possivelmente à incorporação de calcário e por ser um sistema de espécies gramíneas, com menor efeito de acidificação do solo. No PR e PD, os três sistemas de culturas avaliados apresentaram valores similares na camada de 0-2,5 cm, apresentando o sistema A/M valores significativamente menores nas outras camadas. Houve o aumento crescente em profundidade, chegando

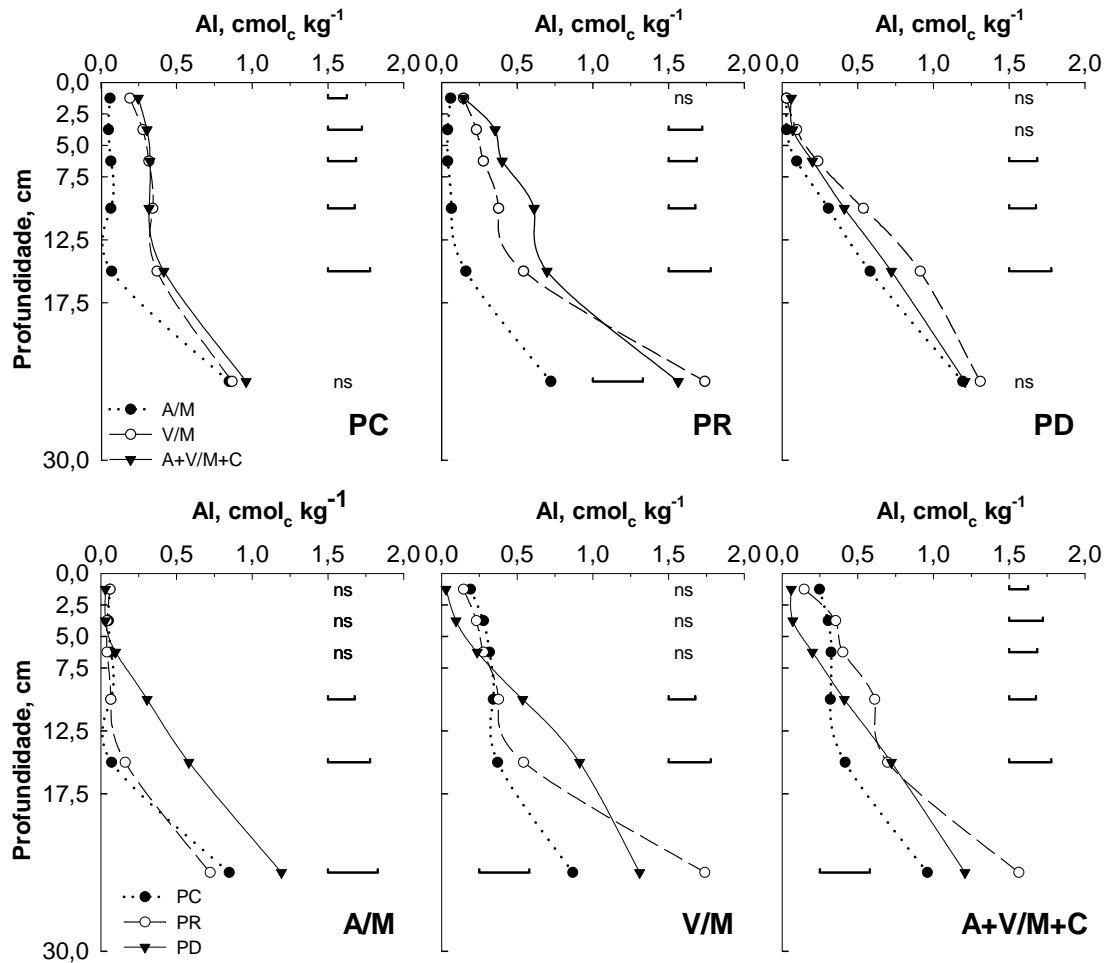


FIGURA 8. Valor de alumínio trocável no solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plântio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

a atingir valores próximos a 1,5 cmol_c kg de solo.

Analisando-se os métodos de preparo dentro dos sistemas de culturas, observa-se que no sistema A/M houve diferença significativa entre preparos na camada de 7,5-30 cm, com valores próximos a zero na camada de 0-7,5 cm para os três preparos, e valores maiores para o PD nas outras camadas amostradas. No sistema V/M houve diferença significativa entre preparos na camada de 7,5-30 cm, com os menores valores para o PD na camada de 0-2,5 cm. No sistema A+V/M+C, houve diferença significativa entre os preparos em todas as camadas amostradas, sendo, em geral, os maiores valores para o PR. Em geral, até a camada de 5,0-7,5 cm, o teor de Al foi próximo a zero e menor no sistema PD.

Observa-se, ao comparar as Figuras 6 e 8, que o comportamento do alumínio é inverso ao do pH, o que se deve à influência do pH sobre as formas de Al presentes no solo. Abaixo de pH 5,5, o Al encontra-se no solo principalmente em sua forma iônica (Al trocável), aumentando sua proporção em relação as demais formas à medida que o pH reduz, sendo predominante abaixo de pH 4,7 e atingindo a totalidade em torno de pH 3,0 (Sposito, 1989; Salet, 1999). Acima de pH 5,5 ocorre aumento na concentração das formas não trocáveis de Al. Assim, no PD, com maiores valores de pH, entre 5,7 e 5,8, os valores de Al foram praticamente nulos, enquanto no PC, com valores entre 5,4 e 5,2, o Al foi maior.

A Figura 9 mostra os valores de saturação por alumínio (m), observando-se tendência similar dos tratamentos em comparação aos valores de Al trocável. No solo sob PC, o sistema A/M apresentou os menores valores, próximos a zero até 17,5 cm de profundidade, enquanto os sistemas V/M e A+V/M+C apresentaram maiores valores e próximos entre si.

Não houve diferença significativa entre culturas no PR, na camada de 0-5 cm, mas com o aumento da profundidade houve o aumento crescente dos valores de m, ocorrendo os maiores valores no sistema A+V/M+C, seguido do sistema V/M.

No PD, não houve diferença na camada de 0-2,5 cm entre os sistemas de culturas, mas nas profundidades subseqüentes houve o aumento dos valores nos três sistemas atingindo entre 20 e 30% de saturação na camada de 17,5-30 cm, com maiores valores no sistema V/M.

Os valores de saturação por alumínio obtidos no sistema apenas com gramíneas (A/M) foram praticamente nulos ou baixos, na camada de 0-7,5 cm, independentemente do preparo usado, o que confirma o possível efeito de acidificação do solo pelo uso de espécies leguminosas discutido anteriormente.

Os maiores valores de pH e MO do solo na camada superficial (0-2,5 cm) no solo sob PD e PR coincidem com menores teores de Al trocável. Bayer (1992), na mesma área experimental, determinou conteúdos de matéria orgânica maiores nas camadas superficiais (0-2,5 e 2,5-7,5 cm) do solo sob PD e PR, que poderiam ter contribuído para os menores teores de Al trocável encontrados. Salet et al. (1999) demonstraram que o maior teor de CO solúvel

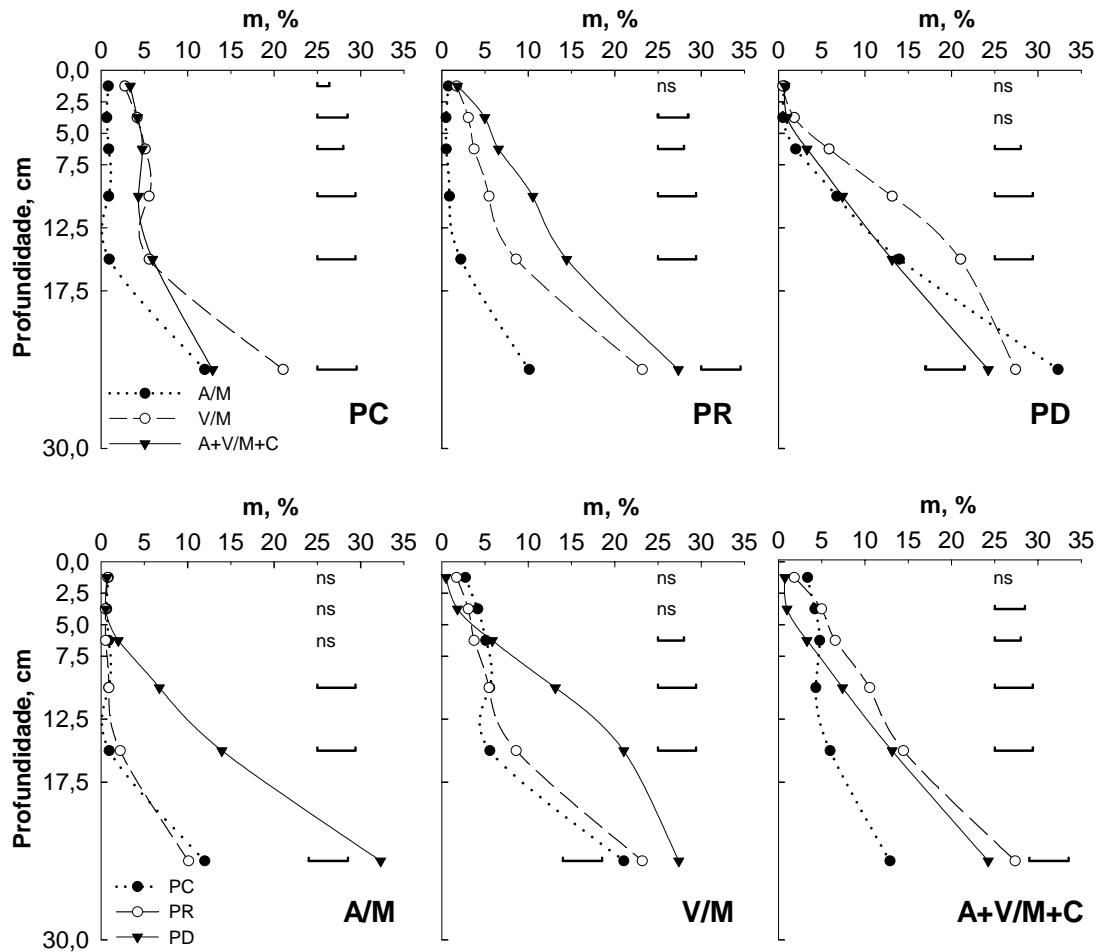


FIGURA 9. Valor de saturação por alumínio (m) no solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

e a maior força iônica da solução do solo no PD são fatores responsáveis pela diminuição da atividade do alumínio pela formação de complexos Al-ligantes orgânicos.

Na Figura 10, observa-se a marcante influência do pH sobre a saturação por alumínio, como discutido anteriormente. Assim, no solo com pH 4,7 são encontrados valores de saturação por alumínio entre 20 e 35%, enquanto que solos com pH maior que 5,5 este índice é praticamente nulo. Confirmando as informações de literatura, conforme aumenta o valor de pH do solo diminui a quantidade de Al trocável e, por conseguinte, o Al solúvel, o qual é tóxico para a maioria das culturas.

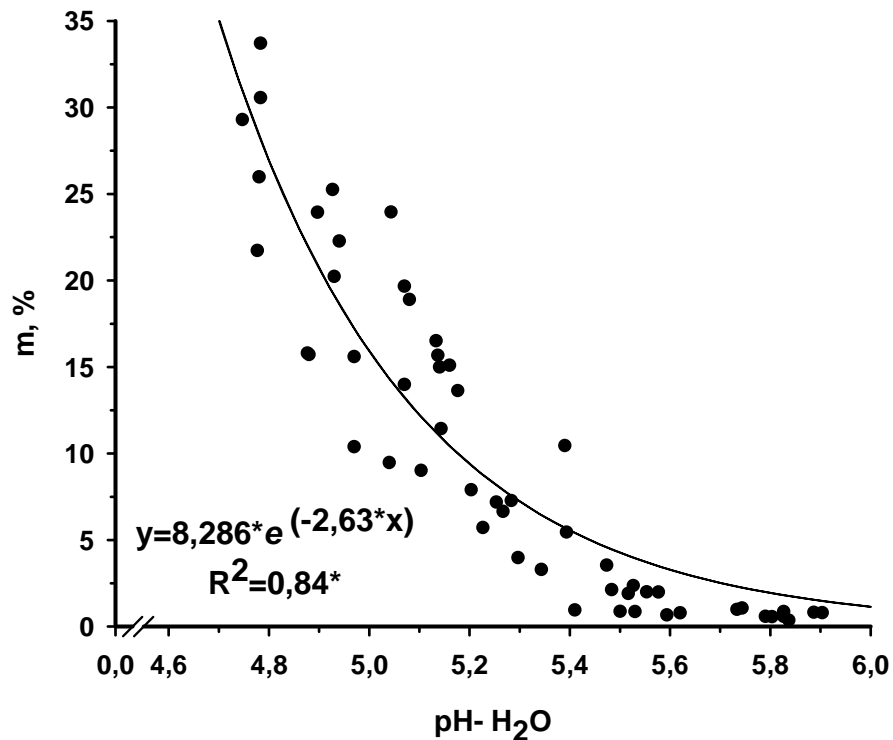


FIGURA 10. Relação entre o pH -H₂O do solo e a saturação por alumínio (m) para todos os tratamentos sem aplicação de N e camadas avaliadas (médias de três repetições).
*Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

4.3.3. Efeito da adubação nitrogenada sobre os componentes da acidez do solo

Na Figura 11, observa-se o valor de pH do solo nos diferentes sistemas de culturas para os tratamentos sem e com aplicação de N mineral. Como não houve interação significativa, são apresentadas as médias dos métodos de preparo em cada sistema de culturas. Nos três sistemas, os valores de pH foram menores quando foi aplicado N, ocorrendo diferença significativa na camada de 0-2,5 cm. Os resultados concordam com a literatura, que reporta os efeitos acidificantes causados pelo N em sistemas agrícolas. Blevins et al. (1983), avaliando diferentes sistemas a longo prazo, encontraram acidificação superficial no solo e atribuíram à localização superficial da acidez gerada principalmente pela nitrificação de N proveniente da aplicação de fertilizantes nitrogenados e da mineralização da MOS. Bayer (1992), na mesma

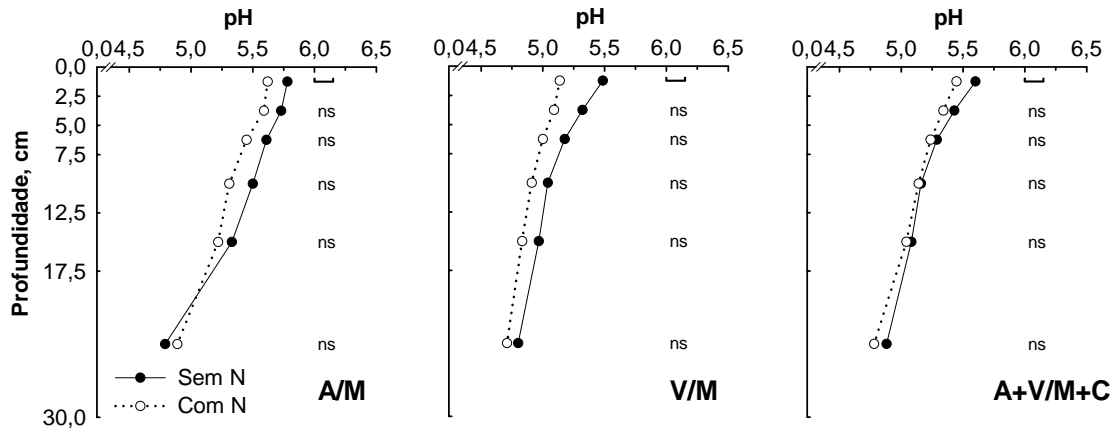


FIGURA 11. Valor de pH do solo em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições). A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

área experimental, não observou efeito da aplicação dos fertilizantes nitrogenados após cinco anos da instalação do experimento, evidenciando que o processo de acidificação do solo é mais significativo a longo prazo.

Na Figura 12, são apresentados os três sistemas de culturas, com e sem a aplicação de N mineral. Observa-se que os maiores valores de pH correspondem ao tratamento A/M sem N e os menores valores ocorreram no sistema V/M com N, devido possivelmente ao efeito acidificante conjunto da leguminosa e do fertilizante. Em geral, os sistemas sem aplicação de N apresentaram valores maiores que aqueles onde foi aplicado N, e os sistemas apenas com presença de gramíneas apresentaram valores maiores, em contraste aos sistemas incluindo espécies leguminosas.

Na Figura 13, são observados os dados de saturação por alumínio (m) nos três sistemas de culturas, com valores maiores quando foi aplicado N mineral. No sistema A/M, houve diferença significativa nas camadas de 0-2,5 e 7,5-12,5 cm, enquanto no sistema V/M ocorreu diferença significativa entre ambos tratamentos em todas as camadas de solo amostradas. Observa-se que nos sistemas com gramíneas (A/M) a aplicação de N não causou aumento importante de m, enquanto que no sistema V/M há uma diferença maior entre tratamentos, inclusive em profundidade. No sistema A+V/M+C, não houve diferença significativa em nenhuma das camadas amostradas, o que pode ser devido aos efeitos do maior aporte de resíduos de espécies gramíneas e leguminosas, entre os quais o tamponamento da acidez do solo.

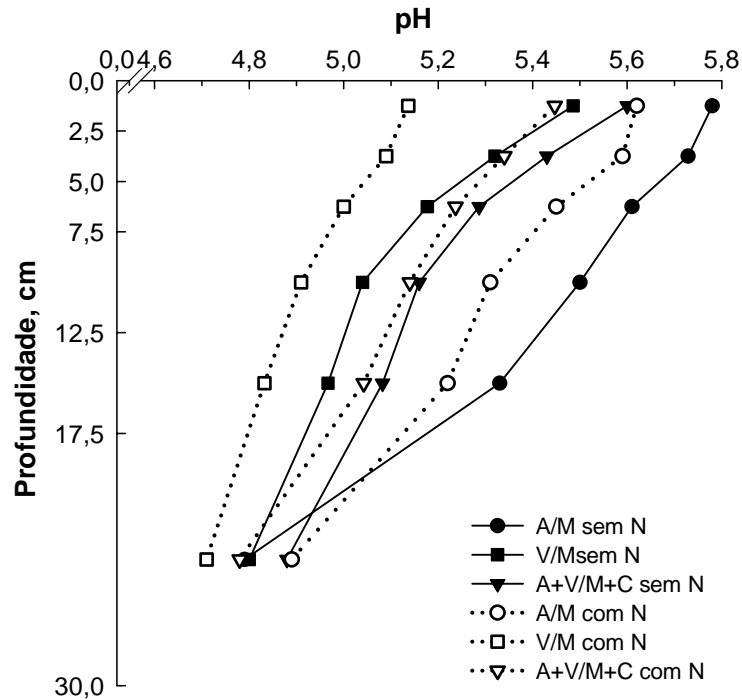


FIGURA 12. Valor de pH do solo em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições). A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi.

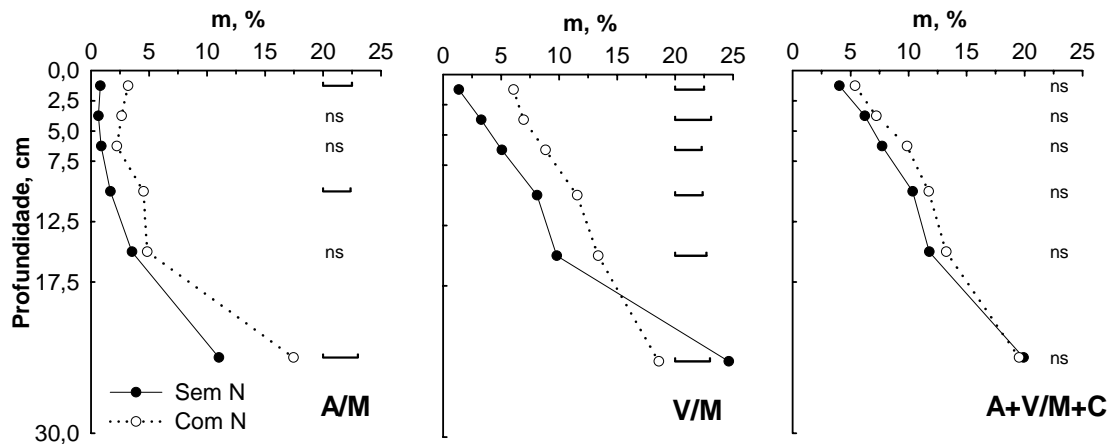


FIGURA 13. Valor de saturação por alumínio (m) em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições). A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi.
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

4.4. Bases trocáveis e saturação por bases

4.4.1. Cálcio, magnésio e potássio

Houve interação significativa entre os métodos de preparo do solo e os sistemas de culturas em relação ao seu efeito sobre o teor de cálcio trocável (Ca) do solo em algumas das camadas amostradas.

Na Figura 14, são comparados os sistemas de culturas em cada preparo, observando-se no solo sob PC valores similares ao longo da profundidade, ocorrendo diferença significativa entre os sistemas de culturas somente nas camadas de 2,5-5 e 17,5-30 cm. Esta distribuição uniforme do teor de Ca no PC ao longo da profundidade é devida ao revolvimento do solo, com a incorporação dos resíduos e do calcário aplicado.

No PR, houve diferença significativa entre os sistemas de culturas na profundidade de 12,5-30 cm, com os maiores valores nos sistemas V/M e A/M. No PD, os maiores valores foram encontrados em associação com o sistema A+V/M+C em todas as camadas, com diferenças significativas nas camadas de 2,5-7,5 e 17,5-30 cm.

O maior acúmulo de Ca nas camadas superficiais no PD é devido ao acúmulo da MOS, à aplicação superficial de calcário e à reciclagem do Ca pelos resíduos vegetais das culturas deixados na superfície do solo (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Quando comparados os métodos de preparo dentro das culturas, ocorreram menores valores no PD nas camadas de 2,5-30 cm, nas culturas A/M e V/M. No sistema A+V/M+C não houve diferença entre os preparos nas camadas de 0 a 12,5 cm de profundidade e os valores maiores pertencem ao PC, seguido do PD e PR.

Observa-se nos sistemas de culturas associados ao PD o efeito da aplicação de calcário, com o maior teor de Ca trocável na camada superficial (0-2,5 cm), e menor teor nas camadas subsuperficiais, devido possivelmente à maior infiltração de água e maior lixiviação deste elemento associado a ânions orgânicos para camadas mais profundas do perfil (Blevins et al., 1983).

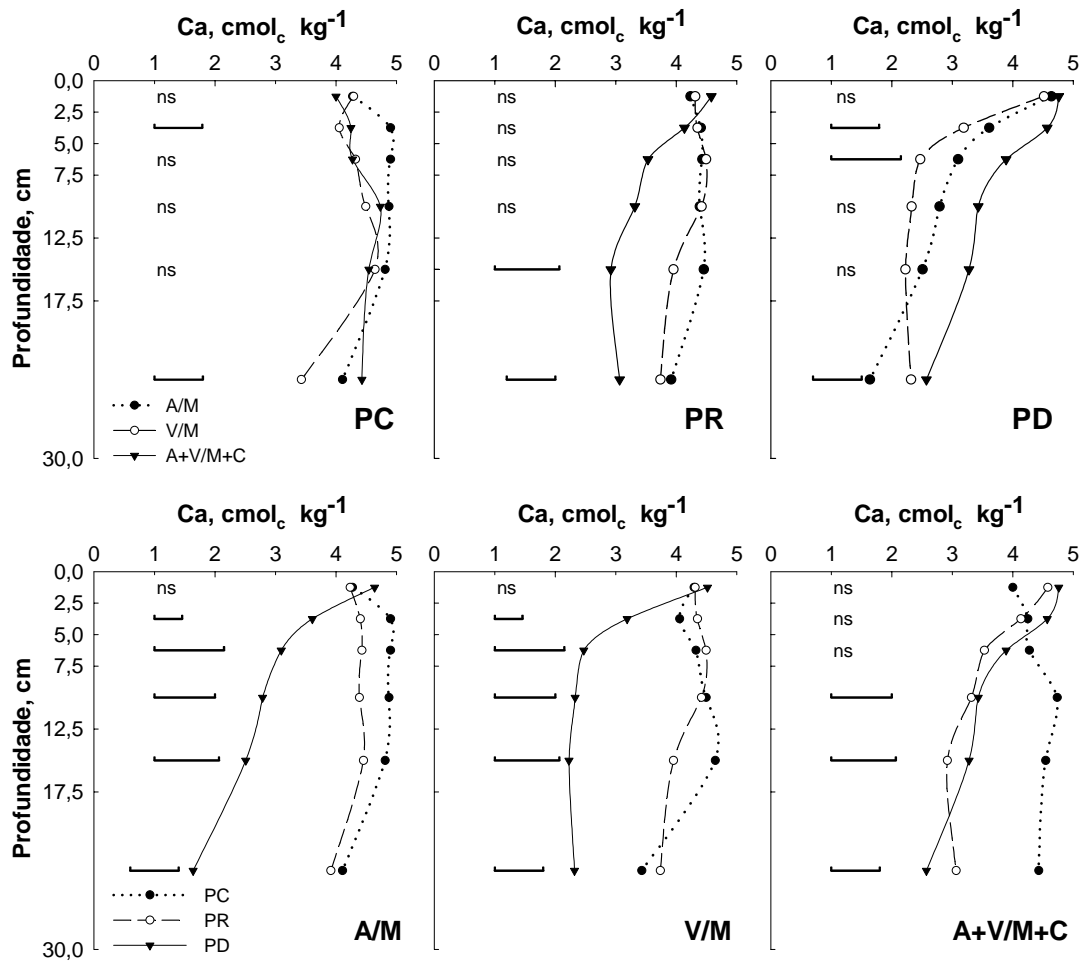


FIGURA 14. Teor de cálcio trocável do solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

A Figura 15 mostra a relação entre o valor de CTC efetiva e o teor de Ca do solo para todos os tratamentos sem N e camadas avaliadas, com coeficiente de determinação de 0,84, aumentando o teor de Ca trocável no solo conforme aumenta o valor da CTC do solo.

Na Tabela 3 é apresentado o teor de magnésio trocável (Mg) do solo nos diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas avaliados. Observa-se que não houve interação significativa entre os sistemas de preparo e de culturas na camada de 0-5 cm de profundidade.

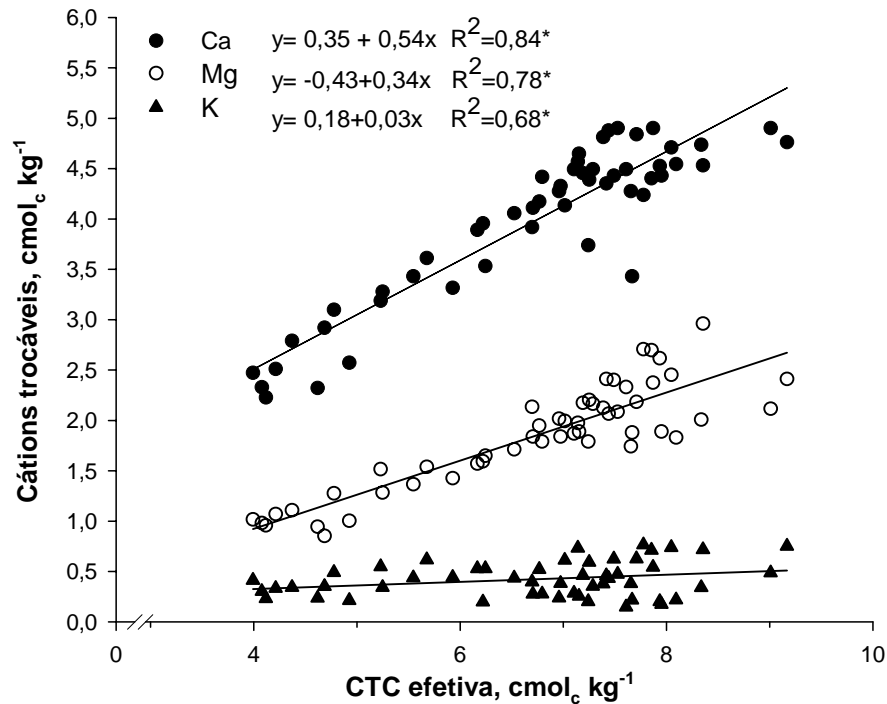


FIGURA 15. Relação entre a capacidade de troca de cátions efetiva e os teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis no solo (médias de três repetições).
 *Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

No PC, os valores foram similares em profundidade nos três sistemas de culturas; no PR, o sistema V/M apresentou os menores valores e o sistema A/M os maiores, enquanto que no PD os maiores valores ocorreram no sistema A+V/M+C, na camada de 0-2,5 cm, com diminuição dos teores nas camadas mais profundas nos três sistemas avaliados.

O maior teor de Mg encontrado no PD associado ao sistema A+V/M+C pode ser explicado pelos maiores valores de CTC efetiva e a pH 7,0 do solo nesse tratamento, a exemplo do ocorrido para Ca.

Comparando-se os métodos de preparo, o maior teor de Mg foi encontrado no PD na camada de 0-2,5 cm de profundidade, consequência do não revolvimento do solo, com diminuição dos valores com o aumento da profundidade, o que não aconteceu no PC, onde os valores foram próximos entre as camadas amostradas. O PR teve valores intermediários entre os tratamentos.

TABELA 3. Teor de magnésio trocável do solo após a utilização durante treze anos de três métodos de preparo e três sistemas de culturas, em seis profundidades (média de três repetições)

Preparo do solo	Sistema de culturas	Profundidade, cm					
		0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-12,5	12,5-17,5	17,5-30
		----- cmol _c kg ⁻¹ -----					
PC	A/M	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	1,8
	V/M	1,9	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9
	A+V/M+C	2,4	2,1	1,7	2,0	1,8	1,9
PR	A/M	2,7	2,7	2,7	2,2	2,2	2,1
	V/M	2,8	2,4	2,2	1,8	1,6	1,8
	A+V/M+C	2,5	2,0	1,6	1,4	0,8	0,8
PD	A/M	2,0	1,5	1,3	1,1	1,1	0,7
	V/M	2,3	1,5	1,0	1,0	1,0	0,9
	A+V/M+C	2,9	2,0	1,6	1,4	1,3	1,0
C.V. (%)							
Preparo		8,9	10,3	9,1	6,3	5,8	14,2
Cultura		15,9	16,0	14,9	11,5	15,1	14,3
DMS							
Preparo (Cultura)		ns	ns	0,57	0,41	0,50	0,45
Cultura (Preparo)		ns	ns	0,33	0,24	0,29	0,26

PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD= plantio direto, A=aveia, V=vica, M=milho e C=caupi

C.V.= coeficiente variação

DMS=diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5%

ns= não significativo

O acúmulo de Mg nas camadas superficiais do solo, de forma similar ao Ca, é devido ao acúmulo da MOS, à ciclagem pelos resíduos das culturas e à aplicação de calcário em superfície.

A diminuição da concentração de Mg nas camadas mais profundas pode ser devida à maior lixiviação do ânion nitrato (Burle, 1995), pois quando isto ocorre, cátions como Ca, Mg e K também são lixiviados como íons acompanhantes. Nos sistemas com menor acúmulo de CO e presença de gramíneas, uma menor quantidade de N orgânico é nitrificado; isto, possivelmente, melhora a reciclagem do nitrato produzido no solo, tendo uma menor lixiviação de cátions no perfil. Miyazawa et al. (1998) avaliaram a alteração química do perfil do solo pela adição de resíduos vegetais da superfície e verificaram que os resíduos de espécies como a aveia preta, entre outros, foram os que proporcionaram os maiores aumentos nos teores de Ca e Mg na camada subsuperficial de solos ácidos.

Bayer (1992) na mesma área experimental, após cinco anos, não encontrou interação entre os métodos de preparo e sistemas de culturas. Mas houve tendência de maior concentração de Mg na camada superficial (0-2,5 cm) no solo sob PD, comparado ao PR e PC.

A Figura 15 mostra a relação entre o teor de Mg trocável e a CTC efetiva e, da mesma forma que o Ca, o teor depende diretamente do valor de CTC efetiva do solo, com um coeficiente de determinação de 0,78.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que houve influência dos preparos e das culturas no teor de potássio trocável (K) no solo. Em geral, valores similares de K trocável foram encontrados comparando os métodos de preparo e os sistemas de culturas, salientando o PR, onde o sistema A/M obteve os valores mais altos seguido pelo A+V/M+C e pelo V/M.

Houve a diminuição em profundidade do teor de K do solo nos três sistemas de culturas avaliados, com maior acúmulo na camada superficial de 0-2,5 cm, enquanto na camada de 2,5-12,5 cm não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

A semelhança entre os tratamentos quanto valores de K em cada camada pode ser devida à aplicação de adubo potássico, realizada anualmente em todos os tratamentos antes da implantação da cultura do milho.

Segundo Bayer (1992), a razão pela qual são encontrados teores de K menores nos sistemas que incluem leguminosas (V/M e A+V/M+C) é a maior extração e exportação via grãos pela cultura do milho. A maior disponibilidade no solo de N nestes sistemas provoca maior desenvolvimento e rendimento de grãos. Outra possível razão é a maior produção de matéria seca pelas culturas de inverno no sistema A+V/M+C, seguida pelo sistema V/M e menor no A/M, que resulta na absorção de quantidades diferentes de K pelas culturas (Bayer & Mielniczuk, 1997).

TABELA 4. Teor de potássio trocável do solo após a utilização durante treze anos de três métodos de preparo e três sistemas de culturas em seis profundidades (média de três repetições)

Preparo do solo	Sistema de culturas	Profundidade, cm					
		0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-12,5	12,5-17,5	17,5-30
		----- cmol _c kg ⁻¹ -----					
PC	A/M	0,63	0,54	0,47	0,43	0,38	0,28
	V/M	0,52	0,44	0,38	0,29	0,25	0,22
	A+V/M+C	0,75	0,49	0,38	0,34	0,22	0,17
PR	A/M	0,76	0,71	0,62	0,59	0,46	0,39
	V/M	0,72	0,49	0,35	0,28	0,20	0,20
	A+V/M+C	0,74	0,61	0,53	0,44	0,35	0,24
PD	A/M	0,62	0,49	0,34	0,33	0,29	0,15
	V/M	0,74	0,41	0,30	0,23	0,23	0,20
	A+V/M+C	0,73	0,53	0,44	0,34	0,21	0,20
C.V. (%)							
Preparo		4,5	6,0	9,5	10,9	8,7	5,6
Cultura		7,5	15,9	17,5	22,0	16,3	15,5
DMS							
Preparo (Cultura)		0,11	ns	ns	ns	0,10	0,08
Cultura (Preparo)		0,11	ns	ns	ns	0,10	0,08

PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD= plantio direto, A=aveia, V=vica, M=milho e C=caupi

C.V.= coeficiente variação

DMS=diferença mínima significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5%

ns=não significativo

4.4.2. Saturação por bases

A Figura 16 mostra os valores de saturação por bases, a qual seguiu o comportamento do cálcio, cátion trocável com o maior teor no solo. Comparando os sistemas de culturas dentro de cada preparo, praticamente não houve diferença significativa nas profundidades amostradas, embora os maiores valores para o sistema A/M.

No PC, observa-se a distribuição mais uniforme dos valores em profundidade, com o sistema de culturas A/M apresentando o maior valor de saturação por bases, seguido dos sistemas de culturas A+V/M+C e V/M. No PR e PD os maiores valores de saturação por bases também são encontrados no sistema A/M. Este resultado pode ser relacionado com uma melhor ciclagem dos cátions trocáveis pelas culturas e maior teor de Ca no solo.

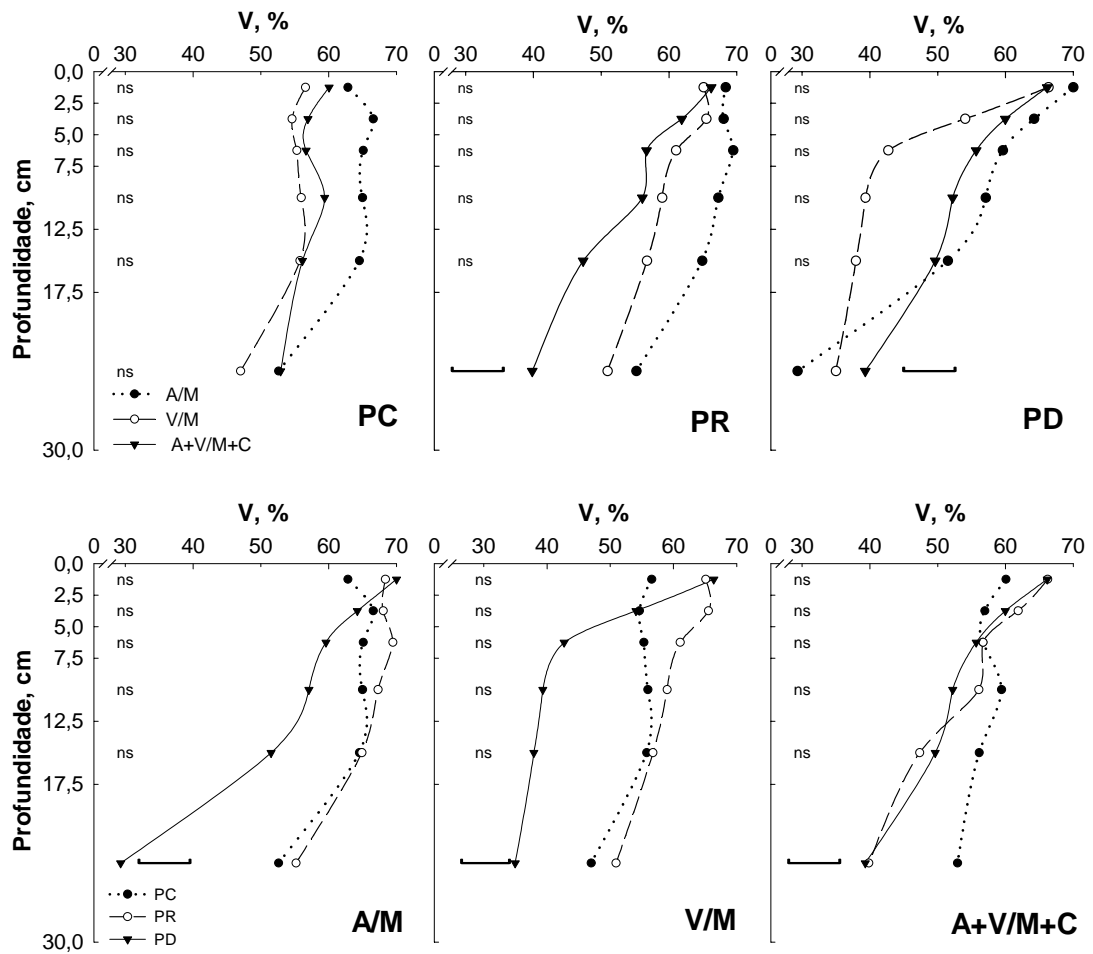


FIGURA 16. Valor de saturação por bases (V) no solo em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

Comparando os métodos de preparo, tampouco foram encontradas diferenças significativas entre eles até a camada 17,5-30 cm. Observa-se nos sistemas A/M e V/M o maior valor na camada de 0-2,5 cm no solo sob PD, e valores similares no sistema A+V/M+C associado ao PR e PD.

Em geral, os teores de Ca e Mg promoveram maiores valores de saturação por bases, atingindo valores próximos a 70% no tratamento PD-A+V/M+C. Este aumento no valor de saturação por bases, principalmente na superfície do solo sob PD, está relacionado à aplicação de calcário, capaz de neutralizar grande parte dos íons H^+ e Al^{3+} , liberando e gerando novas cargas que são então ocupadas por Ca e Mg. Diversos autores (Moreira et al., 2001; Pöttker, 2002) mencionam os efeitos da calagem sobre o aumento de CTC

efetiva e da saturação por bases na camada superficial do solo, devido ao acúmulo de cátions.

Valores elevados de saturação por bases em profundidade podem estar relacionados com o maior transporte dos cátions Ca e Mg no perfil devido à formação de complexos organometálicos que facilitam sua mobilidade no solo e à maior quantidade de água infiltrada (Sidiras & Pavan, 1985).

Observa-se a tendência de aumento em profundidade (abaixo de 5,0 cm) nos sistemas PC e PR, comparativamente ao PD, como consequência da mobilização do solo, o que deve favorecer o crescimento radicular das culturas.

A Figura 17 mostra a relação entre os valores de pH-H₂O do solo e a saturação por bases (V) para todos os tratamentos e todas as camadas amostradas. Observa-se, de forma geral, que aos menores valores de pH do solo correspondem os menores valores de V, correspondendo o menor valor de aproximadamente 30%, a um valor de pH de 4,6 e o maior valor (70%), a um pH próximo de 6,0. Observa-se que a faixa de V de 60 a 70%, considerada adequada para o desenvolvimento da maioria das culturas, é obtida na faixa de valores de pH de 5,5 a 6,0.

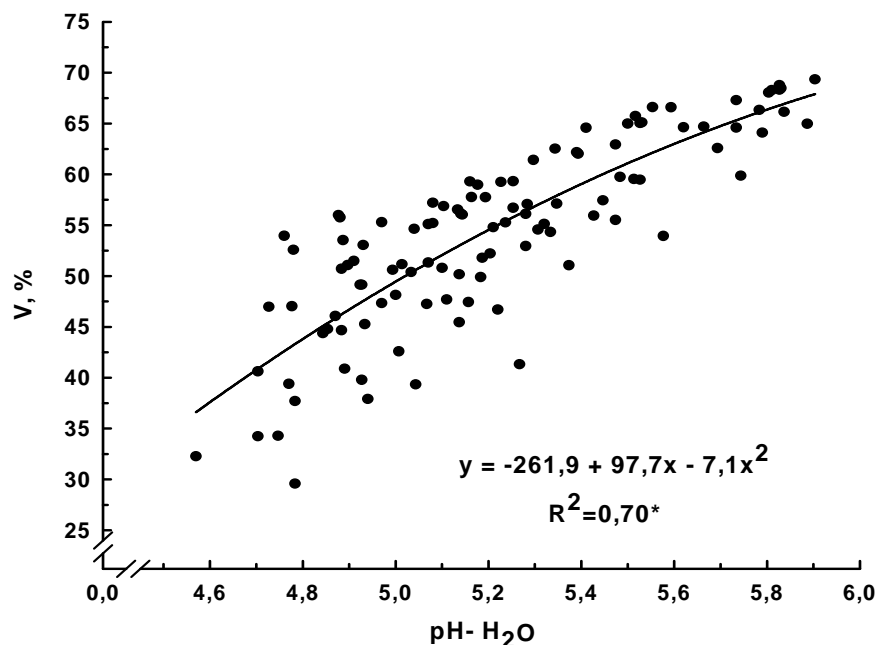


FIGURA 17. Relação entre o pH-H₂O do solo e a saturação por bases (V) (média de três repetições).

*valores significativos ao nível de 1% de probabilidade

4.4.3. Efeito da adubação nitrogenada na saturação por bases

A Figura 18 mostra o valor de saturação por bases para os três sistemas de culturas com duas doses de N mineral, como média dos métodos de preparo. Observa-se que o valor de V foi maior nos tratamentos sem aplicação de N, com diferença significativa na camada de 0-2,5 cm nos três sistemas e na camada de 2,5-5 cm nos sistemas V/M e A+V/M+C. Os maiores valores de V em ambos tratamentos nas camadas superficiais estão relacionados ao acúmulo de bases (Ca, Mg e K) e efeito da aplicação de calcário, ocorrendo diminuição dos teores em profundidade. Os valores menores de V nos tratamentos com aplicação de N mineral estão relacionados a menores valores de pH obtidos nos mesmos tratamentos, como mencionado anteriormente.

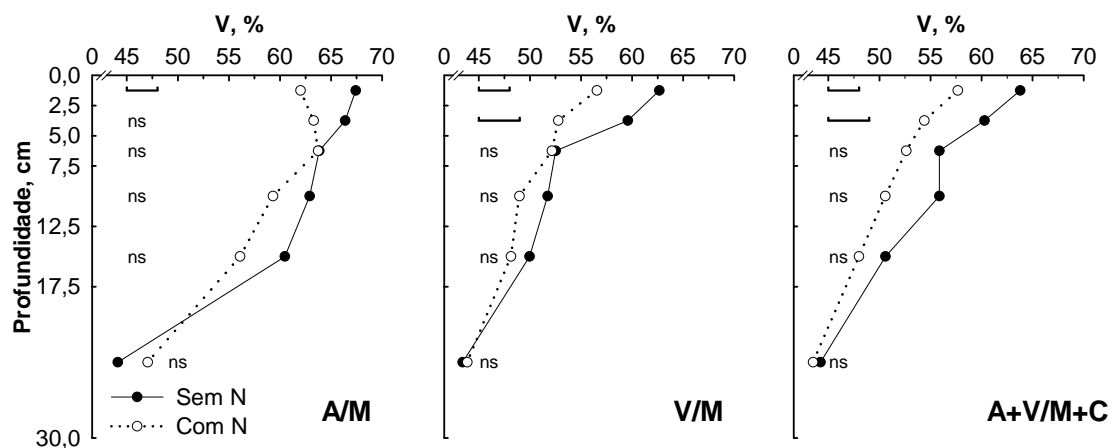


FIGURA 18. Valor de saturação por bases (V) no solo em função de sistemas de culturas e aplicação de N mineral (média de três métodos de preparo e três repetições). A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

4.5. Fósforo

Na Figura 19, é observado que o teor de P Mehlich-1 no solo foi pouco afetado pelas culturas no preparo com revolvimento do solo. Houve diferença significativa entre os sistemas de culturas na camada 0-2,5 cm no PC, e na camada de 0-12,5 cm no PR e PD. O solo sob PC teve valores similares nos três sistemas de culturas estudados nas profundidades amostradas. No PR, houve aumento dos valores de P nos sistemas V/M e A+V/M+C, enquanto no PD o sistema A/M apresentou os maiores valores, seguido do A+V/M+C e do V/M.

Comparando os preparos em cada sistema de culturas, no sistema A/M, o PC e PR apresentam valores similares, enquanto o PD tem valores superiores até 12,5 cm de profundidade, com diferença significativa na camada de 0-7,5 cm. O sistema V/M tem os maiores valores de P quando associado com o PD e o menor valor com o PC. Houve nos três sistemas de culturas maior acúmulo de P nas camadas superficiais no solo sob PD, com diminuição acentuada na camada de 12,5 a 30 cm.

Resultados similares aos encontrados no presente estudo foram apresentados por Sidiras & Pavan (1985), com teores mais elevados de P no solo sob PD na camada de 0-20 cm, conseqüência, segundo estes, da limitada mobilidade do P no solo. Por outro lado, autores como Guertal et al. (1991) mencionam que no PD os fertilizantes fosfatados adicionados na superfície, sem revolvimento do solo, aliado à deposição dos resíduos vegetais também na superfície, favorecem sua ciclagem nessa camada do solo, diminuindo as perdas de P e determinando seu acúmulo na camada superficial. Aliado a isto, há menor sorção do P na camada superficial, causada pela saturação dos sítios de adsorção e pela diminuição da energia de ligação do fosfato com os colóides do solo, propiciando aumento do P em formas mais lábeis (Núñez, et al., 2003). Além disso, outra possível causa é o aumento do valor de pH do solo, que implica a menor adsorção de P (Hayne & Mokolobate, 2001).

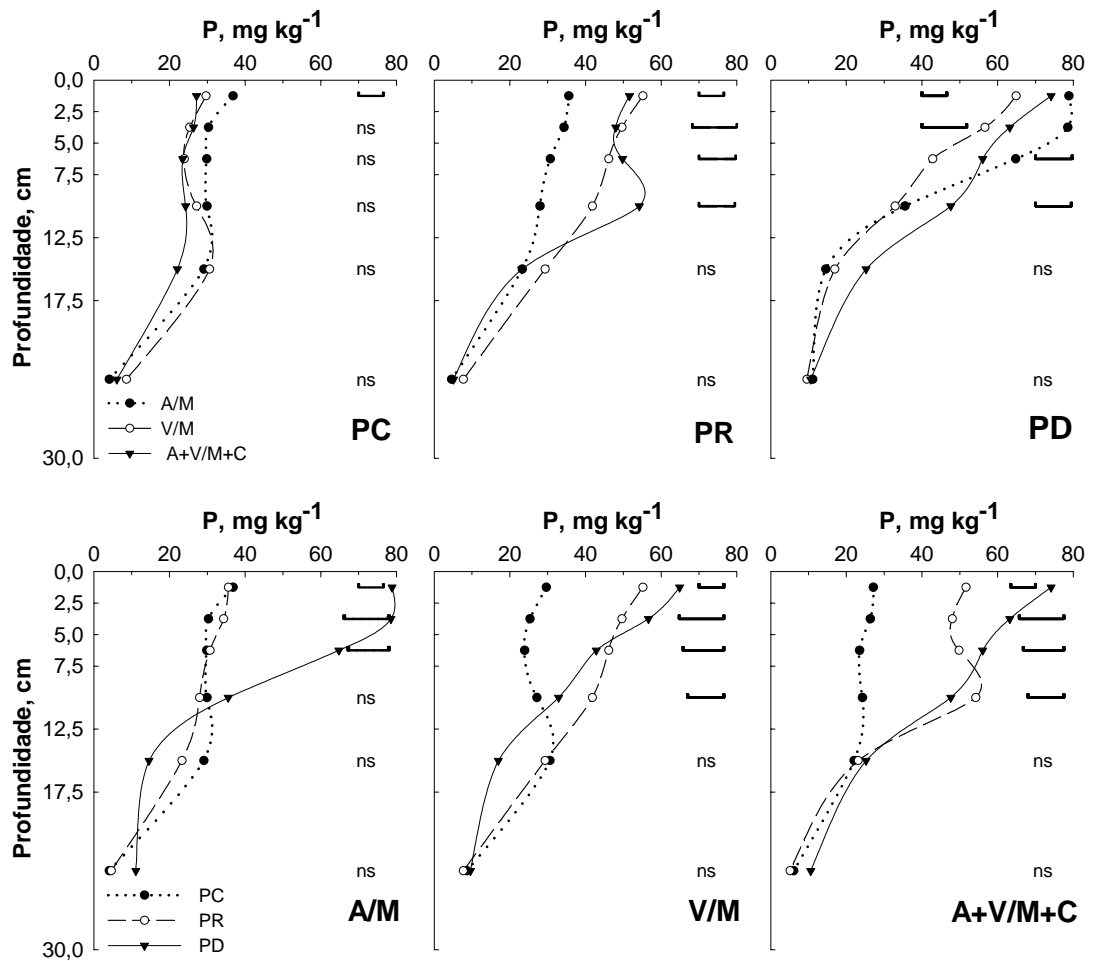


FIGURA 19. Teor de fósforo extraído com solução Mehlich-1 em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

Na Figura 20 são apresentados os teores de P extraído com resina trocadora de ânions (P-resina). Observa-se o comportamento similar ao P extraído com solução Mehlich-1, obtendo-se boa correlação ($r=0,85$) entre ambas metodologias (Apêndice 15).

Em geral, os teores de P-Mehlich foram quase o dobro dos valores de P-Resina. Valores maiores de P na extração com solução Mehlich-1 são atribuídos à capacidade da solução ácida de dissolver parcialmente os óxidos de Fe e Al, extraíndo parte do P adsorvido a eles, assim como os fosfatos de Ca presentes no solo, promovendo a dessorção de P inorgânico em solos intemperizados (Rheinheimer, 2000).

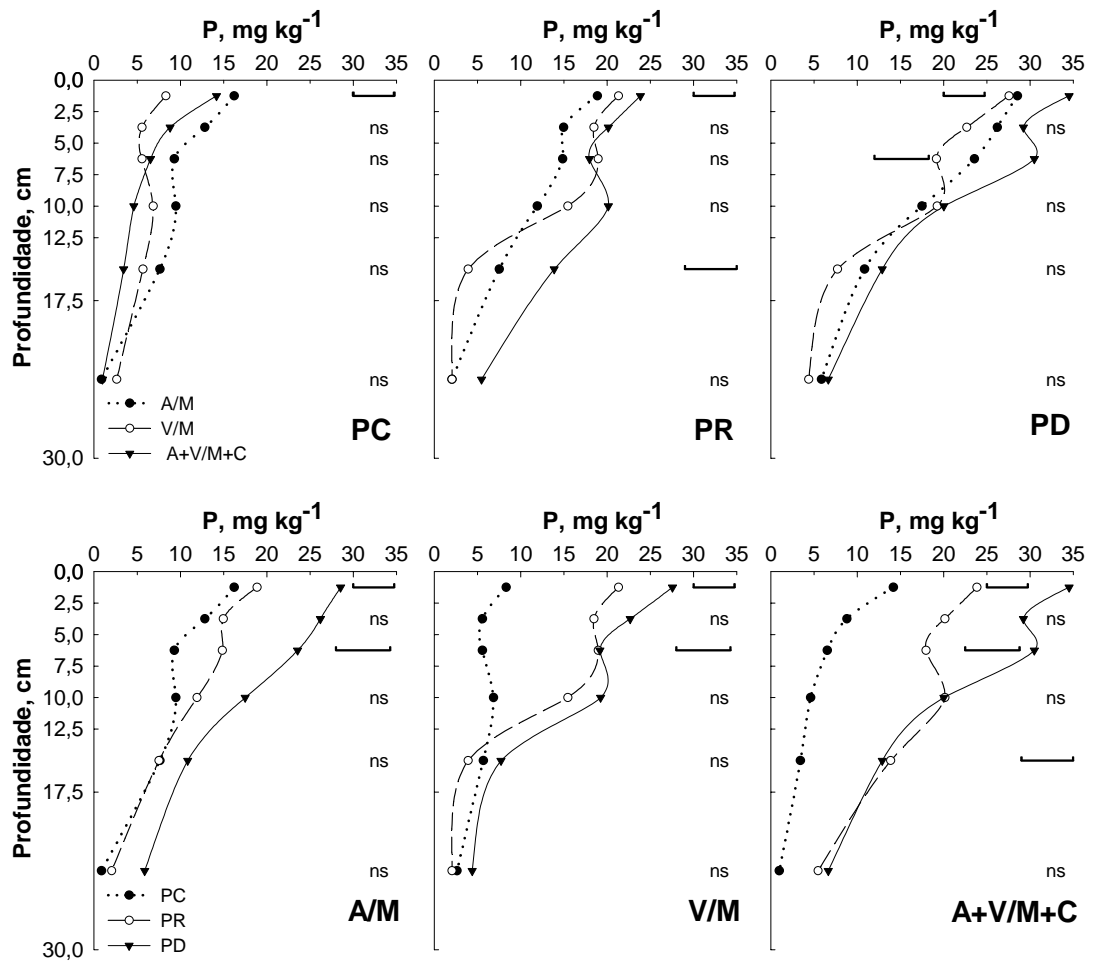


FIGURA 20. Teor de fósforo extraído com resina trocadora de ânions em função de métodos de preparo e de sistemas de culturas (média de três repetições). PC=preparo convencional, PR=preparo reduzido, PD=plantio direto, A=aveia, M=milho, V=vica e C=caupi
 — Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey 5%
 ns=não significativo

Os menores teores de P-resina podem estar relacionados à capacidade da resina de extrair somente as formas de P disponíveis para o intercâmbio com a solução de solo (Selles et al., 1997). Grande et al. (1986) atribuem a maior extração de P pelo método Mehlich à maior extração de P-orgânico não extraível pela resina. Estudos realizados por Schlindwein (2003), comparando ambas metodologias em solos do RS, atribui estas diferenças ao fato da extração de fósforo ser afetada tanto pelo teor de argila como pela quantidade de fósforo “disponível” determinado por ambos os métodos.

Os teores de fósforo (P) determinados nos diferentes preparos de solo e sistemas de culturas são considerados suficientes em função do tipo de

solo e do teor de argila, correspondendo o nível de suficiência, para o P extraído com solução Mehlich-1, a 14 mg P dm^{-3} (Comissão, 1995), enquanto que para o método por resinas, independentemente do teor de argila, o nível crítico é 20 mg dm^{-3} (Comissão..., 2003).

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, pode-se estabelecer como principais conclusões que:

a. os diferentes métodos de preparo e sistemas de culturas, a longo prazo, causam mudanças nos atributos químicos do solo, com incrementos nos valores de CTC e teores de cálcio, magnésio e fósforo, na camada superficial de 0-5 cm, principalmente, no solo sob sistema plantio direto associado a sistemas de culturas com maior aporte de resíduos vegetais;

b. a redução do revolvimento do solo, nos preparos reduzido e no plantio direto, promove a estratificação, em profundidade, dos cátions trocáveis, do pH e do fósforo, enquanto que no preparo convencional há distribuição mais uniforme na camada arável do solo;

c. o uso contínuo de sistemas de culturas que incluem espécies leguminosas pode resultar em acidificação do solo, principalmente no preparo convencional, com diminuição do valor de pH do solo e aumento dos teores de Al trocável e da saturação por Al;

d. a acidificação do solo, com conseqüentes alterações em atributos a esta relacionados, é favorecida pela adubação nitrogenada, com efeitos mais significativos na camada superficial do solo.

6. BIBLIOGRAFIA

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.101-108, 1994.

AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. 201f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 1997.

AMADO, T.J.C. et al. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.53, n.3, p.268-271, 1998.

AMADO, T.J.C. et al. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.179-189, 2000.

AMADO, T.J.C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular a carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.189-197, 2001.

AMARAL, A.S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 107f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BAUER, P.J. et al. Tillage effect on nutrient stratification in cropping systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.66, p.175-182, 2002.

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 172f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, 1996. 241 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.1, p.105-112, 1997.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.331-339, 1999.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, p.101-109, 2000.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. 96p.

BLEVINS, R.L. et al. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.3, p.135-146, 1983.

BOHNEN, E.J. et al. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.109-122.

BRAIDA, J.A. et al. Comparação de métodos de determinação da disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.2, p.345-347, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p.

BURLE, M.L. **Efeito de sistemas de cultura em características químicas do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 105f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

BURLE, M.L. et al. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.190, p.309-316, 1997.

CABEDA, M.S.V. Degradação física e erosão do solo. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1984, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: UPF: PIUCS, 1984. p.28-33.

CAMARGO, F.A.O. **Fracionamento e dinâmica do nitrogênio orgânico em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 151f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

CAMARGO, F.A.O. et al. Nitrogênio Orgânico do Solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.117-133.

CENTURION, J.F. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.2, p.267-270, 1985.

CIOTTA, M.N. et al. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.3, p.1055-1064, 2002.

CIOTTA, M.N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1161-1164 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3ª ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1995. 223p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2003. (No prelo)

CONTI, M.E. et al. Long-term rotation effect of soybean with no-till maize on soil N availability indices and microbial activity in the Argentine Pampa. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.49, p.267-270, 1998.

CONYERS, M.K. et al. Amelioration of acidity with time by limestone under contrasting tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.72, p.85-94, 2003.

DEXTER, A.R. Internal Structure of tilled soil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.27, p. 267-278, 1976.

DING, et al. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.66, n.2, p.421-429, 2002.

DUIKER, S.W; CURRAN, W.S. Cover Crops. In: BEEGLE, D.B. (Ed.) **The Agronomy Guide 2003**. Pennsylvania: Publications Distribution Center, 2003. p.111-115.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 247p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

ERNANI, P.R. et al. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.939-946, 2001.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Dados área sob plantio direto no Estado do Rio Grande do Sul**. Acesso em: site FBPD. URL: http://www.febrapdp.org.br/pd_area_estados.html, 2003.

FENTON, G.; HELYAR, K. **The role of the nitrogen and carbon cycle in soil acidification**. Piracicaba: Potafos, 2002. (Encarte Técnico - Informações Agronômicas, 98).

FRANCHINI, J.C. et al. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

FREITAS, V. H. **Eficiência de sistemas de preparo do solo e de culturas no fornecimento de nitrogênio para o milho**. Porto Alegre: UFRGS, 1988. 148f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

FREITAS, V. et al. Efeito de métodos de preparo do solo e sistemas de cultura na absorção de nitrogênio e rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.1, p.69-77, 1996.

GATIBONI, L.C. et al. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.283-290, 2003.

GRANDE, M.A. et al. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich e resina, em solos cultivados com arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.1, p.45-50, 1986.

GUERTAL, E.A. et al. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.55, p.410-413, 1991.

HAYNE, R.J.; MOKOLOBATE, M.S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Amsterdam, v.59, p.47-63, 2001.

HELYAR, R. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos**. Piracicaba: Potafos, 2003. (Encarte Técnico – Informações Agronômicas, 104).

IPAGRO. **Observações meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: 1979. (Boletim Técnico, 3).

KORONKA, P. Machinery development for direct drilling. **Outlook on Agriculture**, Bracknell, v.7, n.4, p.190-195, 1973.

LAL, R. et al. Long-term tillage effects on a Mollic Ochraqualf in North-west Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.15, p.371-382, 1990.

LAL, R. et al. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. **Soil Science Society of America**, Madison, v.58, p.517-522, 1994.

LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e nitrogênio do solo afetada por preparos do solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 130f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARQUES, T.C.L.L. de S.E.M. et al. Evolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em Latossolo Vermelho-Escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.581-589, 2000.

MEURER, E.J. et al. Fenômenos de superfície. In: MEURER, E.J. (Ed.) **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.77-108.

MIELNICZUK, J. et al. **Interações fertilidade e conservação do solo**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, 2000, Santa Maria. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 15p. (CD-ROM).

MIYAZAWA, M. et al. **Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais**. Piracicaba: Potafos, 2000. (Encarte Técnico -Informações Agronômicas, 92).

MUZZILI, O. Influencia do sistema plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

MUZZILI, O. **Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no estado do Paraná**. Piracicaba: Potafos, 2002. (Encarte Técnico - Informações Agronômicas, 100).

NÚÑEZ, J.E.V.R. et al. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um Argissolo. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.101-109, 2003.

PAVAN, M.A. Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde. In: PAULETTI, V.; SEGAFREDO, R. **Plantio direto: atualização tecnológica**. São Paulo: Fundação Cargill: Fundação ABC, 1999. p.45-52.

PÖTTKER, D. Correção da acidez do solo no Sistema Plantio Direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5, 2002, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: Aldeia Norte-PR, 2002. p.14-53.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem em solos sob plantio direto e em campos nativos do Rio Grande do Sul. In: NUERNBERG, N.J. (Ed.) **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 1998. p.77-92.

RHEINHEIMER, D.S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 211f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2000.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Fósforo orgânico do solo. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). Porto Alegre: Gênese, 1999. p.139-152.

ROSSO, A. **Manejo de culturas de cobertura do solo no inverno e sua relação com a produtividade do milho**. Porto Alegre: UFRGS, 1989. 117f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

SALET, R. L. **Toxidez de alumínio no sistema plantio direto**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 123f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

SALET, R. L. et al. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v.1, n.1, p.9-13, 1999.

SANTOS, H.P. et al. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.545-552, 2003.

SELLES, F. et al. Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian Oxisol under different tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.44, p.23-34, 1997.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.249-254, 1985.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.387-394, 2001.

SILVA, J.E. et al. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.541-547, 1994.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1989. 277p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEIXEIRA, L.A.J. **Fornecimento de nitrogênio ao milho por sistemas de culturas**. Porto Alegre, 1988. 96f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1988.

TEIXEIRA, L.A.J. et al. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.1, p.207-214, 1994.

TEIXEIRA, I.R. et al. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.119-126, 2003.

TESTA, V.M. **Características químicas de um podzólico vermelho escuro, nutrição e rendimento do milho afetados por sistemas de culturas**. Porto Alegre: UFRGS, 1989. 134f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989.

TESTA, V.M. et al. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.1, p.107-114, 1992.

VILLAREAL et al. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um Argissolo. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.101-109, 2003.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no Sistema Plantio Direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5, 2002, Guarapuava. **Resumos...** Guarapuava: Aldeia Norte-PR, 2002. p.14-53.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST - Sistema de análise estatística para microcomputadores**. Pelotas: UFPEL, 1984. Registrado na Secretaria Especial de Informática, sob nº 066060/categoria A.

7. APÊNDICES

Apêndice 1. Teor de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	4,30	4,44	4,07	4,27	3,42	3,80	3,96	3,73
	2,5-5,0	4,92	4,80	4,99	4,90	3,69	3,61	3,99	3,76
	5,0-7,5	5,11	4,92	4,68	4,90	3,84	3,76	3,76	3,79
	7,5-12,5	5,07	4,80	4,76	4,88	3,65	3,49	3,42	3,52
	12,5-17,5	5,03	4,80	4,61	4,81	3,57	3,46	3,69	3,57
PC V/M	17,5-30	5,03	3,26	4,03	4,11	3,69	3,53	3,42	3,55
	0-2,5	3,84	4,19	4,49	4,29	3,73	3,88	3,49	3,43
	2,5-5,0	3,69	3,80	4,68	4,06	3,88	3,80	3,30	3,66
	5,0-7,5	3,61	4,61	4,76	4,33	4,26	4,19	2,73	3,72
	7,5-12,5	3,88	4,76	4,84	4,49	4,03	3,07	2,65	3,25
PC A+V/M+C	12,5-17,5	3,80	4,99	5,15	4,65	4,03	3,53	2,76	3,44
	17,5-30	3,26	3,53	3,49	3,43	3,84	3,61	3,57	3,67
	0-2,5	3,88	4,05	4,07	4,00	3,26	2,88	3,19	3,11
	2,5-5,0	4,00	4,40	4,35	4,25	3,07	3,11	3,34	3,17
	5,0-7,5	4,95	3,26	4,61	4,28	3,61	2,96	3,38	3,32
PR A/M	7,5-12,5	5,38	3,92	4,92	4,74	4,11	3,53	3,99	3,88
	12,5-17,5	4,99	4,19	4,45	4,54	3,92	3,34	3,46	3,57
	17,5-30	4,45	4,22	4,61	4,43	3,30	3,15	3,80	3,42
	0-2,5	4,26	4,42	4,03	4,24	4,68	4,57	5,03	4,76
	2,5-5,0	4,42	4,80	3,99	4,40	3,99	4,57	5,18	4,58
PR V/M	5,0-7,5	4,45	4,72	4,11	4,43	3,65	4,19	5,72	4,52
	7,5-12,5	4,22	4,53	4,42	4,39	3,65	4,22	5,45	4,44
	12,5-17,5	4,42	4,61	4,34	4,45	3,34	3,96	4,22	3,84
	17,5-30	4,07	3,80	3,88	3,92	3,84	3,23	5,49	4,19
	0-2,5	4,29	4,29	4,34	4,31	4,11	3,76	3,88	3,92
PR A+V/M+C	2,5-5,0	4,19	4,45	4,42	4,35	3,76	3,61	3,65	3,67
	5,0-7,5	4,34	4,65	4,49	4,49	4,07	3,88	4,11	4,02
	7,5-12,5	4,03	4,57	4,65	4,42	4,03	3,96	3,65	3,88
	12,5-17,5	4,03	3,92	3,92	3,96	3,84	3,88	3,99	3,90
	17,5-30	3,61	3,92	3,69	3,74	3,49	3,07	3,72	3,43
PD A/M	0-2,5	4,90	4,34	4,50	4,58	4,61	4,45	4,42	4,49
	2,5-5,0	4,22	4,15	4,03	4,13	5,03	3,38	3,88	4,10
	5,0-7,5	3,99	3,96	2,65	3,53	4,68	3,69	3,76	4,04
	7,5-12,5	3,42	4,03	2,50	3,32	4,07	3,49	3,07	3,55
	12,5-17,5	3,65	2,69	2,42	2,92	3,53	2,88	2,96	3,12
PD V/M	17,5-30	3,46	3,01	2,73	3,06	3,30	2,73	3,26	3,10
	0-2,5	4,34	4,55	5,00	4,63	5,03	4,76	4,61	4,80
	2,5-5,0	3,46	3,76	3,61	3,61	4,42	4,53	4,38	4,44
	5,0-7,5	2,88	3,57	2,84	3,10	4,22	4,38	4,22	4,28
	7,5-12,5	2,80	3,15	2,42	2,79	3,92	4,07	3,26	3,75
PD A+V/M+C	12,5-17,5	2,65	2,77	2,11	2,51	3,46	3,80	2,92	3,39
	17,5-30	1,84	1,42	1,65	1,64	3,03	3,11	2,88	3,01
	0-2,5	4,34	4,57	4,57	4,51	4,49	4,45	4,53	4,49
	2,5-5,0	2,92	3,42	3,23	3,19	4,57	4,61	4,34	4,51
	5,0-7,5	2,46	2,84	2,11	2,47	3,53	3,57	4,26	3,79
PD A+V/M+C	7,5-12,5	2,34	2,15	2,50	2,33	3,46	3,15	3,57	3,39
	12,5-17,5	2,15	2,07	2,46	2,23	3,26	2,88	2,76	2,97
	17,5-30	2,12	2,38	2,46	2,32	2,88	2,65	2,84	2,79
	0-2,5	4,61	4,71	4,96	4,76	4,99	4,76	4,84	4,86
	2,5-5,0	4,53	4,61	4,57	4,57	5,15	4,95	4,80	4,97
PD A+V/M+C	5,0-7,5	3,07	4,57	4,03	3,89	3,99	4,92	3,88	4,26
	7,5-12,5	2,46	4,30	3,53	3,43	3,26	3,49	3,11	3,29
	12,5-17,5	2,61	3,92	3,30	3,28	3,42	3,19	3,26	3,29
	17,5-30	2,34	2,46	2,92	2,57	2,61	2,15	2,88	2,55

Apêndice 2. Teor de magnésio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N Camadas (cm)	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
		Repetições				Repetições			
		I	II	III	Média	I	II	III	Média
PC A/M	0-2,5	2,39	2,18	1,98	2,18	1,64	1,80	2,01	1,82
	2,5-5,0	2,11	2,12	2,10	2,11	1,42	1,46	1,71	1,53
	5,0-7,5	2,18	2,18	1,89	2,09	1,51	1,44	1,92	1,62
	7,5-12,5	2,10	2,01	2,10	2,07	1,50	1,53	1,98	1,67
	12,5-17,5	2,18	2,18	2,01	2,12	1,56	1,73	1,83	1,71
PC V/M	17,5-30	2,15	1,45	1,92	1,84	1,51	1,65	1,89	1,68
	0-2,5	1,68	2,18	1,98	1,95	1,77	2,30	1,21	1,76
	2,5-5,0	1,62	1,59	1,92	1,71	2,01	1,80	1,01	1,61
	5,0-7,5	1,71	2,04	1,77	1,84	2,10	2,07	1,06	1,74
	7,5-12,5	1,68	1,92	2,01	1,87	1,86	1,41	1,12	1,46
PC A+V/M+C	12,5-17,5	1,74	1,86	2,07	1,89	1,83	1,60	1,31	1,58
	17,5-30	1,62	2,01	2,01	1,88	1,65	1,85	1,28	1,59
	0-2,5	2,51	2,33	2,39	2,41	1,61	1,61	1,53	1,59
	2,5-5,0	2,21	2,15	1,98	2,11	1,31	1,32	1,42	1,35
	5,0-7,5	2,21	1,18	1,83	1,74	1,51	1,36	1,31	1,39
PR A/M	7,5-12,5	2,07	1,86	2,10	2,01	1,63	1,59	1,48	1,57
	12,5-17,5	2,04	1,62	1,83	1,83	1,45	1,40	1,36	1,40
	17,5-30	1,92	1,68	2,07	1,89	1,22	1,34	1,47	1,34
	0-2,5	2,42	2,27	3,42	2,71	2,27	1,71	1,97	1,98
	2,5-5,0	2,77	2,48	2,83	2,70	1,73	1,55	1,81	1,70
PR V/M	5,0-7,5	2,45	2,33	2,42	2,69	1,43	1,40	1,87	1,56
	7,5-12,5	2,15	2,12	2,33	2,20	1,39	1,30	1,72	1,47
	12,5-17,5	2,30	2,10	2,12	2,17	1,24	1,20	1,26	1,23
	17,5-30	1,98	2,07	2,36	2,13	1,23	1,01	1,86	1,37
	0-2,5	2,60	2,95	3,33	2,96	2,10	1,93	2,26	2,10
PR A+V/M+C	2,5-5,0	1,86	2,89	2,48	2,41	1,68	1,72	1,87	1,76
	5,0-7,5	1,92	2,45	2,12	2,16	1,64	1,48	1,80	1,64
	7,5-12,5	1,51	1,98	1,89	1,79	1,45	1,40	1,37	1,40
	12,5-17,5	1,39	1,80	1,59	1,59	1,22	1,26	1,28	1,25
	17,5-30	1,30	1,68	2,39	1,79	1,32	1,51	1,31	1,38
PD A/M	0-2,5	2,98	2,45	1,93	2,45	2,36	1,74	1,82	1,97
	2,5-5,0	2,04	2,42	1,52	1,99	2,02	1,41	1,51	1,65
	5,0-7,5	1,77	1,77	1,41	1,65	1,75	1,26	1,24	1,42
	7,5-12,5	1,42	1,62	1,24	1,43	1,49	1,05	1,08	1,21
	12,5-17,5	0,49	1,02	1,04	0,85	1,17	0,89	0,91	0,99
PD V/M	17,5-30	0,51	0,79	1,26	0,85	1,21	0,86	0,99	1,02
	0-2,5	2,11	2,19	1,75	2,02	2,36	2,48	2,13	2,32
	2,5-5,0	1,51	1,72	1,38	1,54	1,77	2,10	1,56	1,81
	5,0-7,5	1,21	1,52	1,10	1,28	1,46	1,52	1,38	1,45
	7,5-12,5	1,14	1,28	0,91	1,11	1,35	1,31	1,03	1,23
PD A+V/M+C	12,5-17,5	1,14	1,18	0,89	1,07	1,09	1,18	0,93	1,07
	17,5-30	0,89	0,58	0,66	0,71	0,98	1,29	1,23	1,17
	0-2,5	2,09	2,70	2,21	2,33	2,42	2,66	2,45	2,51
	2,5-5,0	1,35	1,77	1,43	1,51	1,87	2,12	1,67	1,89
	5,0-7,5	1,12	1,30	0,63	1,02	1,39	1,51	1,55	1,48
PD A+V/M+C	7,5-12,5	0,98	0,91	1,04	0,98	1,18	1,17	1,10	1,15
	12,5-17,5	0,85	0,76	1,27	0,96	1,10	0,89	0,79	0,92
	17,5-30	0,81	0,92	1,10	0,94	1,08	0,81	0,76	0,88
	0-2,5	2,39	3,00	2,46	2,62	2,42	3,20	2,33	2,65
	2,5-5,0	1,54	2,39	1,99	1,97	1,97	2,36	1,78	2,04
PD A+V/M+C	5,0-7,5	1,41	1,85	1,46	1,57	1,52	1,94	1,24	1,57
	7,5-12,5	1,06	1,77	1,26	1,36	1,14	1,33	1,09	1,19
	12,5-17,5	1,13	1,56	1,15	1,28	0,93	0,97	0,92	0,94
	17,5-30	1,04	0,98	0,98	1,00	0,90	0,93	0,88	0,90

Apêndice 3. Teor de potássio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	0,71	0,71	0,47	0,63	0,75	0,58	0,61	0,65
	2,5-5,0	0,71	0,56	0,35	0,54	0,55	0,40	0,41	0,45
	5,0-7,5	0,66	0,48	0,28	0,47	0,42	0,27	0,36	0,35
	7,5-12,5	0,60	0,43	0,26	0,43	0,45	0,23	0,25	0,31
	12,5-17,5	0,43	0,43	0,27	0,38	0,37	0,22	0,21	0,26
PC V/M	17,5-30	0,31	0,31	0,21	0,28	0,22	0,14	0,19	0,18
	0-2,5	0,50	0,51	0,56	0,50	0,57	0,54	0,70	0,68
	2,5-5,0	0,34	0,48	0,49	0,44	0,39	0,30	0,34	0,49
	5,0-7,5	0,36	0,43	0,35	0,35	0,28	0,27	0,30	0,40
	7,5-12,5	0,21	0,38	0,27	0,28	0,38	0,24	0,39	0,33
PC A+V/M+C	12,5-17,5	0,22	0,28	0,26	0,25	0,24	0,22	0,28	0,25
	17,5-30	0,20	0,22	0,24	0,22	0,23	0,23	0,20	0,20
	0-2,5	0,81	0,75	0,70	0,75	0,62	0,52	0,59	0,61
	2,5-5,0	0,50	0,49	0,47	0,48	0,39	0,38	0,38	0,41
	5,0-7,5	0,39	0,34	0,41	0,38	0,26	0,29	0,29	0,30
PR A/M	7,5-12,5	0,33	0,31	0,39	0,34	0,22	0,21	0,22	0,25
	12,5-17,5	0,23	0,19	0,24	0,21	0,27	0,22	0,20	0,23
	17,5-30	0,17	0,17	0,18	0,17	0,22	0,17	0,15	0,18
	0-2,5	0,78	0,74	0,77	0,76	0,63	0,67	0,58	0,69
	2,5-5,0	0,70	0,69	0,74	0,71	0,52	0,50	0,54	0,62
PR V/M	5,0-7,5	0,66	0,57	0,64	0,62	0,43	0,45	0,43	0,57
	7,5-12,5	0,60	0,52	0,66	0,59	0,27	0,27	0,38	0,51
	12,5-17,5	0,48	0,42	0,48	0,49	0,28	0,21	0,23	0,43
	17,5-30	0,41	0,37	0,40	0,39	0,27	0,15	0,24	0,29
	0-2,5	0,70	0,72	0,72	0,72	0,67	0,61	0,63	0,70
PR A+V/M+C	2,5-5,0	0,51	0,44	0,42	0,49	0,46	0,39	0,43	0,43
	5,0-7,5	0,39	0,31	0,37	0,35	0,28	0,22	0,29	0,29
	7,5-12,5	0,30	0,26	0,27	0,27	0,21	0,18	0,27	0,25
	12,5-17,5	0,20	0,21	0,19	0,19	0,26	0,16	0,23	0,22
	17,5-30	0,23	0,21	0,17	0,20	0,19	0,13	0,21	0,18
PD A/M	0-2,5	0,70	0,75	0,76	0,74	0,57	0,69	0,70	0,69
	2,5-5,0	0,59	0,60	0,64	0,61	0,60	0,59	0,60	0,56
	5,0-7,5	0,48	0,55	0,55	0,53	0,34	0,30	0,37	0,50
	7,5-12,5	0,40	0,43	0,49	0,44	0,23	0,25	0,38	0,42
	12,5-17,5	0,33	0,35	0,38	0,35	0,28	0,22	0,32	0,37
PD V/M	17,5-30	0,25	0,24	0,22	0,24	0,29	0,18	0,26	0,28
	0-2,5	0,65	0,62	0,58	0,62	0,54	0,48	0,58	0,60
	2,5-5,0	0,54	0,46	0,48	0,49	0,30	0,34	0,35	0,46
	5,0-7,5	0,35	0,36	0,32	0,34	0,24	0,26	0,26	0,39
	7,5-12,5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,24	0,23	0,21	0,36
PD A+V/M+C	12,5-17,5	0,33	0,28	0,27	0,29	0,19	0,19	0,17	0,28
	17,5-30	0,13	0,19	0,13	0,15	0,11	0,15	0,13	0,20
	0-2,5	0,74	0,76	0,74	0,74	0,68	0,69	0,70	0,66
	2,5-5,0	0,49	0,41	0,33	0,41	0,33	0,30	0,35	0,46
	5,0-7,5	0,32	0,31	0,28	0,30	0,26	0,23	0,29	0,33
PD A+V/M+C	7,5-12,5	0,28	0,25	0,16	0,23	0,21	0,21	0,30	0,31
	12,5-17,5	0,29	0,26	0,15	0,23	0,26	0,22	0,21	0,29
	17,5-30	0,26	0,21	0,13	0,20	0,23	0,21	0,17	0,27
	0-2,5	0,77	0,73	0,70	0,73	0,76	0,70	0,73	0,73
	2,5-5,0	0,55	0,56	0,47	0,53	0,46	0,38	0,41	0,42
PD A+V/M+C	5,0-7,5	0,44	0,50	0,37	0,44	0,34	0,35	0,23	0,31
	7,5-12,5	0,36	0,37	0,30	0,34	0,27	0,29	0,20	0,25
	12,5-17,5	0,20	0,25	0,19	0,21	0,31	0,24	0,20	0,25
	17,5-30	0,23	0,20	0,19	0,20	0,29	0,19	0,16	0,21

Apêndice 4. Valor da soma de bases ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	7,40	7,33	6,52	7,08	5,81	6,18	6,57	6,19
	2,5-5,0	7,73	7,48	7,44	7,55	5,65	5,46	6,12	5,74
	5,0-7,5	7,95	7,58	6,86	7,46	5,78	5,47	6,04	5,76
	7,5-12,5	7,77	7,24	7,12	7,37	5,59	5,25	5,65	5,48
	12,5-17,5	7,65	7,42	6,89	7,32	5,50	5,40	5,72	5,54
PC V/M	17,5-30	7,49	5,02	6,16	6,23	5,41	5,33	5,49	5,41
	0-2,5	6,02	6,88	7,03	6,74	6,07	6,72	5,40	6,14
	2,5-5,0	5,65	5,87	7,09	6,21	6,27	5,90	4,66	5,76
	5,0-7,5	5,68	7,08	6,88	6,52	6,64	6,52	4,09	5,87
	7,5-12,5	5,77	7,06	7,12	6,64	6,27	4,72	4,16	5,04
PC A+V/M+C	12,5-17,5	5,76	7,13	7,47	6,79	6,10	5,35	4,35	5,28
	17,5-30	5,08	5,76	5,74	5,52	5,72	5,69	5,05	5,47
	0-2,5	8,19	7,73	7,85	7,06	5,50	5,01	5,31	5,31
	2,5-5,0	7,74	7,45	7,32	6,84	4,77	4,80	5,13	4,94
	5,0-7,5	7,55	4,79	6,85	6,40	5,37	4,58	4,98	5,01
PR A/M	7,5-12,5	7,77	6,08	7,40	7,05	5,96	5,33	5,69	5,69
	12,5-17,5	7,25	6,00	6,52	6,62	5,64	4,95	5,01	5,20
	17,5-30	6,54	6,08	6,86	6,49	4,74	4,66	5,42	4,94
	0-2,5	7,46	7,43	8,23	7,71	7,58	6,95	7,58	7,44
	2,5-5,0	7,89	7,96	7,57	7,81	6,24	6,62	7,54	6,90
PR V/M	5,0-7,5	7,56	7,63	7,17	7,74	5,50	6,03	8,02	6,65
	7,5-12,5	6,98	7,17	7,41	7,18	5,31	5,79	7,55	6,42
	12,5-17,5	7,20	7,13	6,94	7,08	4,86	5,36	5,71	5,51
	17,5-30	6,46	6,24	6,64	6,44	5,34	4,39	7,59	5,84
	0-2,5	7,83	8,40	8,40	7,99	6,88	6,30	6,77	6,72
PR A+V/M+C	2,5-5,0	6,56	7,79	7,32	7,25	5,91	5,72	5,95	5,86
	5,0-7,5	6,64	7,41	6,98	7,00	5,99	5,57	6,20	5,95
	7,5-12,5	5,84	6,81	6,81	6,48	5,69	5,53	5,29	5,54
	12,5-17,5	5,62	5,92	5,70	5,74	5,32	5,30	5,51	5,38
	17,5-30	5,14	5,81	6,25	5,73	5,00	4,71	5,24	4,86
PD A/M	0-2,5	8,79	8,46	6,45	7,77	7,54	6,88	6,93	7,15
	2,5-5,0	6,85	8,17	5,20	6,73	7,65	5,37	5,99	6,31
	5,0-7,5	6,24	6,28	4,61	5,71	6,78	5,25	5,37	5,97
	7,5-12,5	5,24	6,09	4,22	5,19	5,79	4,80	4,53	5,17
	12,5-17,5	4,47	4,06	3,84	4,12	4,99	3,98	4,19	4,49
PD V/M	17,5-30	4,22	4,04	4,20	4,15	4,80	3,76	4,52	4,39
	0-2,5	7,09	7,27	6,37	7,27	7,93	7,72	7,33	7,73
	2,5-5,0	5,51	5,94	5,46	5,64	6,49	6,96	6,29	6,72
	5,0-7,5	4,44	5,44	4,26	4,72	5,92	6,17	5,86	6,12
	7,5-12,5	4,28	4,76	3,66	4,23	5,50	5,61	4,50	5,34
PD A+V/M+C	12,5-17,5	4,12	4,23	3,27	3,87	4,74	5,17	4,02	4,74
	17,5-30	2,85	2,19	2,44	2,50	4,13	4,55	4,24	4,37
	0-2,5	7,17	8,03	7,52	7,58	7,60	7,80	7,69	7,66
	2,5-5,0	4,75	5,60	4,99	5,11	6,77	7,03	6,36	6,85
	5,0-7,5	3,90	4,45	3,02	3,79	5,18	5,30	6,11	5,60
PD A+V/M+C	7,5-12,5	3,61	3,32	3,70	3,54	4,85	4,53	4,97	4,85
	12,5-17,5	3,29	3,09	3,88	3,42	4,62	3,98	3,76	4,19
	17,5-30	3,19	3,51	3,69	3,46	4,19	3,66	3,77	3,94
	0-2,5	7,77	8,24	7,61	8,11	8,17	8,65	7,90	8,24
	2,5-5,0	6,63	7,56	7,02	7,07	7,57	7,69	6,99	7,42
PD A+V/M+C	5,0-7,5	4,92	6,92	5,86	5,90	5,86	7,20	5,35	6,14
	7,5-12,5	3,88	6,44	5,09	5,14	4,68	5,11	4,40	4,73
	12,5-17,5	3,94	5,73	4,64	4,77	4,66	4,41	4,39	4,48
	17,5-30	3,62	3,64	4,09	3,77	3,80	3,27	3,92	3,66

Apêndice 5. Valor de saturação por bases (%), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	68,7	61,3	64,1	62,8	56,9	61,2	61,2	59,8
	2,5-5,0	70,8	65,0	66,2	66,6	57,8	56,8	60,5	58,3
	5,0-7,5	66,5	63,1	60,0	65,1	58,4	59,0	63,7	60,4
	7,5-12,5	66,9	63,1	65,0	65,0	58,3	59,6	63,9	60,6
	12,5-17,5	66,6	64,1	63,0	64,5	58,9	61,4	62,2	60,7
PC V/M	17,5-30	56,5	45,1	50,8	52,6	45,0	48,6	51,0	48,2
	0-2,5	52,2	57,5	58,8	56,6	52,6	56,2	47,2	52,0
	2,5-5,0	50,7	54,0	58,6	54,6	52,7	53,9	41,4	49,3
	5,0-7,5	51,1	58,0	56,8	55,3	54,8	56,0	39,0	49,9
	7,5-12,5	52,4	57,9	57,2	56,0	54,5	50,9	49,9	51,8
PC A+V/M+C	12,5-17,5	48,6	55,0	58,8	55,8	52,7	48,9	44,1	48,5
	17,5-30	43,7	49,8	51,9	47,0	48,3	47,7	41,6	45,9
	0-2,5	61,9	59,0	61,7	60,1	51,4	48,1	49,2	49,6
	2,5-5,0	58,9	57,8	61,0	56,9	46,0	47,3	49,1	47,4
	5,0-7,5	59,6	47,6	61,5	56,7	51,8	47,2	48,2	49,3
PR A/M	7,5-12,5	62,6	53,9	61,2	59,4	58,0	55,5	53,8	55,9
	12,5-17,5	58,4	49,8	55,1	56,1	55,5	54,1	49,3	52,9
	17,5-30	50,6	48,4	51,6	52,9	42,2	44,5	50,1	45,6
	0-2,5	68,9	64,8	71,2	68,4	69,5	68,2	66,4	70,4
	2,5-5,0	68,7	67,0	68,5	68,0	62,7	63,8	71,0	68,4
PR V/M	5,0-7,5	71,1	67,2	67,8	69,5	62,5	62,1	72,8	66,7
	7,5-12,5	68,8	65,8	67,3	67,3	57,8	57,1	70,2	64,8
	12,5-17,5	67,4	61,2	66,6	64,9	56,9	56,5	61,9	57,3
	17,5-30	55,8	48,3	53,0	55,2	48,6	46,2	62,9	50,4
	0-2,5	62,0	66,2	69,1	65,1	58,5	53,5	61,3	57,9
PR A+V/M+C	2,5-5,0	60,9	66,3	65,3	62,5	51,2	49,5	59,3	53,0
	5,0-7,5	56,5	61,7	59,9	61,0	51,5	51,1	60,5	52,7
	7,5-12,5	49,5	62,8	60,1	59,0	51,5	55,0	47,3	54,7
	12,5-17,5	52,1	56,7	56,2	56,8	53,6	52,9	58,7	55,0
	17,5-30	45,1	47,7	47,3	50,9	52,5	51,0	52,0	47,9
PD A/M	0-2,5	69,2	66,8	63,7	66,2	63,6	53,9	57,7	58,4
	2,5-5,0	63,8	63,6	57,3	61,9	63,5	50,2	50,8	53,4
	5,0-7,5	60,9	57,1	51,4	56,7	57,7	48,0	52,2	55,1
	7,5-12,5	53,5	57,4	57,5	56,1	51,7	43,6	46,6	49,5
	12,5-17,5	50,4	44,0	47,7	47,3	50,5	40,5	41,4	44,7
PD V/M	17,5-30	42,6	39,9	41,0	39,8	48,4	38,4	39,8	41,0
	0-2,5	70,8	69,4	67,4	70,4	73,1	71,0	66,1	70,2
	2,5-5,0	65,0	64,2	62,2	64,2	65,6	68,2	63,3	66,2
	5,0-7,5	58,4	62,7	57,7	59,6	62,7	66,1	66,2	61,1
	7,5-12,5	59,1	58,3	51,8	57,1	60,7	58,4	48,0	56,3
PD A+V/M+C	12,5-17,5	52,0	54,8	48,4	51,5	52,1	51,2	43,8	51,4
	17,5-30	31,8	27,0	29,2	29,3	37,9	44,0	39,3	42,0
	0-2,5	64,4	68,3	65,5	66,4	64,8	58,7	56,3	59,6
	2,5-5,0	52,4	56,2	53,6	54,1	59,5	55,8	51,6	56,1
	5,0-7,5	44,8	45,5	38,6	42,7	54,8	50,7	50,9	52,3
PD A+V/M+C	7,5-12,5	42,7	39,5	43,3	39,3	49,4	42,7	46,3	46,4
	12,5-17,5	41,1	36,1	45,1	37,9	47,6	39,1	35,6	42,4
	17,5-30	33,4	35,0	36,7	35,0	40,6	30,1	30,8	33,8
	0-2,5	63,2	66,5	62,7	66,1	65,0	66,7	62,0	64,7
	2,5-5,0	58,8	61,2	60,2	60,0	59,5	64,0	59,1	60,8
PD A+V/M+C	5,0-7,5	49,6	61,1	54,0	55,7	53,0	62,5	53,1	56,4
	7,5-12,5	44,3	58,8	53,6	52,2	49,3	52,4	44,2	48,6
	12,5-17,5	43,3	55,9	50,7	49,6	50,8	47,0	42,7	46,7
	17,5-30	37,9	39,9	46,0	39,3	39,1	32,4	35,5	35,6

Apêndice 6. Teor de alumínio trocável ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	0,05	0,08	0,06	0,06	0,41	0,18	0,36	0,32
	2,5-5,0	0,05	0,06	0,05	0,05	0,17	0,14	0,57	0,29
	5,0-7,5	0,05	0,11	0,05	0,07	0,14	0,09	0,54	0,26
	7,5-12,5	0,08	0,08	0,05	0,07	0,23	0,12	0,42	0,26
	12,5-17,5	0,08	0,08	0,06	0,07	0,05	0,11	0,36	0,17
PC V/M	17,5-30	0,42	1,62	0,50	0,85	1,22	0,99	0,81	1,01
	0-2,5	0,32	0,11	0,15	0,19	0,72	0,41	1,02	0,72
	2,5-5,0	0,35	0,17	0,30	0,27	0,57	0,62	1,38	0,86
	5,0-7,5	0,44	0,20	0,42	0,35	0,50	0,62	1,14	0,75
	7,5-12,5	0,51	0,20	0,47	0,39	0,69	0,57	1,08	0,78
PC A+V/M+C	12,5-17,5	0,66	0,18	0,35	0,40	0,90	0,85	0,92	0,89
	17,5-30	1,88	1,24	1,30	1,47	1,71	1,52	2,08	1,77
	0-2,5	0,17	0,41	0,17	0,25	0,50	0,80	0,35	0,55
	2,5-5,0	0,24	0,29	0,37	0,30	0,71	1,31	0,47	0,83
	5,0-7,5	0,31	0,31	0,32	0,32	0,54	0,86	0,53	0,64
PR A/M	7,5-12,5	0,35	0,30	0,31	0,32	0,27	0,42	0,41	0,37
	12,5-17,5	0,50	0,42	0,34	0,42	0,33	0,56	0,42	0,44
	17,5-30	1,01	1,11	0,76	0,96	2,06	1,34	0,57	1,32
	0-2,5	0,05	0,08	0,19	0,11	0,15	0,11	0,08	0,11
	2,5-5,0	0,03	0,05	0,06	0,05	0,15	0,14	0,05	0,11
PR V/M	5,0-7,5	0,00	0,05	0,03	0,03	0,03	0,24	0,03	0,10
	7,5-12,5	0,05	0,09	0,06	0,07	0,12	0,50	0,02	0,21
	12,5-17,5	0,11	0,09	0,11	0,10	0,35	0,99	0,11	0,48
	17,5-30	0,92	0,27	0,06	0,42	1,53	1,94	0,29	1,25
	0-2,5	0,14	0,15	0,15	0,15	0,27	0,38	0,15	0,27
PR A+V/M+C	2,5-5,0	0,33	0,15	0,21	0,23	0,45	0,54	0,14	0,38
	5,0-7,5	0,27	0,29	0,27	0,28	0,59	0,89	0,45	0,64
	7,5-12,5	0,56	0,32	0,26	0,38	0,68	0,68	0,24	0,53
	12,5-17,5	0,77	0,59	0,27	0,54	0,54	0,93	0,26	0,58
	17,5-30	1,58	2,09	1,55	1,74	0,51	1,80	0,60	0,97
PD A/M	0-2,5	0,20	0,14	0,11	0,15	0,14	0,45	0,20	0,26
	2,5-5,0	0,33	0,28	0,22	0,28	0,11	0,80	0,41	0,44
	5,0-7,5	0,44	0,44	0,32	0,40	0,14	0,93	0,65	0,57
	7,5-12,5	0,74	0,78	0,31	0,61	0,24	1,19	0,62	0,68
	12,5-17,5	0,70	0,71	0,41	0,70	0,38	1,38	0,81	0,86
PD V/M	17,5-30	1,67	1,82	1,20	1,56	1,13	2,00	1,41	1,51
	0-2,5	0,03	0,06	0,06	0,05	0,21	0,21	0,23	0,22
	2,5-5,0	0,00	0,02	0,08	0,03	0,24	0,21	0,05	0,17
	5,0-7,5	0,05	0,06	0,18	0,10	0,18	0,03	0,09	0,10
	7,5-12,5	0,14	0,14	0,65	0,31	0,27	0,56	0,42	0,42
PD A+V/M+C	12,5-17,5	0,44	0,09	1,22	0,58	0,63	0,27	0,27	0,39
	17,5-30	1,34	0,81	1,43	1,19	1,67	0,44	0,90	1,00
	0-2,5	0,00	0,05	0,03	0,03	0,06	0,11	0,20	0,12
	2,5-5,0	0,06	0,03	0,20	0,10	0,08	0,23	0,32	0,21
	5,0-7,5	0,17	0,20	0,35	0,24	0,59	0,50	0,71	0,60
PD A+V/M+C	7,5-12,5	0,48	0,57	0,56	0,54	0,65	0,96	0,90	0,84
	12,5-17,5	0,47	1,31	0,96	0,91	0,63	1,93	1,53	1,36
	17,5-30	1,17	1,13	1,62	1,31	1,35	2,74	1,68	1,93
	0-2,5	0,06	0,02	0,11	0,06	0,09	0,03	0,12	0,08
	2,5-5,0	0,08	0,05	0,09	0,07	0,11	0,08	0,15	0,11
PD A+V/M+C	5,0-7,5	0,21	0,23	0,26	0,20	0,32	0,06	0,41	0,26
	7,5-12,5	0,35	0,39	0,50	0,41	0,68	0,35	0,71	0,58
	12,5-17,5	0,45	0,62	1,09	0,72	0,26	0,45	1,13	0,61
	17,5-30	1,14	1,44	1,05	1,21	1,28	1,53	1,90	1,57

Apêndice 7. Valor de saturação por alumínio (%), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N Camadas (cm)	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
		Repetições				Repetições			
		I	II	III	Média	I	II	III	Média
PC A/M	0-2,5	0,5	1,0	0,8	0,8	5,0	4,3	5,2	4,8
	2,5-5,0	0,5	0,8	0,6	0,7	2,8	2,4	2,7	2,7
	5,0-7,5	0,6	1,4	0,6	0,9	2,3	1,6	2,3	2,1
	7,5-12,5	1,0	1,0	0,6	0,9	3,9	2,2	3,8	3,3
	12,5-17,5	1,0	1,0	0,9	0,9	2,6	1,9	2,7	2,4
PC V/M	17,5-30	15,3	9,5	7,5	12,0	15,8	15,7	12,9	14,8
	0-2,5	2,9	2,5	2,1	2,7	10,6	11,9	15,9	12,8
	2,5-5,0	4,8	4,1	4,1	4,2	8,3	9,5	10,4	9,4
	5,0-7,5	5,1	5,1	5,2	5,1	7,0	8,6	9,2	8,3
	7,5-12,5	6,1	5,3	6,1	5,5	9,9	10,8	12,8	11,2
PC A+V/M+C	12,5-17,5	5,9	5,1	4,4	5,6	12,9	13,2	14,1	13,4
	17,5-30	21,0	21,0	21,6	21,1	23,1	18,8	19,3	20,4
	0-2,5	3,5	3,3	3,3	3,4	8,3	10,6	6,1	8,3
	2,5-5,0	4,2	4,2	4,2	4,2	12,9	14,7	9,9	12,5
	5,0-7,5	4,6	4,9	4,8	4,8	9,2	10,8	9,6	9,8
PR A/M	7,5-12,5	4,4	4,3	4,2	4,3	4,3	7,3	6,7	6,1
	12,5-17,5	5,6	5,7	6,6	6,0	7,1	10,1	7,7	8,3
	17,5-30	14,0	13,7	11,0	12,9	16,7	17,1	13,9	15,9
	0-2,5	0,6	1,0	1,1	0,8	1,9	1,5	1,0	1,5
	2,5-5,0	0,4	0,6	0,8	0,5	2,3	2,0	1,9	2,1
PR V/M	5,0-7,5	0,5	0,6	0,4	0,5	1,8	3,8	1,6	2,4
	7,5-12,5	0,6	1,2	0,8	0,9	2,2	3,3	1,5	2,3
	12,5-17,5	1,4	1,2	1,5	2,2	6,6	6,8	5,1	6,2
	17,5-30	4,7	4,2	2,3	10,1	22,3	27,2	14,5	21,3
	0-2,5	1,7	1,8	1,8	1,8	3,8	5,6	2,2	3,9
PR A+V/M+C	2,5-5,0	3,4	1,9	2,8	3,1	7,1	8,6	8,3	6,0
	5,0-7,5	3,9	3,7	3,7	3,7	8,9	9,8	6,8	9,7
	7,5-12,5	5,8	4,4	3,6	5,4	10,6	10,9	7,4	8,8
	12,5-17,5	7,7	9,0	6,1	8,6	9,2	15,0	13,4	9,7
	17,5-30	23,5	19,5	19,9	23,2	10,9	13,0	10,3	16,7
PD A/M	0-2,5	2,2	1,6	1,6	1,8	1,8	3,5	2,7	3,5
	2,5-5,0	1,9	4,4	5,7	5,0	2,7	5,2	4,9	6,5
	5,0-7,5	8,0	8,0	10,1	6,6	5,7	9,2	9,2	8,7
	7,5-12,5	13,8	11,4	12,6	10,5	13,8	13,0	12,0	11,6
	12,5-17,5	13,1	13,1	9,6	14,5	8,7	15,6	16,2	16,0
PD V/M	17,5-30	13,7	18,2	19,4	27,4	19,0	21,2	19,8	25,6
	0-2,5	0,4	0,8	0,9	0,7	2,6	2,7	3,0	2,7
	2,5-5,0	0,4	0,2	1,4	0,5	3,6	2,9	3,1	2,4
	5,0-7,5	1,0	1,1	1,8	2,0	3,0	2,1	1,5	1,6
	7,5-12,5	3,1	2,8	3,9	6,7	6,3	9,0	8,5	7,2
PD A+V/M+C	12,5-17,5	9,6	4,3	10,9	13,2	6,5	5,0	6,3	7,6
	17,5-30	23,4	18,8	23,7	32,0	16,2	17,3	15,2	18,6
	0-2,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,8	1,3	2,5	1,5
	2,5-5,0	1,2	1,6	3,8	1,8	2,5	3,1	4,7	2,9
	5,0-7,5	4,1	4,2	7,5	5,9	10,2	8,6	10,4	9,6
PD A+V/M+C	7,5-12,5	11,8	14,7	13,1	13,1	11,8	14,4	15,4	14,7
	12,5-17,5	14,4	17,7	19,9	21,0	12,0	15,6	14,9	24,6
	17,5-30	26,9	24,3	23,9	27,4	24,4	24,7	22,9	32,8
	0-2,5	0,8	0,2	1,4	0,7	1,1	0,7	1,5	1,0
	2,5-5,0	1,1	0,6	1,3	1,0	1,4	2,2	2,1	1,5
PD A+V/M+C	5,0-7,5	4,1	3,2	5,8	3,3	5,1	3,5	7,0	4,1
	7,5-12,5	8,2	5,7	8,9	7,4	12,6	9,6	13,8	10,9
	12,5-17,5	10,3	6,8	10,7	12,9	10,4	12,9	17,2	12,0
	17,5-30	24,0	20,9	24,4	24,2	25,2	25,5	20,7	30,0

Apêndice 8. Valor de acidez potencial (H+Al) ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	3,68	4,88	4,00	4,19	4,40	3,92	4,16	4,16
	2,5-5,0	3,52	4,04	3,80	3,79	4,12	4,16	4,00	4,09
	5,0-7,5	4,00	4,44	4,56	4,00	4,12	3,80	3,44	3,79
	7,5-12,5	3,84	4,24	3,84	3,97	4,00	3,56	3,20	3,59
	12,5-17,5	3,84	4,16	4,04	4,01	3,84	3,40	3,48	3,57
PC V/M	17,5-30	5,76	6,12	5,96	5,61	6,60	5,64	5,28	5,84
	0-2,5	5,52	5,08	4,92	5,17	5,48	5,24	6,04	5,59
	2,5-5,0	5,48	5,00	5,00	5,16	5,64	5,04	6,60	5,76
	5,0-7,5	5,44	5,12	5,24	5,27	5,48	5,12	6,40	5,67
	7,5-12,5	5,24	5,12	5,32	5,23	5,24	4,56	6,00	5,27
PC A+V/M+C	12,5-17,5	5,08	5,84	5,24	5,39	5,48	5,60	5,52	5,53
	17,5-30	6,56	5,80	6,32	6,23	6,12	6,24	7,08	6,48
	0-2,5	5,04	5,36	4,88	4,76	5,20	5,40	5,48	5,36
	2,5-5,0	5,40	5,44	4,68	5,17	5,60	5,36	5,32	5,43
	5,0-7,5	5,12	5,28	4,28	4,89	5,00	5,12	5,36	5,16
PR A/M	7,5-12,5	4,64	5,20	4,68	4,84	4,32	4,28	4,88	4,49
	12,5-17,5	5,16	5,04	5,32	5,17	4,52	4,20	5,16	4,63
	17,5-30	6,39	5,48	5,44	5,77	6,48	5,880	5,40	5,89
	0-2,5	3,36	4,04	3,32	3,57	3,32	3,24	3,84	3,47
	2,5-5,0	3,60	3,92	3,48	3,67	3,72	3,76	3,08	3,52
PR V/M	5,0-7,5	3,08	3,72	3,40	3,40	3,28	3,68	3,00	3,32
	7,5-12,5	3,16	3,72	3,60	3,49	3,88	4,36	3,20	3,81
	12,5-17,5	3,48	4,52	3,48	3,83	3,68	4,12	3,52	3,77
	17,5-30	5,12	4,69	5,88	5,23	5,64	5,12	4,48	5,08
	0-2,5	4,80	4,28	3,76	4,28	4,88	5,48	4,28	4,88
PR A+V/M+C	2,5-5,0	4,20	3,96	3,88	4,35	5,64	5,84	4,08	5,19
	5,0-7,5	5,12	4,60	4,68	4,47	5,64	5,32	4,04	5,00
	7,5-12,5	5,96	4,04	4,52	4,51	5,36	4,52	5,88	5,25
	12,5-17,5	5,16	4,52	4,44	4,37	4,60	4,72	3,88	4,40
	17,5-30	5,24	5,36	5,96	5,52	4,52	4,52	4,84	4,63
PD A/M	0-2,5	3,92	4,20	3,76	3,96	4,32	5,88	5,08	5,09
	2,5-5,0	3,88	4,68	3,88	4,15	4,40	5,32	5,80	5,17
	5,0-7,5	4,00	4,72	4,36	4,36	4,96	5,68	4,92	5,19
	7,5-12,5	4,56	4,52	3,12	4,07	5,40	6,20	5,20	5,60
	12,5-17,5	4,40	5,16	4,20	4,59	4,88	5,84	5,92	5,55
PD V/M	17,5-30	5,68	6,08	6,04	6,27	5,12	6,04	6,84	6,00
	0-2,5	2,92	3,20	3,08	3,07	2,92	3,16	3,76	3,28
	2,5-5,0	2,96	3,32	3,32	3,14	3,40	3,24	3,64	3,43
	5,0-7,5	3,16	3,24	3,12	3,17	3,52	3,16	3,00	3,23
	7,5-12,5	2,96	3,40	3,40	3,18	3,56	4,00	4,88	4,15
PD A+V/M+C	12,5-17,5	3,80	3,48	3,48	3,64	4,36	4,92	5,16	4,81
	17,5-30	6,12	5,92	5,92	6,02	6,76	5,80	6,56	6,37
	0-2,5	3,96	3,72	3,96	3,84	4,12	5,48	5,96	5,19
	2,5-5,0	4,32	4,36	4,32	4,34	4,60	5,56	5,96	5,37
	5,0-7,5	5,08	5,36	4,80	5,08	4,28	5,16	5,88	5,11
PD A+V/M+C	7,5-12,5	4,84	5,08	4,84	5,46	4,96	6,08	5,76	5,60
	12,5-17,5	4,72	5,48	4,72	5,60	5,08	6,20	6,80	6,03
	17,5-30	6,36	6,52	6,36	6,44	6,12	8,52	8,48	7,71
	0-2,5	4,52	5,12	4,52	4,34	4,40	4,32	4,76	4,49
	2,5-5,0	4,64	4,80	4,64	4,72	5,16	4,32	4,84	4,77
PD A+V/M+C	5,0-7,5	5,00	4,10	5,00	4,70	5,20	4,32	4,72	4,75
	7,5-12,5	4,88	4,52	4,40	4,70	4,80	4,64	5,56	5,00
	12,5-17,5	5,48	4,52	4,52	4,84	4,52	4,96	5,88	5,12
	17,5-30	5,92	5,72	5,82	5,82	5,92	6,84	7,12	6,63

Apêndice 9. Valor de pH-H₂O, nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	5,72	5,55	5,60	5,62	5,42	5,42	5,20	5,35
	2,5-5,0	5,82	5,48	5,48	5,59	5,38	5,38	5,08	5,28
	5,0-7,5	5,80	5,47	5,32	5,53	5,30	5,33	4,95	5,19
	7,5-12,5	5,86	5,42	5,22	5,50	5,27	5,13	5,09	5,16
	12,5-17,5	5,54	5,50	5,20	5,41	5,31	5,27	5,18	5,25
PC V/M	17,5-30	5,00	4,51	4,83	4,78	4,81	4,88	4,92	4,87
	0-2,5	5,14	5,15	5,02	5,10	4,82	5,03	4,80	4,88
	2,5-5,0	5,07	5,09	4,96	5,04	5,12	4,88	4,77	4,92
	5,0-7,5	4,85	5,00	5,06	4,97	5,16	5,05	4,77	4,99
	7,5-12,5	4,80	5,02	4,81	4,88	4,93	5,27	4,80	5,00
PC A+V/M+C	12,5-17,5	4,79	4,98	4,87	4,88	4,68	5,55	4,87	5,03
	17,5-30	4,50	5,04	4,79	4,78	4,45	5,33	4,75	4,84
	0-2,5	5,31	5,35	5,51	5,39	4,96	5,36	5,34	5,22
	2,5-5,0	5,05	5,28	5,20	5,18	4,92	5,21	5,28	5,14
	5,0-7,5	5,10	5,14	5,16	5,13	5,08	5,21	5,04	5,11
PR A/M	7,5-12,5	5,06	5,12	5,30	5,16	5,26	5,23	5,14	5,21
	12,5-17,5	5,33	4,80	5,29	5,14	5,25	5,17	5,14	5,19
	17,5-30	4,90	4,72	5,17	4,93	4,80	4,86	4,99	4,88
	0-2,5	5,91	5,77	5,80	5,83	5,89	5,86	5,68	5,81
	2,5-5,0	5,82	5,80	5,79	5,80	5,94	5,77	5,64	5,78
PR V/M	5,0-7,5	5,83	5,80	5,85	5,83	5,85	5,51	5,63	5,66
	7,5-12,5	5,85	5,55	5,80	5,73	5,72	5,22	5,48	5,47
	12,5-17,5	5,42	5,48	5,68	5,53	5,42	4,96	5,33	5,24
	17,5-30	4,88	4,75	4,85	5,07	4,88	4,72	5,18	4,93
	0-2,5	5,46	5,56	5,53	5,52	5,03	4,96	5,25	5,08
PR A+V/M+C	2,5-5,0	5,22	5,32	5,49	5,34	4,96	4,90	5,18	5,01
	5,0-7,5	5,19	5,26	5,44	5,30	4,85	4,78	5,10	4,91
	7,5-12,5	5,00	5,25	5,43	5,23	4,80	4,79	5,07	4,89
	12,5-17,5	4,82	5,07	5,35	5,08	4,60	4,66	5,02	4,76
	17,5-30	4,72	4,69	5,28	4,90	4,80	4,33	5,05	4,73
PD A/M	0-2,5	5,64	5,41	5,61	5,55	5,50	5,33	5,45	5,43
	2,5-5,0	5,39	5,28	5,51	5,39	5,70	5,12	5,30	5,37
	5,0-7,5	5,16	5,12	5,48	5,25	5,58	5,04	5,22	5,28
	7,5-12,5	5,02	5,05	5,36	5,14	5,46	4,99	5,02	5,16
	12,5-17,5	4,74	4,95	5,22	4,97	5,32	4,88	4,82	5,01
PD V/M	17,5-30	4,69	4,75	4,91	4,78	4,99	4,72	4,60	4,77
	0-2,5	5,93	5,95	5,83	5,90	5,96	5,89	5,64	5,83
	2,5-5,0	5,80	5,88	5,69	5,79	5,85	5,75	5,60	5,73
	5,0-7,5	5,52	5,60	5,33	5,48	5,62	5,53	5,39	5,51
	7,5-12,5	5,38	5,42	5,05	5,28	5,35	5,32	5,25	5,31
PD A+V/M+C	12,5-17,5	5,07	5,31	4,83	5,07	5,15	5,21	5,19	5,18
	17,5-30	4,68	4,99	4,68	4,78	4,73	4,92	5,02	4,89
	0-2,5	5,66	5,87	5,98	5,84	5,54	5,42	5,38	5,45
	2,5-5,0	5,40	5,70	5,63	5,58	5,42	5,35	5,23	5,33
	5,0-7,5	5,20	5,28	5,32	5,27	5,16	5,07	5,07	5,10
PD A+V/M+C	7,5-12,5	5,10	4,82	5,21	5,04	4,90	4,75	4,91	4,85
	12,5-17,5	5,02	4,65	5,15	4,94	4,81	4,60	4,70	4,70
	17,5-30	4,60	4,71	4,93	4,75	4,68	4,47	4,56	4,57
	0-2,5	5,95	5,96	5,73	5,88	5,55	5,89	5,64	5,69
	2,5-5,0	5,76	5,88	5,59	5,74	5,30	5,80	5,48	5,53
PD A+V/M+C	5,0-7,5	5,48	5,68	5,26	5,47	5,15	5,56	5,25	5,32
	7,5-12,5	5,21	5,44	4,96	5,20	4,94	5,23	5,03	5,07
	12,5-17,5	5,08	5,46	4,87	5,14	4,91	5,11	4,78	4,93
	17,5-30	4,96	5,21	4,61	4,93	4,71	4,79	4,61	4,70

Apêndice 10. Valor de pH-SMP, nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	6,48	6,42	7,07	6,66	6,20	6,18	6,13	6,17
	2,5-5,0	6,34	6,35	6,38	6,36	6,27	6,17	6,00	6,15
	5,0-7,5	6,36	6,38	6,28	6,34	6,22	6,19	6,04	6,15
	7,5-12,5	6,58	6,34	6,16	6,36	6,21	6,14	5,82	6,06
	12,5-17,5	6,57	6,40	6,13	6,37	6,24	6,01	6,09	6,11
PC V/M	17,5-30	6,10	5,58	5,79	5,82	5,80	5,77	5,77	5,78
	0-2,5	6,19	6,19	6,05	6,14	5,97	6,08	5,80	5,95
	2,5-5,0	6,10	6,12	6,10	6,11	6,48	5,88	5,72	6,03
	5,0-7,5	5,81	5,99	6,05	5,95	6,05	6,06	5,62	5,91
	7,5-12,5	5,90	6,07	5,88	5,95	5,87	6,13	5,85	5,95
PC A+V/M+C	12,5-17,5	5,88	6,09	5,80	5,92	5,87	6,29	5,92	6,03
	17,5-30	5,54	6,02	5,92	5,83	5,28	6,19	5,76	5,74
	0-2,5	6,24	6,12	6,42	6,26	5,74	5,88	6,37	6,00
	2,5-5,0	6,10	6,20	6,26	6,19	5,57	5,62	6,30	5,83
	5,0-7,5	6,22	6,17	6,45	6,28	5,60	5,65	6,35	5,87
PR A/M	7,5-12,5	6,16	6,17	6,26	6,20	6,15	5,85	6,17	6,06
	12,5-17,5	6,39	5,98	6,42	6,26	6,03	6,01	6,40	6,15
	17,5-30	5,49	5,74	6,13	5,79	5,72	5,87	6,37	5,99
	0-2,5	6,88	6,34	6,66	6,63	6,79	6,34	6,26	6,46
	2,5-5,0	6,78	6,43	6,54	6,58	6,72	6,20	6,06	6,33
PR V/M	5,0-7,5	6,64	6,42	6,48	6,51	6,65	6,03	6,46	6,38
	7,5-12,5	6,45	6,36	6,60	6,47	6,68	5,95	6,46	6,36
	12,5-17,5	6,33	6,56	6,68	6,52	6,12	5,71	6,35	6,06
	17,5-30	5,79	5,72	6,55	6,02	5,70	5,61	6,23	5,85
	0-2,5	6,48	6,15	6,05	6,23	6,19	6,11	6,73	6,34
PR A+V/M+C	2,5-5,0	6,22	5,95	6,55	6,24	6,22	5,89	6,63	6,25
	5,0-7,5	6,17	6,05	6,50	6,24	6,08	5,85	6,73	6,22
	7,5-12,5	5,85	6,07	6,23	6,05	5,88	6,30	6,61	6,26
	12,5-17,5	5,72	5,96	6,06	5,91	5,93	6,22	6,52	6,22
	17,5-30	5,57	5,41	6,00	5,66	6,08	6,22	6,27	6,19
PD A/M	0-2,5	6,34	6,77	6,63	6,58	6,60	6,34	6,24	6,39
	2,5-5,0	6,19	6,47	6,46	6,37	6,53	6,17	6,18	6,29
	5,0-7,5	6,18	6,36	6,22	6,25	6,45	6,15	6,26	6,29
	7,5-12,5	6,15	6,19	6,12	6,15	6,43	5,90	6,10	6,14
	12,5-17,5	5,97	6,13	6,07	6,06	6,37	5,95	5,98	6,10
PD V/M	17,5-30	5,69	5,99	5,81	5,83	6,21	5,63	5,95	5,93
	0-2,5	6,65	7,10	6,45	6,73	6,82	6,91	6,42	6,72
	2,5-5,0	6,52	6,65	6,45	6,54	6,69	6,32	6,48	6,50
	5,0-7,5	6,47	6,44	6,32	6,41	6,68	6,29	6,39	6,45
	7,5-12,5	6,35	6,38	6,07	6,27	6,66	6,19	6,17	6,34
PD A+V/M+C	12,5-17,5	5,71	6,35	5,81	5,96	6,37	6,20	6,18	6,25
	17,5-30	5,62	6,07	5,58	5,76	6,06	6,07	6,00	6,04
	0-2,5	6,39	6,33	6,43	6,38	6,47	6,36	6,43	6,42
	2,5-5,0	6,36	6,23	6,25	6,28	6,28	6,26	6,23	6,26
	5,0-7,5	6,28	6,12	6,08	6,16	6,30	6,20	6,13	6,21
PD A+V/M+C	7,5-12,5	6,08	5,94	6,11	6,04	6,25	5,97	6,05	6,09
	12,5-17,5	6,04	5,90	6,14	6,03	6,33	5,94	5,88	6,05
	17,5-30	5,85	5,84	5,95	5,88	5,68	5,60	5,62	5,63
	0-2,5	6,54	6,81	6,20	6,52	6,39	6,49	6,29	6,39
	2,5-5,0	6,48	6,67	6,18	6,44	6,28	6,42	6,12	6,27
PD A+V/M+C	5,0-7,5	6,58	6,51	6,07	6,39	6,90	6,24	6,15	6,43
	7,5-12,5	6,47	6,33	5,83	6,21	5,78	6,12	5,92	5,94
	12,5-17,5	6,32	6,12	5,83	6,09	5,83	6,02	5,81	5,89
	17,5-30	6,36	5,94	5,67	5,99	5,78	5,29	5,53	5,53

Apêndice 11. Valor de CTC efetiva ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	7,44	7,40	6,58	7,14	6,22	6,36	6,93	6,54
	2,5-5,0	7,78	7,55	7,48	7,60	5,81	5,60	6,69	5,90
	5,0-7,5	7,99	7,68	6,90	7,53	5,91	5,56	6,58	5,88
	7,5-12,5	7,84	7,31	7,17	7,45	5,82	5,37	6,07	5,69
	12,5-17,5	7,72	7,49	6,95	7,38	5,55	5,51	6,08	5,68
PC V/M	17,5-30	7,92	6,64	6,65	7,07	6,63	6,32	6,30	6,35
	0-2,5	6,34	6,99	7,18	6,93	6,79	7,12	6,42	6,95
	2,5-5,0	5,99	6,04	7,39	6,48	6,84	6,52	6,04	6,19
	5,0-7,5	6,12	7,27	7,30	6,87	7,13	7,14	5,24	6,26
	7,5-12,5	6,28	7,25	7,58	7,03	6,97	5,29	5,24	5,67
PC A+V/M+C	12,5-17,5	6,42	7,31	7,82	7,19	7,01	6,20	5,27	6,08
	17,5-30	6,96	6,00	8,04	7,00	7,44	7,21	7,12	6,90
	0-2,5	9,37	9,14	9,00	7,41	6,00	5,81	5,66	5,75
	2,5-5,0	9,19	9,25	8,59	7,14	5,48	6,11	5,60	5,60
	5,0-7,5	9,06	6,82	8,09	6,72	5,91	5,43	5,51	5,52
PR A/M	7,5-12,5	9,27	8,14	8,59	7,41	6,23	5,75	6,09	6,03
	12,5-17,5	8,92	7,62	7,73	7,04	5,97	5,51	5,43	5,67
	17,5-30	8,75	7,50	8,19	7,45	6,80	5,99	5,99	5,87
	0-2,5	7,51	7,51	9,41	7,77	7,73	7,05	7,66	7,48
	2,5-5,0	7,92	8,01	7,63	7,85	6,39	6,76	7,58	6,94
PR V/M	5,0-7,5	7,56	7,67	7,20	7,78	5,53	6,27	8,05	6,68
	7,5-12,5	7,02	7,26	7,47	7,25	5,43	6,29	7,57	6,36
	12,5-17,5	7,31	7,22	7,05	7,24	5,20	6,35	5,82	5,66
	17,5-30	7,38	6,51	6,70	7,16	6,87	6,33	7,88	7,26
	0-2,5	7,97	8,55	8,55	8,13	7,15	6,68	6,92	6,92
PR A+V/M+C	2,5-5,0	6,89	7,94	7,53	7,48	6,36	6,26	6,08	6,37
	5,0-7,5	6,91	7,69	7,25	7,28	6,58	6,46	6,65	6,47
	7,5-12,5	6,39	7,13	7,06	6,86	6,36	6,21	5,53	6,09
	12,5-17,5	6,38	6,51	5,97	6,28	5,86	6,23	5,76	6,15
	17,5-30	6,72	7,90	7,80	7,47	5,51	6,52	5,84	5,62
PD A/M	0-2,5	8,99	8,60	6,55	7,91	7,68	7,33	7,13	7,31
	2,5-5,0	7,18	8,55	5,32	7,08	7,76	6,17	6,40	6,61
	5,0-7,5	6,78	6,82	4,73	6,11	6,91	6,18	6,02	6,30
	7,5-12,5	6,08	6,87	4,43	5,80	6,03	5,99	5,15	5,79
	12,5-17,5	5,34	4,87	4,24	4,82	5,36	5,37	5,00	5,06
PD V/M	17,5-30	5,89	5,86	5,40	5,71	5,93	5,76	5,93	5,44
	0-2,5	7,11	7,33	7,52	7,32	8,14	7,93	7,55	7,88
	2,5-5,0	5,51	5,96	5,54	5,67	6,73	7,18	6,33	6,80
	5,0-7,5	4,49	5,55	4,44	4,82	6,10	6,20	5,95	6,12
	7,5-12,5	4,41	4,89	4,31	4,54	5,77	6,17	4,92	5,66
PD A+V/M+C	12,5-17,5	4,56	4,32	4,48	4,45	5,37	5,44	4,29	4,93
	17,5-30	4,19	2,60	4,28	3,69	5,80	4,99	5,14	5,14
	0-2,5	7,17	8,07	7,55	7,61	7,66	7,90	7,88	7,81
	2,5-5,0	4,81	5,63	5,18	5,21	6,85	7,26	6,67	6,96
	5,0-7,5	4,06	4,65	3,37	4,03	5,77	5,80	6,81	6,13
PD A+V/M+C	7,5-12,5	4,09	3,89	4,25	4,08	5,50	5,49	5,88	5,55
	12,5-17,5	3,75	4,40	4,84	4,33	5,25	5,91	5,30	4,80
	17,5-30	4,37	4,64	5,32	4,77	5,54	6,40	5,46	5,10
	0-2,5	8,12	8,26	8,12	8,17	8,26	8,68	8,02	8,33
	2,5-5,0	6,71	7,61	7,11	7,14	7,68	7,77	7,14	7,56
PD A+V/M+C	5,0-7,5	5,13	6,95	6,22	6,10	6,17	7,26	5,76	6,46
	7,5-12,5	4,22	6,53	5,89	5,55	5,35	5,46	5,11	5,37
	12,5-17,5	4,39	5,85	6,24	5,49	4,92	4,86	5,51	5,19
	17,5-30	4,76	4,08	6,14	4,98	5,08	4,81	5,81	4,80

Apêndice 12. Valor de CTC a pH 7,0 (cmol_c kg⁻¹), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Camadas (cm)	Repetições			Média	Repetições			Média
		I	II	III		I	II	III	
PC A/M	0-2,5	11,77	12,61	11,13	11,84	10,21	1,10	10,73	10,35
	2,5-5,0	12,05	11,53	11,24	11,61	9,77	9,62	10,12	9,84
	5,0-7,5	11,95	12,02	11,42	11,79	9,90	9,27	9,48	9,55
	7,5-12,5	11,61	11,48	10,96	11,35	9,59	8,81	8,85	9,09
	12,5-17,5	11,49	11,58	10,93	11,33	9,34	8,80	9,20	9,12
PC V/M	17,5-30	12,26	11,14	12,12	11,84	12,01	10,97	10,77	11,25
	0-2,5	11,54	11,96	11,95	11,82	11,55	11,96	11,44	11,65
	2,5-5,0	11,13	10,87	12,09	11,36	11,91	10,94	11,26	11,37
	5,0-7,5	11,12	12,20	12,12	11,81	12,12	11,64	10,49	11,42
	7,5-12,5	11,01	12,18	12,44	11,87	11,51	9,28	10,16	10,32
PC A+V/M+C	12,5-17,5	11,84	12,97	12,71	12,51	11,58	10,95	9,87	10,80
	17,5-30	11,64	11,56	11,06	11,42	11,8	11,93	12,13	11,97
	0-2,5	11,00	12,01	12,73	11,92	10,70	10,41	10,79	10,63
	2,5-5,0	13,14	12,89	12,00	12,68	10,37	10,16	10,45	10,33
	5,0-7,5	12,67	10,07	11,13	11,29	10,37	9,70	10,34	10,14
PR A/M	7,5-12,5	12,41	11,28	12,08	11,92	10,28	9,61	10,57	10,15
	12,5-17,5	12,41	12,04	11,84	12,10	10,16	9,15	10,17	9,83
	17,5-30	12,94	12,56	13,30	12,93	11,22	10,46	10,82	10,83
	0-2,5	10,82	11,47	11,55	11,28	10,90	10,19	11,42	10,84
	2,5-5,0	11,49	11,88	11,05	11,48	9,96	10,38	10,62	10,32
PR V/M	5,0-7,5	10,64	11,35	10,57	10,85	8,78	9,71	11,02	9,84
	7,5-12,5	10,14	10,89	11,01	10,68	9,19	10,15	10,752	10,03
	12,5-17,5	10,68	11,65	10,42	10,92	8,54	9,48	9,23	9,08
	17,5-30	11,58	12,92	12,52	12,34	10,98	9,51	12,07	10,85
	0-2,5	12,63	12,68	12,16	12,49	11,76	11,78	11,05	11,53
PR A+V/M+C	2,5-5,0	10,76	11,75	11,20	11,23	11,55	11,56	10,03	11,05
	5,0-7,5	11,76	12,01	11,66	11,81	11,63	10,89	10,24	10,92
	7,5-12,5	11,80	10,85	11,33	11,32	11,05	10,05	11,17	10,76
	12,5-17,5	10,78	10,44	10,14	10,45	9,92	10,02	9,39	9,78
	17,5-30	11,38	12,17	13,21	12,25	9,52	9,23	10,08	9,61
PD A/M	0-2,5	12,71	12,66	10,21	11,86	11,86	12,76	12,01	12,21
	2,5-5,0	10,73	12,85	9,08	10,89	12,05	10,69	11,79	11,51
	5,0-7,5	10,24	11,00	8,97	10,07	11,74	10,93	10,29	10,99
	7,5-12,5	9,80	10,61	7,34	9,25	11,19	11,00	9,73	10,64
	12,5-17,5	8,87	9,22	8,04	8,71	9,87	9,82	10,11	9,93
PD V/M	17,5-30	9,90	10,12	10,24	10,09	9,92	9,80	11,36	10,36
	0-2,5	10,01	10,47	9,45	9,97	10,33	10,88	11,09	10,94
	2,5-5,0	8,47	9,26	8,78	8,84	9,89	10,20	9,93	10,01
	5,0-7,5	7,60	8,68	7,38	7,89	9,44	9,33	8,86	9,21
	7,5-12,5	7,24	8,16	7,06	7,48	9,06	9,61	9,38	9,35
PD A+V/M+C	12,5-17,5	7,92	7,71	6,75	7,46	9,10	10,09	9,18	9,46
	17,5-30	8,97	8,11	8,36	8,48	10,89	10,35	10,80	10,68
	0-2,5	11,13	11,75	11,48	11,45	11,72	13,28	13,65	12,88
	2,5-5,0	9,07	9,96	9,31	9,45	11,37	12,59	12,32	12,09
	5,0-7,5	8,70	9,81	7,82	8,78	9,46	10,46	11,99	10,64
PD A+V/M+C	7,5-12,5	8,45	8,40	8,54	8,46	9,81	10,61	10,73	10,38
	12,5-17,5	8,01	8,57	8,60	8,39	9,70	10,18	10,56	10,15
	17,5-30	9,55	10,03	10,05	9,88	10,31	12,18	12,25	11,58
	0-2,5	12,29	12,40	12,13	12,27	12,57	12,97	12,66	12,74
	2,5-5,0	11,27	12,36	11,66	11,76	12,73	12,01	11,83	12,19
PD A+V/M+C	5,0-7,5	9,92	11,32	10,86	10,70	11,06	11,52	10,07	10,88
	7,5-12,5	8,76	10,96	9,49	9,74	9,48	9,75	9,96	9,73
	12,5-17,5	9,10	10,25	9,16	9,51	9,18	9,37	10,27	9,60
	17,5-30	9,54	9,36	8,89	9,26	9,72	10,11	11,04	10,29

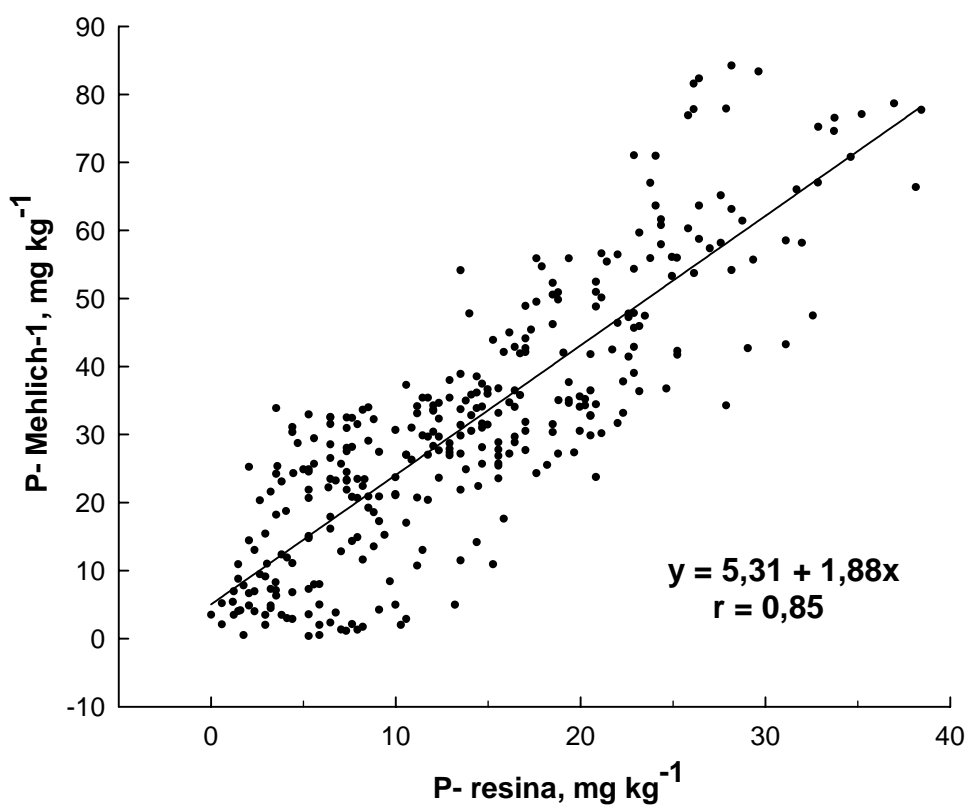
Apêndice 13. Teor de fósforo extraído com solução Mehlich-1 (mg kg^{-1}), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N Camadas (cm)	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
		Repetições				Repetições			
		I	II	III	Média	I	II	III	Média
PC A/M	0-2,5	36,8	38,5	35,0	36,8	34,2	34,6	37,5	35,4
	2,5-5,0	35,4	33,1	22,4	30,3	25,7	28,2	28,8	27,6
	5,0-7,5	35,4	30,7	23,5	29,8	21,9	23,7	27,0	24,2
	7,5-12,5	33,6	33,6	22,4	29,9	23,2	27,5	31,8	27,5
	12,5-17,5	29,4	31,5	26,3	29,1	17,9	20,9	26,9	21,9
	17,5-30	3,5	2,1	6,7	4,1	4,5	7,0	10,9	7,5
PC V/M	0-2,5	20,7	35,4	32,9	29,7	20,7	32,3	32,5	28,5
	2,5-5,0	18,2	29,1	28,7	25,3	20,4	37,3	31,5	29,7
	5,0-7,5	18,7	24,9	28,0	23,9	21,1	29,7	32,5	27,7
	7,5-12,5	20,7	28,6	32,2	27,2	31,0	27,4	40,9	33,1
	12,5-17,5	25,2	32,6	34,0	30,6	29,8	42,4	38,0	36,7
	17,5-30	7,15	9,5	9,15	8,6	8,0	14,4	9,1	10,5
PC A+V/M+C	0-2,5	37,7	38,1	25,7	33,8	31,0	31,5	29,7	30,7
	2,5-5,0	24,5	33,7	20,8	26,4	28,8	25,7	27,9	27,5
	5,0-7,5	24,9	43,4	22,2	30,2	21,2	24,9	27,0	24,4
	7,5-12,5	33,3	34,2	25,4	31,0	20,9	27,2	29,7	25,9
	12,5-17,5	24,3	31,6	20,3	25,4	30,3	25,7	26,5	27,5
	17,5-30	6,9	3,5	7,8	6,1	6,8	7,1	7,3	7,1
PR A/M	0-2,5	34,7	35,6	36,5	35,6	31,7	33,2	40,2	35,0
	2,5-5,0	33,9	36,0	33,2	34,3	27,7	32,8	37,5	32,7
	5,0-7,5	31,4	32,8	27,8	30,7	30,5	35,0	32,7	32,8
	7,5-12,5	29,9	30,4	23,6	28,0	27,0	28,3	27,2	27,5
	12,5-17,5	24,5	21,9	23,4	23,3	15,4	1,9	22,2	13,2
	17,5-30	3,5	4,9	5,4	4,6	4,1	2,9	4,0	3,7
PR V/M	0-2,5	52,5	56,6	56,4	55,2	29,7	60,3	67,0	52,3
	2,5-5,0	42,0	54,7	52,3	49,7	31,4	48,8	54,4	44,8
	5,0-7,5	37,7	69,8	50,9	52,8	28,9	42,1	55,9	42,3
	7,5-12,5	45,0	83,9	36,6	55,2	34,3	36,2	42,1	37,5
	12,5-17,5	31,1	33,9	13,0	26,0	23,3	14,4	10,1	15,9
	17,5-30	4,9	18,4	5,2	9,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PR A+V/M+C	0-2,5	45,7	73,3	55,9	58,3	47,8	36,7	45,9	43,5
	2,5-5,0	38,9	61,0	47,2	49,0	34,3	29,9	47,5	37,2
	5,0-7,5	27,8	55,4	46,2	43,1	34,4	23,5	41,9	33,3
	7,5-12,5	24,1	60,8	47,8	44,2	35,2	27,4	39,0	33,9
	12,5-17,5	17,0	26,9	25,5	23,2	28,7	5,6	33,5	22,6
	17,5-30	3,5	8,0	3,8	5,1	2,9	<1,0	<1,0	1,0
PD A/M	0-2,5	83,4	84,2	77,9	81,8	42,7	58,2	55,7	52,2
	2,5-5,0	82,3	77,8	81,6	80,6	42,3	58,8	43,3	48,1
	5,0-7,5	71,0	46,4	76,9	64,8	24,3	42,9	34,1	33,7
	7,5-12,5	34,0	27,2	45,4	35,6	14,2	23,7	35,8	24,6
	12,5-17,5	13,5	10,9	19,2	14,6	1,4	1,1	12,8	4,8
	17,5-30	7,3	14,9	11,1	11,1	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PD V/M	0-2,5	65,2	58,5	71,0	64,9	63,2	75,2	66,0	68,1
	2,5-5,0	48,9	63,7	57,4	56,6	34,3	61,6	58,2	51,4
	5,0-7,5	36,5	50,6	41,4	42,8	24,1	55,9	54,2	44,7
	7,5-12,5	37,8	30,3	30,5	32,9	21,6	34,6	41,7	32,7
	12,5-17,5	18,6	15,1	17,2	17,0	5,0	13,0	17,6	11,9
	17,5-30	8,3	8,8	11,6	9,6	<1,0	<1,0	1,7	1,6
PD A+V/M+C	0-2,5	77,1	74,6	70,8	74,2	76,6	78,7	77,7	77,6
	2,5-5,0	63,7	97,0	59,7	73,4	39,8	61,4	56,1	52,4
	5,0-7,5	37,5	87,0	53,7	59,4	42,7	50,1	42,5	45,1
	7,5-12,5	25,9	66,0	71,0	54,3	42,9	36,4	24,1	34,4
	12,5-17,5	15,3	35,0	45,4	31,9	8,4	5,0	11,5	8,3
	17,5-30	6,3	20,7	14,8	13,9	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Apêndice 14. Teor de fósforo extraído com resina trocadora de ânions (mg kg^{-1}), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose N Camadas (cm)	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
		Repetições				Repetições			
		I	II	III	Média	I	II	III	Média
PC A/M	0-2,5	15,5	14,4	8,8	12,9	11,1	12,3	14,7	12,7
	2,5-5,0	12,9	11,1	6,5	10,2	7,0	7,6	15,5	10,1
	5,0-7,5	11,4	10,0	6,5	9,3	5,3	10,0	11,7	9,0
	7,5-12,5	12,0	8,2	8,2	9,5	7,3	7,3	17,0	10,6
	12,5-17,5	5,6	6,5	10,9	7,6	6,5	8,5	15,5	10,2
PC V/M	17,5-30	<0,6	0,6	2,1	0,9	3,2	2,3	1,5	2,3
	0-2,5	7,9	11,7	5,3	8,3	11,1	12,3	7,3	10,3
	2,5-5,0	3,5	8,5	4,7	5,6	11,7	10,6	7,9	10,1
	5,0-7,5	2,1	5,3	7,3	4,9	10,0	12,3	6,5	9,6
	7,5-12,5	5,3	6,5	8,8	6,8	10,9	12,9	7,3	10,4
PC A+V/M+C	12,5-17,5	2,1	6,5	8,5	5,7	13,5	7,6	9,1	10,1
	17,5-30	1,5	2,6	3,8	2,6	5,6	2,1	2,9	3,5
	0-2,5	12,3	14,7	15,5	14,2	14,7	18,5	16,4	16,5
	2,5-5,0	5,3	13,5	7,6	8,8	16,4	14,7	12,9	14,7
	5,0-7,5	5,0	17,3	2,3	8,2	10,0	13,8	10,6	11,4
PR A/M	7,5-12,5	6,7	3,5	0,6	3,6	9,1	13,5	11,7	11,4
	12,5-17,5	6,5	3,2	2,6	4,1	4,4	5,6	6,5	5,5
	17,5-30	<0,6	<0,6	1,8	0,6	4,4	<0,6	3,2	2,5
	0-2,5	16,1	19,9	20,5	18,9	22,0	22,3	21,1	21,8
	2,5-5,0	14,4	15,0	15,5	15,0	17,0	20,5	19,9	19,2
PR V/M	5,0-7,5	15,0	14,1	15,5	14,9	14,1	19,4	20,5	18,0
	7,5-12,5	11,4	12,0	12,3	11,9	10,6	12,0	16,1	12,9
	12,5-17,5	7,3	7,3	7,9	7,5	2,9	4,1	12,0	6,4
	17,5-30	2,9	2,1	1,2	2,1	0,6	4,4	2,3	2,4
	0-2,5	20,8	21,1	22,0	21,3	17,6	25,8	23,8	22,4
PR A+V/M+C	2,5-5,0	19,1	17,9	18,5	18,5	13,5	20,8	22,9	19,1
	5,0-7,5	19,4	18,8	18,8	19,0	12,9	17,0	17,6	15,8
	7,5-12,5	16,1	15,3	15,0	15,5	12,0	14,4	15,8	14,1
	12,5-17,5	4,4	3,5	3,8	3,9	7,3	7,6	6,5	7,1
	17,5-30	3,2	2,3	0,6	2,1	5,3	5,9	2,9	4,7
PD A/M	0-2,5	22,9	24,9	23,8	23,9	22,9	24,6	23,2	23,6
	2,5-5,0	13,5	24,3	22,6	20,1	27,9	20,5	23,5	24,0
	5,0-7,5	10,0	21,4	18,5	16,6	20,8	15,5	16,7	17,7
	7,5-12,5	13,5	24,3	22,6	20,1	20,2	19,7	22,9	20,9
	12,5-17,5	10,6	12,9	18,2	13,9	12,9	13,5	12,0	12,8
PD V/M	17,5-30	3,8	5,9	6,7	5,5	10,6	10,3	4,1	8,3
	0-2,5	29,6	28,2	27,9	28,6	29,0	32,0	29,3	30,1
	2,5-5,0	26,4	26,1	26,1	26,2	25,2	26,4	31,1	27,6
	5,0-7,5	22,9	22,0	25,8	23,6	17,6	22,9	19,9	20,1
	7,5-12,5	16,4	18,8	17,3	17,5	14,4	20,8	16,7	17,3
PD A+V/M+C	12,5-17,5	8,8	15,3	8,5	10,9	5,3	17,3	7,0	9,9
	17,5-30	5,3	7,9	4,4	5,9	1,8	7,9	5,9	5,2
	0-2,5	27,6	31,1	24,1	27,6	28,2	32,9	31,7	30,9
	2,5-5,0	17,0	24,1	27,0	22,7	20,2	24,3	27,6	24,1
	5,0-7,5	16,4	18,5	22,6	19,2	17,0	19,4	28,2	21,5
PD A+V/M+C	7,5-12,5	22,3	18,5	17,0	19,3	14,7	19,4	25,2	19,8
	12,5-17,5	8,8	5,3	9,1	7,7	13,2	11,4	15,8	13,5
	17,5-30	13,5	1,5	8,2	7,7	7,6	9,1	8,2	8,3
	0-2,5	35,2	43,7	34,6	37,8	33,7	37,0	38,4	36,4
	2,5-5,0	26,4	38,1	23,2	29,2	20,5	28,8	24,9	24,7
PD A+V/M+C	5,0-7,5	32,6	42,8	16,1	30,5	17,0	21,1	21,7	19,9
	7,5-12,5	14,1	35,2	20,8	23,4	16,4	23,2	14,7	18,1
	12,5-17,5	9,4	18,8	15,5	14,6	9,7	10,0	13,5	11,1
	17,5-30	3,5	11,1	5,3	6,6	7,0	6,5	5,9	6,5

Apêndice 15. Relação entre os métodos Mehlich-1 e resina trocadora de ânions para determinação do teor de P no solo, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.



Apêndice 16. Teor de carbono orgânico (CO), nas repetições I, II e III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de cultura e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	Dose	0 kg N mineral					180 kg N mineral				
		Repetições			Média (%)	g dm ⁻³	Repetições			Média (%)	g dm ⁻³
		I	II	III			I	II	III		
PC A/M	0-2,5	1,20	1,12	1,26	1,19	17,2	1,45	1,40	1,44	1,43	20,6
	2,5-5,0	0,98	1,01	0,82	0,94	14,4	1,22	1,26	1,17	1,22	18,7
	5,0-7,5	1,05	1,05	0,81	0,97	14,9	1,04	1,08	0,97	1,03	15,9
	7,5-12,5	0,96	0,86	0,99	0,94	14,2	1,07	1,12	1,03	1,07	16,3
	12,5-17,5	0,94	1,03	0,84	0,94	14,2	1,12	1,08	0,93	1,04	15,9
	17,5-30	1,00	0,94	0,89	0,94	15,3	0,96	1,16	1,10	1,07	17,4
PC V/M	0-2,5	1,51	1,49	1,50	1,50	21,6	1,32	1,48	1,53	1,44	20,8
	2,5-5,0	1,02	1,08	1,03	1,04	16,1	1,17	1,35	1,23	1,25	19,3
	5,0-7,5	1,03	1,05	1,05	1,04	16,1	1,12	1,22	1,22	1,19	18,3
	7,5-12,5	0,92	1,01	0,96	0,96	14,6	1,12	1,12	1,21	1,15	17,5
	12,5-17,5	1,00	0,93	0,89	0,94	14,3	0,93	1,19	1,14	1,09	16,5
	17,5-30	0,95	0,99	0,95	0,96	15,6	0,90	1,08	1,10	1,03	16,6
PC A+V/M+C	0-2,5	1,47	1,68	1,37	1,51	21,7	1,76	1,58	1,34	1,56	22,5
	2,5-5,0	1,37	1,15	1,20	1,24	19,1	1,45	1,27	1,12	1,28	19,7
	5,0-7,5	1,26	0,98	1,13	1,12	17,3	1,28	1,30	1,14	1,24	19,1
	7,5-12,5	1,15	0,92	1,13	1,07	16,2	1,17	1,12	1,08	1,12	17,1
	12,5-17,5	0,99	0,90	1,12	1,00	15,3	1,05	1,07	1,03	1,05	16,0
	17,5-30	0,97	0,96	0,94	0,96	15,5	0,99	0,99	0,91	0,96	15,6
PR A/M	0-2,5	1,64	1,55	1,49	1,56	22,5	1,70	1,52	1,56	1,59	22,9
	2,5-5,0	1,28	1,35	1,34	1,32	19,2	1,41	1,30	1,37	1,36	19,7
	5,0-7,5	1,27	1,23	1,27	1,26	18,2	1,14	1,10	1,23	1,16	16,8
	7,5-12,5	0,93	0,98	1,06	0,99	14,4	1,12	1,02	1,08	1,07	15,6
	12,5-17,5	0,92	0,97	1,03	0,97	14,1	1,13	0,99	0,99	1,04	15,0
	17,5-30	0,96	1,09	0,93	0,99	16,1	1,05	1,00	1,01	1,02	16,5
PR V/M	0-2,5	1,78	1,92	1,99	1,90	27,3	2,00	2,14	1,87	2,00	28,8
	2,5-5,0	1,39	1,56	1,34	1,43	20,7	1,94	1,70	1,35	1,66	24,1
	5,0-7,5	1,29	1,26	1,18	1,24	18,0	1,55	1,49	1,24	1,43	20,7
	7,5-12,5	0,94	1,24	1,04	1,07	15,6	1,36	1,15	0,94	1,15	16,7
	12,5-17,5	1,06	1,10	1,06	1,07	15,6	1,10	0,96	0,84	0,97	14,0
	17,5-30	0,97	1,08	0,94	1,00	16,1	1,04	1,01	0,89	0,98	15,9
PR A+V/M+C	0-2,5	1,96	1,84	2,01	1,94	27,9	2,27	1,84	1,78	1,96	28,3
	2,5-5,0	1,44	1,38	1,51	1,44	20,9	1,75	1,52	1,54	1,60	23,2
	5,0-7,5	1,18	1,08	1,34	1,20	17,4	1,45	1,19	1,34	1,33	19,2
	7,5-12,5	1,20	1,08	1,25	1,18	17,1	1,27	1,08	1,13	1,16	16,8
	12,5-17,5	1,01	0,98	1,13	1,04	15,1	1,13	1,19	0,90	1,07	15,6
	17,5-30	0,85	1,02	0,97	0,95	15,3	1,08	1,10	0,90	1,03	16,6
PD A/M	0-2,5	1,73	1,95	1,55	1,74	27,0	1,99	1,92	2,05	1,99	30,8
	2,5-5,0	1,38	1,26	1,12	1,25	19,8	1,32	1,43	2,04	1,60	25,2
	5,0-7,5	1,08	1,16	0,98	1,07	17,0	1,10	1,01	1,17	1,09	17,3
	7,5-12,5	1,05	1,10	0,95	1,03	17,4	0,93	1,04	0,98	0,98	16,5
	12,5-17,5	1,00	0,98	0,88	0,95	16,0	0,82	1,08	1,05	0,98	16,5
	17,5-30	0,90	0,95	0,98	0,94	15,3	0,82	1,13	1,01	0,99	16,0
PD V/M	0-2,5	1,93	2,21	2,19	2,11	32,7	1,98	2,40	2,42	2,27	35,1
	2,5-5,0	1,18	1,67	1,50	1,45	22,9	1,77	1,79	1,46	1,67	26,4
	5,0-7,5	1,08	1,21	1,10	1,13	17,9	1,37	1,37	1,14	1,29	20,4
	7,5-12,5	0,98	1,03	1,05	1,02	17,1	1,01	1,10	0,92	1,01	17,0
	12,5-17,5	0,97	1,04	0,90	0,97	16,3	0,98	0,98	1,02	0,99	16,7
	17,5-30	0,79	1,06	0,91	0,92	14,9	1,01	0,97	1,11	1,03	16,7
PD A+V/M+C	0-2,5	2,25	2,48	1,96	2,23	34,6	2,31	2,71	2,70	2,57	39,9
	2,5-5,0	1,68	1,68	1,58	1,65	26,0	1,76	1,78	1,86	1,80	28,4
	5,0-7,5	1,37	1,19	1,26	1,27	20,1	1,35	1,32	1,47	1,38	21,8
	7,5-12,5	1,13	1,03	1,05	1,07	18,0	1,14	1,04	1,00	1,06	17,8
	12,5-17,5	1,02	1,00	1,05	1,02	17,2	0,98	0,99	0,96	0,98	16,4
	17,5-30	0,94	0,94	0,95	0,94	15,3	0,94	1,02	0,92	0,96	15,6

Apêndice 17. Produtividade de milho no ano agrícola 2002-2003, nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas e doses de N mineral.

Preparos/ Culturas	0 kg N mineral				180 kg N mineral			
	Repetições				Repetições			
	I	II	III	Média	I	II	III	Média
PC A/M	2.566	1.940	4.224	2.910	10.832	9.175	9.377	9.794
PC V/M	1.596	6.729	7.619	5.315	11.923	13.115	10.367	11.802
PC A+V/M+C	3.516	5.274	4.951	4.581	11.984	8.669	10.630	10.427
PR A/M	1.960	384	2.465	1.603	10.084	8.972	9.074	9.377
PR V/M	6.628	5.517	5.739	5.961	11.923	10.084	10.892	10.966
PR A+V/M+C	6.851	5.638	4.527	5.672	11.397	11.600	9.680	10.892
PD A/M	2.405	2.102	1.394	1.967	9.154	9.983	8.366	9.168
PD V/M	8.063	6.042	6.345	6.817	11.337	7.800	10.589	9.909
PD A+V/M+C	6.446	9.316	4.729	6.830	12.307	11.094	9.700	11.034

Apêndice 18. Produção de matéria seca e resíduos vegetais remanescentes sobre o solo no ano agrícola 2002-2003, nas repetições I, II, III e na média, no experimento de métodos de preparo do solo, sistemas de culturas, sem aplicação de N mineral.

Preparos/ Culturas	Matéria seca (kg ha ⁻¹)				Resíduos (kg ha ⁻¹)			
	Repetições				Repetições			
	I	II	III	Média	I	II	III	Média
PC A/M	1.840	2.020	2.170	2.010	1.780	2.180	1.610	1.860
PC V/M	2.340	2.700	2.600	2.550	3.110	2.780	2.770	2.890
PC A+V/M+C	3.060	3.550	3.830	3.480	3.570	3.320	3.020	3.300
PR A/M	1.910	2.230	2.330	2.160	2.250	2.690	2.110	2.350
PR V/M	2.360	2.960	2.800	2.710	3.270	3.040	3.120	3.140
PR A+V/M+C	3.800	4.000	3.910	3.900	3.700	5.110	3.460	4.090
PD A/M	1.920	2.310	2.580	2.270	3.070	3.840	2.280	3.060
PD V/M	3.170	3.380	2.910	3.150	3.500	3.990	3.530	3.670
PD A+V/M+C	4.330	4.690	5.890	4.970	4.240	6.310	4.050	4.870