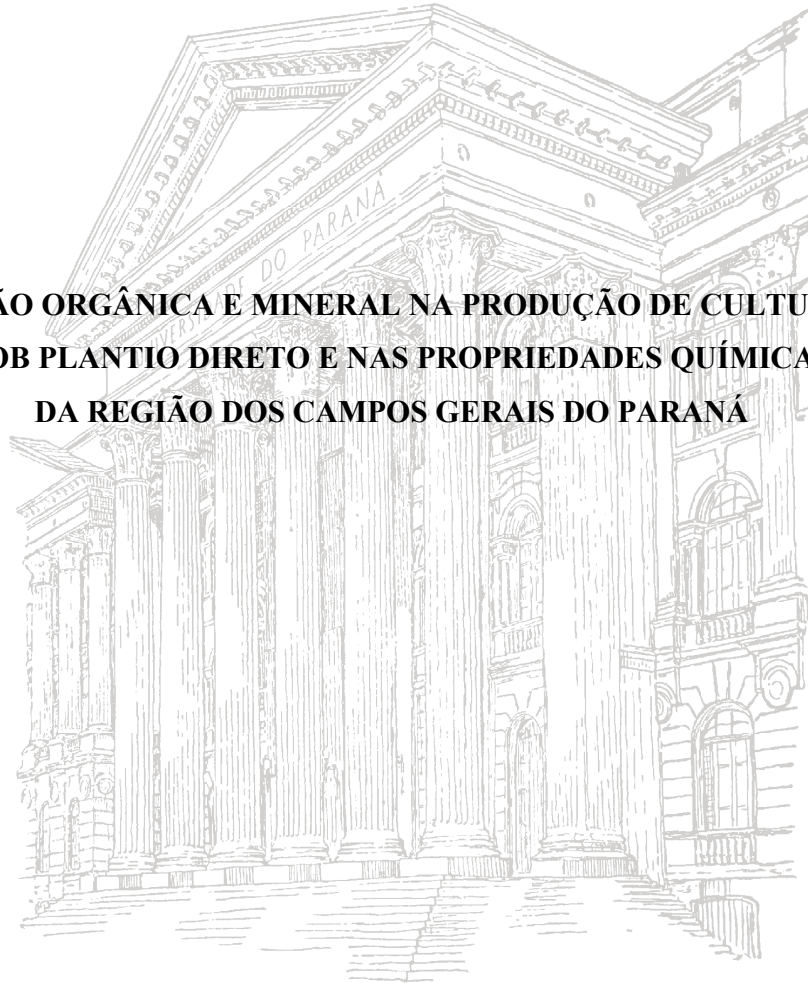


MILENA BARCELLOS

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA PRODUÇÃO DE CULTURAS EM
ROTAÇÃO SOB PLANTIO DIRETO E NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO
DA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ**



CURITIBA

2005

MILENA BARCELLOS

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA PRODUÇÃO DE CULTURAS EM
ROTAÇÃO SOB PLANTIO DIRETO E NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO
DA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: **Prof. Dr. Antônio Carlos V. Motta**
Co-orientadora: **Prof^a. Dr^a. Beatriz Monte Serrat**

CURITIBA

2005

*“Filho meu, se aceitares as minhas palavras
e esconderes contigo os meus mandamentos,
para fazeres atento à sabedoria o teu ouvido
e para inclinares teu coração ao entendimento,
e, se clamares por inteligência,
se buscares a sabedoria como a prata
e como a tesouros escondidos a procurares,
então, entenderás o temor do SENHOR
e acharás o conhecimento do Deus.”*

Pv 2: 1-5

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos

Primeiramente à Deus, pela vida, proteção, entendimento e vontade de vencer;

Aos meus pais Edgar Barcellos (*in memorian*) e Emília Barcellos, que sempre serão parte dessa história; pelo amor, caráter e carinho;

Ao meu irmão Edgar Barcellos Júnior, meu grande amigo;

Com carinho, à Daniel Cucerevoi, pelo amor e compreensão em tantos momentos;

In memorian, ao meu anjinho Lucas Barcellos Cucerevoi, que esteve comigo nesta conquista, e eternamente estará;

Ao Prof. Antônio Carlos Vargas Motta, pela orientação, compreensão e ensinamentos, mas principalmente pela valiosa amizade;

Aos professores Beatriz Monte Serrat, Carlos Bruno Reismann, Jair Alves Dionízio e Nerilde Favaretto que compartilharam seus conhecimentos e amizade;

Ao curso de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná, representado na pessoa do Prof. Vander de Freitas Mello, pela oportunidade de realização deste trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa concedida;

À Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária e equipe técnica, em especial ao Eng^o. Agrônomo Volnei Pauletti, pelo apoio técnico-científico na realização deste trabalho. Meu cordial agradecimento;

Aos professores do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela grandiosa colaboração para minha formação profissional;

Aos funcionários e laboratoristas Elza, Ana, Maria, Roberto e Reginaldo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural. Meu muito obrigado;

Aos amigos do Curso de Pós-graduação em Ciências do Solo, pelos momentos compartilhados;

A todos que de alguma forma contribuíram para essa conquista.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE APÊNDICES	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Área experimental	13
2.2. Condução do experimento	14
2.3. Amostras	16
2.4. Delineamento experimental	17
2.5. Análise estatística	17
3. CAPÍTULO I - ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA ROTAÇÃO DE CULTURAS NOS CAMPOS GERAIS – CASTRO, PARANÁ	18
3.1. Introdução	18
3.2. Resultados e discussão	20
3.2.1. Soja e Feijão.....	20
3.2.2. Milho.....	23
3.2.3. Culturas de inverno.....	27
3.3. Conclusões	31
4. CAPÍTULO II - ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA FERTILIDADE DO SOLO NOS CAMPOS GERAIS – CASTRO, PARANÁ	32
4.1. Introdução	32
4.2. Resultados e discussão	35
4.2.1. Parâmetros de acidez (pH CaCl ₂ , H ⁺ Al), Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ e V%.....	35
4.2.2. P (Mehlich e resina) e K (Mehlich).....	43
4.2.3. Teor de carbono.....	48
4.2.4. Condutividade elétrica.....	50
4.3. Conclusões	53
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICES	61

RESUMO

A produção de resíduos em bacias leiteiras propicia a utilização de adubação de esterco associada a rotação de culturas e sistema de plantio direto, na região dos Campos Gerais. Entretanto, em vista à otimização da produtividade agrícola e qualidade ambiental, as dosagens adequadas para este uso devem ser determinadas aliando-se a perda de nutrientes com a produtividade das culturas. Além disso, é de suma importância o acompanhamento da qualidade química do solo a fim de determinar o risco à qualidade ambiental proporcionado pelo uso de elevadas doses de esterco na adubação. Dessa forma, o experimento foi desenvolvido com diferentes doses de adubação de esterco líquido de bovinocultura leiteira (0, 30, 60 e 90 m³.ha⁻¹.ano⁻¹), aliada à adubação mineral (0, 50 e 100%) da recomendação de plantio para as culturas, durante 6 anos (safra 97/98 a 02/03) sob sistema de plantio direto e rotação agrícola (soja/aveia-preta/milho/trigo/feijão/aveia-branca). Não foram observadas respostas de produtividade para as culturas leguminosas (soja e feijão) tanto para adubação orgânica quanto mineral. O milho apresentou resposta apenas na safra 01/02, com aumentos de produtividade entre 13% e 20% para as diferentes doses de adubação orgânica em relação a testemunha. O trigo respondeu à adubação orgânica com aumentos entre 9% e 26% superiores à testemunha. A aveia-preta respondeu apenas à adubação mineral, com produtividade superior em 24% para 100% da recomendação comparado à testemunha. A aveia-branca respondeu tanto a adubação mineral quanto orgânica, com produtividades superiores em 37% na adubação orgânica com 90 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, e 31% na mineral com 100% da recomendação, em relação à testemunha. Aumentos de pH e inexistência de Al⁺⁺⁺ trocável (até a profundidade de 80 cm), aumentos de V% e deslocamento de Ca⁺⁺ em profundidade (50 cm), em função da adubação orgânica podem ter sido influenciados através de melhorias da qualidade do solo sob os aspectos de rotação de culturas e incrementos de matéria orgânica através da adição de esterco sob sistema de plantio direto. O Mg⁺⁺ apresentou deslocamento até a camada de 10 cm influenciado pelos menores teores adicionados ao sistema. O P Mehlich apresentou resposta à adubação orgânica apenas na camada superficial, ao contrário de K Mehlich que apresentou resposta em todas as camadas analisadas, possivelmente em função da maior mobilidade deste elemento em contrapartida com aquele. Entretanto o P resina respondeu à adubação orgânica nas camadas 5-10 e 50-80 cm em função da menor sensibilidade deste extrator ao poder tampão do solo. Os tratamentos de 60 e 90 m³/ha apresentaram maiores valores de carbono em todas as camadas analisadas inferindo que quantidades elevadas de esterco podem promover aumentos de matéria orgânica em profundidade. Entretanto, tal aspecto pode ter sido acompanhado por perdas de íons acompanhantes e de elementos muito móveis no perfil do solo, em função da resposta da condutividade elétrica aos tratamentos de adubação orgânica em todas as camadas analisadas.

Palavras chave: Adubação orgânica, bovinocultura leiteira, plantio direto, rotação de culturas, parâmetros químicos do solo, produtividade

ABSTRACT

The Campos Gerais region, located at Parana State – Brazil, concentrates large numbers of dairy farm under free stall management system which generate huge amount of liquid manure that has been using for crop rotation under no tillage system. It is well know that excessive manure application can result in accumulation or increase nutrient loss which may create environment problem and nutrient imbalance. But, application of low residue rate can result in nutrient lack for the crops. To optimize the agricultural productivity and environmental quality in the origin, the residue and chemical fertilizer rate required for the crops should be know, focusing in nutrient balance and crop productive. Soil chemical analyses is an excellent tool in order to monitoring the changes and risks from manure application. However, there is a lack of long term experiment in order to established manure rate for grain crops under subtropical condition. So, the experiment was established combining different rates of dairy liquid manure (0, 30, 60 and 90 m³ ha⁻¹ year⁻¹) with start fertilization recommended crop grain crops and cover crop (0, 50 and 100%). The experiment was conducted for 6 years, from 1997 to 2003, using crop rotation (soybean/black-oat/corn/wheat/black-bean/ryegrass), managed under no-tillage. Soil pH, Al, (H⁺ + Al⁺⁺⁺), Ca, Mg, K, P (Mehlich 1 and Resin), electrical conductivity and soil organic carbon were determined on soil samples collected at depths of 0-5, 5-10, 10-30, 30-50 and 50 –80 cm, after 6 years. Legume crop yields, soybean and black-bean, were no influenced by manure and chemical fertilizer amendment despite of high yield obtained. The combination of high soil fertility and N biological capacity was probably major reason for lack in answer. Also, highest manure and fertilizer rate application resulted in plant lodge, diminishing yield potential for both crops. Manure application increased corn yield in one of tow years evaluated, with increment between 13% and 20% for the different doses of manure in relation to check. Manure application also enhanced crop yield for grain wheat with increases between 9% and 26% superiors to the check. Different from wheat, black-oat was only affected by mineral fertilizer application, with superior productivity in 24% for 100% of the recommendation compared to the check. Manure and chemical fertilizer effect interaction on white-oat yield was observed with superior productivity. In addition to the general increment in the crop yield, manure application ameliorated soil acidity by increasing soil pH and decreasing (H⁺ + Al⁺³) and Al⁺³. Also, manure application had positive effect on V% and exchangeable Ca⁺⁺ in depth (50 cm). Soil exchangeable Mg⁺⁺ presented displacement until the layer of 10 cm influenced by the smallest amount added to the system. Soil extractable P Mehlich just presented answer to the manure in the superficial layer, unlike K Mehlich that presented answer in all the analyzed layers, possibly in function of the largest mobilities of this element in compensation with that. However the P resin answered to the manure in the layers 5-10 and 50-80 cm in function of the higher sensibility of this extractor compared to Mehlich. The treatments of 60 and 90 m³ ha⁻¹ years⁻¹ presented larger values of carbon in all the analyzed layers inferring that high amounts of manure can promote improvement of organic matter in depth. However, such aspect have been accompany by losses of accompanying ions and of very mobile elements in the soil profile , in function of the answer of the electric conductivity to the treatments of manure fertilization in all the analyzed layers. In addition, the soil electric conductivity increased in all the analyzed layers due to manure application, suggesting movement of accompanying ions of very mobile elements in the soil profile.

Key words : Cattle manure, no-tillage, crop rotation, chemical properties of soil, yield

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo da área de estudo antes da instalação do experimento (1998).....	13
Tabela 2. Parâmetros químicos médios da área agrícola após o experimento (2004).....	14
Tabela 3. Parâmetros químicos médios de solo adjacente à área experimental sob condição natural fase floresta ombrófila mista (2004).....	14
Tabela 4. Dosagens e fórmulas dos adubos minerais utilizados para cada cultura.....	15
Tabela 5. Rotação das culturas e suas respectivas épocas de plantio.	16
Tabela 6. Rendimentos médios de soja e feijão (Mg ha^{-1}) nos diferentes tratamentos de adubação orgânica e mineral sob sistema de plantio direto, em Castro - PR.....	20
Tabela 7. Rendimentos médios do milho (Mg ha^{-1}) nos diferentes tratamentos de adubação orgânica e mineral sob plantio direto, em Castro - PR.....	23
Tabela 8. Rendimentos médios (Mg ha^{-1}) nos diferentes tratamentos de adubação orgânica e mineral sob plantio direto, em Castro – PR: (a) trigo; (b) aveia preta; (c) aveia branca.....	29
Tabela 9. Valores de Al^{+++} trocável, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, para os diferentes tratamentos de adubação mineral (% da recomendação) e orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), na camada 50-80 cm, Castro – PR.....	37
Tabela 10. Valores calculados de CTC pH 7,0, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, para os diferentes tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), nas diferentes camadas analisadas, Castro – PR.....	37
Tabela 11. Valores de Ca^{++} trocável, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, para a interação entre as doses de adubação mineral (% da recomendação) e orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), Castro – PR.....	38
Tabela 12. Valores de Ca^{++} trocável, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, para os tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), nas profundidades 5-10 e 30-50 cm, Castro – PR.....	39
Tabela 13. Valores de Ca e Mg, em kg.Mg^{-1} , adicionados através dos diferentes tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), Castro – PR.....	40
Tabela 14. Valores de P e K, em kg.Mg^{-1} , adicionados através dos diferentes tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$), Castro – PR.....	47
Tabela 15. Interação entre doses de adubação mineral (% da recomendação) e orgânica ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) para o C, em g.kg^{-1} , na profundidade de 30-50 cm, Castro – PR.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema da distribuição em faixas dos tratamentos.....	15
Figura 2. Rendimentos médios do milho (Mg ha^{-1}) para os tratamentos de adubação mineral (% de recomendação) sob plantio direto (1998), em Castro - PR.	24
Figura 3. Rendimentos médios do milho (Mg.ha^{-1}) para os tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) sob plantio direto (2001), em Castro - PR.....	24
Figura 4. Rendimentos médios da aveia preta e aveia branca (Mg.ha^{-1}) para os tratamentos de adubação mineral (% da recomendação) sob plantio direto, em Castro (PR).....	30
Figura 5. Parâmetros químicos do solo para os diferentes tratamentos de adubação orgânica, em profundidade: (a) magnésio trocável ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); (b) pH CaCl_2 ; (c) acidez potencial H+Al^{+++} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$); (d) saturação de bases (V%), Castro-PR.....	41
Figura 6. Teores do fósforo Mehlich (a) e resina (b), em mg dm^{-3} , em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.....	43
Figura 7. Teores do fósforo Mehlich (a) e resina (b), em mg.dm^{-3} , em função dos tratamentos de adubação mineral (% da recomendação), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR....	45
Figura 8. Teores do potássio Mehlich, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.....	46
Figura 9. Teores de carbono orgânico, em g.kg^{-1} , em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.....	48
Figura 10. Teores de condutividade elétrica, em $\mu\text{S.cm}^{-1}$, em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.....	51
Figura 11. Teores de condutividade elétrica, em $\mu\text{S cm}^{-1}$, em função dos tratamentos de adubação mineral (% da recomendação), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR....	52

LISTA DE APÊNDICES

- Anexo 1.** Dados das análises químicas das diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100%) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m³.ha⁻¹), onde: (a) pH CaCl₂; (b) pH SMP; (c) H+Al (cmol_c/dm³); (d) Al⁺⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (e) P Mehlich (mg/dm³); (f) P resina (mg/dm³); (g) K Mehlich (cmol_c/dm³); (h) Ca⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (i) Mg⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (j) Condutividade elétrica (μS/cm); (k) Carbono (g/kg).....61
- Anexo 2.** Análises de variância (ANOVAS) para as diferentes profundidades amostradas, dos tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100%) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m³/ha), onde: (a) pH CaCl₂; (b) pH SMP; (c) H+Al (cmol_c/dm³); (d) V% (%); (e) Ca⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (f) Mg⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³) (g) P Mehlich (mg/dm³); (h) P resina (mg/dm³); (i) K Mehlich (cmol_c/dm³); (j) Carbono (g/kg); (k) Condutividade elétrica (μS/cm).....65

1. INTRODUÇÃO GERAL

O sistema de plantio direto tem proporcionado perspectivas de melhorias da qualidade do solo, devido principalmente à redução da erosão, possibilidade de melhor reciclagem de nutrientes, aumento da atividade biológica do solo e melhor manejo e aproveitamento de resíduos culturais (Ceretta et al., 2002). Tais aspectos têm favorecido a expansão desse sistema de cultivo pelo Estado do Paraná, inclusive em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, atividade característica de bacias leiteiras de importância econômica singular no Estado.

A alta produção de resíduos da atividade leiteira propicia a utilização do esterco na adubação de culturas de interesse agrônomo, inclusive com destinação desses resíduos para fins de adubação agrícola em propriedades familiares que apresentam como principal característica a elevada diversificação de atividades, aspecto que em muito tem favorecido um histórico de longos períodos com adubação orgânica.

Durante muitos anos, tal prática não acarretou em maiores problemas, entretanto diversos estudos têm demonstrado que esse manejo pode estar influenciando a qualidade das águas através do processo de eutrofização (McDowell & Sharpley, 2003; Sharpley et al., 2000; Valk et al., 2000). O enriquecimento das áreas agrícolas através da adubação com resíduos animais, para alguns nutrientes como P e N, podem estar sendo superiores a exportação desses nutrientes pelas culturas agrícolas, de forma a afetar diretamente a qualidade da água. Segundo Sharpley et al. (2000), pequenas quantidades de P ($> 0,1 \text{ mg P L}^{-1}$) na erosão hídrica, são suficientes para promover condições de eutrofização ou hipertrofização em águas. Alguns países, como Estados Unidos e Canadá já possuem estudos relacionados à determinação de áreas agrícolas com elevada restrição à entrada de P a fim de preservar a qualidade dos recursos hídricos nessas regiões (Sims, 2000). Os acúmulos de P a longo prazo em áreas com uso contínuo de esterco na adubação, ocorrem principalmente pelo fato das concentrações médias de nutrientes (N, P e K) no esterco serem muito próximas, e os cálculos de adubação serem realizados em função da necessidade de N pelas culturas.

Em relação a micronutrientes, também têm-se verificado aumento dos teores com a intensificação da adubação orgânica (Andreola et al., 2000a; Bayer & Mielniczuk, 1997), além de possibilidade de movimentação de metais pesados com elevada aplicação de biossólidos associada à elevada precipitação (Anjos & Mattiazzo, 2000).

Outro aspecto relevante é o fato da adequação da aplicação do esterco ao sistema de plantio direto, sem incorporação, elevando as concentrações de nutrientes nas profundidades

superficiais do solo, já aumentadas pelo manejo dos resíduos neste sistema de plantio (Silveira & Stone, 2002; Alvarez V. & Guarçoni M., 2003). Essa condição favorece portanto a contaminação de águas por escoamento superficial, através do carregamento de partículas de solo com altas concentrações de nutrientes. Entretanto, a utilização do esterco na adubação orgânica aliada ao sistema de plantio direto, promove o aumento da matéria orgânica no solo, podendo alcançar profundidades maiores que a camada arável quando utilizadas quantidades elevadas de esterco, dependendo principalmente da textura do solo e da ação da macrofauna (Andreola et al., 2000a), além de liberação gradual de nutrientes (Souza & Melo, 2000; Bayer & Mielniczuk, 1997).

A adição de esterco favorece a complexação do alumínio trocável, reduzindo seus teores no solo, além de aumento de pH do solo, proporcionando elevação da CTC (Andreola et al., 2000a, Bayer & Mielniczuk, 1997). Sua aplicação fornece energia e carbono à população microbiana do solo, favorecendo as biotransformações dos nutrientes, principalmente do P (Rheinheimer et al., 2000; Bayer & Mielniczuk, 1997). Adições contínuas de resíduos orgânicos não incorporados favorecem a formação e estabilidade de agregados, retenção de água, porosidade e aeração do solo (Andreola et al., 2000b; Bayer & Mielniczuk, 1997; Klein & Libardi, 2002).

Sob condições de longo período de manejo sob sistema de plantio direto, adubação orgânica com esterco e solo apresentando elevada fertilidade, não se espera a obtenção de respostas em produtividade para as culturas da rotação realizada, mesmo para culturas responsivas à adubação, como é o caso das gramíneas. Além disso, com a aplicação de altas doses de esterco nestas condições, espera-se obter aumentos na concentração superficial de nutrientes, e deslocamento dos nutrientes mais móveis em profundidade no perfil.

Dessa forma, também objetiva-se com esse trabalho, a obtenção de doses adequadas de aplicação esterco na adubação de culturas de interesse agrícola, enfatizando para as rotações características do Estado do Paraná. Além disso, almeja-se contribuir com informações que permitam uma melhor compreensão da melhoria das qualidades químicas do solo em longo prazo, proporcionada através da integração da adubação orgânica com esterco de bovinocultura leiteira e do manejo adequado do solo através do sistema de plantio direto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Capão-Alto, propriedade da Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, no Município de Castro-Paraná. Essa região fisiográfica é denominada de Primeiro Planalto Paranaense, no qual está localizada nas coordenadas 24°50' de latitude Sul e 49°50' de longitude Oeste, com altitude média de 900 metros (Maak, 1968).

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, pertence ao tipo Cfb, clima temperado. Registra temperaturas médias dos meses mais frios entre 13°C a 14°C, e temperaturas médias nos meses mais quentes entre 23°C a 24°C. A temperatura média anual encontra-se entre 17°C a 18°C, sem estação seca definida, com pluviosidade anual entre 1400 a 1600 mm, sendo a média nos meses mais secos entre 250 a 350 mm, e nos meses mais chuvosos entre 400 a 500 mm. A umidade relativa média do ar apresenta-se entre 70 a 75%, e a evapotranspiração média entre 900 a 1000 mm (IAPAR, 2000).

O tipo de solo, de acordo com a classificação de EMBRAPA (1999) é caracterizado como LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico A proeminente textura argilosa fase campo subtropical com relevo suave ondulado. As características químicas médias do solo podem ser observadas na Tabela 1, por ocasião da instalação do experimento, e na Tabela 2, após o período de estudo.

A Tabela 3 apresenta os valores da análise química do solo para a condição natural, cuja coleta foi realizada em área adjacente à área experimental sob fase vegetal de floresta ombrófila mista.

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo da área de estudo antes da instalação do experimento (1998).

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	H+Al	Al ⁺⁺⁺	K ⁺ Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺			P resina mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	MO g.dm ⁻³	V%
				cmolc.dm ⁻³						
0-10	5,1	6,09	0,08	0,32	3,75	1,67	94,6	26,0	44,8	48,5
10-30	5,3	4,97	0,03	0,15	3,99	1,86	53,2	21,0	36,2	54,7

Tabela 2. Parâmetros químicos médios da área agrícola após o experimento (2004).

Profundidade (cm)	pH		H+Al	Al ⁺⁺⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	P Mehlich mg.dm ⁻³	C g.kg ⁻¹	MO g.kg ⁻¹	V%
	CaCl ₂	SMP									
0-5	5,3	6,1	4,54	0,0	0,7	2,8	1,9	40,3	31,3	53,9	54,3
5-10	5,1	5,9	5,41	0,0	0,5	2,1	1,3	19,1	25,0	43,1	41,8
10-30	5,2	6,3	4,12	0,0	0,4	2,4	1,3	8,8	21,1	36,2	49,9
30-50	5,2	6,0	5,11	0,0	0,3	1,9	1,1	3,7	19,4	33,3	39,2
50-80	4,8	5,9	5,57	0,1	0,2	1,0	0,8	2,0	16,4	28,2	26,4

Tabela 3. Parâmetros químicos médios de solo adjacente à área experimental sob condição natural fase floresta ombrófila mista (2004).

Profundidade (cm)	PH		H+Al	Al ⁺⁺⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	P Mehlich mg.dm ⁻³	C g.kg ⁻¹	MO g.kg ⁻¹	V%
	CaCl ₂	SMP									
0-5	4,2	5,1	9,7	2,7	0,21	0,5	0,15	8,2	49,8	85,7	8,1
5-10	4,1	5,0	10,5	3,4	0,10	0,1	0,01	3,5	38,9	66,9	1,9
10-30	4,2	5,2	9,0	3,3	0,07	0,01	0,0	2,3	36,5	62,8	0,9
30-50	4,3	5,6	6,7	2,6	0,04	0,0	0,0	1,5	26,9	46,3	0,6
50-80	4,4	5,5	7,2	2,3	0,04	0,0	0,0	2,8	23,2	39,9	0,6

2.2. Condução do experimento

Na área de estudo foram determinadas as produtividades das culturas utilizadas na rotação agrícola em sistema de plantio direto, por um período de 6 anos, entre os anos agrícolas de 1997 a 2003.

A área apresenta, anteriormente ao período de estudo, um histórico de 16 anos de adubação orgânica com esterco sob rotação de culturas típicas da região, sendo no verão, principalmente milho (*Zea mays*), e no inverno azevém (*Lolium multiflorum*), ambas para a produção de silagem de planta inteira. Tais fatores são determinantes da elevada fertilidade apresentada pelo solo do experimento.

Foram aplicadas diferentes doses de esterco em superfície, provenientes de bovinocultura leiteira local em sistema de confinamento, simultaneamente a diferentes doses de adubo mineral, de acordo com a recomendação agrícola para as culturas realizada pela Fundação ABC.

O experimento foi instalado em 3 blocos casualizados, distribuídos em faixas, onde os fatores estudados foram: 4 doses de adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m³.ha⁻¹.ano), e 3 doses de

adubação mineral (0, 50 e 100% da recomendação para as culturas), como representado na Figura 1.

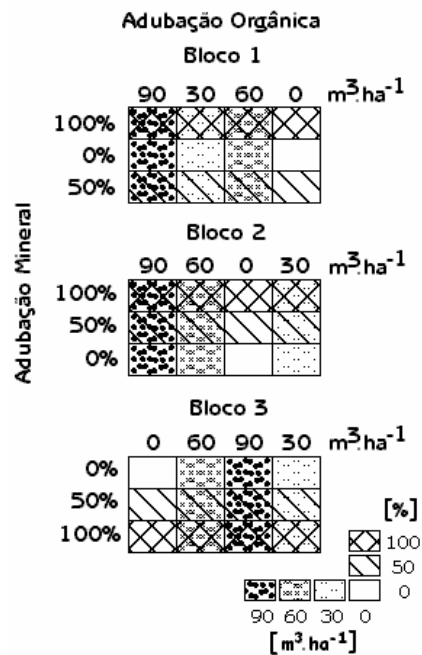


Figura 1. Esquema da distribuição em faixas dos tratamentos.

A dose de esterco dos tratamentos foi aplicada de forma parcelada, em duas vezes iguais, uma antes da semeadura das culturas de verão e outra antes da semeadura de inverno, em superfície, sem incorporação.

A dose de adubo mineral corresponde à porcentagem em relação ao recomendado para as culturas, sem aplicação de esterco, de acordo com as doses e fórmulas apresentadas na Tabela 4. Para todos os tratamentos foi aplicado o fertilizante de cobertura.

Tabela 4. Dosagens e fórmulas dos adubos minerais utilizados para cada cultura.

Cultura	Adubação de base (plantio) kg.ha ⁻¹			Adubação de Cobertura kg.ha ⁻¹
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N (Uréia)
Trigo	20	40	40	45 (100 kg de uréia)
Milho	30	60	60	90 (200 kg de uréia)
Soja	0	40	40	0 (0 kg de uréia)
Feijão	12	60	60	45 (100 kg de uréia)

As rotações de culturas e cultivares estão apresentadas na Tabela 5, com as respectivas épocas de semeadura.

Tabela 5. Rotação das culturas e suas respectivas épocas de plantio.

	Verão	Período	Inverno	Período
97/98	Soja (FT – Abyara)	01 – 20/11	Aveia Preta (comum)	01 – 20/05
98/99	Milho (AG 9012)	20/09 – 10/10	Trigo (OR1)	20/05 – 10/06
99/00	Feijão carioca (comum)	01 – 20/12	Aveia Branca (Orla)	01 – 20/05
00/01	Soja (FT – Abyara)	01 – 20/11	Aveia Preta (comum)	01 – 20/05
01/02	Milho (DKB 214)	20/09 – 10/10	Trigo (OR1)	20/05 – 10/06
02/03	Feijão carioca (comum)	01 – 20/12	Aveia Branca (Orla)	01 – 20/05

Os controles de plantas daninhas, pragas, doenças e tratos culturais foram realizados conforme as recomendações para cada safra, buscando evitar a influência destes fatores sobre a produtividade das mesmas, de acordo com o recomendado pela Fundação ABC. Da mesma forma, a semeadura direta foi realizada conforme a recomendação para cada cultura.

A produtividade foi determinada em área útil de 28 m², representando 4 linhas de cada parcela, para cada tratamento, e após correção da umidade para 13 %, os valores foram convertidos para Mg.ha⁻¹.

2.3. Amostragens

Foram realizadas amostragens deformadas de solo, para cada profundidade, em cada parcela, para as determinações químicas de fósforo (P) Mehlich e resina, potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺²), magnésio (Mg⁺²), alumínio trocável (Al⁺³), pH CaCl₂ e pH SMP, e condutividade elétrica, de acordo com metodologia descrita em EMBRAPA (1997). A determinação do carbono (C) foi realizada de acordo com o método colorimétrico adaptado de Raij & Quaggio (1983).

Para as profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, e 10-30 cm, foram realizadas amostras compostas de 12 amostras simples, enquanto que para as demais profundidades, 30-50 cm e 50-80 cm, cada amostra composta foi determinada a partir de 6 amostras simples, utilizando-se trado calador para as 3 primeiras profundidades (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm), e trado holandês para as demais (30-50 cm e 50-80 cm).

As coletas foram realizadas aleatoriamente nas parcelas, e com os cuidados recomendados para a não contaminação das amostras superiores, como limpeza de amostras no sentido das profundidades maiores para as menores.

2.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado é o de experimento em faixa (“split plot”), parcelas sub-divididas, com 3 blocos (repetições), 3 tratamentos horizontais (adubação mineral) e 4 tratamentos verticais (adubação orgânica), totalizando 36 subparcelas. O tamanho de cada subparcela é de 33,6 m² (4,8 m x 7,0 m), de forma que cada bloco apresenta 403,2 m² (14,4 m x 28,0 m). Os blocos estão separados por faixa de bordadura de 1,0 m.

2.5. Análise estatística

As produtividades por subparcela foram analisadas pela análise de variância, e as médias comparadas através do teste de Duncan a 5% de probabilidade (Banzatto & Kronka, 1995; Pimentel Gomes, 2000). Foram determinadas as equações de regressão das produtividades nos tratamentos significativos, com seus respectivos coeficientes de determinação (R²).

Os valores dos parâmetros analisados submetidos à análise estatística estão disponibilizados em anexo neste trabalho.

3. CAPÍTULO I – ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA ROTAÇÃO DE CULTURAS NOS CAMPOS GERAIS – CASTRO, PARANÁ

3.1. Introdução

O sistema de plantio direto tem proporcionado perspectivas de melhorias na qualidade do solo. A redução da erosão, maior ciclagem de nutrientes, aumento da atividade biológica do solo e melhor aproveitamento de resíduos culturais (Ceretta et. al., 2002) têm sido apontados como aspectos favoráveis à expansão desse sistema de cultivo no Estado do Paraná.

Além disso, é expressiva a adoção do sistema de plantio direto em bacias leiteiras, nos Campos Gerias do Paraná. Nesta região, a alta densidade de produção de resíduos propicia um excedente utilizado na adubação agrícola. Entretanto, ainda são poucos os estudos relacionados à determinação de dosagens adequadas de esterco em rotação de culturas agrícolas, visando à otimização da produtividade aliada à qualidade ambiental. Alguns aspectos relacionados com o uso de esterco, apenas podem ser verificados em experimentos de médio e longo prazo, devido à construção gradual da qualidade do solo com o uso contínuo de adubos orgânicos.

Aumentos nas produtividades também têm sido relatados na literatura. Scherer (2000), em estudo de quatro safras de milho sob plantio direto, obteve aumentos gradativos em produtividade ao longo dos anos com uso de esterco de suínos, alcançando produtividades entre 10% e 16% superiores quando comparadas a fontes de nitrogênio mineral, na safra 99/00.

Konzen (2003) apresentou produtividades de milho com uso de doses crescentes de dejetos suínos (45, 90, 135 e 180 m³.ha⁻¹) superiores à adubação química exclusiva em 48%, 85%, 112% e 119%, respectivamente, variando de 5,2 a 7,7 Mg.ha⁻¹, em solos de cerrado de baixa fertilidade natural (safra 85/87). O mesmo autor encontrou respostas de produtividade para o milho sob adubação exclusiva com 100 m³.ha⁻¹ de esterco de suinocultura foram 39% e 12% superiores à adubação química exclusiva, alcançando produtividades de 9,0 e 6,9 Mg.ha⁻¹, para as safras 99/00 e 01/02, respectivamente.

Para a cultura da soja sob plantio direto com adubação de 25, 50 e 75 m³.ha⁻¹ de dejetos líquido de suíno, o alcance de produtividades foram superiores as da adubação química quando utilizados 320 kg.ha⁻¹ de 02-20-18, em 6%, 9% e 9%, respectivamente, em torno de 3,5 Mg.ha⁻¹, em experimento em solos do cerrado sob plantio direto (Konzen, 2003).

Além disso, há uma tendência de que as produtividades de culturas sob sistema de plantio direto estabilizem ao longo do tempo (Pauletti et al., 2003), evidenciando a construção gradual da fertilidade do solo.

Entretanto, em virtude da elevada fertilidade inicial do solo da área experimental, não espera-se obter respostas de produtividade, mesmo para culturas responsivas, como as gramíneas. Sendo assim, a obtenção de respostas em aumentos de produtividade, fornecem subsídio para a obtenção e a recomendação de doses adequadas de aplicação de esterco aliada à adubação mineral, para as culturas estudadas.

3.2. Resultados e discussão

3.2.1. Soja e Feijão

As produtividades das leguminosas de verão (Tabela 6) não apresentaram interação entre as adubações orgânica e mineral, além de não resposta no efeito simples dos tratamentos. As produtividades foram altas para ambas culturas, superando as médias estaduais, que se segundo a SEAB/DERAL (2004) são de 2,8 Mg.ha⁻¹ e 1,4 Mg.ha⁻¹, para as culturas da soja e feijão, respectivamente, nos anos agrícolas em estudo. Observa-se ainda que a produtividade se manteve estável ao longo dos anos, possivelmente indicando o não esgotamento do solo no período estudado, para essas culturas. Produtividades elevadas sob sistema de plantio direto (Caires et al, 2003) e adubação com esterco (Holanda et al., 1982; Warman, 1987; Scherer, 2000; Konzen, 2003) têm sido descritas na literatura.

No presente estudo, deve-se ainda considerar uma ressalva para o ano agrícola de 1999, no qual houve interferência climática por ocasião do *El nino*, influenciando na distribuição de chuvas e afetando a média produtiva da cultura do feijão, aspecto verificado na redução do rendimento em comparação à safra 2002/2003.

Tabela 6. Rendimentos médios de soja e feijão (Mg.ha⁻¹) nos diferentes tratamentos de adubação orgânica e mineral sob sistema de plantio direto, em Castro - PR.

Adubação orgânica (m ³ .há ⁻¹)	Adubação mineral (%)											
	Soja						Feijão					
	1997			2000			1999			2002		
	0%	50%	100%	0%	50%	100%	0%	50%	100%	0%	50%	100%
0	4,2	3,9	3,6	3,8	3,5	3,4	2,2	2,4	2,5	3,8	3,4	3,6
30	3,8	3,8	4,1	3,6	3,8	3,6	2,9	2,6	2,6	3,8	3,7	3,5
60	3,7	3,9	3,7	3,8	3,7	3,6	2,7	3,0	2,7	3,8	3,5	3,1
90	3,8	3,9	3,7	3,7	3,8	3,7	2,5	2,5	2,8	3,7	3,5	3,7
Média	3,8			3,7			2,6			3,6		
C.V.	10,7%			6,0%			10,3%			7,2%		

As altas produtividades encontradas no experimento e a não resposta das culturas aos tratamentos, podem ser justificadas pela excelente condição de fertilidade do solo (Tabelas 1 e 2), e também pelas prováveis condições físicas e biológicas inerentes (dados não publicados), pois o local vinha sendo cultivado há vários anos sob sistema de plantio direto com uso de elevadas

doses de esterco, como pode ser observado através das elevadas produtividades alcançadas pela testemunha.

Como o solo apresenta horizonte A profundo, com teores médios a altos de matéria orgânica (CFSRS/SC, 1997) até a camada analisada (80 cm), indica um grande estoque de carbono e nutrientes ligados a essa fração. Ainda, proporciona uma alta capacidade de armazenar água e elevada CTC (Canellas et al., 1999).

Além disso, observou-se a não ocorrência de elementos químicos limitantes ao crescimento radicular, visto que o Al^{+3} tóxico era praticamente ausente em todas as camadas analisadas, resultando em elevado pH, cuja variação foi de 4,8 a 5,9 e 4,6 a 5,3 nas profundidades de 0-5 e 50-80 cm, respectivamente. O crescimento radicular pode ter sido favorecido também pela presença de canais preferenciais de penetração de água e raízes (Stone & Silveira, 2001; Costa et al., 2003), visto que foi constatada presença de grande número de orifícios na superfície do solo (bioporos) por ocasião da amostragem. Estudos na região demonstraram haver uma grande abundância de minhocas em solos sob plantio direto comparado ao plantio convencional (Tanck et al., 2000; Ressetti, 2004). Ainda, os teores de nutrientes analisados (P, K, Ca e Mg) encontravam-se em nível de médio a alto na camada arável (0-20 cm), sugerindo a não limitação de fertilidade, mesmo na ausência de adubação de base por seis anos (Tabela 2).

Contrariando falta de resposta ao uso de adubo orgânico e mineral, Konzen (2003), trabalhando na região do Cerrado sob baixa fertilidade e produtividade, obteve aumentos de produtividade na cultura da soja em torno de 29,4; 33,2; 32,8 e 22,0 %, para adubação exclusiva com 25, 50 e 70 $m^3 \cdot ha^{-1}$ de dejetos suínos e adubo mineral, respectivamente, indicando a importância da fertilidade do solo na resposta à adubação orgânica.

Além da alta fertilidade, outro aspecto que pode ter influenciado as produtividades obtidas é a rotação de culturas (Santos et al., 2003), pois a inclusão de gramíneas de inverno tem propiciado aumentos no rendimento das leguminosas de verão (Andreola et al., 2000c). Os últimos autores constataram aumento de 232 $kg \cdot ha^{-1}$ no rendimento de grãos de feijão pela cobertura do solo (aveia preta mais nabo forrageiro) sem adubação. Ainda, não encontraram diferenças significativas de produtividades para o feijão na comparação entre adubações orgânica, organomineral e mineral, corroborando com os resultados aqui obtidos.

Ruedell (1995) obteve o dobro da produtividade estadual de soja no período de 1986 a 1994, sob sistema de plantio direto comparado ao convencional, em solo inicialmente de baixa fertilidade, tendo resposta significativa do benefício da rotação com milho. O rendimento da soja no primeiro ano (soja/milho) foi 20,3 % maior sob rotação com milho comparada à soja

exclusiva, alcançando 10,5 % no segundo ano (soja/soja/milho). Tal fato é indicativo da importância da rotação gramínea/leguminosa sob a produtividade das culturas leguminosas, além do seu favorecimento através do manejo adequado da palhada e da melhoria das qualidades intrínsecas do solo. Ainda, em dois anos de cultivo, Hoffmann et al. (2004) constataram maiores produtividade da soja sob sistema de rotação de culturas (soja/milho) em comparação ao monocultivo, em torno de 9,8 %.

A não resposta à adubação para estas culturas pode ter sido influenciada ainda pelo crescimento excessivo resultando em acamamento, fato comum aos solos de alta fertilidade da região, principalmente quando ao uso de elevada dose de adubação orgânica, comprometendo assim a produtividade. Logo, condições climáticas, fertilidade do solo e cultivares devem ser avaliadas quando do uso de adubação orgânica, visto que ao suprir as leguminosas em P e K através desses adubos, aplica-se quantidades suficientes de N que podem ocasionar acamamento e decréscimo na produtividade.

Em geral, para leguminosas, foi possível obter produtividades elevadas, mesmo para culturas responsivas a N como o feijão, apenas utilizando adubação de cobertura em N, ou seja, a menor dose de N aplicada. Fica claro, que a construção da fertilidade via adubação orgânica e mineral, permite a manutenção de elevada produtividade sem uso de P e K, em longo prazo, aspecto melhor discutido no Capítulo II deste trabalho.

3.2.2. Milho

Assim como as leguminosas de verão, as produtividades obtidas para a cultura do milho (Tabela 7), mesmo na ausência de adubação de base, superaram a média estadual dos anos em estudo, de 4,4 Mg.ha⁻¹ (SEAB/DERAL, 2004); confirmando o alto potencial de produtividade do solo.

Tabela 7. Rendimentos médios do milho (Mg.ha⁻¹) nos diferentes tratamentos de adubação orgânica e mineral sob plantio direto, em Castro - PR.

Adubação orgânica (m ³ .ha ⁻¹)	Adubação mineral (%)								
	1998				2001				
	0%	50%	100%	Média	0%	50%	100%	Média	
0	8,8	9,8	10,6	9,7	10,5	11,0	12,0	11,2	B
30	10,3	10,1	10,9	10,4	11,7	13,0	13,2	12,6	A
60	10,3	10,6	11,2	10,7	12,5	13,2	13,5	13,0	A
90	10,5	10,5	11,0	10,7	13,8	13,6	13,0	13,4	A
Média	10,0	10,3	11,0	10,4	12,1	12,7	13,0	12,6	
C.V.				6,1%				7,6%	

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

No ano agrícola de 1998, não houve interação entre os tratamentos, havendo apenas aumento significativo na produtividade ao nível de 7 % de probabilidade, para adubação mineral, onde a dose máxima diferiu da testemunha (sem adubo), em um aumento de 1,0 Mg.ha⁻¹ (Figura 2).

Já para o ano agrícola de 2001, apenas foi verificado efeito da adubação orgânica sobre o rendimento, onde a produtividade sem adubação foi menor que a sob adubação orgânica (Tabela 7). Contudo, diferente das leguminosas que obtiveram decréscimo ou não aumento da produtividade com o uso de doses maiores que 30 m³.ha⁻¹, o milho demonstrou tendência de acréscimo de produtividade em 400 kg.ha⁻¹ a cada dose de 30 m³.ha⁻¹ de esterco (Figura 3).

Assim, há um indicativo de não haver inconvenientes no uso de altas doses de esterco, devendo-se, todavia, analisar os aspectos econômicos e ambientais relacionados, de forma que altas doses podem ser utilizadas no milho sem haver comprometimento da produtividade, o mesmo não ocorrendo para leguminosas. Tal aspecto pode estar relacionado com a maior sensibilidade ao acamamento observado nas culturas leguminosas.

Figura 2. Rendimentos médios do milho ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os tratamentos de adubação mineral (% de recomendação) sob plantio direto (1998), em Castro - PR.

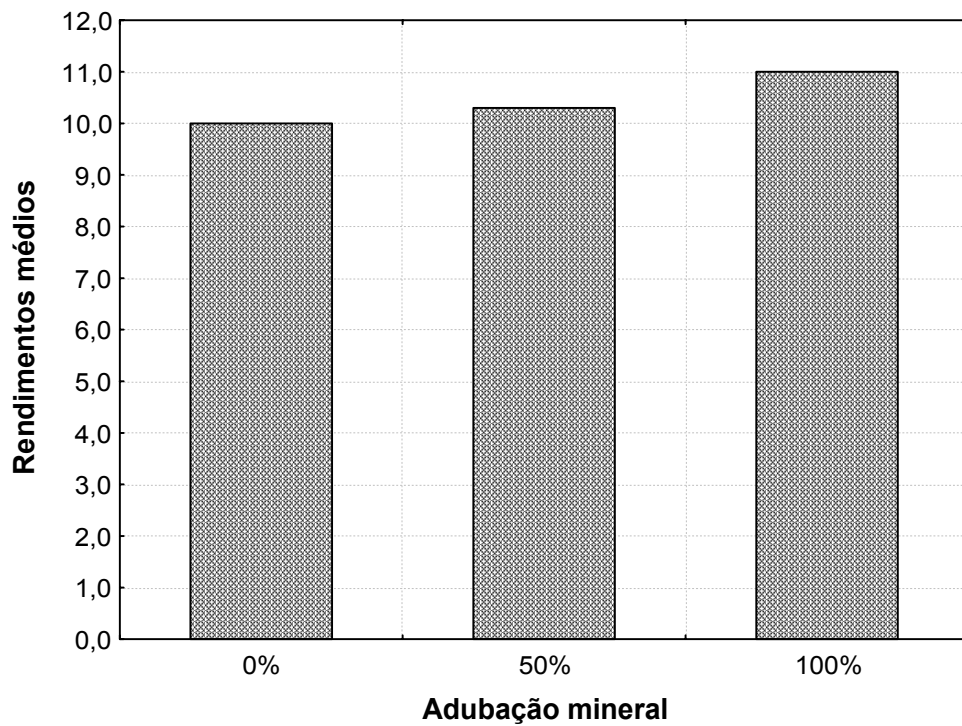
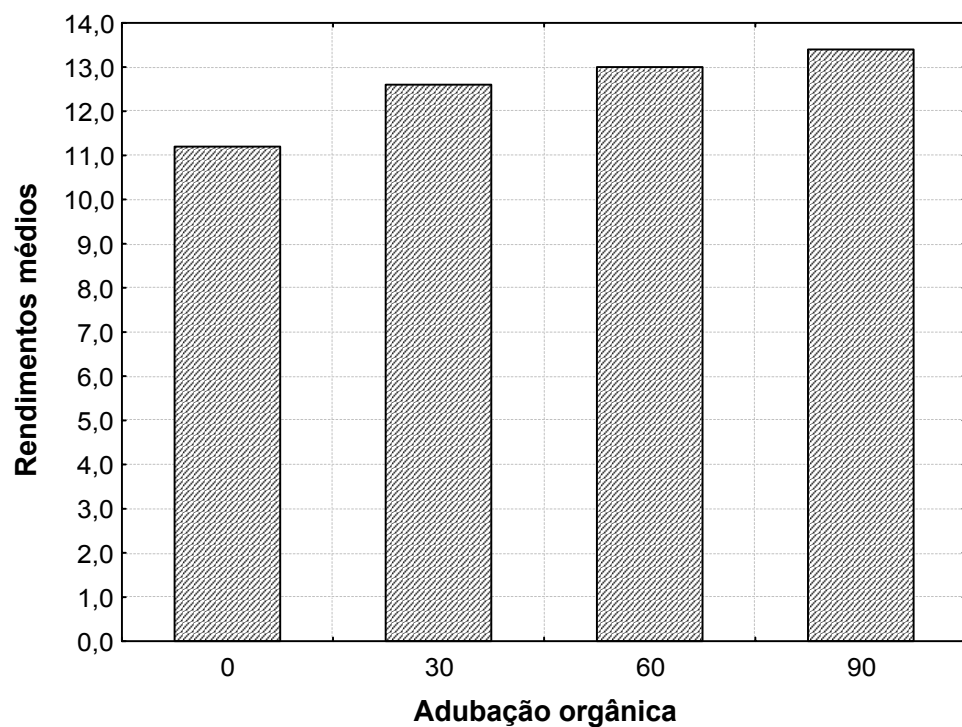


Figura 3. Rendimentos médios do milho ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) sob plantio direto (2001), em Castro - PR.



Resultados similares foram verificado por Konzen (2003), que não obteve resposta produtiva do milho à adição de 30, 60 e 90 kg.ha⁻¹ de N em cobertura, em experimento com 45, 90 e 135 m³.ha⁻¹ de dejetos suínos, em Latossolo Vermelho de cerrado, sob plantio direto, o qual infere que as dosagens de dejetos nas doses aplicadas supriram as necessidades em nitrogênio para as produções de 7,0 e 8,0 Mg.ha⁻¹ de milho.

A excelente condição de fertilidade do solo (acidez, teor de matéria orgânica, profundidade do horizonte A e disponibilidade dos nutrientes analisados), foi fator preponderante na obtenção de altas produtividades. A ausência de sintomas visuais de deficiência nutricional na cultura do milho, para todos tratamentos aplicados, é mais um indicativo da realização de suprimento adequado nutricional, mesmo sob redução na adubação de base (testemunhas).

Todavia, efeitos da adubação orgânica na produtividade não eram esperados devido aos rendimentos obtidos nas testemunhas superarem em muito as produtividades regionais, e à excelente condição de fertilidade do solo. Certamente, que o aumento significativo obtido, mesmo sob tal condição de ausência de adubação de base, refere-se ao efeito residual, em longo prazo, do aporte de nutrientes provenientes das adubações mineral e orgânica, como discutido anteriormente.

Entretanto, neste contexto, o favorecimento das condições de qualidade do solo realizadas pelo incremento de matéria orgânica no sistema, certamente foi fator decisivo para tais resultados.

Estudos têm apresentado grande aumento na produtividade referente a aplicações de matéria orgânica em condições de solos pobres (Holanda et al., 1982; Beauchamp, 1983; Warman, 1987; Konzen, 2003; Scherer, 2000), demonstrando que a matéria orgânica pode aumentar o potencial produtivo do solo. Konzen (2003), obteve produtividades de 5,2 até 7,7 Mg.ha⁻¹ na cultura do milho com doses crescentes de dejetos suínos (45, 90, 135 e 180 m³.ha⁻¹), em contrapartida a testemunha e adubação química completa (1,6 e 3,8 Mg.ha⁻¹).

Lunkes et al. (2002) em estudo com diversas rotações antecessoras do milho, em tratamentos com 0, 20, 40 e 80 m³.ha⁻¹ de dejetos de suínos aplicados antes da semeadura do milho, foram obtidas produtividades entre 8,0 e 11,0 Mg.ha⁻¹, com 80 m³.ha⁻¹ de esterco, representando aumentos entorno de 1,3 e 5,3 vezes ao rendimento da testemunha, em diferentes coberturas e formas de aplicação.

Outro fato a ser considerado quanto a pequena resposta à adubação, é uso da rotação soja/milho no experimento, visto que, decréscimo de resposta à adubação nitrogenada para cultura do milho tem sido freqüentemente relatada na literatura quando cultivada após soja

(Mascarenhas et al., 1983). Lunkes et al. (2002) obtiveram uma redução de 50% na quantidade de dejetos a aplicar no milho cultivado em sucessão à ervilhaca consorciada com aveia, em relação à aveia solteira, para atingir uma produtividade de grãos de $8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ com uso exclusivo de NPK no milho, indicando a interferência na produtividade do milho em rotação com culturas leguminosas. Essa redução de 50 % aplica-se também a necessidade de aplicação de N quando utilizadas culturas leguminosas antecessoras ao milho (Lopes et al., 2004).

Estudos na região também têm demonstrado altas produtividades para essa cultura em áreas de plantio direto na rotação soja – milho (Loman, 2004). Em nosso estudo, as elevadas produtividades alcançadas pela cultura da soja, pode ter fornecido quantidades superiores a 80 kg de N ao sistema, resíduos deixados apenas via parte aérea (Pauletti, 2004).

Deve-se ainda considerar o aporte via parte radicular, pois o sistema de plantio direto favorece seu desenvolvimento. Ruedell (1995) constatou que o número de raízes da cultura do milho sob plantio direto encontrava-se entre 18 a 31% superiores ao sistema convencional, em 3 anos de estudo. Ainda, Costa et al. (2003) demonstraram que embora ocorra compactação superficial no sistema de plantio direto, os rendimentos obtidos para o milho e soja neste sistema foram superiores ao convencional, de forma que nenhum fator físico restringiu o desenvolvimento do sistema radicular das culturas sob plantio direto há 21 anos.

Gramíneas de inverno, em geral têm sido beneficiadas pela liberação do N fixado pelas culturas leguminosas de verão, principalmente pela soja (Aita et al, 2004), mantendo o nitrogênio no sistema (Amado et al., 2003), e o disponibilizando lentamente (Aita et al. 2001). Lopes et al. (2004) inferiram sobre a rápida ciclagem dos resíduos da aveia-preta no solo, tornando o N disponível para as plantas. Tal aspecto é de suma importância, pois evidencia o fornecimento de N ao milho, da rotação soja/aveia-preta/milho. Os resíduos culturais da pós colheita da soja podem acrescentar ao solo teores entre 17 e 59 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N (Wiethölter, 1996). Hunt et al. (1985) discutiram sobre teores adicionados de N_2 provenientes da fixação biológica da soja estimados entre 58 a 67 % em sistemas conservacionistas e 49 a 65 % em sistema de preparo convencional.

Assim como a rotação de culturas, o uso de cobertura de inverno também tem afetado os resultados obtidos. Como vantagens do uso de aveia como cobertura estão rusticidade, rápido crescimento inicial proporcionando adequada cobertura do solo, eficiência no controle de plantas daninhas, dentre outras (Ceretta et al., 2002). Contudo, estudos têm demonstrado melhores rendimentos para o milho após leguminosas (Aita et al., 1994), ou após consorciação de gramíneas com leguminosas (Basso & Ceretta, 2000).

O aporte de N fornecido via leguminosas e adubação, pode ter superado a necessidade das gramíneas de cobertura, de forma que grande parte desse N permanece no sistema. Esse aspecto evidencia o fato de que as elevadas produtividades do milho podem ter sido influenciadas pela cultura da soja, aliada ao favorecimento da qualidade do solo em função do aumento de matéria orgânica.

O fato de ter ocorrido resposta para a cultura do milho em 2001, ao contrário do verificado na safra de 1998, pode ser indício de um esgotamento gradual da fertilidade do solo. Entretanto, deve-se considerar que as produtividades alcançadas pela cultura em 2001 foram superiores às obtidas em 1998, em praticamente $2,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, em todos os tratamentos. Esse incremento foi verificado também nas médias estaduais de $3,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para a safra 98/99, e de $5,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para 00/01 (SEAB/DERAL, 2004), indicando uma provável interferência climática no ano agrícola de 1998. Possivelmente, esta interferência ambiental impediu que a cultura do milho aumentasse seu potencial produtivo neste ano, ao contrário do ocorrido em 2001, além de influenciar a não resposta à adubação observada na safra 98/99.

3.2.3. Culturas de inverno

Assim como nas culturas de verão, não foi observado interação entre adubação orgânica e mineral para as produtividades trabalhadas.

Ainda, similar ao observado para as culturas de verão, a produtividade do trigo obtida no ano de 1999, ficou muito acima de média de $1,4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ do estado. Confirmam a boa condição do solo, aliada a uma condição climática favorável no ano de plantio. A cultura do trigo respondeu à adubação orgânica, com maiores produtividades quando do uso de adubo comparado à testemunha. Mas, comparando-se entre adubos, as dosagens maiores (60 e $90 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) não diferiram entre si, embora tenham diferido da dose de $30 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de adubo orgânico (Tabela 8a).

Apenas uma tendência de resposta à adubação mineral, para a cultura do trigo, foi observada com aumento significativo ao nível de 8 % de probabilidade, verificada nas médias de 4,9; 5,5 e $5,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para os 0, 50 e 100 % da recomendação de adubação para a cultura. Tal fato pode ser indício de que a adubação orgânica esteja contribuindo plenamente com as necessidades da cultura, principalmente P e K, uma vez que a necessidade de N prontamente disponível para o arranque inicial está sendo suprida pela adubação mineral, considerando ainda que o trigo é cultura sucessora ao milho nesta rotação, fato que predispõe a uma maior resposta à adubação.

Um aspecto importante é de que o trigo é uma cultura influenciada pela rotação. Ruedell (1995) alcançou 38,5% a mais no rendimento do grão em rotação de 3 anos com 1 ano de trigo, comparado à sucessão soja/trigo sem rotação, sob sistema de plantio direto. Neste caso, a cultura do milho não foi utilizada na rotação. Quando o milho foi utilizado como cultura antecessora ao trigo a produtividade obtida foi em torno de 6% menor, indicando carência de N e problemas fitossanitários da rotação. Wiethölter (2000) obteve rendimentos do trigo em torno de 23,2% superiores na rotação soja/trigo comparada a milho/trigo, inferindo que a soja contribui em cerca de 359 kg de grão de trigo/ha, dependendo da dose de N aplicada.

Considerando-se os aspectos supradescritos para a cultura do milho, de maiores respostas das gramíneas à adubação e do efeito da rotação com leguminosas, pode-se inferir que as gramíneas em geral, suportam maiores dosagens de aplicação de adubos orgânicos, sem prejudicar a produtividade.

As tabelas 8b e 8c apresentam o comportamento dos rendimentos médios para as aveias preta e branca, respectivamente, no qual se torna visível o aumento produtivo das aveias em relação a maior dose de adubação mineral, certamente em função do efeito residual da adubação das culturas antecessoras. As aveias (aveia branca e aveia preta), com objetivo de cobertura verde na rotação, não receberam adubação mineral no presente estudo.

A aveia branca apresentou resposta à adubação orgânica (Tabela 8c), apresentando comportamento contrário ao da aveia preta (Tabela 8b), que não respondeu a esse tratamento. A cultura antecessora pode ter influenciado a resposta ao uso de esterco, visto que no caso da aveia preta foi soja. Já a aveia branca, como cultura sucessora do feijão, apresentou resposta à adubação orgânica, possivelmente devido a menor eficiência do feijão em fixar o N atmosférico. Dessa forma, a contribuição de N do feijão para a aveia branca é em menor quantidade que a contribuição da soja para a aveia preta. Outro aspecto é de que as produtividades do feijão, embora altas (média de 3,1 Mg.ha⁻¹), representam em torno de $\frac{4}{5}$ das produtividades alcançadas pela soja (média de 3,8 Mg.ha⁻¹), deixando menor resíduos e N para a próxima cultura.

Tabela 8. Rendimentos médios ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos diferentes tratamentos de adubação orgânica e mineral sob plantio direto, em Castro - PR: (a) trigo; (b) aveia preta; (c) aveia branca.

(a)

Adubação orgânica ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$)	Adubação mineral (%)			Média	
	0%	50%	100%		
	1999				
0	4,1	4,9	5,1	4,7	B
30	4,8	5,2	5,4	5,1	AB
60	5,2	5,9	5,9	5,7	A
90	5,3	6,1	6,2	5,9	A
Média	4,9 ns	5,5 ns	5,7 ns	5,3	
C.V.				6,4%	

(b)

Adubação orgânica ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$)	Adubação mineral (%)			Média	
	0%	50%	100%		
	1998				
0	1,8	2,1	2,5	2,1	NS
30	2,0	2,4	2,4	2,3	NS
60	2,2	2,3	3,0	2,5	NS
90	2,3	2,1	2,7	2,4	NS
Média	2,1 b	2,2 b	2,6 a	2,3	
C.V.				17,4%	

(c)

Adubação orgânica ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$)	Adubação mineral (%)			Média	
	0%	50%	100%		
	2000				
0	2,3	2,6	3,3	2,7	B
30	2,8	3,5	3,7	3,3	A
60	3,1	3,4	4,2	3,6	A
90	3,5	3,5	4,0	3,7	A
Média	2,9 b	3,3 b	3,8 a	3,3	
C.V.				14,7%	

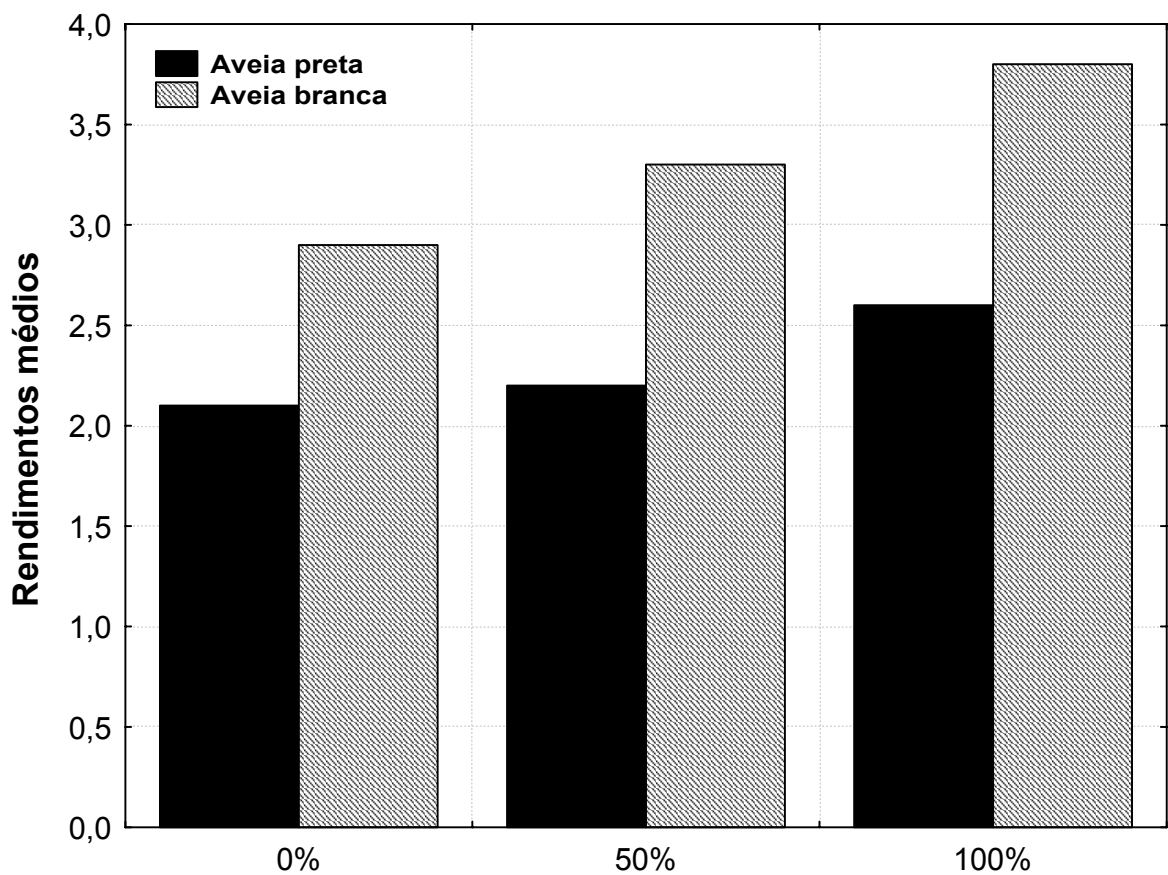
Médias seguidas de mesma letra, na linha ou na coluna, não diferem significativamente pela teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. ns – não significativo

Tanto a aveia branca quanto à aveia preta, responderam à adubação mineral a 100% da recomendação para a cultura, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 8). Embora essas culturas não tenham sido adubadas, a resposta corresponde à adubação residual das leguminosas antecessoras. É importante ressaltar que a aveia-preta é cultura sucessora da soja, e

a aveia-branca, do feijão. Este resultado pode ser interpretado como a necessidade de P e K prontamente disponível pelas gramíneas.

Observa-se ainda que a aveia-branca alcançou médias de rendimento superiores ao da aveia-preta (Figura 4). Tal aspecto pode estar relacionado com características intrínsecas da variedade, entretanto, deve-se considerar que para a aveia-branca existe um residual de adubação em N da cultura do feijão, inferindo na necessidade de N prontamente disponível pelas gramíneas, proporcionando o rápido crescimento inicial e a adequada cobertura do solo. Com a não adubação mineral dessas culturas, as possibilidades de resposta em relação à adubação mineral residual foram ampliadas.

Figura 4. Rendimentos médios da aveia preta e aveia branca ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os tratamentos de adubação mineral (% da recomendação) sob plantio direto, em Castro (PR).



3.3. Conclusões

- As culturas leguminosas de verão (soja e feijão) apresentaram produtividades elevadas embora não tenham respondido aos tratamentos, possivelmente devido a excelente condição de fertilidade do solo da área em estudo, e as qualidades químicas, físicas e biológicas intrínsecas do manejo do solo durante vários anos sob sistema de plantio direto, adubação orgânica e rotação de culturas.
- Para a cultura do milho (safra 98/99) não houve efeito dos tratamentos. Já para safra (safra 01/02) foi verificada resposta apenas à adubação orgânica, provavelmente devido aos benefícios do aumento de matéria orgânica no sistema e ao manejo do sistema de PD com intensa rotação agrícola.
- A cultura do trigo respondeu à adubação orgânica com aumentos entre 9% e 26% superiores à testemunha e apresentou tendência de resposta à adubação mineral.
- As aveias branca e preta responderam à adubação mineral, certamente em função do efeito residual da adubação das culturas antecessoras, uma vez que não receberam tal adubação por se tratarem de cobertura verde. Além disso, a aveia preta apresentou menor produtividades e resposta possivelmente por ter sido utilizada como cultura sucessora da soja, ao contrário da aveia branca, que tendo sido utilizada como cultura sucessora do feijão, recebeu menor quantidade de N fixado, além das produtividades do feijão serem inferiores à da soja.
- A aveia branca também apresentou resposta à adubação orgânica, com produtividades superiores em 37% para $90\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, em relação à testemunha.

4. CAPÍTULO II – ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL NA FERTILIDADE DO SOLO NOS CAMPOS GERAIS – CASTRO, PARANÁ

4.1. Introdução

Os solos característicos de ambiente tropical e subtropical, em sua maioria, são originalmente ácidos e pobres em nutrientes, aspecto agravado pelo contínuo uso agrícola que resulta em empobrecimento da fertilidade natural e redução dos teores de matéria orgânica ao longo dos anos (Perin et al., 2003). Visando a melhoria da qualidade do solo e a redução do impacto ambiental ocasionado pela atividade agrícola, têm-se adotado algumas práticas que estabelecem estratégias de utilização sustentável (Stone & Silveira, 2001; Souza & Melo, 2000), principalmente através da manutenção da matéria orgânica (Freixo et al., 2002a; Bayer et al., 2003), manejo de resíduos vegetais e produção de matéria seca (Bayer et al., 2000; Ceretta et al., 2002), e reposição dos nutrientes extraídos pelas culturas agrícolas (Andreola et al., 2000c). Como principais tem-se o manejo do sistema de plantio direto, rotação de culturas, adubação verde e adubação orgânica.

Estudos realizados em sistema de plantio direto apresentam menores perdas de matéria orgânica (Bayer et al., 2000; Stone & Silveira, 2001; Freixo et al., 2002a), acúmulo de matéria orgânica (Ceretta et al., 2002; Freixo et al., 2002b), e fertilidade do solo (Santos et al., 2003) em relação à sistemas de preparo não-conservacionistas, principalmente na camada superficial devido ao menor revolvimento. A preservação e aproveitamento dos resíduos vegetais (Silveira & Stone, 2002), redução da erosão (Andreola et al., 2000c) através do menor impacto energético das gotas de chuva com menores perdas de nutrientes e água por escoamento superficial e do solo, menor evaporação (Rheinheimer et al., 2000), possibilidades de melhor reciclagem de nutrientes e aumento da atividade biológica do solo (Ceretta et al., 2002).

As alterações químicas do solo proporcionadas pelo sistema de plantio direto refletem na eficiência do uso de nutrientes pelas culturas agrícolas, de forma que a rotação de culturas influencia diretamente a quantidade, qualidade e aproveitamento dos resíduos produzidos (Ceretta et al., 2002; Santos et al., 2003), e exploração de diferentes profundidades do solo pelo sistema radicular (Stone & Silveira, 2001). A relação carbono/nitrogênio C/N das espécies rotacionadas e utilizadas como cobertura verde determina a adição, perda e disponibilidade de nutrientes, e melhorias das propriedades físicas do solo (Andreola et al., 2000c).

A adubação orgânica aliada ao sistema de plantio direto vem sendo utilizada principalmente em regiões características de produção leiteira, na integração lavoura-pecuária, com a finalidade de fornecer nutrientes às culturas agrícolas e possibilitar um destino à elevada produção de resíduos animais. Entretanto, alguns autores ressaltam para a influência desse manejo no processo de eutrofização (McDowell & Sharpley, 2003; Sharpley et al., 2000; Valk et al., 2000). O enriquecimento das áreas agrícolas através da adubação com resíduos animais, para alguns nutrientes como P e N, podem estar sendo superiores a exportação desses nutrientes pelas culturas, de forma a afetar diretamente a qualidade da água. Segundo Sharpley et al. (2000), pequenas quantidades de P ($> 0,1 \text{ mg P L}^{-1}$) na erosão hídrica são suficientes para promover condições de eutrofização ou hipertrofização em águas.

Assim, alguns países, como Estados Unidos e Canadá já possuem estudos relacionados à determinação de áreas agrícolas com elevada restrição à entrada de P a fim de preservar a qualidade dos recursos hídricos nessas regiões (Sims, 2000). Deve-se considerar neste aspecto a importância de um manejo adequado do sistema de plantio direto, com produção suficiente de matéria seca que proporcione a cobertura do solo durante todo o ano (Ceretta et al., 2002), minimizando a erosão e a conseqüente perda de nutrientes adicionados através da adubação orgânica.

A adição de matéria orgânica nos sistemas agrícolas, principalmente no sistema de plantio direto onde não ocorre incorporação e há acréscimo dos resíduos de cultura, aumenta os teores de nutrientes na superfície do solo (Freixo et al., 2002a; Santos et al., 2003; Silveira & Stone, 2002; Alvarez V. & Guarçoni M., 2003). Entretanto, a utilização do esterco na adubação orgânica aliado ao sistema de plantio direto, promove o aumento da matéria orgânica no solo, podendo alcançar profundidades maiores que a camada arável (20 cm) quando utilizado quantidades elevadas de esterco, dependendo principalmente da textura do solo e da ação da macrofauna (Andreola et. al., 2000a). Esse aspecto pode ser relacionado com a discussão apresentada por Stone & Silveira (2001), onde demonstraram que apesar de haver redução da porosidade total e da macroporosidade e aumento da microporosidade no solo sob sistema de plantio direto indicando compactação, os poros apresentam-se contínuos ao longo do perfil, com galerias formadas pela atividade biológica e fendas provocadas por gradientes de umidade.

A matéria orgânica é o maior reservatório de nutrientes do solo constituindo o maior estoque de carbono da superfície terrestre, de forma que manejos inadequados que alterem a decomposição da matéria orgânica elevam suas perdas aumentando as emissões de CO_2 à atmosfera (Freixo et. al., 2002a). Segundo Anderson (1995) a matéria orgânica supera os

estoques de C na biota, apresentando entre 1200 e 1500 Pg (10^5 g) de C. O acúmulo de matéria orgânica aumenta a força iônica da solução do solo, que segundo Santos et al. (2003) é uma das razões da não ocorrência de toxidez de alumínio na camada superficial, em função da menor atividade iônica desse elemento. Andreola et al. (2000a) apresentaram vários estudos demonstrando a redução dos teores de Al trocável no solo com o uso de esterco, relatando como principal causa a complexação do alumínio por agentes quelantes existentes nos materiais orgânicos. Ressalvaram, entretanto, que este efeito é transitório e necessita de aplicações anuais para a sua constância. Os mesmos autores afirmam que quantidades elevadas de resíduos orgânicos acarretam em aumentos nos valores de pH do solo. Com essa elevação o Al trocável precipita na forma de hidróxido, de forma que em solos com pH igual ou superior a aproximadamente 5,5 os teores de alumínio trocável são insignificantes (Perin et al., 2003), e conseqüentemente proporcionando aumento da CTC principalmente em solos com predomínio de oxihidróxidos de Fe e Al (Andreola et al., 2000a).

Aumentos de pH em função do uso de elevadas doses de esterco podem estar relacionados com elevados teores de P presentes no material orgânico (Santos et al., 2003). Em dois anos de cultivo, esses autores encontraram redução do Al trocável, P extraível e K trocável da camada 0-5 cm para a 15-20 cm, e aumento dos teores de pH e Ca+Mg trocáveis. Perin et al. (2003) atentam para a influência dos teores de argila e MO nos teores de P total.

Em relação a micronutrientes, também tem-se verificado aumento dos teores, com a intensificação da adubação orgânica (Andreola et al., 2000a, Bayer & Mielniczuk, 1997), além de possibilidade de movimentação de metais pesados com elevada aplicação de biossólidos associada à elevada precipitação (Anjos e Mattiazzo, 2000). Diversos autores associaram a adubação orgânica com esterco à liberação gradual de nutrientes (Souza e Melo, 2000; Bayer & Mielniczuk, 1997). Sua aplicação fornece energia, carbono e elétrons à população microbiana do solo, favorecendo as biotransformações dos nutrientes, principalmente do P (Rheinheimer et al., 2000; Bayer & Mielniczuk, 1997). Além disso, adições contínuas de resíduo orgânico não incorporado também favorecem as características físicas do solo como a formação e estabilidade de agregados, retenção de água, porosidade e aeração do solo (Andreola et al., 2000b; Bayer & Mielniczuk, 1997; Klein & Libardi, 2002).

Assim, a adição de altas doses de esterco em solo com elevada fertilidade inicial, pressupõe além da concentração em superfície de nutrientes pouco móveis, um deslocamento em profundidade de elementos móveis, e melhorias químicas do solo em profundidade, como aumentos de pH e C, e redução do Al^{+++} tóxico.

4.2. Resultados e discussão

4.2.1. Parâmetros de acidez (pH CaCl_2 , H+Al), Ca^{++} , Mg^{++} e V%

Os resultados obtidos indicaram a não ocorrência de interação entre as adubações orgânica e mineral para os parâmetros químicos de Mg^{++} trocável, pH, acidez potencial (H+Al) e saturação de bases (V%), com exceção apenas para o Ca^{++} nas profundidades de 0-5 e 10-30 cm.

O pH encontrou-se acima do observado na condição natural (Tabela 3), como um possível resultado do longo período de uso agrícola e calagem na área, visto que a calagem superficial pode elevar o pH em profundidade (Ramos, 1996), em longo prazo.

Independente dos tratamentos, foi possível observar um comportamento semelhante para os parâmetros analisados, onde ocorreram decréscimos da 1ª para a 2ª profundidade, seguidos de acréscimos, e decréscimos novamente. Em geral a acidificação no plantio direto e demais sistemas onde não há revolvimento do solo, inicia-se nas camadas superficiais, progredindo gradativamente para as camadas mais profundas, quando da aplicação de adubação nitrogenada na forma de amônio ou amina. Contudo, quando se aplica calcário na superfície, os primeiros cm superiores aumentam mais rapidamente em comparação às camadas inferiores, proporcionando o comportamento aqui observado. Isto é, o pH na superfície (0-5 cm) é maior que o pH subsuperficial (5-10 cm). É provável que com o decorrer do tempo tais camadas venham a serem corrigidas e a manterem um pH próximo ao da camada superficial.

O pH foi influenciado apenas pela adubação orgânica, em profundidade, com exceção da camada 0-5 cm onde não houve resposta aos tratamentos (Figura 5b), fato devido provavelmente a calagem superficial aplicada recentemente na área (ano de 2000), ocorrendo maior reação do produto aplicado sob condição de maior acidez. Isso determina que o pH na superfície (0-5 cm) seja maior que o pH subsuperficial (5-10 cm).

O efeito da aplicação do adubo orgânico no aumento do pH foi observado a partir da camada 5-10 cm até a última camada analisada (50-80 cm), sugerindo influência em profundidade (Figura 5b).

O efeito do uso de esterco na correção da acidez do solo tem sido reportado em experimentos de curto (Ernani & Gianello, 1983; Hoyt & Turner, 1975; Iyamuremye et al., 1996; Olsen et al., 1970) e longo prazo (Kingery et al., 1994; Ramos et al., 1996; Vitosh et al., 1973).

Além disso, o pH elevado mesmo em profundidade (Figura 5b) pode estar relacionado à provável movimentação de calcário no perfil do solo. Diversos autores têm demonstrado efeito

do corretivo da acidez em profundidade em sistema de plantio direto sob rotação agrícola e adubação verde (Pavan, 1999; Mello et al., 2003; Oliveira & Pavan, 1996; Ruedell, 1995). Esse efeito foi atribuído por Pavan (1999) à liberação de ânions orgânicos pelos resíduos vegetais e formação de complexos organo-metálicos. Ainda, pode ser devido a movimentação do calcário através de canais preferenciais (Ruedell, 1995) de penetração de água e raízes (Stone & Silveira, 2001; Costa et al., 2003), visto que foi constatada a presença de grande número de orifícios na superfície do solo (bioporos) por ocasião da amostragem. Além disso, a ausência de elementos tóxicos e de elevado pH em profundidade no perfil do solo (Figura 5), pode ser indicativo dessa mobilidade e da inexistência de fatores químicos adversos a um adequado desenvolvimento de raízes em profundidade.

Pavan (1999) atenta para a influência dos resíduos culturais da aveia no efeito da calagem até 60 cm de profundidade, ao contrário dos resíduos do trigo que não aumentaram a eficiência da neutralização da acidez subsuperficial, situação essa favorecida neste trabalho devido a rotação agrícola com aveia branca e aveia preta, após os cultivos do soja e do milho, respectivamente.

Assim os resultado aqui obtidos, indicam que maiores valores de pH na área experimental mesmo em profundidade deve-se a adição constante de resíduos de plantas que ocorrem em solos sob plantio direto. Ainda, a adição de esterco propiciou a intensificação dos mecanismos que propiciam a elevação do pH comparativamente à testemunha.

É importante ressaltar que o aumento de pH foi acompanhado pela inexistência de Al^{+++} tóxico (Perin et al., 2003) até a camada de 50 cm (Tabela 9), em função da hidrólise do alumínio. Além disso, a complexação do alumínio tóxico (Ernani & Gianello, 1983; Iyamuremye et al., 1996; Whalen et al., 2000) é ainda favorecida pelo efeito em profundidade da adubação orgânica com esterco.

Dessa forma ocorre o favorecimento do desenvolvimento radicular em profundidade (Stone & Silveira, 2001) e aumento da absorção de água e nutrientes (Pavan, 1999). Observando os teores médios há tendência de redução do Al^{+++} na camada 50-80 cm de acordo com os incrementos das dosagens de adubação orgânica (Tabela 9). Redução nos teores de alumínio trocável quando do uso de esterco e aumento do pH por resíduos orgânicos foram citados por Andreola et al. (2000a), embora ressaltando que tais efeitos são transitórios e necessitam de aplicações periódicas.

Tabela 9. Valores de Al^{+++} trocável, em $cmol_c.dm^{-3}$, para os diferentes tratamentos de adubação mineral (% da recomendação) e orgânica ($m^3.ha^{-1}$), na camada 50-80 cm, Castro – PR.

Adubação orgânica ($m^3.ha^{-1}$)	Adubação mineral (%)			Média
	0	50	100	
0	0,10	0,20	0,13	0,14
30	0,07	0,13	0,17	0,12
60	0,07	0,03	0,00	0,03
90	0,00	0,17	0,03	0,07
Média	0,06	0,13	0,08	0,09

Dessa forma, o efeito corretivo da acidez do solo pela calagem em aplicação superficial é adicionado à influência do esterco na acidez potencial do solo, principalmente na camada 0-5 cm.

Em relação à acidez potencial, foi observada influência das doses de adubação orgânica até a camada 10-30 cm (Figura 5c). A testemunha ($0 m^3.ha^{-1}$) diferiu significativamente dos demais tratamentos, apresentando os maiores valores. Os tratamentos com 60 e $90 m^3.ha^{-1}$ de adubação orgânica apresentaram menores valores inferindo diretamente sobre a maior capacidade de troca de cátions (CTC pH 7,0) (Tabela 10).

A acidez potencial (H+Al) seguiu um padrão inverso ao pH (Mello et al., 2003) aspecto esperado. Embora a adubação orgânica não tenha influenciado os valores de pH na camada 0-5 cm (Figura 5b), tal efeito afetou a redução dos valores de acidez potencial (Figura 5c), aspecto que se traduziu em aumentos de CTC pH 7,0 em decorrência dos maiores valores de matéria orgânica nesta camada (Tabela 10).

Tabela 10. Valores calculados de CTC pH 7,0, em $cmol_c.dm^{-3}$, para os diferentes tratamentos de adubação orgânica ($m^3.ha^{-1}$), nas diferentes camadas analisadas, Castro – PR.

Adubação orgânica ($m^3.ha^{-1}$)	Profundidades (cm)				
	0-5 cm	5-10 cm	10-30 cm	30-50 cm	50-80 cm
0	9,53	9,11	8,22	8,15	7,33
30	9,60	9,34	7,80	8,16	7,36
60	10,02	9,51	8,11	8,57	7,51
90	10,28	9,44	8,52	8,69	7,59
Média	9,86	9,35	8,16	8,39	7,45

As bases apresentaram comportamento semelhante ao do pH (Figura 5d), de forma que seus maiores valores foram observados nas camadas superficiais, decrescendo em profundidade. Segundo Falleiro et al. (2003) esse aspecto está relacionado às características tamponantes da matéria orgânica, e/ou ao aumento da força iônica da solução do solo devido aos incrementos nos teores das bases na camada superficial (Ca^{++} , Mg^{++} e K^{+}).

Houve influência dos tratamentos de adubação orgânica sobre os valores de Ca^{++} trocável em profundidade, com exceção das profundidades 0-5 e 10-30 cm, onde ocorreu interação significativa das adubações mineral e orgânica a 4% (Tabela 11). Deve-se considerar que a camada 0-5 cm recebe influência direta da calagem e da adubação orgânica em superfície. Além disso, a camada 10-30 cm apresentou esta tendência de comportamento para todos os parâmetros, talvez devido a uma compactação do solo nesta profundidade. Entretanto, tal aspecto não pode ser comprovado neste trabalho devido a inexistência de levantamento de parâmetros relacionados.

Tabela 11. Valores de Ca^{++} trocável, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, para a interação entre as doses de adubação mineral (% da recomendação) e orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), Castro – PR.

(a) Profundidade 0-5 cm

Adubação Orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	Adubação mineral (%)			Média
	0	50	100	
0	2,57 B ^{ns}	2,18 B ^{ns}	2,48 NS ^{ns}	2,41
30	2,43 B ^{ns}	2,72 A ^{ns}	2,77 NS ^{ns}	2,64
60	3,37 A ^a	2,78 A ^{ab}	2,63 NS ^b	2,93
90	3,08 AB ^{ns}	3,15 A ^{ns}	2,78 NS ^{ns}	3,01
Média	2,86	2,71	2,67	2,75

(b) Profundidade 10-30 cm

Adubação Orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	Adubação mineral (%)			Média
	0	50	100	
0	2,40 NS ^{ns}	2,15 NS ^{ns}	2,65 NS ^{ns}	2,40
30	2,47 NS ^{ns}	2,13 NS ^{ns}	2,25 NS ^{ns}	2,28
60	2,92 NS ^a	2,08 NS ^b	2,52 NS ^{ab}	2,51
90	2,40 NS ^{ns}	2,37 NS ^{ns}	2,35 NS ^{ns}	2,37
Média	2,55	2,18	2,44	2,39

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. NS e ns não significativo.

Na camada 0-5 cm de profundidade (Tabela 11a) existe um aumento dos valores de Ca^{++} de acordo com incrementos nas doses de adubação orgânica, com respostas significativas nas menores doses de adubação mineral. Possivelmente, nas menores dosagens de adubação orgânica, o efeito de aumento das perdas de Ca^{++} proporcionado pela adubação mineral não é significativo. Entretanto, com aumentos nas dosagens de adubação orgânica, tal efeito passa a ser significativo, influenciando assim nos maiores teores em profundidade do elemento sob condição de elevada adubação ($90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), de forma que a $60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ as menores doses de adubação mineral proporcionam os maiores valores de Ca^{++} trocável.

Na profundidade de 10-30 cm (Tabela 11b) não houve resposta da adubação orgânica nas diferentes doses de adubação mineral, havendo apenas resposta da adubação mineral para a dose de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de orgânica. Como essa camada apresentou um comportamento atípico em relação ao perfil do solo, existe um pressuposto de se tratar de uma camada compactada.

Para as profundidades 5-10 e 30-50 cm (Tabela 12), o Ca^{++} apresentou influência exclusiva da adubação orgânica. Houve incremento nos valores de Ca^{++} trocável em decorrência de incrementos nas doses de adubação orgânica. Para a camada de 50-80 cm não houve resposta aos tratamentos. Entretanto, Kingery et al. (1994) constatou efeito do uso de esterco de frango por tempo prolongado em pastagens no teor de Ca em profundidade até 140 cm, comparado à área que não recebeu esterco.

Tabela 12. Valores de Ca^{++} trocável, em $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$, para os tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), nas profundidades 5-10 e 30-50 cm, Castro – PR.

Adubação orgânica ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	Profundidade (cm)		
	5-10	30-50	50-80
0	1,97 b	1,68 c	0,92 ns
30	2,19 b	1,73 bc	0,89 ns
60	2,17 b	2,04 a	1,06 ns
90	2,22 a	1,99 ab	1,06 ns
Média	2,14	1,86	0,98
C.V. (%)	16,15	17,92	19,56

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo.

O Mg^{++} trocável foi influenciado pela adubação orgânica até a camadas de 5-10 cm (Figura 5a), ao contrário do Ca^{++} que obteve respostas até 30-50 cm. Tal fato pode estar relacionado às maiores quantidades de cálcio aplicadas por ocasião da calagem e da adubação

orgânica, e a maior mobilidade do Mg^{++} em relação ao Ca^{++} . A análise do esterco líquido de bovinos confinados apresentou teores de Ca^{++} e Mg^{++} de 2,10 e 1,30 %, respectivamente. A Tabela 13 apresenta os valores adicionados de Cálcio e Magnésio para as diferentes doses de adubação orgânica, calculados a partir da análise do esterco (Anexo).

Tabela 13. Valores de Ca e Mg, em $kg.Mg^{-1}$, adicionados através dos diferentes tratamentos de adubação orgânica ($m^3.ha^{-1}$), Castro – PR.

Adubação orgânica ($m^3.ha^{-1}$)	Cálcio ($kg.Mg^{-1}$)	Magnésio ($kg.Mg^{-1}$)
0	0,00	0,00
30	49,14	30,42
60	98,28	60,84
90	147,42	91,26

Mello et al. (2003) obteve movimentação de Mg^{++} sob sistema de plantio direto e calagem superficial até 10 cm de profundidade, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

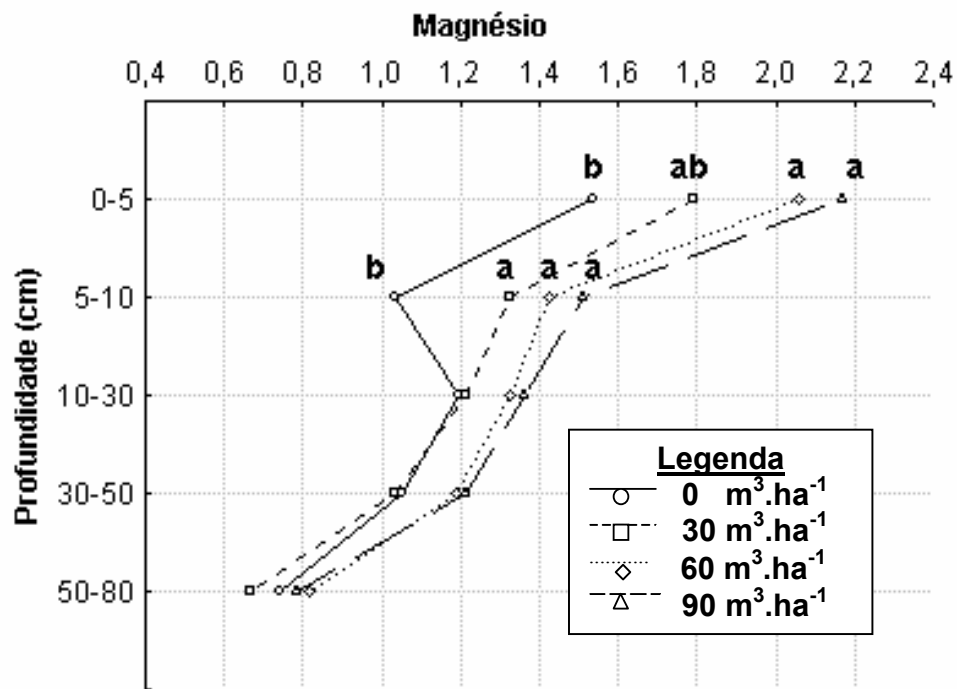
Os maiores teores de Ca^{++} e Mg^{++} nas camadas superficiais, devem-se além da adubação orgânica em superfície, ao fato de não haver revolvimento do solo no sistema de plantio direto, e da ciclagem de nutrientes pelas plantas, através da manutenção da palhada (Falleiro et al., 2003).

A saturação de bases (V%) apresentou o mesmo padrão dos parâmetros analisados (Figura 5d), e comportamento inverso à acidez potencial (H+Al) (Figura 5c), como era esperado. A adubação orgânica influenciou a saturação de bases em todas as camadas analisadas, com exceção da camada 10-30 cm onde não foi obtido resposta por nenhuma adubação (mineral e orgânica). Os tratamentos 60 e 90 $m^3.ha^{-1}$ apresentaram diferença significativa em relação as demais doses, e os maiores valores de saturação de bases.

Dessa forma, podemos concluir que a adição de esterco de bovinocultura leiteira afeta sensivelmente os aumentos de pH e o favorecimento da complexação do Al^{+++} , inclusive em profundidade. Além disso, sua aplicação promove aumentos de Ca^{++} e Mg^{++} , redução da acidez potencial (H+Al) e aumentos de saturação de bases (V%). Quando das maiores doses de adubação orgânica, maiores tais respostas em profundidade. Ainda, a rotação de culturas influencia o deslocamento do cálcio em profundidade.

Figura 5. Parâmetros químicos do solo para os diferentes tratamentos de adubação orgânica, em profundidade: (a) magnésio trocável ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$); (b) pH CaCl_2 ; (c) acidez potencial $\text{H}+\text{Al}^{+++}$ ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$); (d) saturação de bases (V%), Castro-PR.

(a)



(b)

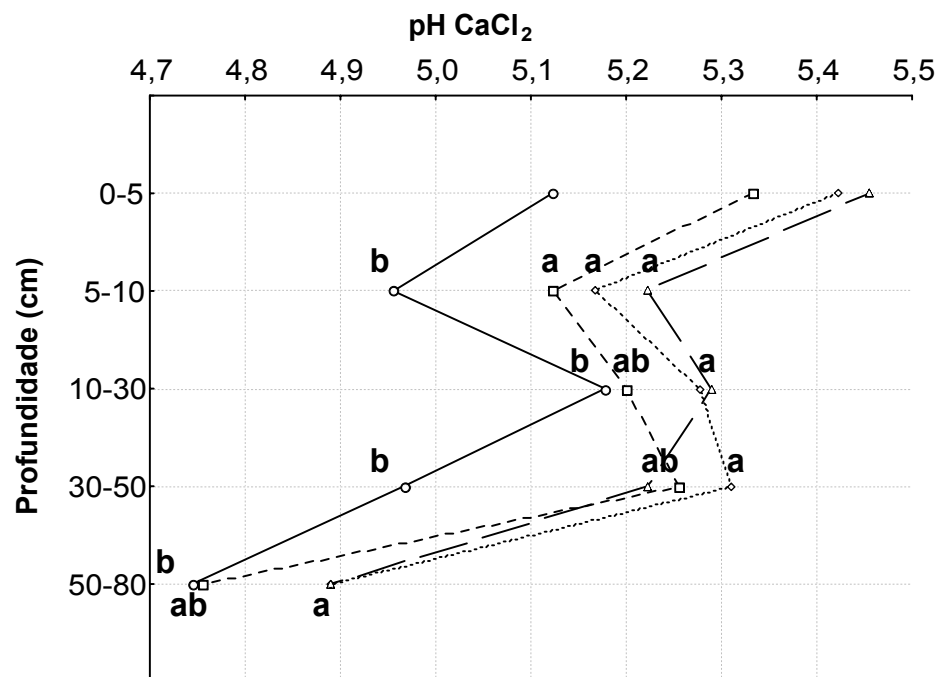
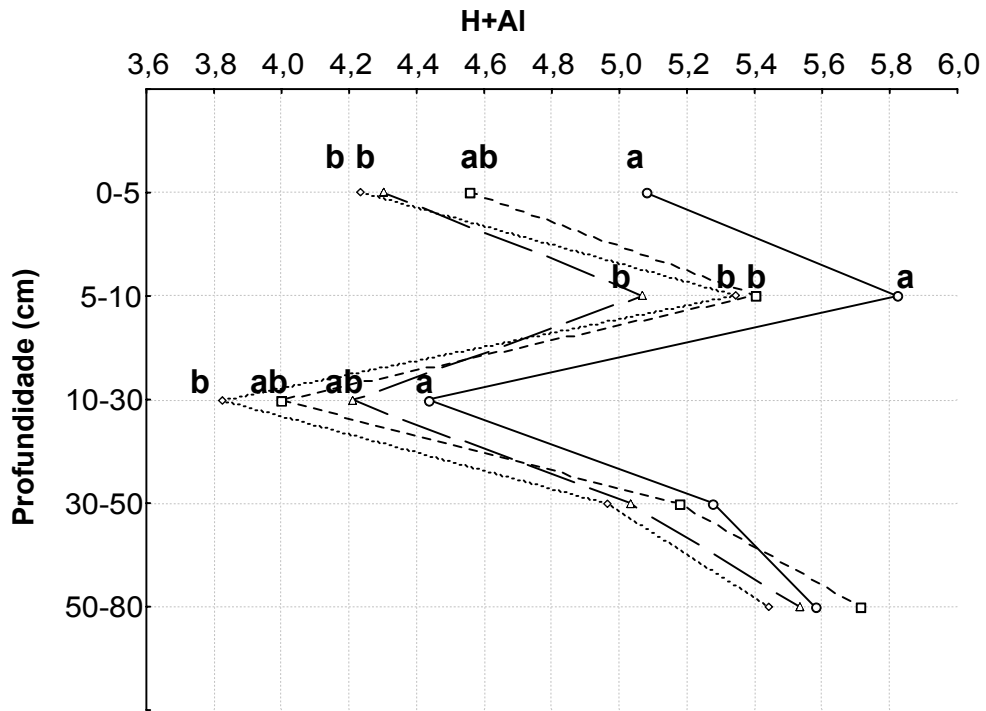
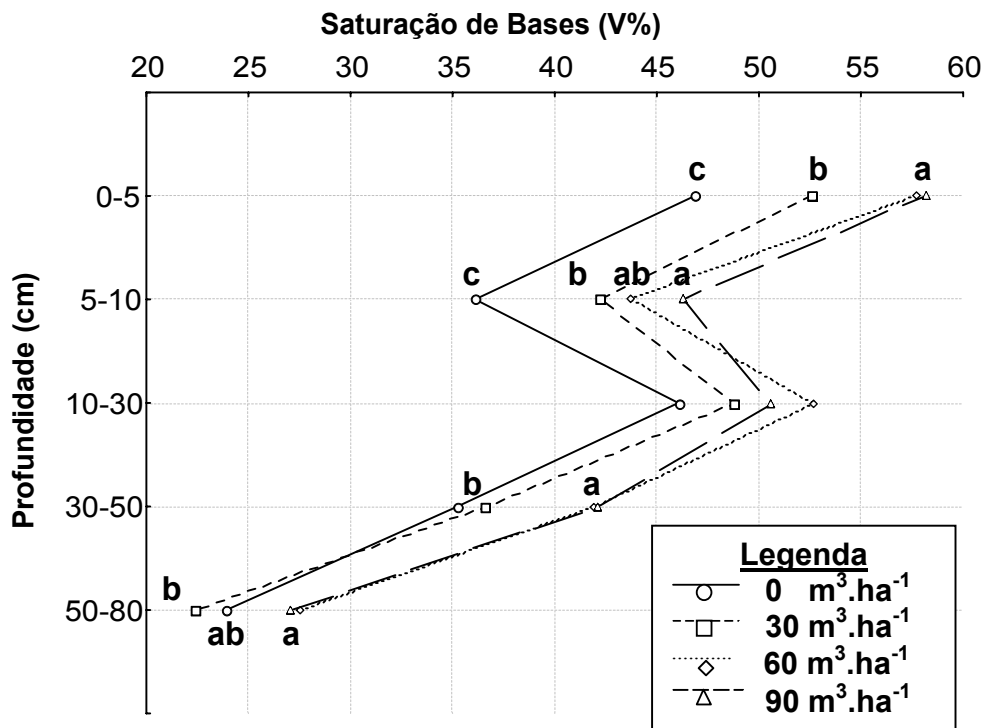


Figura 5. Continuação.

(c)



(d)



4.2.2. P (Mehlich e resina) e K (Mehlich)

Assim como para a maioria dos parâmetros analisados, não se observou interação entre adubação orgânica e mineral para P e K. O P disponível apresentou resposta à adubação orgânica (Figura 6) e mineral (Figura 7) na camada superficial tanto para o extrator Mehlich 1 quanto para a resina, aspecto esperado devido à pequena mobilidade do fósforo ocasionando acúmulo em superfície. Dessa forma, a maior dosagem de adubação orgânica ($90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) e mineral (100 % da recomendação) refletiram nos maiores teores de fósforo.

Figura 6. Teores do fósforo Mehlich (a) e resina (b), em $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.

(a)

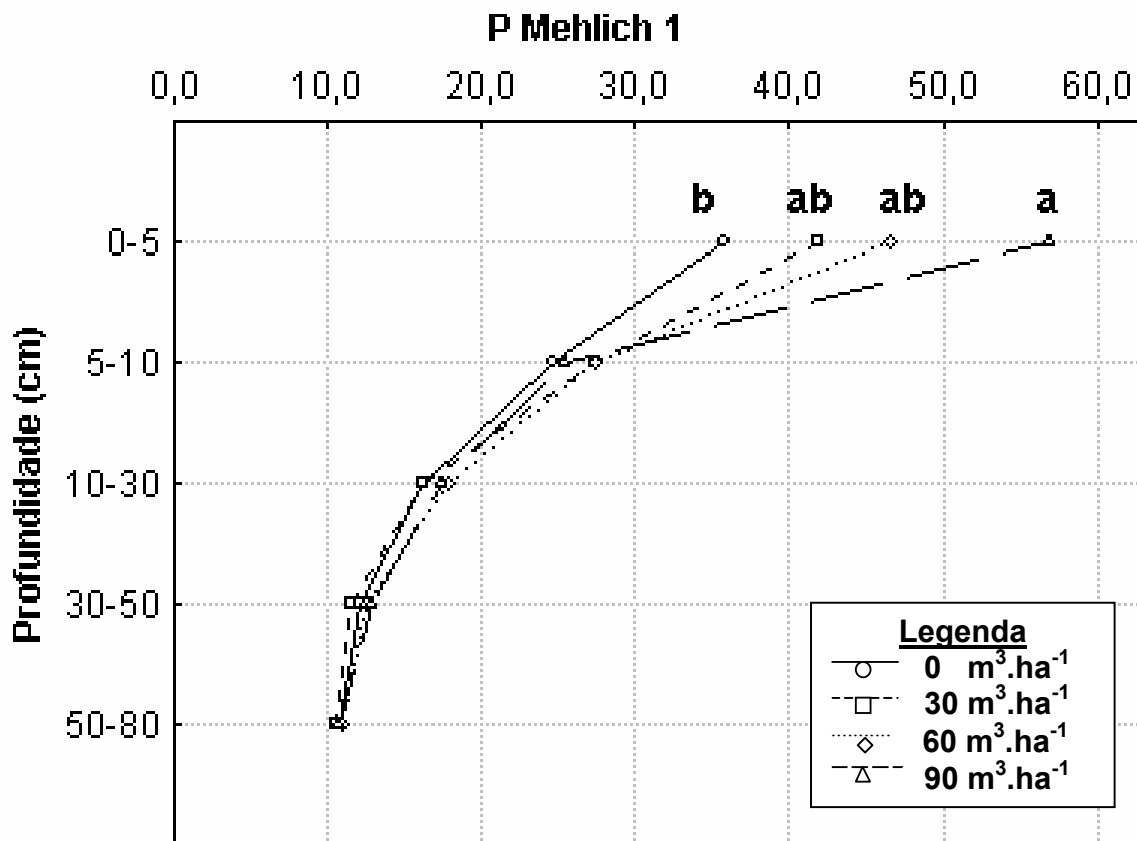
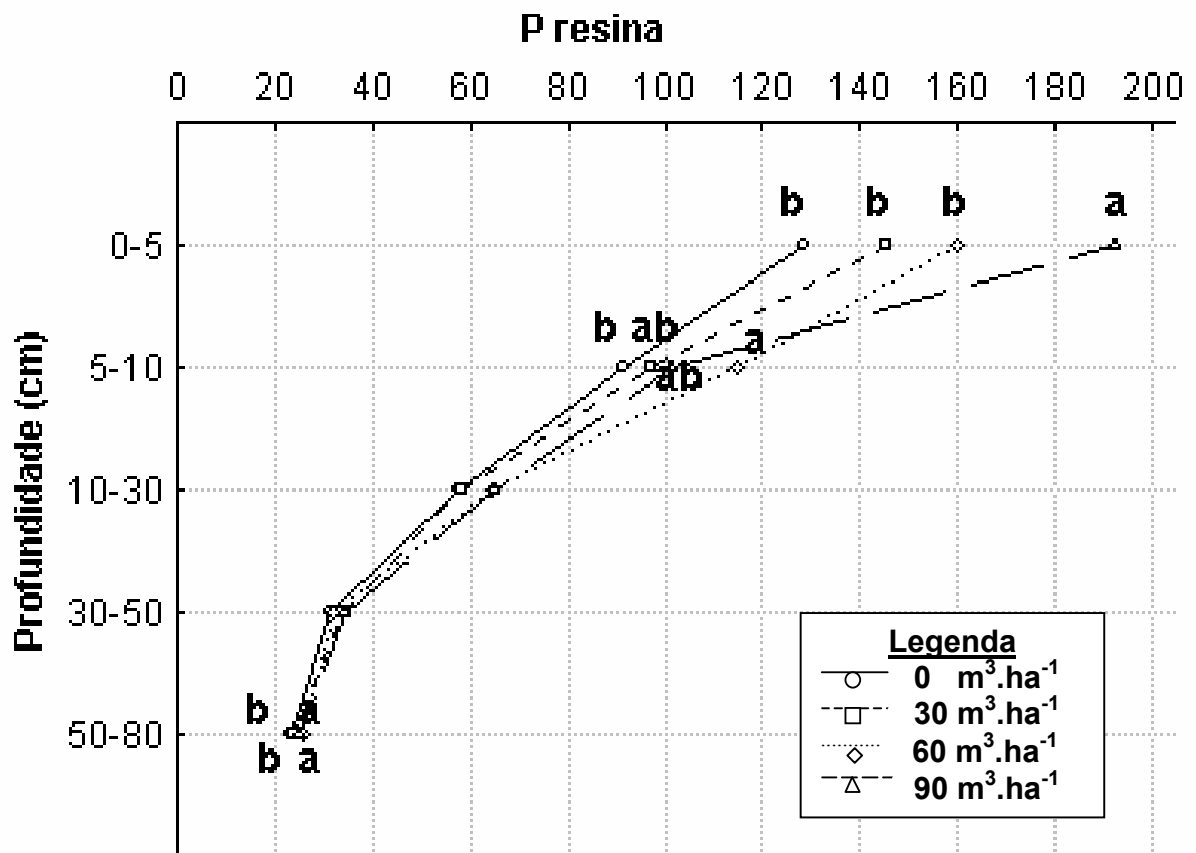


Figura 6. Continuação.

(b)

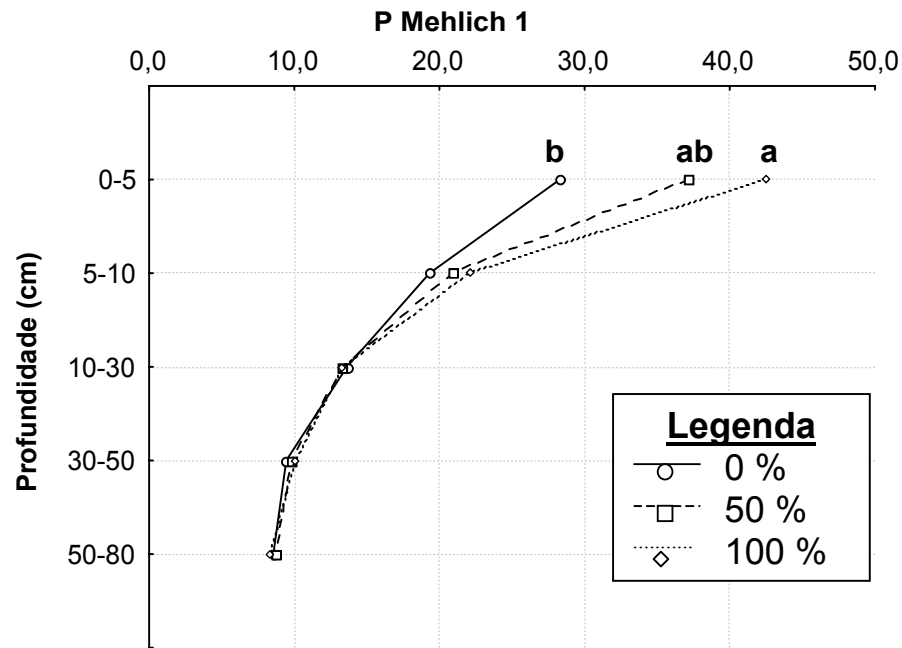


Não houve resposta à adubação orgânica e mineral nas demais camadas para o fósforo Mehlich (Figura 6a e 7a). Já para o fósforo resina, houve resposta à adubação orgânica nas camadas 5-10 e 50-80 cm (Figura 6b), resultado favorecido pelo alto poder tampão do solo e pela maior sensibilidade da resina a essas condições. A resposta observada na camada subsuperficial pode ser um indicativo de que elevadas doses de adubação orgânica são suficientes para promoverem deslocamento do fósforo em subsuperfície. A mesma resposta à adubação orgânica observada para a última camada analisada (50-80 cm) pode indicar alguma perda de fósforo no perfil, possivelmente através de canais preferenciais de penetração de água, raízes e atividade da biota do solo, situação semelhante à relatada para o deslocamento do cálcio em profundidade (Ruedell, 1995; Stone & Silveira, 2001; Costa et al., 2003). Os acúmulos de nutrientes em áreas com uso contínuo de esterco na adubação ocorrem principalmente devido a ampla variação na composição química dos materiais orgânicos (Andreola et al., 2000c), além do fato das

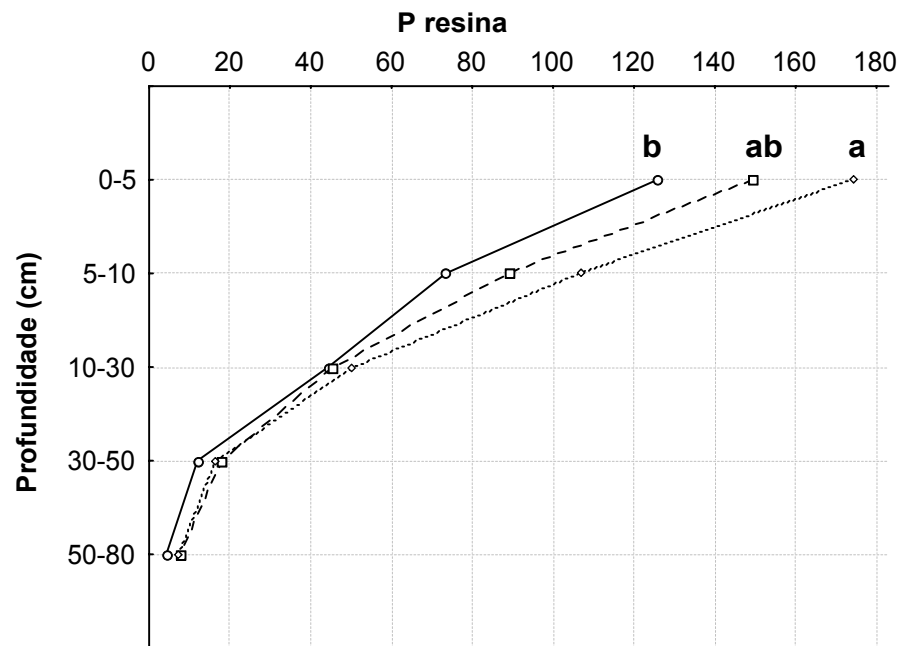
recomendações agrícolas serem baseadas nas necessidades de N pelas culturas, não considerando os elevados teores de P existentes nos adubos orgânicos.

Figura 7. Teores do fósforo Mehlich (a) e resina (b), em $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, em função dos tratamentos de adubação mineral (% da recomendação), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.

(a)

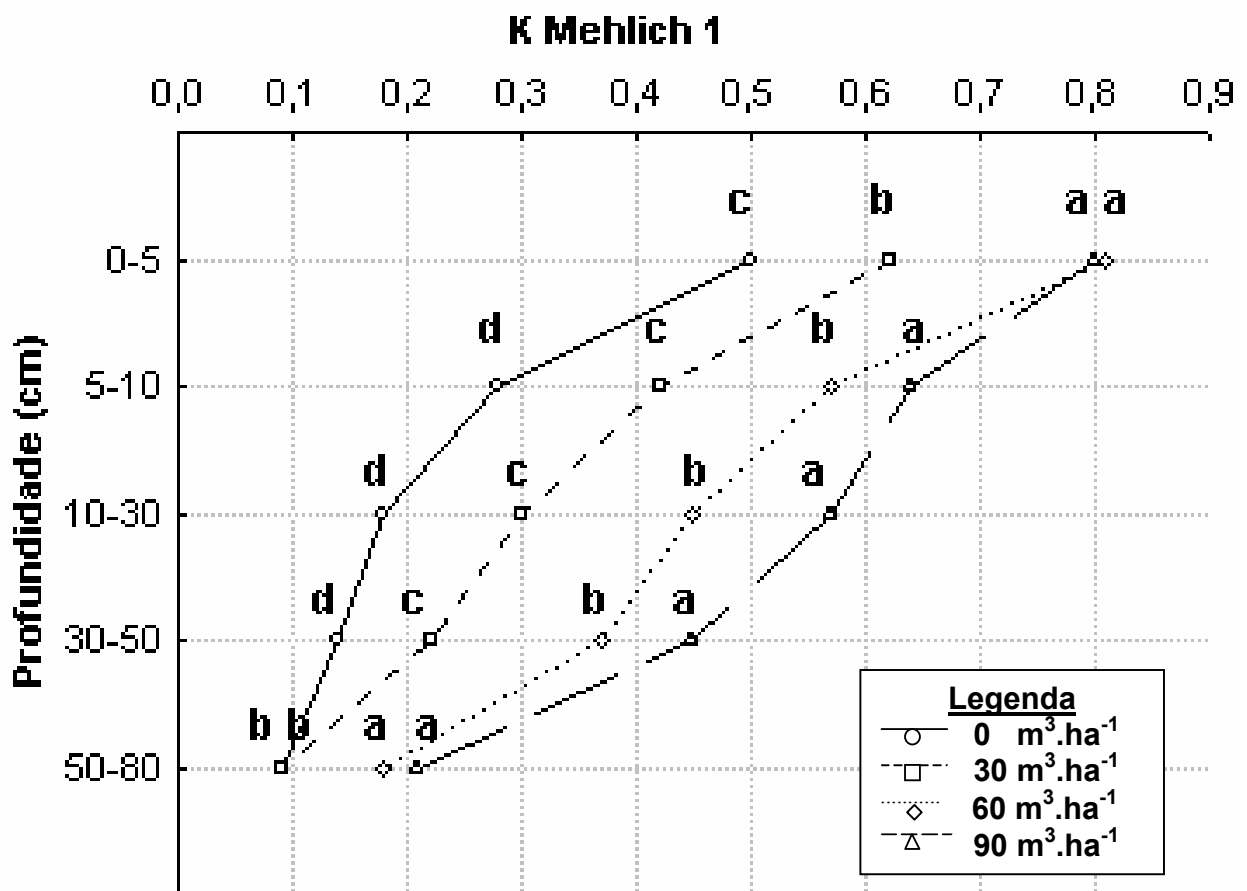


(b)



Ao contrário do observado para o fósforo, o potássio apresentou resposta à adubação orgânica em todas as profundidades analisadas, aspecto esperado frente a alta mobilidade do nutriente no perfil do solo (Figura 8). Dessa forma, pode-se observar que há aumento de K em profundidade de acordo com incrementos nas doses de adubação orgânica.

Figura 8. Teores do potássio Mehlich, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.



O nível de potássio no solo encontra-se de médio a alto mesmo para a testemunha, em média $0,38$ e $0,14$ $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ para as camadas $0-5$ e $50-80$ cm, respectivamente. O fato de níveis médios até as camadas inferiores analisadas corresponde ao manejo de culturas agrícolas na área, onde não há retirada de parte aérea da planta. Dessa forma, uma pequena parte do potássio é exportado da área através dos grãos, e a maior parte permanece nos resíduos de culturas, sendo lixiviado até as camadas inferiores. Do total de K absorvido pelas culturas utilizadas na rotação de 18 a 59% são exportados (Pauletti, 2004).

A Tabela 14 , apresenta os valores adicionados de P e K com o uso da adubação orgânica. Assim, podemos observar que para as maiores doses de adubação orgânica, obtivemos os maiores valores adicionados de P e K, sendo que por si só, já representam doses elevadas desses nutrientes. Ainda, devemos considerar que há o adicional através da adubação mineral. Dessa forma, essas elevadas doses correspondem aos resultados encontrados neste trabalho, de acúmulos de P e movimentação de K no perfil.

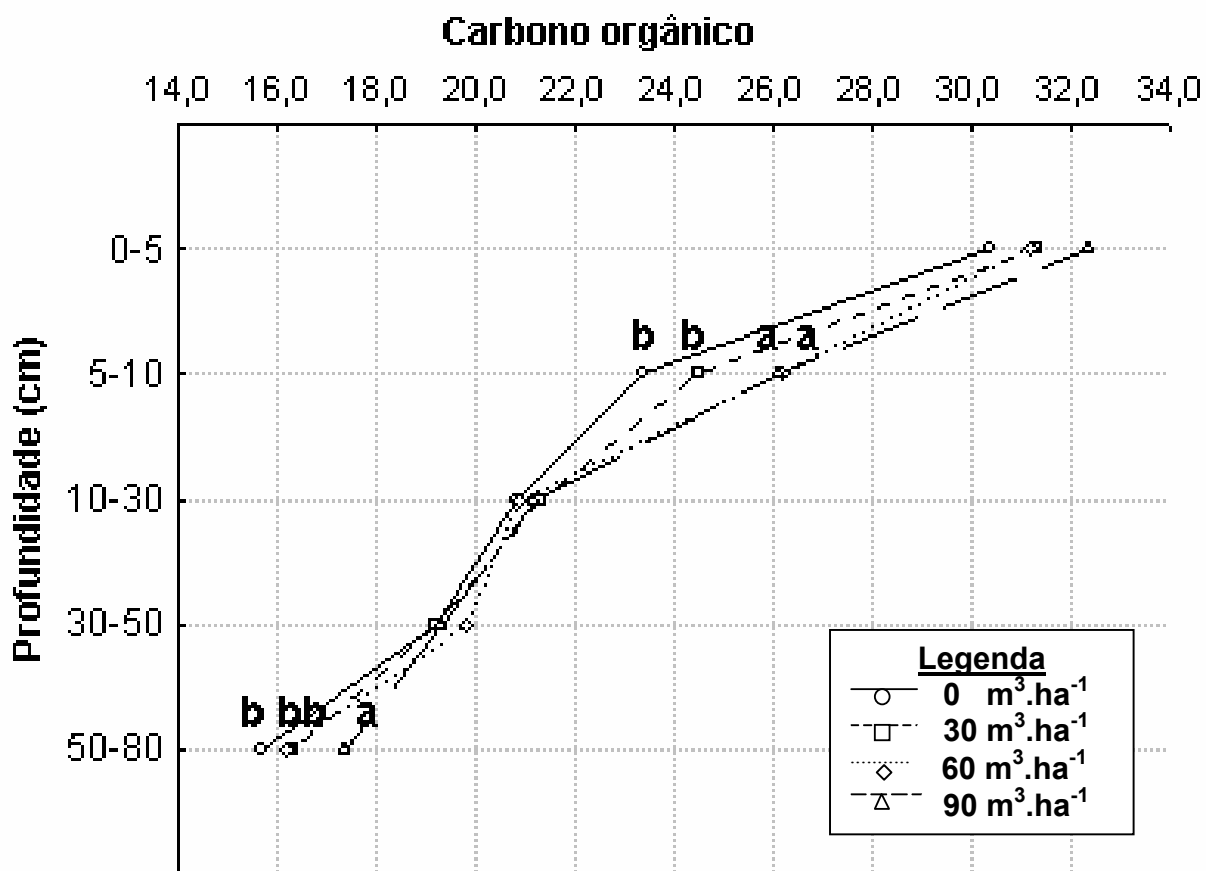
Tabela 14. Valores de P e K, em kg.Mg^{-1} , adicionados através dos diferentes tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), Castro – PR.

Adubação orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$)	Fósforo (kg.Mg^{-1})	Potássio (kg.Mg^{-1})
0	0,00	0,00
30	62,0	103,0
60	124,0	206,0
90	186,0	309,0

4.2.3. Teor de carbono

Os teores de C (g.kg^{-1}) foram influenciados apenas pelas dosagens de adubação orgânica nas profundidades de 5-10 e 50-80 cm (Figura 9). Observa-se aumento no teor de C de acordo com incrementos nas doses de adubação orgânica.

Figura 9. Teores de carbono orgânico, em g.kg^{-1} , em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.



Maiores teores de C ocorrem em superfície (0 a 5 cm), diminuindo gradativamente em profundidade, tendência largamente apresentada na literatura (Silva et al., 2004; Pandolfo et al., 2002; Souza & Melo, 2000). Esse aspecto está relacionado não apenas à aplicação de adubo orgânico em superfície, mas ao manejo dos resíduos culturais sob sistema de plantio direto que uniformiza na testemunha os resultados das camadas 0-5, 10-30 e 30-50 cm (Santos et al., 2003;

Failleiro et al., 2003), e maior quantidade de raízes (Andreola et al., 2000(2)). Provavelmente, este se traduza como principal fator da inexistência de resposta da adubação orgânica na camada superficial.

Na profundidade de 30-50 cm houve interação entre as adubações mineral e orgânica (Tabela 15), havendo diferenças no teor de C apenas quando não houve aplicação de esterco, aspecto não esperado. De acordo com esses resultados, não há indicação de tendência de aumento dos teores de C de acordo com incrementos nas dosagens de adubação mineral e orgânica.

Tabela 15. Interação entre doses de adubação mineral (% da recomendação) e orgânica ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) para o C, em $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, na profundidade de 30-50 cm, Castro – PR.

Adubação Orgânica	Adubação mineral						Média
	0		50		100		
0	19,00	NS ab	18,60	NS b	20,00	NS a	19,20
30	19,40	NS ns	19,60	NS ns	18,60	NS ns	19,20
60	19,00	NS ns	20,00	NS ns	20,40	NS ns	19,80
90	20,00	NS ns	18,40	NS ns	19,40	NS ns	19,27
Média	19,35		19,15		19,60		19,37

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. ^{NS} e ^{ns} não significativo.

A camada 10-30 cm, não apresentou resposta, confirmando um padrão de comportamento contrário, verificado para todos os parâmetros químicos analisados, possivelmente por se tratar de uma camada compactada, como discutido anteriormente.

Para todas as profundidades analisadas observa-se teores classificados como médios a altos de carbono (CFSRS/SC, 1997), indicando teores elevados de matéria orgânica em profundidade.

Os tratamentos 60 e 90 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ apresentaram os maiores valores de carbono em todas as camadas analisadas. Quantidades elevadas de esterco podem promover aumentos em profundidade dos teores de matéria orgânica (Andreola et al., 2000a)

A Figura 4 apresenta os resultados do carbono orgânico nas diferentes profundidades do perfil do solo. Embora nas camadas 0-5 e 30-50 cm não tenham apresentado influência da adubação orgânica através da análise estatística, pode-se observar no gráfico o aumento de carbono em profundidade nas maiores dosagens de esterco.

4.2.4. Condutividade elétrica (CE)

Assim como Ca, Mg, K e P, constatou-se decréscimos em profundidade para CE, ficando esses valores muito abaixo de $2.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, valor de referência para solos salinos. Decréscimo nos valores de CE em profundidade foi relatado por Oliveira et al. (2002), sugerindo decréscimos de elementos em solução com acréscimo de profundidade. Os valores encontrados estão próximos dos valores observados por Oliveira et al. (2002) e Kingery (1994). O parâmetro de condutividade elétrica apresentou resposta nas mesmas profundidades analisadas para os tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$) (Figura 10). Tal aspecto pode ser um indicativo de que incrementos na adubação orgânica tenham promovido perdas de íons acompanhantes, como NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , dentre outros, e de elementos muito móveis no perfil, como por exemplo o K^+ , discutido anteriormente, além de movimentação de ácidos orgânicos. Entretanto, não há meios de se identificar quais elementos estão sendo perdidos em profundidade até a camada analisada, devido a inexistência de análise para esse fim neste trabalho. Entretanto, é notável a superioridade de valores para a dosagem de $90 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de esterco. Dessa forma, embora não se tenha exatidão de quais elementos estão se movimentando, é um indicativo de que altas doses de esterco podem acentuar a contaminação ambiental de lençóis freáticos.

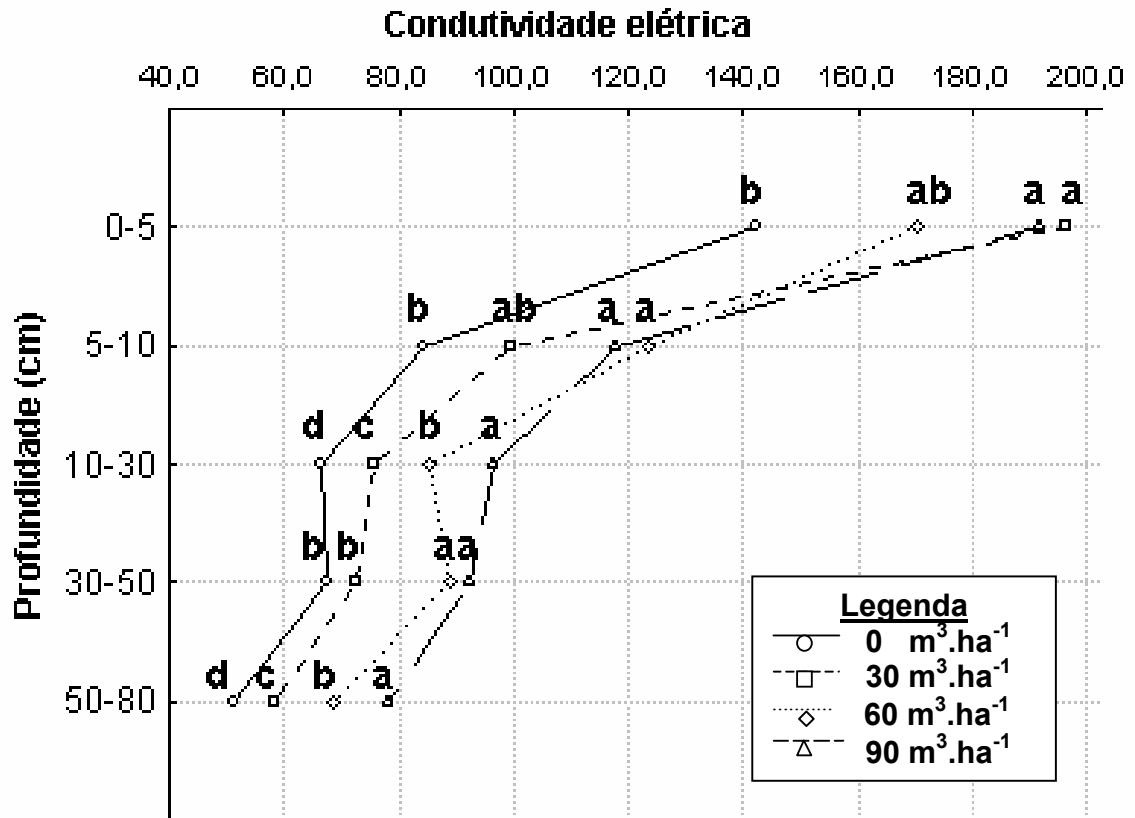
Alguns autores citam como responsáveis pelos aumentos nos valores de CE sob adubação orgânica com uso de esterco, principalmente elementos como Na^+ e K^+ (Josán et al., 2005), NO_3^- (Jokela, 1992), SO_4^{2-} e Cl^- (Chang et al., 1990). Aumento da condutividade devido ao uso de esterco tem sido observado em diversas condições (Kingery, 1994; Anjos & Mattiazzo, 2000; Oliveira et al., 2002), com elevação também nas camadas inferiores do solo, dado a movimentação de cátions e ânions.

Com relação à adubação mineral, não houve resposta nas profundidades analisadas, com exceção da camada 10 a 30 cm (Figura 11).

Devido ao comportamento diferenciado de todos os parâmetros analisados com relação a esta camada (10-30 cm), ocorre a possibilidade de se tratar de uma camada compactada no perfil. Dessa forma pode estar ocorrendo acúmulo de elementos percolados, com aumentos na condutividade elétrica de acordo com incrementos na recomendação de adubação mineral.

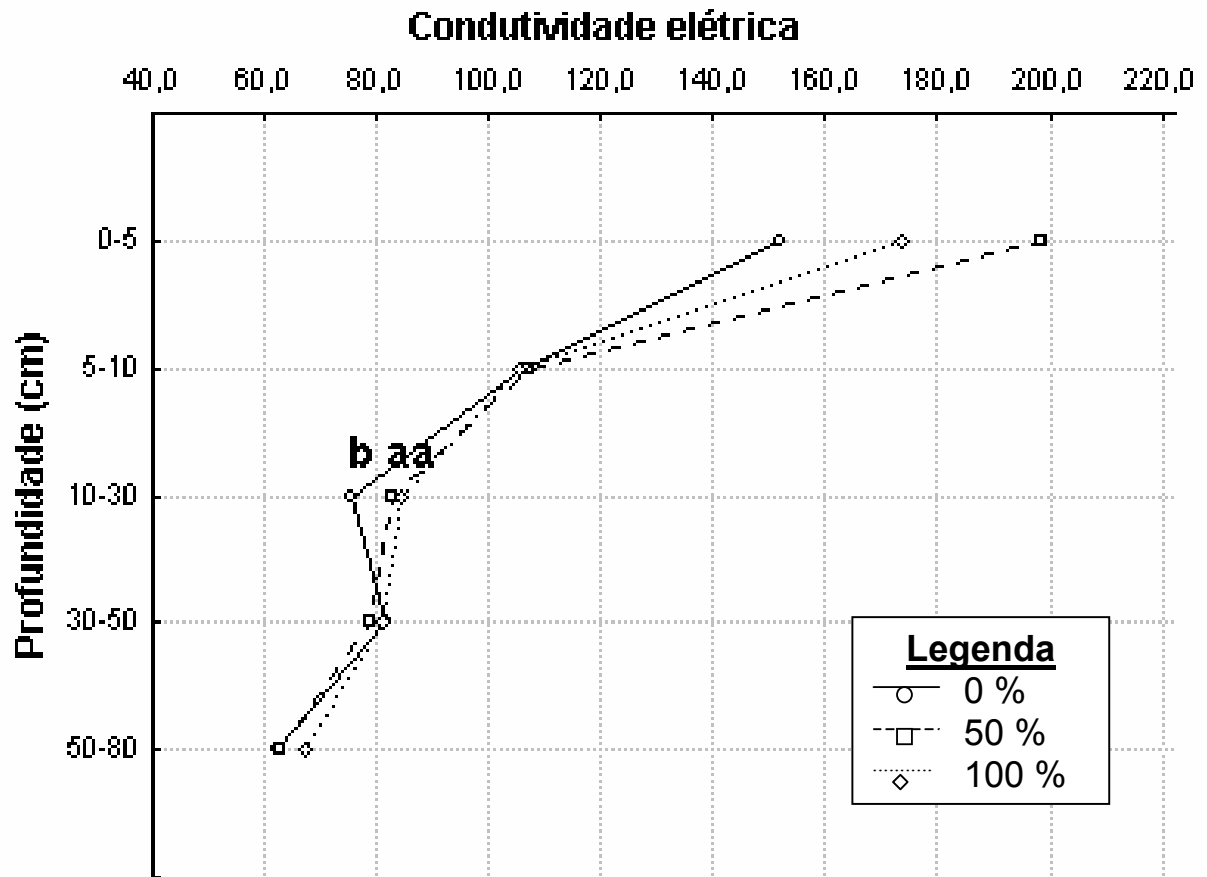
Assim, análises direcionadas para elementos específicos dever ser realizadas a fim de que seja possível a determinação exata da amplitude de contaminação ambiental que pode estar sendo ocasionada. Deve-se considerar também, que o deslocamento de ânions, ocasiona simultaneamente a perda de cátions.

Figura 10. Teores de condutividade elétrica, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, em função dos tratamentos de adubação orgânica ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.



Embora haja aumento dos valores encontrados para CE, principalmente sob as maiores doses de adubação orgânica, e nas camadas superficiais do solo, tais resultados corroboram com valores apresentados por diversos autores (Chang et al., 1990; Konrad & Castilhos, 2002; Oliveira et al., 2002), podendo ser considerados como teores médios.

Figura 11. Teores de condutividade elétrica, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, em função dos tratamentos de adubação mineral (% da recomendação), para as diferentes camadas analisadas, Castro – PR.



4.3. Conclusões

- Aumentos de pH, inexistência de Al^{+++} trocável (80 cm) e movimentação de Ca^{++} (50 cm) ocorreram possivelmente devido aos benefícios da rotação de culturas na movimentação de calcário no perfil.
- A adubação orgânica influenciou a movimentação de Mg^{++} até 10 cm.
- V% foi influenciada pela adubação orgânica em todas as camadas analisadas.
- K^+ trocável apresentou resposta à adubação orgânica em todas as camadas analisadas.
- P Mehlich e resina responderam à adubação orgânica na camada superficial (0-5 cm).
- Também P resina respondeu à adubação orgânica nas camadas 5-10 e 50-80 cm.
- Os tratamentos 60 e 90 $m^3 \cdot ha^{-1}$ apresentaram maiores valores de carbono orgânico em todas as camadas analisadas, promovendo aumentos de matéria orgânica em profundidade.
- A condutividade elétrica (CE) respondeu à adubação orgânica em todas as camadas analisadas, inferindo sobre a capacidade de movimentação em profundidade de elementos muito móveis e íons acompanhantes no perfil do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATTO, A. & BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 18:101-108, 1994.
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N. & DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:157-1165, 2001.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P., CHIAPINOTTO, I. C. & FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I – Dinâmica do nitrogênio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:739-749, 2004.
- ALVAREZ V., V. H. & GUARÇONI M., A. Variabilidade horizontal da fertilidade do solo de uma unidade de amostragem em sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:297-310, 2003.
- AMADO, T. J. C.; SANTI, A. & ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II – Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1085-1096, 2003.
- ANDERSON, D. W. Decomposition of organic matter and carbon emissions from soils. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B. A., eds. **Soils and global change**. Boca Raton, CRC Press, 1995. p.165-175.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S. & OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciada pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:609-620, 2000a.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M. & OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:857-865, 2000b.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. & JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:867-874, 2000c.
- ANJOS, A. R. M. & MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:927-938, 2000.
- BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal, FUNEP, 1995. 247p.
- BASSO, C. J. & CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura do solo, sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:905-915, 2000.

- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:105-112, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:599-607, 2000.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L. & SAAB, S. C. Diminuição da humificação da matéria orgânica de um cambissolo húmico em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:537-544, 2003.
- BEAUCHAMP, E. G. Response of corn to nitrogen in preplant and sidedress applications of liquid dairy cattle manure. **Can. J. Soil. Sci.**, 63: 377 – 386, 1983.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:275-286, 2003.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. & AMARAL S., N. M. B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 1999. p.73-74.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B. & MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:163-171, 2002.
- CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G. & ENTZ, T. Rates of soil chemical changes with eleven annual applications of cattle feedlot manure. **Can. J. Soil. Sci.**, 70: 673 – 681, 1990.
- COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:527-535, 2003.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – CFSRS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul., 1997. 222p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção da Informação, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

- ERNANI, P.R. & GIANELLO, C. Diminuição do Al trocável do solo pela incorporação de esterco bovinos e camas de aviário. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 7: 161-165, 1983.(resumo)
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A. & FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1097-1104, 2003.
- FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A. & FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:425-434, 2002a.
- FREIXO, A. A.; CANELLAS, L. P. & MACHADO, P. L. O. A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregados de dois latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:445-453, 2002b.
- JOKELA, W. E. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on crop yield and soil nitrate. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, 56: 148 – 154, 1992.
- JOSAN, M. S.; NAIR, V. D.; HARRIS, W. G. & HERRERA, D. Associated release of magnesium and phosphorus from active and abandoned dairy soils. **J. Environ. Qual.**, 34: 184 – 191, 2005.
- HOFFMANN, L. L., REIS, E. M.; FORCELINI, C. A., PANISSON, E.; MENDES, C. S. & CASA, R. T. Efeitos da rotação de culturas, de cultivares e da aplicação de fungicida sobre o rendimento de grãos e doenças foliares em soja. **Fitopatol. Bras.**, 29(3), maio – jun, 2004.
- HOLANDA, J.S.; MIELNICZUK, J.; STAMMEL, J.G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüência de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 6: 47-51. 1982.
- HOYT, P.B.; TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soils, on pH, aluminum, exchangeable NH₄, and crop yield. **Soil Science** 119:227-237, 1975.
- HUE, N.V. Correcting soil acidity of highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 23:241-264, 1992.
- HUE, N.V.; AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 20:1499-1511. 1989.
- HUNT, P. G.; MATHENY, T. A. & WOLLUM II, A. G. *Rhizobium japonicum* nodular occupancy, nitrogen accumulation, and yield for determinate soybean under conservation and conventional tillage. **Agron. J.**, 77:579-584, 1985.

- IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná.** ed. 2000. Disponível em: <http://www.iapar.br/Sma/Cartas_Climaticas/Cartas_Climáticas.htm> Acessado em: Agosto, 2003.
- IYAMUREMYE, F. ; DICK, R. P.; BAHAM, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: I Phosphorus chemistry and sorption. **Soil Science.** 161 (7): 426-435, 1996.
- KINGERY, W. L.; WOOD, C.W.; DELANEY, D. P.; WILLIAMS, J.C.; MULLINS, G.L. Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties. **J. Environ. Qual.**, 23: 139-147, 1994.
- KLEIN, V. A. & LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:857-867, 2002.
- KONRAD, E. E. & CASTILHOS, D. D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de cortume. **R. Bras. Ci. Solo**, 26: 257 – 265, 2002.
- KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: V Seminário técnico da cultura do milho. **Informe Técnico.** Videira: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul31.pdf>> Acessado em: outubro/2004.
- LOMAN, E. J. **Fertilização de boro na cultura do milho associada a nitrogênio e potássio em plantio direto na palha.** Curitiba: UFPR, 2004. (Tese de Mestrado)
- LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G. & SILVA, C. A. **Sistema de plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110p.
- LUNKES, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CHIAPINOTTO, I. C.; AMARAL, E. B. & GUIDINI, E. Dejetos de suínos em aplicação única e parcelada no milho em sistema de plantio direto: II – Dinâmica do nitrogênio no solo e produtividade de grãos. In: XXV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. **Resumos expandidos.** Rio de Janeiro: 8 a 13 de setembro de 2002. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/15.pdf>> Acessado em: outubro de 2004.
- MAAK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350p.
- MASCARENHAS, H. A. A.; HIROCE, R.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C.; BULISANI, E. A.; POMMER, C. V.; SAWAZAKI, E.; GALLO, P. B. & PEREIRA, J. C. V. N. A. Efeito do

- nitrogênio residual de soja na produção do milho. **Boletim Técnico nº 58**. Campinas: IAC – Instituto Agronômico de Campinas, 1983.
- McDOWELL,R.W.; SHARPLEY,A.N. Variation of phosphorus from Pennsylvanian soil amended with manures, composts or inorganic fertilizer. **Agriculture, Ecosystems & Environment: Science Direct**, Outubro, 2003.
- MELLO, J. C. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C. & BÜLL, L. T. Alterações nos atributos químicos de um latossolo distroférico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:553-561, 2003.
- OLIVEIRA, E. L de; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, 38: 47-57, 1996.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R. E ROSSETTO, R. Efeito de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **R. Bras. Ci. Solo**, 26: 505-519, 2002.
- OLSEN, R. J.; HENSLER, R. F.; ATTOE, O. J.; WITZEL, S. A. & PETERSON, L. A. Fertilizer nitrogen and crop rotation in relation to movement of nitrate-nitrogen through soil profiles. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 34:448–452, 1970.
- PAULETTI, V.; LIMA, M. R.; BARCIK, C. & BITTENCOURT, A. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.491-495, mai-jun, 2003.
- PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2.ed. Castro, Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2004. 86p.
- PAVAN, M. A. Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde. In: PAULETTI, V. & SEGANFREDO, R. **Plantio Direto: Atualizações Tecnológicas**. Fundação Cargil, 1999. p.45-52.
- PERIN, E.; CERETTA, C. A. & KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:665-674, 2003.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 477p.
- PANDOLFO, C. M.; VEIGA, M.; CERETTA, C. A. Alterações em características químicas do solo com aplicação de fontes de nutrientes, em cinco sistemas de manejo (ano 6). Fertibio: XXV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. **Resumos expandidos**. 2002.

- RAIJ,B.V.; QUAGGIO,J.A. Métodos de análise de solo. **IAC. Boletim Técnico, 81**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 31p.
- RAMOS, A. A. **Mobilidade de nutrientes no solo e produtividade do milho em função da calagem, gessagem e adubação mineral e orgânica**. Lavras: UFLA, 1996. 46p. (Dissertação de Mestrado)
- RESSETTI, R. R. **Determinação da dose de Alil Isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de oligochaeta edáficos**. Curitiba: UFPR, 2004. (Dissertação de Mestrado)
- RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. & CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:589-597, 2000.
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta, FUNDACEP FECOTRIGO, 1995. 134p.
- SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. & SPERA, S. T. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre a fertilidade do solo após oito anos. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:545-552, 2003.
- SEAB/DERAL. **Grãos, algodão e outras culturas – Paraná – Evolução da área colhida e da produção obtida – 95/96 a 02/03** (Atualizado em: abril/2004). <<http://www.pr.gov.br/seab/deral/epcpr.xls>> Acessado em: agosto/2004.
- SCHERER, E. E. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante**. Chapecó – SC: Cepaf/Epagri, 2000.
- SHARPLEY,A.; FOY,B.; WITHERS,P. Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: na overview. **J. Environ. Qual.** 29:1-9, 2000
- SILVA, J.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, M. & SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Hortic. bras.**, v.22, n.2, abr.-jun., 2004.
- SILVEIRA,P.M.; STONE,L.F. Profundidade de amostragem do solo sob plantio direto para avaliação de características químicas. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:157-162, 2002.
- SIMS,J.T.; EDWARDS,A.C.; SCHOUMANS,O.F.; SIMARD,R.R. Integration soil phosphorus testing into environmentally-based agricultural management practices. **J. Environ. Qual.** 29:60-71, 2000.
- SOUZA,W.J.O.; MELO,W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:885-896, 2000
- STONE, L. F. & SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:395-401, 2001.

- TANCK, B.; SANTOS, H. R., DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional de Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. **R. Bras. Ci. Solo**, 24: 409-415, 2000.
- VALK,H.; METCALF,J.A.; WITHERS,P.J.A. Prospects for minimizing phosphorus-excretion in ruminants by dietary manipulation. **J. Environ. Qual.** 29:28-36, 2000
- VITOSH, M. L.; DAVIS, J. F. & KNEZEK, B. D. Long-term effects of manure, fertilizer, and plow depth on chemical properties of soils and nutrient movement in a monoculture corn system. **J. Environ. Qual.** 2:296–299, 1973.
- WARMAN, P. R. The effects of pruning, fertilizers, and organic amendments on lowbush blueberry production. **Plant and Soil**, 101: 67-72, 1987.
- WHALEN, J. K.; CHANG, C.; CLAYTON, G. W.; CAREFOOT, J. P. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 962-966, 2000.
- WITHÖLTER, S. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa do trigo, 1996. 44p.
- WITHÖLTER, S. Aplicação de nitrogênio em trigo e seu efeito residual no rendimento de milho e soja no sistema de plantio direto. In: **Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo**, 3, Pelotas, RS, 2000. 3p. (CD-ROM)

6. APÊNDICES

Anexo 1. Dados das análises químicas das diferentes profundidades amostradas, para os tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100%) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m³/ha), onde: (a) pH CaCl₂; (b) pH SMP; (c) H+Al (cmol_c/dm³); (d) Al⁺⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (e) P Mehlich (mg/dm³); (f) P resina (mg/dm³); (g) K Mehlich (cmol_c/dm³); (h) Ca⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (i) Mg⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (j) Condutividade elétrica (μS/cm); (k) Carbono (g/kg)

(a) pH CaCl₂

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	5,5	5,4	5,7	5,3	5,0	4,9	4,9	5,2	5,0	4,8	4,9	4,9	5,1	4,9	4,6
	30	5,9	5,5	5,6	5,3	5,0	5,1	5,0	5,1	5,1	4,7	5,4	5,1	5,2	5,8	4,8
	60	5,8	6,1	5,8	5,4	5,0	5,1	5,1	5,1	5,8	4,9	5,7	5,1	5,3	4,9	4,7
	90	5,7	5,6	5,6	5,4	4,9	5,8	5,3	5,3	5,5	4,8	5,1	5,1	5,3	5,0	4,8
50%	0	5,2	4,8	4,9	4,8	4,7	5,3	4,9	5,1	5,1	4,8	4,9	4,8	5,0	4,8	4,6
	30	5,1	5,0	5,1	4,8	4,7	5,4	5,2	5,1	6,0	4,9	5,5	5,1	5,2	5,1	4,6
	60	5,1	5,0	4,9	5,5	4,8	5,7	5,2	5,2	5,6	5,3	5,6	4,9	5,2	4,9	4,7
	90	5,7	5,3	5,2	5,3	4,7	5,5	5,4	5,4	5,3	4,7	5,2	5,1	5,2	5,1	4,9
100%	0	5,4	5,3	5,5	5,1	4,9	5,2	4,8	5,0	4,8	4,7	4,8	4,8	5,1	4,9	4,6
	30	5,4	5,4	5,6	5,4	4,9	4,9	4,9	5,0	4,9	4,6	5,3	4,9	4,9	4,9	4,6
	60	5,3	5,2	5,6	5,3	4,9	5,1	5,0	5,2	5,2	4,9	5,4	4,9	5,2	5,2	4,8
	90	5,5	5,2	5,5	5,4	5,3	5,6	5,1	5,1	5,1	5,2	5,0	4,9	5,0	4,9	4,7

(b) pH SMP

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	6,4	6,1	6,6	6,2	6,1	6,1	5,8	6,2	5,9	5,9	6,1	5,8	6,2	5,9	5,8
	30	6,2	6,1	6,6	6,2	5,9	6,2	5,9	6,3	5,9	5,8	6,0	6,0	6,3	6,1	5,8
	60	6,2	6,4	6,6	6,2	6,0	6,3	5,9	6,3	6,1	5,9	6,6	5,9	6,4	5,9	5,9
	90	6,6	6,2	6,6	6,2	5,9	6,2	6,0	6,4	6,2	5,9	6,2	6,0	6,1	6,0	5,8
50%	0	5,7	5,6	6,2	5,8	5,9	5,8	5,8	6,1	6,1	5,8	6,0	5,8	5,9	5,8	5,8
	30	6,2	5,8	6,2	5,7	5,8	6,0	5,8	6,3	6,3	5,9	6,2	5,9	6,4	5,8	5,8
	60	6,2	5,8	6,2	5,9	5,7	6,2	5,9	6,3	6,1	5,9	6,1	5,9	6,3	5,9	5,8
	90	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	6,4	6,2	6,4	6,0	5,9	6,3	5,9	6,2	5,9	5,8
100%	0	5,8	6,0	6,5	6,1	5,9	5,9	5,6	5,9	5,7	5,8	6,1	5,7	6,0	5,9	5,7
	30	6,5	6,1	6,6	6,2	5,9	6,0	5,8	6,1	5,7	5,7	5,9	5,7	6,0	5,8	5,8
	60	6,4	6,0	6,6	6,1	6,0	6,2	5,8	6,3	6,0	5,9	5,9	5,7	6,3	5,9	5,9
	90	6,0	6,0	6,5	6,2	6,1	6,1	5,9	6,0	6,0	5,9	6,1	5,8	6,1	5,7	5,7

(c) H+Al (cmol_c/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	3,7	4,6	3,2	4,3	4,6	4,6	5,8	4,3	5,4	5,4	4,6	5,8	4,3	5,4	5,8
	30	4,3	4,6	3,2	4,3	5,4	4,3	5,4	4,0	5,4	5,8	5,0	5,0	4,0	4,6	5,8
	60	4,3	3,7	3,2	4,3	5,0	4,0	5,4	4,0	4,6	5,4	3,2	5,4	3,7	5,4	5,4
	90	3,2	4,3	3,2	4,3	5,4	4,3	5,0	3,7	4,3	5,4	4,3	5,0	4,6	5,0	5,8
50%	0	6,2	6,7	4,3	5,8	5,4	5,8	5,8	4,6	4,6	5,8	5,0	5,8	5,4	5,8	5,8
	30	4,3	5,8	4,3	6,2	5,8	5,0	5,8	4,0	4,0	5,4	4,3	5,4	3,7	5,8	5,8
	60	4,3	5,8	4,3	5,4	6,2	4,3	5,4	4,0	4,6	5,4	4,6	5,4	4,0	5,4	5,8
	90	5,0	5,4	5,4	5,8	5,8	3,7	4,3	3,7	5,0	5,4	4,0	5,4	4,3	5,4	5,8
100%	0	5,8	5,0	3,4	4,6	5,4	5,4	6,7	5,4	6,2	5,8	4,6	6,2	5,0	5,4	6,2
	30	3,4	4,6	3,2	4,3	5,4	5,0	5,8	4,6	6,2	6,2	5,4	6,2	5,0	5,8	5,8
	60	3,7	5,0	3,2	4,6	5,0	4,3	5,8	4,0	5,0	5,4	5,4	6,2	4,0	5,4	5,4
	90	5,0	5,0	3,4	4,3	4,6	4,6	5,4	5,0	5,0	5,4	4,6	5,8	4,6	6,2	6,2

(d) Al⁺⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50%	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100%	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

(e) P Mehlich (mg/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	21,3	19,1	10,1	2,3	4,2	16,7	11,1	7,0	3,9	2,3	14,1	11,5	4,2	3,9	1,8
	30	32,8	19,1	10,1	2,3	0,8	28,2	15,3	8,5	2,8	1,0	21,9	12,9	8,2	3,0	3,2
	60	25,9	38,8	14,1	2,1	2,8	32,8	11,1	6,5	2,2	2,1	29,0	13,7	7,9	4,6	1,2
	90	55,6	18,1	7,0	4,9	1,8	38,2	15,3	14,1	2,5	1,8	38,8	18,6	11,3	4,4	0,9
50%	0	37,5	18,6	11,1	1,6	3,0	29,8	23,1	10,1	4,4	2,8	20,7	13,7	6,5	3,9	0,8
	30	69,2	20,2	9,1	2,3	1,0	42,6	29,9	9,8	2,1	1,3	20,2	11,8	4,6	3,7	2,8
	60	49,9	23,1	10,8	3,2	3,0	59,8	21,3	8,3	5,4	1,9	33,9	17,1	7,0	3,7	3,2
	90	49,9	23,1	14,5	2,8	3,0	58,0	14,9	6,0	4,6	2,1	32,8	14,5	5,2	5,7	2,1
100%	0	31,8	21,9	9,5	2,8	1,0	30,8	15,8	6,2	2,3	0,8	65,6	21,3	7,0	6,5	0,9
	30	43,6	20,7	10,1	2,2	2,3	41,9	16,2	5,5	4,6	1,9	28,2	37,5	6,8	3,2	2,3
	60	75,0	28,2	21,3	4,6	1,0	38,8	17,1	6,3	3,9	2,3	30,8	12,9	5,0	5,4	1,6
	90	118,2	31,8	14,1	7,3	1,5	61,6	17,1	6,8	4,9	2,2	26,6	11,1	4,9	2,4	2,5

(f) P Resina (mg/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	101	75	51	11	4	87	59	39	12	4	86	59	32	6	3
	30	128	79	42	14	5	118	70	48	17	4	90	56	32	9	4
	60	103	85	42	12	6	168	78	43	12	5	128	71	42	12	4
	90	234	101	52	17	5	156	62	60	10	4	110	86	49	12	3
50%	0	148	134	62	18	8	101	53	28	10	3	62	34	21	15	6
	30	171	115	62	19	8	125	60	35	6	3	126	100	38	28	7
	60	163	139	92	25	14	146	51	29	10	5	133	100	34	12	9
	90	205	102	59	36	15	208	96	37	11	6	172	69	39	22	9
100%	0	175	121	76	25	6	199	132	49	12	5	101	39	21	14	6
	30	168	125	50	14	5	137	87	47	15	6	163	69	31	22	6
	60	182	154	54	15	9	202	172	63	11	9	136	76	47	18	9
	90	207	135	51	15	7	237	81	47	12	8	148	69	56	20	8

(g) K Mehlich (cmol_c/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	0,57	0,42	0,31	0,28	0,17	0,26	0,12	0,06	0,08	0,04	0,32	0,17	0,12	0,06	0,20
	30	0,77	0,46	0,30	0,21	0,09	0,49	0,31	0,16	0,13	0,07	0,44	0,26	0,16	0,11	0,06
	60	0,79	0,81	0,62	0,52	0,27	0,75	0,43	0,31	0,22	0,10	0,79	0,41	0,31	0,20	0,08
	90	0,82	0,69	0,58	0,42	0,20	0,80	0,56	0,49	0,41	0,17	0,80	0,53	0,46	0,38	0,17
50%	0	0,58	0,43	0,29	0,16	0,05	0,40	0,16	0,08	0,10	0,05	0,34	0,20	0,15	0,07	0,05
	30	0,58	0,49	0,35	0,24	0,12	0,69	0,44	0,30	0,18	0,09	0,42	0,39	0,33	0,22	0,14
	60	0,82	0,62	0,48	0,29	0,14	0,81	0,55	0,45	0,40	0,25	0,82	0,51	0,38	0,23	0,14
	90	0,89	0,71	0,70	0,40	0,22	0,86	0,57	0,52	0,46	0,17	0,85	0,66	0,58	0,48	0,21
100%	0	0,69	0,47	0,30	0,21	0,12	0,52	0,32	0,19	0,20	0,10	0,86	0,26	0,16	0,08	0,05
	30	0,83	0,55	0,41	0,34	0,08	0,56	0,38	0,27	0,35	0,10	0,77	0,52	0,43	0,21	0,09
	60	0,86	0,66	0,59	0,55	0,27	0,80	0,54	0,45	0,42	0,17	0,81	0,60	0,48	0,50	0,26
	90	0,95	0,76	0,74	0,55	0,26	0,46	0,67	0,50	0,50	0,31	0,80	0,59	0,57	0,47	0,24

(h) Ca⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	2,90	2,40	2,80	1,85	0,90	2,60	1,65	2,00	1,60	0,85	2,20	1,85	2,40	1,25	0,75
	30	3,30	2,50	2,45	2,25	0,95	2,20	2,15	2,15	1,50	0,90	1,80	2,00	2,80	1,25	1,25
	60	3,45	3,45	2,70	2,30	1,25	3,25	1,90	2,45	2,95	1,15	3,40	2,10	3,60	1,70	0,95
	90	3,90	2,70	2,75	2,20	0,95	2,95	2,25	2,10	2,65	1,10	2,40	2,05	2,35	1,60	1,50
50%	0	2,25	1,95	2,10	1,70	0,75	2,60	2,10	2,20	2,20	1,20	1,70	1,60	2,15	1,35	1,05
	30	2,85	2,00	2,10	1,50	0,90	2,55	1,65	2,00	2,10	0,85	2,75	2,15	2,30	1,40	0,55
	60	3,00	1,70	1,75	2,25	1,05	3,10	2,05	2,10	1,90	1,35	2,25	1,90	2,40	1,40	1,00
	90	3,25	1,95	2,00	1,80	0,90	3,40	2,40	2,90	2,10	1,10	2,80	1,70	2,20	1,65	0,90
100%	0	3,00	2,65	3,20	2,15	1,20	2,25	1,55	2,35	1,55	0,95	2,20	1,95	2,40	1,50	0,65
	30	3,40	2,95	2,95	2,90	1,25	2,40	2,45	1,60	1,25	0,75	2,50	1,90	2,20	1,40	0,60
	60	2,80	2,35	2,45	2,30	1,00	2,70	2,45	2,30	1,80	0,90	2,40	1,65	2,80	1,80	0,90
	90	3,30	2,85	2,60	2,75	1,10	2,75	2,05	2,35	1,90	1,25	2,30	2,05	2,10	1,25	0,70

(i) Mg⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	1,48	1,32	1,73	1,32	0,74	1,89	0,99	1,23	0,99	0,58	1,65	1,15	1,07	0,91	0,58
	30	2,39	1,56	1,65	1,56	0,82	1,48	1,23	1,15	0,91	0,58	1,32	1,15	1,23	0,82	0,91
	60	2,06	2,72	1,73	1,56	0,74	2,47	1,32	1,23	1,89	0,91	2,55	1,40	1,56	0,99	0,91
	90	2,72	1,98	2,06	1,56	0,91	2,22	1,65	1,23	1,65	0,82	1,73	1,32	1,15	0,91	0,99
50%	0	1,40	0,91	0,91	0,74	0,49	1,81	1,07	1,15	1,07	0,74	1,07	0,99	0,99	0,91	0,91
	30	1,81	1,15	1,15	0,91	0,58	1,73	1,07	1,07	1,15	0,66	2,06	1,40	1,23	0,99	0,58
	60	2,30	1,15	0,99	1,07	0,49	2,06	1,23	1,32	1,15	0,91	1,65	1,23	1,15	0,91	0,99
	90	2,30	1,32	1,15	1,32	0,58	2,30	1,73	1,65	1,15	0,99	2,06	1,23	1,15	0,99	0,66
100%	0	1,81	1,40	1,56	1,32	1,32	1,48	0,91	1,07	1,07	0,74	1,23	0,58	1,07	1,15	0,58
	30	2,30	1,65	1,65	1,40	0,99	1,48	1,65	0,74	0,74	0,49	1,56	1,07	1,07	0,82	0,41
	60	2,06	1,40	1,48	1,15	0,82	1,81	1,32	1,15	0,99	0,74	1,56	1,07	1,32	0,99	0,82
	90	2,47	1,89	1,56	1,48	0,74	2,14	1,32	1,15	1,07	0,82	1,56	1,15	1,15	0,82	0,58

(j) Condutividade elétrica (μS/cm)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	143,5	90,1	65,3	60,2	41,3	125,2	75,7	60,7	75,0	56,1	99,1	66,4	59,5	75,8	61,0
	30	225,0	116,9	73,7	75,1	58,0	175,0	87,7	69,4	73,9	60,3	106,5	70,5	75,5	70,4	60,8
	60	140,5	246,0	84,3	73,1	57,0	127,5	81,2	67,9	88,6	60,3	143,8	83,0	77,8	91,7	74,7
	90	232,0	135,3	81,7	101,3	63,9	136,3	100,7	83,6	87,4	73,9	149,5	108,7	101,9	97,5	76,1
50%	0	276,0	122,8	75,3	55,4	34,6	104,8	75,2	67,2	68,2	53,9	111,3	75,7	63,2	57,5	43,1
	30	232,0	113,4	78,9	79,5	50,9	139,0	99,2	75,3	64,9	72,6	334,0	84,8	78,0	74,7	57,9
	60	240,0	159,0	88,3	91,3	61,6	148,3	102,8	93,3	92,7	87,1	197,4	95,7	85,5	77,8	52,8
	90	247,0	130,0	95,1	85,3	69,0	171,5	103,3	82,7	85,3	79,4	152,3	108,7	101,5	106,5	85,6
100%	0	182,6	99,2	65,5	69,7	56,6	104,6	77,4	63,8	66,5	55,7	115,3	71,1	73,5	76,3	54,9
	30	286,0	126,3	85,5	72,2	51,1	111,5	86,7	64,6	72,2	61,0	131,9	101,0	74,2	66,9	50,0
	60	232,0	123,0	89,3	104,2	74,9	141,4	106,5	80,9	91,6	66,7	142,0	100,5	93,8	81,7	76,7
	90	309,0	146,3	102,0	106,9	78,7	153,4	98,8	107,4	97,0	96,9	148,3	115,7	105,3	57,7	75,2

(k) Carbono (g/kg)

Repetições		1					2					3				
Profundidades		0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80	0-5	5-10	10-30	30-50	50-80
0%	0	26,9	22,6	22,0	18,4	14,8	30,5	24,5	20,2	19,0	16,6	29,3	22,0	19,6	19,6	16,6
	30	31,7	25,1	21,4	18,4	14,8	36,5	23,2	22,0	19,6	17,8	28,7	22,6	22,0	20,2	16,0
	60	25,1	32,9	20,8	17,8	14,8	32,9	24,5	21,4	19,6	16,6	32,3	24,5	20,8	19,6	16,6
	90	31,7	26,9	22,6	20,2	16,0	31,1	25,1	22,0	19,0	18,4	31,1	25,1	22,0	20,8	16,0
50%	0	31,1	25,1	22,0	18,4	14,8	31,1	23,2	20,2	18,4	16,6	30,5	24,5	20,8	19,0	14,8
	30	31,7	24,5	22,0	19,6	16,0	31,7	23,8	20,2	19,6	17,2	29,9	25,1	21,4	19,6	17,2
	60	31,7	26,9	21,4	19,6	19,0	32,3	24,5	22,0	21,4	17,8	32,9	26,9	20,8	19,0	14,8
	90	34,1	26,9	21,4	19,0	17,2	34,1	26,9	20,8	20,2	18,4	32,9	26,9	22,0	16,0	17,8
100%	0	31,7	22,0	19,0	19,6	16,0	34,1	23,2	21,4	19,0	14,8	28,1	23,2	22,0	21,4	16,6
	30	30,5	24,5	20,8	18,4	16,0	29,3	24,5	21,4	18,4	16,0	31,7	26,9	20,8	19,0	16,0
	60	31,7	23,8	19,0	19,6	12,4	29,3	25,7	19,6	20,8	15,4	32,9	26,3	22,0	20,8	18,4
	90	34,1	25,7	20,2	20,2	17,2	32,9	25,7	19,0	19,6	18,4	29,9	25,7	20,8	18,4	17,2

Anexo 2. Análises de variância (ANOVAS) para as diferentes profundidades amostradas, dos tratamentos de adubação mineral (0, 50 e 100%) e adubação orgânica (0, 30, 60 e 90 m³/ha), onde: (a) pH CaCl₂; (b) pH SMP; (c) H+Al (cmol_c/dm³); (d) V% (%); (e) Ca⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³); (f) Mg⁺⁺ trocável (cmol_c/dm³) (g) P Mehlich (mg/dm³); (h) P resina (mg/dm³); (i) K Mehlich (cmol_c/dm³); (j) Carbono (g/kg); (k) Condutividade elétrica (μS/cm).

(a1) pH CaCl₂ – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,347	0,173	1,3419	0,3581
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,172	0,086	0,6645	
-3	Erro (a)	4	0,517	0,129		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,607	0,202	1,3582	0,3420
-5	Erro (b)	6	0,893	0,149		
6	Interação AB	6	0,095	0,016	0,4043	
-7	Erro (c)	12	0,470	0,039		
	Total	35	3,100			

Coefficiente de Variação: 3,71%

(a2) pH CaCl₂ – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,780	0,390	2,6441	0,1855
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,365	0,182	1,2373	0,3817
-3	Erro (a)	4	0,590	0,147		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,357	0,119	8,2308	0,0151
-5	Erro (b)	6	0,087	0,014		
6	Interação AB	6	0,182	0,030	1,9123	
-7	Erro (c)	12	0,190	0,016		
	Total	35	2,550			

Coefficiente de Variação: 2,46%

(a3) pH CaCl₂ – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,587	0,294	1,6324	0,3032
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,329	0,164	0,9143	
-3	Erro (a)	4	0,719	0,180		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,083	0,028	3,6024	0,0851
-5	Erro (b)	6	0,046	0,008		
6	Interação AB	6	0,098	0,016	1,9447	0,1539
-7	Erro (c)	12	0,101	0,008		
	Total	35	1,963			

Coefficiente de Variação: 1,75%

Anexo 2. continuação.

(a4) pH CaCl₂ – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,442	0,221	1,6758	0,2960
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,221	0,110	0,8358	
-3	Erro (a)	4	0,528	0,132		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,629	0,210	3,5823	0,0859
-5	Erro (b)	6	0,351	0,059		
6	Interação AB	6	0,073	0,012	0,1358	
-7	Erro (c)	12	1,072	0,089		
	Total	35	3,316			

Coeficiente de Variação: 5,76%

(a5) pH CaCl₂ – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,267	0,134	2,7022	0,1809
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,024	0,012	0,2416	
-3	Erro (a)	4	0,198	0,049		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,174	0,058	4,2653	0,0620
-5	Erro (b)	6	0,082	0,014		
6	Interação AB	6	0,178	0,030	1,4079	0,2886
-7	Erro (c)	12	0,253	0,021		
	Total	35	1,176			

Coeficiente de Variação: 3,01%

Anexo 2. continuação.

(b1) pH SMP – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,032	0,016	0,5429	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,247	0,123	4,2286	0,1031
-3	Erro (a)	4	0,117	0,029		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,330	0,110	4,9665	0,0458
-5	Erro (b)	6	0,133	0,022		
6	Interação AB	6	0,158	0,026	0,5714	
-7	Erro (c)	12	0,552	0,046		
	Total	35	1,567			

Coeficiente de Variação: 3,49%

(b2) pH SMP – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,174	0,087	1,1550	0,4019
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,202	0,101	1,3432	0,3579
-3	Erro (a)	4	0,301	0,075		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,165	0,055	6,5385	0,0255
-5	Erro (b)	6	0,051	0,008		
6	Interação AB	6	0,029	0,005	0,6582	
-7	Erro (c)	12	0,088	0,007		
	Total	35	1,010			

Coeficiente de Variação: 1,45%

(b3) pH SMP – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,412	0,206	1,6746	0,2962
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,222	0,111	0,9017	
-3	Erro (a)	4	0,492	0,123		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,181	0,060	3,5574	0,0870
-5	Erro (b)	6	0,102	0,017		
6	Interação AB	6	0,052	0,009	0,6966	
-7	Erro (c)	12	0,148	0,012		
	Total	35	1,607			

Coeficiente de Variação: 1,77%

Anexo 2. continuação.

(b4) pH SMP – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,176	0,088	0,7930	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,144	0,072	0,6499	
-3	Erro (a)	4	0,443	0,111		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,033	0,011	2,0000	0,2156
-5	Erro (b)	6	0,033	0,006		
6	Interação AB	6	0,025	0,004	0,2400	
-7	Erro (c)	12	0,208	0,017		
	Total	35	1,062			

Coeficiente de Variação: 2,20%

(b5) pH SMP – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,082	0,041	2,4500	0,2020
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,027	0,013	0,8000	
-3	Erro (a)	4	0,067	0,017		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,021	0,007	1,0870	0,4236
-5	Erro (b)	6	0,038	0,006		
6	Interação AB	6	0,047	0,008	2,0000	0,1445
-7	Erro (c)	12	0,047	0,004		
	Total	35	0,327			

Coeficiente de Variação: 1,06%

Anexo 2. continuação.

(c1) $H^+ + Al^{+++}$ – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,215	0,107	0,3404	0,0975
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	2,782	1,391	4,4037	
-3	Erro (a)	4	1,263	0,316		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	3,970	1,323	4,1007	0,0669
-5	Erro (b)	6	1,936	0,323		
6	Interação AB	6	1,896	0,316	0,6838	
-7	Erro (c)	12	5,546	0,462		
	Total	35	17,607			

Coeficiente de Variação: 14,97%

(c2) $H^+ + Al^{+++}$ – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	2,462	1,231	1,0653	0,4257
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	3,022	1,511	1,3076	0,3656
-3	Erro (a)	4	4,622	1,155		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	2,630	0,877	7,4135	0,0192
-5	Erro (b)	6	0,709	0,118		
6	Interação AB	6	0,363	0,060	0,5666	
-7	Erro (c)	12	1,281	0,107		
	Total	35	15,087			

Coeficiente de Variação: 6,04%

(c3) $H^+ + Al^{+++}$ – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	3,322	1,661	1,4719	0,3318
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	2,060	1,030	0,9129	
-3	Erro (a)	4	4,513	1,128		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	1,886	0,629	3,3000	0,0994
-5	Erro (b)	6	1,143	0,190		
6	Interação AB	6	0,564	0,094	0,6264	
-7	Erro (c)	12	1,802	0,150		
	Total	35	15,290			

Coeficiente de Variação: 9,41%

Anexo 2. continuação.(c4) $H^+ + Al^{+++}$ – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	2,424	1,212	0,7507	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	2,094	1,047	0,6485	
-3	Erro (a)	4	6,458	1,614		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,532	0,177	1,9442	0,2239
-5	Erro (b)	6	0,547	0,091		
6	Interação AB	6	0,364	0,061	0,2506	
-7	Erro (c)	12	2,904	0,242		
	Total	35	15,323			

Coeficiente de Variação: 9,62%

(c5) $H^+ + Al^{+++}$ – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	1,307	0,653	2,4500	0,2020
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,427	0,213	0,8000	
-3	Erro (a)	4	1,067	0,267		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,333	0,111	1,0870	0,4236
-5	Erro (b)	6	0,613	0,102		
6	Interação AB	6	0,747	0,124	2,0000	0,1445
-7	Erro (c)	12	0,747	0,062		
	Total	35	5,240			

Coeficiente de Variação: 4,48%

Anexo 2. continuação.

(d1) V% – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	299,334	149,667	4,7033	0,0890
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	134,253	67,126	2,1094	0,2369
-3	Erro (a)	4	127,287	31,822		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	762,586	254,195	12,6800	0,0052
-5	Erro (b)	6	120,282	20,047		
6	Interação AB	6	257,007	42,835	1,5327	0,2488
-7	Erro (c)	12	335,368	27,947		
	Total	35	2036,117			

Coeficiente de Variação: 9,85%

(d2) V% – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	557,538	278,769	2,4553	0,2015
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	195,390	97,695	0,8605	
-3	Erro (a)	4	454,152	113,538		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	495,400	165,133	16,1160	0,0028
-5	Erro (b)	6	61,479	10,247		
6	Interação AB	6	70,966	11,828	0,6921	
-7	Erro (c)	12	205,082	17,090		
	Total	35	2040,008			

Coeficiente de Variação: 9,85%

(d3) V% – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	457,260	228,630	1,4723	0,3318
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	268,152	134,076	0,8634	
-3	Erro (a)	4	621,157	155,289		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	211,270	70,423	1,9541	0,2223
-5	Erro (b)	6	216,233	36,039		
6	Interação AB	6	71,517	11,920	1,3988	0,2917
-7	Erro (c)	12	102,258	8,521		
	Total	35	1947,848			

Coeficiente de Variação: 5,90%

Anexo 2. continuação.

(d4) V% – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	799,505	399,752	2,7748	0,1755
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	123,031	61,516	0,4270	
-3	Erro (a)	4	576,269	144,067		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	328,425	109,475	8,6371	0,0135
-5	Erro (b)	6	76,049	12,675		
6	Interação AB	6	60,132	10,022	0,3738	
-7	Erro (c)	12	321,745	26,812		
	Total	35	2285,157			

Coeficiente de Variação: 13,31%

(d5) V% – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	73,468	36,734	0,5338	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	36,523	18,262	0,2654	
-3	Erro (a)	4	275,255	68,814		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	174,063	58,021	5,4437	0,0379
-5	Erro (b)	6	63,950	10,658		
6	Interação AB	6	22,697	3,783	0,3671	
-7	Erro (c)	12	123,669	10,306		
	Total	35	769,624			

Coeficiente de Variação: 12,75%

Anexo 2. continuação.(e1) Ca⁺⁺ – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	3,159	1,579	9,3650	0,0310
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,255	0,128	0,7573	
-3	Erro (a)	4	0,675	0,169		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	2,016	0,672	6,3996	0,0268
-5	Erro (b)	6	0,630	0,105		
6	Interação AB	6	1,312	0,219	3,1054	0,0449
-7	Erro (c)	12	0,845	0,070		
	Total	35	8,892			

Coeficiente de Variação: 9,66%

(e2) Ca⁺⁺ – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	1,917	0,958	3,3304	0,1408
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,793	0,396	1,3772	0,3507
-3	Erro (a)	4	1,151	0,288		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,367	0,122	5,5839	0,0359
-5	Erro (b)	6	0,132	0,022		
6	Interação AB	6	0,359	0,060	0,5014	
-7	Erro (c)	12	1,432	0,119		
	Total	35	6,151			

Coeficiente de Variação: 16,15%

(e3) Ca⁺⁺ – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,597	0,298	0,8788	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,836	0,418	1,2310	0,3832
-3	Erro (a)	4	1,358	0,340		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,226	0,075	0,3282	
-5	Erro (b)	6	1,379	0,230		
6	Interação AB	6	0,757	0,126	3,1488	0,0430
-7	Erro (c)	12	0,481	0,040		
	Total	35	5,634			

Coeficiente de Variação: 8,37%

Anexo 2. continuação.(e4) Ca⁺⁺ – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	3,110	1,555	3,9539	0,1128
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,133	0,067	0,1697	
-3	Erro (a)	4	1,573	0,393		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,894	0,298	4,6054	0,0533
-5	Erro (b)	6	0,388	0,065		
6	Interação AB	6	0,487	0,081	0,7288	
-7	Erro (c)	12	1,335	0,111		
	Total	35	7,921			

Coeficiente de Variação: 17,92%

(e5) Ca⁺⁺ – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,122	0,061	0,5728	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,069	0,035	0,3259	
-3	Erro (a)	4	0,425	0,106		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,215	0,072	3,3430	0,0972
-5	Erro (b)	6	0,129	0,021		
6	Interação AB	6	0,233	0,039	1,0527	0,4402
-7	Erro (c)	12	0,442	0,037		
	Total	35	1,636			

Coeficiente de Variação: 19,56%

Anexo 2. continuação.(f1) Mg^{++} – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	1,089	0,545	7,6691	0,0428
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,262	0,131	1,8432	0,2708
-3	Erro (a)	4	0,284	0,071		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	2,159	0,720	6,4434	0,0264
-5	Erro (b)	6	0,670	0,112		
6	Interação AB	6	0,383	0,064	0,7291	
-7	Erro (c)	12	1,052	0,088		
	Total	35	5,900			

Coeficiente de Variação: 15,68%

(f2) Mg^{++} – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,945	0,472	2,1353	0,2339
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,486	0,243	1,0979	0,4168
-3	Erro (a)	4	0,885	0,221		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	1,155	0,385	13,3040	0,0046
-5	Erro (b)	6	0,174	0,029		
6	Interação AB	6	0,440	0,073	1,1839	0,3769
-7	Erro (c)	12	0,743	0,062		
	Total	35	4,826			

Coeficiente de Variação: 18,78%

(f3) Mg^{++} – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,673	0,336	1,4547	0,3352
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,417	0,208	0,9008	
-3	Erro (a)	4	0,925	0,231		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,175	0,058	1,4600	0,3165
-5	Erro (b)	6	0,240	0,040		
6	Interação AB	6	0,075	0,013	0,7697	
-7	Erro (c)	12	0,195	0,016		
	Total	35	2,700			

Coeficiente de Variação: 10,01%

Anexo 2. continuação.(f4) Mg^{++} – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,744	0,372	3,1022	0,1537
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,334	0,167	1,3951	0,3470
-3	Erro (a)	4	0,479	0,120		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,234	0,078	1,5713	0,2914
-5	Erro (b)	6	0,298	0,050		
6	Interação AB	6	0,292	0,049	1,7172	0,2002
-7	Erro (c)	12	0,340	0,028		
	Total	35	2,722			

Coeficiente de Variação: 14,99%

(f5) Mg^{++} – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,004	0,002	0,0162	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,035	0,017	0,1331	
-3	Erro (a)	4	0,519	0,130		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,110	0,037	0,8998	
-5	Erro (b)	6	0,244	0,041		
6	Interação AB	6	0,179	0,030	1,7065	0,2027
-7	Erro (c)	12	0,210	0,017		
	Total	35	1,299			

Coeficiente de Variação: 17,56%

Anexo 2. continuação.

(g1) P Mehlich – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	2567,817	1283,909	5,6106	0,0691
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	2402,909	1201,454	5,2502	0,0761
-3	Erro (a)	4	915,351	228,838		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	2659,632	886,544	3,2023	0,1047
-5	Erro (b)	6	1661,081	276,847		
6	Interação AB	6	772,909	128,818	0,4431	
-7	Erro (c)	12	3488,551	290,713		
	Total	35	14468,249			

Coeficiente de Variação: 42,26%

(g2) P Mehlich – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	363,834	181,917	3,1961	0,1482
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	92,611	46,305	0,8135	
-3	Erro (a)	4	227,673	56,918		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	63,472	21,157	0,4875	
-5	Erro (b)	6	260,384	43,397		
6	Interação AB	6	103,914	17,319	0,3562	
-7	Erro (c)	12	583,523	48,627		
	Total	35	1695,410			

Coeficiente de Variação: 36,51%

(g3) P Mehlich – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	179,094	89,547	6,8823	0,0507
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	1,847	0,924	0,0710	
-3	Erro (a)	4	52,044	13,011		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	20,463	6,821	0,8855	
-5	Erro (b)	6	46,219	7,703		
6	Interação AB	6	26,226	4,371	0,4477	
-7	Erro (c)	12	117,149	9,762		
	Total	35	443,043			

Coeficiente de Variação: 35,65%

Anexo 2. continuação.

(g4) P Mehlich – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	6,036	3,018	2,2077	0,2259
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	5,294	2,647	1,9364	0,2581
-3	Erro (a)	4	5,468	1,367		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	10,536	3,512	2,1863	0,1906
-5	Erro (b)	6	9,638	1,606		
6	Interação AB	6	1,739	0,290	0,1264	
-7	Erro (c)	12	27,532	2,294		
	Total	35	66,242			

Coeficiente de Variação: 41,19%

(g5) P Mehlich – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,374	0,187	0,5213	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	1,874	0,937	2,6127	0,1880
-3	Erro (a)	4	1,434	0,359		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,353	0,118	0,0960	
-5	Erro (b)	6	7,362	1,227		
6	Interação AB	6	7,075	1,179	1,9517	0,1527
-7	Erro (c)	12	7,250	0,604		
	Total	35	25,722			

Coeficiente de Variação: 39,30%

Anexo 2. continuação.

(h1) P resina – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	13198,389	6599,194	13,6504	0,0163
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	12448,389	6224,194	12,8747	0,0181
-3	Erro (a)	4	1933,778	483,444		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	22786,889	7595,630	8,7503	0,0131
-5	Erro (b)	6	5208,278	868,046		
6	Interação AB	6	2430,944	405,157	0,5349	
-7	Erro (c)	12	9088,889	757,407		
	Total	35	67095,556			

Coeficiente de Variação: 18,61%

(h2) P resina – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	12522,056	6261,028	3,7295	0,1218
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	6002,056	3001,028	1,7876	0,2788
-3	Erro (a)	4	6715,111	1678,778		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	2913,889	971,296	3,5493	0,0874
-5	Erro (b)	6	1641,944	273,657		
6	Interação AB	6	2018,611	336,435	0,6048	
-7	Erro (c)	12	6675,556	556,296		
	Total	35	38489,222			

Coeficiente de Variação: 26,58%

(h3) P resina – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	2725,389	1362,694	3,2175	0,1469
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	187,556	93,778	0,2214	
-3	Erro (a)	4	1694,111	423,528		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	486,889	162,296	1,1176	0,4132
-5	Erro (b)	6	871,278	145,213		
6	Interação AB	6	423,111	70,519	0,7494	
-7	Erro (c)	12	1129,222	94,102		
	Total	35	7517,556			

Coeficiente de Variação: 21,04%

Anexo 2. continuação.

(h4) P resina – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	293,167	146,583	1,9632	0,2547
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	205,167	102,583	1,3739	0,3514
-3	Erro (a)	4	298,667	74,667		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	74,306	24,769	1,1207	0,4122
-5	Erro (b)	6	132,611	22,102		
6	Interação AB	6	92,611	15,435	0,6804	
-7	Erro (c)	12	272,222	22,685		
	Total	35	1368,750			

Coeficiente de Variação: 31,23%

(h5) P resina – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	38,000	19,000	1,1692	0,3982
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	81,500	40,750	2,5077	0,1969
-3	Erro (a)	4	65,000	16,250		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	50,889	16,963	19,9130	0,0016
-5	Erro (b)	6	5,111	0,852		
6	Interação AB	6	20,944	3,491	4,8961	0,0094
-7	Erro (c)	12	8,556	0,713		
	Total	35	270,000			

Coeficiente de Variação: 13,33%

Anexo 2. continuação.

(i1) K Mehlich – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,131	0,066	2,3800	0,2085
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,074	0,037	1,3352	0,3596
-3	Erro (a)	4	0,110	0,028		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,592	0,197	24,0202	0,0010
-5	Erro (b)	6	0,049	0,008		
6	Interação AB	6	0,163	0,027	2,6569	0,0706
-7	Erro (c)	12	0,123	0,010		
	Total	35	1,243			

Coeficiente de Variação: 14,84%

(i2) K Mehlich – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,221	0,111	16,7166	0,0114
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,055	0,028	4,1650	0,1052
-3	Erro (a)	4	0,026	0,007		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,675	0,225	69,0134	0,0000
-5	Erro (b)	6	0,020	0,003		
6	Interação AB	6	0,011	0,002	0,4609	
-7	Erro (c)	12	0,047	0,004		
	Total	35	1,056			

Coeficiente de Variação: 13,14%

(i3) K Mehlich – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,169	0,084	24,6995	0,0056
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,062	0,031	9,0692	0,0326
-3	Erro (a)	4	0,014	0,003		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,776	0,259	96,6438	0,0000
-5	Erro (b)	6	0,016	0,003		
6	Interação AB	6	0,017	0,003	0,9816	
-7	Erro (c)	12	0,034	0,003		
	Total	35	1,087			

Coeficiente de Variação: 14,19%

Anexo 2. continuação.

(i4) K Mehlich – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,057	0,029	3,5035	0,1321
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,089	0,045	5,4762	0,0716
-3	Erro (a)	4	0,033	0,008		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,545	0,182	55,2680	0,0001
-5	Erro (b)	6	0,020	0,003		
6	Interação AB	6	0,030	0,005	1,2053	0,3674
-7	Erro (c)	12	0,050	0,004		
	Total	35	0,823			

Coeficiente de Variação: 21,81%

(i5) K Mehlich – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,006	0,003	1,2449	0,3799
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	0,010	0,005	1,9409	0,2576
-3	Erro (a)	4	0,010	0,003		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	0,111	0,037	37,8689	0,0003
-5	Erro (b)	6	0,006	0,001		
6	Interação AB	6	0,028	0,005	1,5384	0,2471
-7	Erro (c)	12	0,037	0,003		
	Total	35	0,209			

Coeficiente de Variação: 37,67%

Anexo 2. continuação.

(j1) C – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	12,140	6,070	1,0227	0,4378
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	10,940	5,470	0,9217	
-3	Erro (a)	4	23,740	5,935		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	19,400	6,467	1,3099	0,3549
-5	Erro (b)	6	29,620	4,937		
6	Interação AB	6	20,020	3,337	0,7793	
-7	Erro (c)	12	51,380	4,282		
	Total	35	167,240			

Coeficiente de Variação: 6,60%

(j2) C – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	6,174	3,087	0,4598	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	2,936	1,468	0,2186	
-3	Erro (a)	4	26,856	6,714		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	50,850	16,950	9,7961	0,0100
-5	Erro (b)	6	10,382	1,730		0,4519
6	Interação AB	6	14,107	2,351	1,0304	
-7	Erro (c)	12	27,382	2,282		
	Total	35	138,686			

Coeficiente de Variação: 6,03%

(j3) C – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	0,960	0,480	0,2759	0,3081
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	5,580	2,790	1,6034	
-3	Erro (a)	4	6,960	1,740		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	1,790	0,597	1,7212	0,2614
-5	Erro (b)	6	2,080	0,347		0,4621
6	Interação AB	6	5,380	0,897	1,0113	
-7	Erro (c)	12	10,640	0,887		
	Total	35	33,390			

Coeficiente de Variação: 4,47%

Anexo 2. continuação.

(j4) C – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	1,340	0,670	0,3641	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	1,220	0,610	0,3315	
-3	Erro (a)	4	7,360	1,840		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	2,280	0,760	0,4663	
-5	Erro (b)	6	9,780	1,630		
6	Interação AB	6	10,620	1,770	3,2778	0,0380
-7	Erro (c)	12	6,480	0,540		
	Total	35	39,080			

Coeficiente de Variação: 3,79%

(j5) C – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	9,500	4,750	1,9467	0,2568
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	2,660	1,330	0,5451	
-3	Erro (a)	4	9,760	2,440		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	13,390	4,463	12,2844	0,0057
-5	Erro (b)	6	2,180	0,363		
6	Interação AB	6	5,660	0,943	0,4506	
-7	Erro (c)	12	25,120	2,093		
	Total	35	68,270			

Coeficiente de Variação: 8,81%

Anexo 2. continuação.

(k1) Condutividade elétrica – Profundidade 0 a 5 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	58295,625	29147,813	9,5455	0,0300
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	12614,341	6307,170	2,0655	0,2420
-3	Erro (a)	4	12214,293	3053,573		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	15862,600	5287,533	5,1748	0,0421
-5	Erro (b)	6	6130,718	1021,786		
6	Interação AB	6	4540,375	756,729	0,3250	
-7	Erro (c)	12	27941,138	2328,428		
	Total	35	137599,089			

Coeficiente de Variação: 27,95%

(k2) Condutividade elétrica – Profundidade 5 a 10 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	15018,152	7509,076	17,2818	0,0108
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	13,674	6,837	0,0157	
-3	Erro (a)	4	1738,081	434,507		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	8208,081	2736,027	4,0512	0,0684
-5	Erro (b)	6	4052,205	675,367		
6	Interação AB	6	1709,668	284,945	0,5243	
-7	Erro (c)	12	6521,564	543,464		
	Total	35	37261,371			

Coeficiente de Variação: 22,17%

(k3) Condutividade elétrica – Profundidade 10 a 30 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	277,085	138,543	12,2894	0,0196
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	507,542	253,771	22,5107	0,0067
-3	Erro (a)	4	45,093	11,273		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	4387,352	1462,451	41,7155	0,0002
-5	Erro (b)	6	210,346	35,058		
6	Interação AB	6	291,730	48,622	1,0397	0,4470
-7	Erro (c)	12	561,202	46,767		
	Total	35	6280,350			

Coeficiente de Variação: 8,51%

Anexo 2. continuação.

(k4) Condutividade elétrica – Profundidade 30 a 50 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	70,121	35,060	0,2149	
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	43,657	21,829	0,1338	
-3	Erro (a)	4	652,449	163,112		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	3835,389	1278,463	19,9628	0,0016
-5	Erro (b)	6	384,253	64,042		
6	Interação AB	6	382,436	63,739	0,4556	
-7	Erro (c)	12	1678,697	139,891		
	Total	35	7047,002			

Coeficiente de Variação: 14,83%

(k5) Condutividade elétrica – Profundidade 50 a 80 cm

K	Causas de Variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Valor F	Probabilidade
1	Blocos	2	668,254	334,127	2,5068	0,1969
2	Ad. Mineral (Fator A)	2	153,917	76,959	0,5774	
-3	Erro (a)	4	533,153	133,288		
4	Ad. Orgânica (Fator B)	3	3695,001	1231,667	104,1114	0,0000
-5	Erro (b)	6	70,982	11,830		
6	Interação AB	6	495,178	82,530	1,2148	0,3633
-7	Erro (c)	12	815,232	67,936		
	Total	35	6431,716			

Coeficiente de Variação: 12,96%