



**PALHADA E NITROGÊNIO AFETANDO
PROPRIEDADES DO SOLO E RENDIMENTO
DE MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO
NO CERRADO**

ANDERSON LANGE

2002

ANDERSON LANGE

**PALHADA E NITROGÊNIO AFETANDO PROPRIEDADES DO SOLO E
RENDIMENTO DE MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. João José G.S.M. Marques

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lange, Anderson

Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no cerrado / Anderson Lange. -- Lavras : UFLA, 2002.

148 p. : il.

Orientador: João José G. S. M. Marques.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Solo. 2. Propriedade. 3. Palhada. 4. Nitrogênio. 5. Milho. 6. Plantio direto. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.417

-633.158

ANDERSON LANGE

**PALHADA E NITROGÊNIO AFETANDO PROPRIEDADES DO SOLO E
RENDIMENTO DE MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO NO
CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 23 de agosto de 2002

Dr. José Carlos Cruz

Embrapa Milho e Sorgo

Prof. Alfredo Scheid Lopes

UFLA

Prof. Luiz Roberto Guimarães Guilherme

UFLA


Prof. João José G.S.M. Marques

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

"Ainda que eu fale as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver amor, serei como o bronze que soa, ou como o címbalo que retine".

"E ainda que eu distribua todos os meus bens entre os pobres, e ainda que entregue o meu próprio corpo para ser queimado, se não tiver amor, nada disso me aproveitará"

1º Coríntios 13:1 e 3

"O solo não é uma herança que recebemos de nossos pais, mas sim um patrimônio que tomamos emprestado de nossos filhos".

L. Brown

**A meus pais, Silvino e Renate,
A meus irmãos, Marilza, Zoni e Elton e a seus familiares.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve ao meu lado e ajudou-me, sem o qual eu nunca teria conseguido concluir mais este desafio.

Aos meus pais, pelo amor, apoio e incentivo.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de, durante seis anos, entre iniciação científica e mestrado, proporcionar-me oportunidades de ampliar meus conhecimentos.

À CAPES e ao CNPq, pela concessão das bolsas de estudos.

À FAPEMIG, por custear meu projeto de pesquisa.

Ao professor, orientador e amigo João José, por ter me recebido como seu primeiro orientado e por nunca ter se negado a dividir seu tempo, seu conhecimento e sua atenção, dando todo apoio de que necessitei.

Aos professores e pesquisadores Alfredo, José Carlos (Embrapa) e Luiz Roberto que gentilmente fizeram parte da banca de defesa.

À professora Fátima Moreira, pela orientação na graduação e ao professor Alfredo, pelas dicas, incentivo, conselhos e atenção sempre dispensada.

A todos os professores do Departamento de Ciência do Solo, pela amizade, atenção e agradável convivência durante todos esses anos.

À Embrapa-Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG), por disponibilizar toda infraestrutura experimental; ao Julinho e a todos os funcionários, pelo apoio nos trabalhos de campo, sem o que este trabalho não teria sido concretizado.

Aos meus grandes amigos e amigas: Sérgio, Moisa, Priscila, Inês, André, Érica, Claudinha, Renato, Marcelo (Rubão), Rep. do URSO, Edivandro, Jânio, Mauro, Marília e Janaina, pela amizade e companheirismo nos momentos que passamos juntos.

Aos alunos de iniciação científica, João Luís, Virgínia, Mara e Valquíria, pelo auxílio nas diversas etapas de minha dissertação e pela amizade que construímos.

Ao Denismar, pelo auxílio na interpretação das análises estatísticas.

Aos colegas de Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela amizade e auxílio.

A todos os funcionários do DCS, especialmente ao Delane, Luiz Roberto (Pezão), Manoel, Adriana, Vera, Maria Alice e Waldéria, pelo auxílio e pela amizade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 Sistema plantio direto	03
2.2 Distribuição de nutrientes em sistema plantio direto.....	05
2.3 Atributos físicos do solo em sistema plantio direto	06
2.4 Matéria orgânica do solo em sistema plantio direto	08
2.5 Adubação nitrogenada em sistema plantio direto	10
2.6 Calcário na superfície do solo em sistema plantio direto.....	13
2.7 A cultura do milho em sistema plantio direto	16
2.8 Produção de palhada em sistema plantio direto	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Descrição da área	20
3.2 Delineamento experimental	21
3.3 Condução do experimento	22
3.4 Amostragens	22
3.4.1 Amostragem de solo	22
3.4.2 Amostragem foliar	24
3.5 Calagem	24
3.6 Métodos analíticos	25
3.6.1 Análises físicas de solo	25
3.6.2 Análises químicas de solo	26
3.6.3 Análises foliares.....	27
2.7 Análises estatísticas	27

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Propriedades físicas do solo.....	29
4.1.1 Diâmetro médio geométrico	29
4.1.2 Índice de floculação	31
4.1.3 Capacidade de campo	33
4.1.4 Ponto de murcha permanente.....	34
4.1.5 Densidade do solo	34
4.2 Propriedades químicas do solo	37
4.2.1 Carbono orgânico do solo	37
4.2.2 O pH do solo	42
4.2.3 Fósforo e potássio do solo.....	45
4.2.4 Cálcio e magnésio do solo	48
4.2.5 Alumínio trocável e acidez potencial do solo	53
4.2.6 Saturação por alumínio do solo.....	57
4.2.7 CTC efetiva e potencial do solo.....	59
4.2.8 Soma de bases e saturação por bases do solo.....	62
4.2.9 Micronutrientes do solo	67
4.3 Nutrientes nas plantas	68
4.4 Efeitos da calagem	75
4.4.1 pH do solo.....	76
4.4.2 Cálcio do solo	80
4.4.3 Alumínio do solo.....	83
4.4.4 Nitrato e amônio do solo.....	85
4.5 Rendimento de grãos.....	87
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
7 ANEXOS	105

RESUMO

LANGE, A. Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no Cerrado. 148 p. Lavras: UFLA, 2002. (Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)*.

O sistema plantio direto (SPD) é um modificador das propriedades do solo. Um assunto que tem despertado interesse em SPD é o entendimento da dinâmica do N. A cada nova safra, cultivares de milho são lançadas no mercado e as exigências de N tendem a aumentar, acompanhando o aumento das produtividades. Entretanto, altas doses de adubos nitrogenados aplicados ao solo causam acidificação. O recurso que tem obtido êxito na correção da acidez é a aplicação de calcário superficial. Os objetivos do estudo foram: a) avaliar em condições de campo as modificações induzidas após dez anos de SPD, aplicando-se diferentes doses de palhada e N, sobre as propriedades físicas e químicas do solo e em que profundidade estas ocorrem; b) observar o efeito da calagem superficial sobre algumas propriedades do solo; c) avaliar os efeitos de diferentes doses de palhada e N sobre o estado nutricional e rendimento de grãos na cultura do milho. O experimento foi conduzido na Embrapa-Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG, num Latossolo Vermelho Distrófico Típico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, os quais foram cultivados continuamente com milho por dez anos em SPD. Os tratamentos foram cinco doses de palhada (0, 3, 6, 9 e 12 Mg ha⁻¹) e cinco doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg N ha⁻¹), na forma de uréia em cobertura. Em maio/2001, coletaram-se amostras de solo em diferentes camadas (0-0,025; 0,025-0,05; 0,05-0,1; 0,1-0,2; e 0,2-0,4 m), as quais foram submetidas a análises de fertilidade e física do solo de acordo com métodos padrão. Em ago/2001, aplicaram-se 500 kg de calcário superficialmente em toda a área. Em maio/2002, foram coletadas novas amostras de solo. As propriedades físicas do solo não foram influenciadas pelas doses de palhada e N aplicadas em cobertura, com exceção para o índice de floculação, que foi influenciado significativamente pelas doses de N. As doses de palhada influenciaram significativamente os teores de C orgânico (camada 0-0,025 m) e K (até 0,4 m) no solo. O aumento das doses de N reduziu o pH, Ca, Mg, CTC efetiva e potencial, soma de bases, saturação por bases e aumentou Fe, Al, H+Al e a saturação por Al. A calagem superficial elevou o pH, os teores de Ca e diminuiu a toxidez por Al. As diferentes doses de N influenciaram significativamente os teores foliares de N, P, S, Zn, Fe e Cu. A cultura respondeu significativamente às doses de N, obedecendo a uma função quadrática. A máxima eficiência agrônômica foi observada na dose 140 kg N ha⁻¹ (10,85 Mg milho ha⁻¹) e a máxima eficiência econômica na dose 130 kg N ha⁻¹ (10,82 Mg milho ha⁻¹).

*Orientador: Prof. João José G.S. M. Marques – UFLA

Co-orientador: Dr. José Carlos Cruz – Embrapa Milho e Sorgo

ABSTRACT

LANGE, A. Cover straw and nitrogen affecting soil properties and maize yield in no-till system in the Cerrado. 148 p. Lavras: UFLA, 2002. (Thesis of Master in Soil Science and Plant Nutrition)*.

No-till system (NTS) has shown to a favorable soil property modifier, compared to the conventional till. Changes in soil physical and chemical properties take place dynamically, being necessary their study for each soil and climate situations. Currently, a hot topic in NTS is N dynamics. Every year, new maize hybrids are released and N requirements tend to increase accordingly to yield. Nevertheless, high N applications cause soil acidification. A common alternative is the surface application of lime. However, in the Cerrado region, studies on the mechanisms of superficial lime application onto soils are still scarce. The objectives of this study were: a) to evaluate in the field the modifications in soil properties after 10 years of NTS, applying different amounts of straw and N; b) observe the effect of surface lime application onto soil properties; and c) to evaluate the effect of different amounts of straw and N on the nutritional status and yield of maize. The experiment was located at the Embrapa experimental station in Sete Lagoas, State of Minas Gerais. The soil was a Typic Dystrophic Red Latosol (Rhodic Hapludox). The experimental design had random blocks with three replications. The experiment has been cropped continuously with maize in NTS for ten years. The treatments, applied yearly, were five straw (0; 3; 6; 9; 12 Mg ha⁻¹) and five N doses (0; 40; 80; 120; 160 kg N ha⁻¹). Nitrogen was applied as urea once the crop was established. The straw is from a maize residues cropped in a nearby area. In May/2001, we sampled soil in five layers (0–0.025; 0.025–0.05; 0.05–0.1; 0.1–0.2; and 0.2–0.4 m), which were analyzed according to standard soil fertility and soil physics methods. In Aug/2001, we applied 500 kg of lime on the surface of all plots and the experiment was run as usual. In May/2002, a new set of soil samples were collected and analyzed. Soil physical properties were not affected by N and straw applications, with the exception of the flocculation index, which was affected by N. In none of the samples has the soil density reached >1,1 Mg m⁻³. Straw addition significantly influenced organic C (only at the 0–0.025-m layer) and available K (up to 0.4 m) in the soil. Nitrogen fertilization has decreased pH, Ca, Mg, CEC, sum of bases, and base saturation, and increased Fe, Al saturation, Al, and H+Al. Surface liming increased pH and Ca, and decrease Al toxicity, in some treatments up to 0.2 m. Nitrogen fertilization increased N, P, S, Zn, Fe, and Cu in the leaves. The crop responded to the N fertilization according to a quadratic curve. Maximum agronomic efficiency was reached at the dose 140 kg N ha⁻¹ (10,85 Mg maize ha⁻¹) and maximum economic efficiency at 130 kg N ha⁻¹ (10.82 Mg maize ha⁻¹).

* Adviser : João José G.S M. Marques – UFLA
Co-adviser : José Carlos Cruz – Embrapa Milho e Sorgo

1 INTRODUÇÃO

Para atender à crescente demanda de alimentos, a agricultura moderna busca aumentar a produtividade. O aumento de produtividade em áreas já cultivadas é a melhor garantia de que áreas ainda sob vegetação natural serão preservadas e que talvez até mesmo algumas áreas agrícolas sejam revertidas em áreas de preservação, como aliás já acontece na Europa e EUA. Para aumentar a produtividade, recorre-se ao uso de cultivares mais eficientes, produtivas e tolerantes, a elevadas doses de fertilizantes e defensivos e à maior eficiência no uso do solo. Infelizmente, na busca do aumento de produtividade, muitos se esquecem do uso racional destas técnicas, trazendo com isso degradação do solo e do meio ambiente.

Hoje, a área de cerrado ocupa importante papel no contexto agrícola brasileiro, por oferecer diversas características desejáveis para a produção de grãos. Grandes extensões de terras agricultáveis, ampliação do sistema viário, pesquisas desenvolvidas por universidades, empresas privadas e centros de pesquisas regionais tornaram a região um pólo atrativo para grandes indústrias e propriedades agrícolas tecnificadas. Nos últimos anos, tem-se observado grande desenvolvimento da agricultura nesta região, onde alguns produtores vêm utilizando alta tecnologia aliada a adequados métodos de manejo, alcançando, com isso, aumento significativo na produtividade. Outros, entretanto, utilizam de forma irracional os recursos naturais, provocando degradação do solo e, como consequência, diversos prejuízos, tanto econômicos como ecológicos.

Entre os solos dos Cerrados, os mais utilizados para o uso agrícola são os latossolos, os quais cobrem 46% daquela área (Adámoli et al., 1987). Suas declividades variam de <3% nas chapadas a cerca de 5% nas áreas de encosta. Eles apresentam baixa fertilidade natural, sendo a acidez excessiva e o baixo teor de P disponível as principais limitações. Para que se possa fazer uso

intensivo destes solos, há necessidade de se construir a fertilidade dos mesmos com altos investimentos iniciais. Em condições naturais, os latossolos têm alta capacidade de resistência à erosão, por serem geralmente profundos e permeáveis. No entanto, a retirada da vegetação natural e o cultivo do solo tornam a erosão um processo inevitável.

\ O excessivo preparo do solo por meio do uso de grades pesadas tem como resultado uma intensa perturbação da camada arável, de 0 a 0,15 m. Esse procedimento contribui para a destruição dos agregados do solo, redução da taxa de infiltração de água e formação de camadas compactadas. Esses fatores resultam em acentuada erosão laminar e condições adversas para a penetração e desenvolvimento radicular (Muzilli, 1983). A degradação do solo, com todas as suas conseqüências e implicações, tem resultado no desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, buscando sempre a sustentabilidade.

Métodos de uso e manejo do solo na agricultura que preservem atributos físicos, mantenham a cobertura sobre o solo e evitem o escoamento superficial devem ser cada vez mais utilizados na busca da sustentabilidade das áreas agrícolas.

Tendo em vista a conservação do solo e da água e dos recursos naturais de um modo geral, muitos agricultores têm adotado o sistema plantio direto (SPD) com método de cultivo. Este sistema, que inicialmente foi introduzido para controlar a erosão em solos do Sul do Brasil, tem modificado a forma de trabalho do homem do campo, minimizando os custos de produção, garantindo a qualidade do ambiente e, principalmente, preservando o solo e o sistema como um todo. Muitos agricultores já se conscientizaram da importância do SPD. Hoje, o Brasil cultiva aproximadamente 14 milhões de hectares em SPD. Destes, cerca de 5 milhões encontram-se no Cerrado (Saturnino, 2001), região que expande ano após ano sua área de SPD, devido aos benefícios propiciados por

este método de cultivo. Entretanto, apenas cerca de 20% dos 5 milhões de hectares cultivados sob SPD seguem as orientações à risca, obedecendo aos pré-requisitos básicos (Freitas & Trecenti, 2002). Neste contexto, este sistema, por sua maior sustentabilidade, garante às próximas gerações uma melhor qualidade de vida, por preservar o meio ambiente e auxiliar na manutenção dos recursos naturais (Saturnino, 2001).

O objetivo desse trabalho foi avaliar, em condições de campo, as modificações induzidas, após dez anos de SPD na cultura do milho sobre as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico típico sob cerrado, influenciadas por diferentes doses de palhada e de N antes e depois da calagem superficial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistema plantio direto

Sistemas de cultivo que envolvem o preparo do solo, conduzidos sob condições de clima e solo tropicais e subtropicais, alteram a relação solo meio ambiente (Maciel Jr., 1999). Hoje, a poluição de lençóis freáticos, erosão, assoreamento de rios, morte de peixes e eutrofização de corpos d'água pelo uso excessivo de adubos têm preocupado agricultores, extensionistas, ambientalistas e cientistas. Diante disso, surgem novas técnicas que tentam minimizar agressões ao meio ambiente.

Entre essas técnicas, destaca-se o sistema de plantio direto (SPD). Com o advento dos herbicidas, tornou-se possível a implantação de culturas sem o revolvimento do solo. O SPD tem como pré-requisitos três pontos básicos: o não revolver o solo na ocasião da semeadura, a utilização de plantas de cobertura para proteger o solo e melhorar sua fertilidade e a adoção de um sistema de

rotação de culturas. O combate às invasoras é feito por meio de herbicidas. Conseqüentemente, há formação de uma camada superficial de resíduos vegetais. Inicialmente, o SPD foi introduzido como método de controle de erosão nos solos do Sul do Brasil. Esse sistema, entretanto, tem trazido inúmeras modificações no sistema solo, a maioria benéficas, as quais merecem ser estudadas devido à sua importância e complexidade.

Segundo Lal (1989), o SPD é um componente indispensável à agricultura sustentável. Um método de manejo do solo que conserve a estrutura do solo e mantenha os restos culturais sobre a superfície, no período que vai da colheita até ao próximo plantio, é indicado como a melhor forma de se conservar a umidade e evitar a erosão (Cardoso, 1993). Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), as pesquisas para o SPD devem ser desenvolvidas nas mais diversas regiões. Isto porque qualquer simulação ou extrapolação de modelos padronizados pode comprometer o sistema, minimizando o sucesso do mesmo no empreendimento agrícola.

O sistema de plantio convencional (SPC) é responsável por revolver o solo e promover a destruição do C orgânico (CO) do solo, reduzindo seus teores (Beutler et al., 2001; Cunha et al., 2001) e refletindo negativamente na fertilidade do solo, além de alterar atributos físicos, químicos e biológicos. A agricultura moderna vem buscando, nos últimos anos, elevar os teores de CO do solo. Uma das maneiras encontradas é a adoção do SPD, que é responsável por elevar os níveis desta fração no solo, além de diversos outros benefícios (Bayer & Bertol, 1999; Sá, 1999; Silva et al., 2000; Bayer et al., 2001, Beutler et al., 2001).

2.2 Distribuição de nutrientes em sistema plantio direto

O SPD também é um importante modificador da concentração e da distribuição dos nutrientes no perfil do solo. O SPC resulta numa distribuição mais uniforme de nutrientes na camada mecanizada, devido ao revolvimento desta, enquanto no SPD fica caracterizada a acumulação de elementos na camada superficial (Holanda et al., 1998).

As concentrações de nutrientes em diferentes profundidades do perfil do solo estão associadas a características do sistema de plantio, grau de mobilidade de cada nutriente e da classe de solo, o que implica em mudanças ao longo do tempo. Um dado nutriente considerado de baixa mobilidade, sendo colocado na superfície do solo em SPD, tende a acumular-se em curto prazo. Todavia, com o transcorrer do tempo, parte deste nutriente será transportada para camadas mais profundas (Parra, 1986). Pode-se ressaltar ainda que diferentes sistemas de rotação e sucessão de culturas, assim como plantas de cobertura podem também interferir neste parâmetro.

Diversos trabalhos têm demonstrado que o SPD tem aumentado a concentração de nutrientes na superfície do solo (Muzilli, 1983; Sidiras & Pavan, 1985; Parra, 1986; Eltz et al., 1989; Merten & Mielniczuk, 1991; Sá, 1996b; Holanda et al., 1998; Kluthcouski, 1998; Rheinheimer et al., 1998; Bayer & Bertol, 1999; Sá, 1999; Amaral et al., 2001). Entre os nutrientes, destaque especial é dado ao P. Uma das características dos solos do Cerrado é a baixa disponibilidade de P, mesmo após adubações, em virtude do elevado poder de fixação deste elemento. No SPD, devido ao não revolvimento do solo, a concentração deste elemento tende a ser elevada na camada superficial. Isto ocorre porque o processo de fixação é minimizado, e a decomposição gradual dos resíduos proporciona a liberação e redistribuição de formas orgânicas de P mais estáveis e menos susceptíveis às reações de adsorção (Sá, 1999). Desse

modo, a disponibilidade de P tende a ser maior em SPD, podendo inclusive influenciar na nutrição das culturas (Muzilli, 1983).

2.3 Atributos físicos do solo em sistema plantio direto

A proteção dada ao solo pela palhada deixada em superfície foi a condição que mais incentivou o uso do SPD inicialmente. A palhada funciona como protetora do solo contra as fortes chuvas, minimizando os efeitos nocivos da erosão e aumentando os teores de CO no solo. Entretanto, os atributos físicos do solo são interdependentes e normalmente modificações em um deles leva a mudanças nos outros.

A densidade do solo (DS) tem sido tema de discussão quando se fala em SPD, porque, em muitos casos, tem-se observado aumento da DS na camada superficial. Em SPD, maiores valores de DS são observados na camada de 0 a 0,2 m, ao passo que em SPC isto ocorre na camada de 0,2 a 0,3 m (Derpsch et al., 1991). Os mesmos autores observaram que, em solos com $DS < 1,20 \text{ Mg m}^{-3}$, problemas de enraizamento ou aeração não são prováveis. Somente com $DS > 1,25 \text{ Mg m}^{-3}$ é comum haver dificuldades no crescimento das raízes.

O comportamento dos atributos físicos de diferentes solos submetidos a diferentes sistemas de manejo foi estudado por Anjos et al. (1994), os quais observaram um pequeno aumento da DS, comparando SPD e SPC com o solo sob vegetação natural. De Maria et al. (1999), avaliando o crescimento radicular e atributos físicos, observaram maior DS na camada 0 a 0,1 m em SPD, embora tal fator não tenha sido determinante na densidade radicular da cultura da soja. No SPD, a compactação da camada superficial é compensada, muitas vezes, pela continuidade dos poros resultante da maior atividade biológica do solo e das raízes em decomposição (Gassen & Gassen, 1996).

O aumento da DS ocorre nos primeiros 4 a 6 anos após a adoção do SPD. Nesta época, ainda tem-se pouco acúmulo de palhada sobre o solo e menores teores de CO em subsuperfície, provenientes do sistema radicular das culturas, que no solo permanecem. Porém, com o decorrer do tempo de adoção do SPD, o problema tende a diminuir. O recurso que tem oferecido melhor resposta para este problema é a utilização de discos de corte e sulcadores, adaptados às semeadoras, que vençam tal impedimento, aliados a um sistema de rotação de culturas que tenha sistema radicular agressivo.

Segundo Campos et al. (1995), à medida que se adiciona matéria orgânica ao solo, a atividade microbiana é estimulada, resultando em produtos que atuam na formação e estabilização dos agregados. Como consequência, promovem uma melhoria na estrutura do solo. Os resíduos culturais, ao decomporem-se, também liberam compostos orgânicos que atuam como agentes agregantes do solo, melhorando sua estrutura. O SPD concentra a maior porcentagem de agregados estáveis em água na classe de maior diâmetro, enquanto que o SPC concentra-os na classe de menor diâmetro (Campos et al., 1995). Estes resultados são explicados pelo efeito do preparo do solo que durante anos fracionou os agregados em unidade menores. Resultados semelhantes também foram encontrados por Castro Filho (1998), em estudo semelhante.

Beutler et al. (2001) observaram que o SPD é um potencial modificador dos atributos físicos do solo na camada de 0 a 0,05 m, funcionando como acumulador de CO nesta camada. Avaliando ainda a estabilidade de agregados, eles observaram que o SPD obteve maior porcentagem de agregados >2 mm e que isto correlacionou-se positivamente com os teores de CO. O efeito da maior estabilidade é explicado pelo menor revolvimento de solo, pela menor oxidação de CO e pela preservação de microrganismos no solo em SPD.

Menores perdas de solo, água e nutrientes também podem ser observadas em alguns trabalhos, quando se estuda SPD. Resultados citados numa revisão de literatura (De Maria, 1999) demonstram que as perdas de solo são, em média, 75% menores em SPD, comparada às do SPC. Já as perdas de água no SPD, em alguns casos, podem ser iguais ou superiores ao SPC, mas, em média, são reduzidas em mais de 20%. As perdas de nutrientes no SPD, quando comparadas a outros sistemas de cultivo que revolvem o solo, também podem ser reduzidas (Hernani et al., 1999).

2.4 Matéria orgânica do solo em sistema plantio direto

Muitos conceitos e técnicas agrícolas vêm sofrendo modificações ao longo do tempo. Estas modificações muitas vezes são drásticas e alteram as formas de manejo do solo e seus componentes. Segundo Tormena (1996), resíduos culturais eram considerados muitas vezes empecilho na agricultura com preparo convencional do solo. A queima dos resíduos culturais era vista como a mais correta prática de manejo, o que teve participação no aumento da degradação física, química e biológica do solo, com conseqüentes quedas de produtividade. Hoje, com a utilização de novas técnicas de produção, como o SPD, estes resíduos são considerados recursos da maior importância. Isto porque protegem e melhoram o solo, reduzem a emissão de CO₂ para atmosfera, aumentam a qualidade dos recursos hídricos e auxiliam no aumento da vida útil de reservatórios.

De modo geral, a matéria orgânica do solo (MOS) atua: (i) melhorando a capacidade de retenção de umidade, (ii) promovendo a estruturação dos solos, (iii) aumentando a capacidade de troca de cátions, (iv) melhorando as condições ambientais para os microrganismos, (v) fornecendo nutrientes, (vi) reduzindo a toxidez por metais pesados, (vii) diminuindo os efeitos do Al e (viii)

complexando micronutrientes (Stevenson, 1991). No SPD, devido à não incorporação e manutenção dos resíduos sobre o solo e à diminuição do fracionamento, ocorre menor disponibilidade de O_2 , menores variações de temperatura e umidade, e uma maior proteção física da MOS contribuindo para menores taxas de decomposição. Conseqüentemente, na região Sul do país, experimentos de longa duração têm demonstrado que o SPD resulta em acúmulo de MOS e N total (Bayer et al., 2000b).

Bayer et al. (2000a) observaram que o SPD, após nove anos de implantação, promoveu aumento nos teores de CO na camada superficial do solo, em comparação ao SPC. Estes autores acompanharam diferentes sistemas de rotação entre aveia + ervilhaca-milho + caupi (A+V-M+C) e aveia-milho (A-M) e observaram maior acúmulo quando utilizou-se A+V-M+C. A diferença deve-se ao maior aporte de resíduos vegetais no sistema A+V-M+C ($7,5 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) comparado ao sistema A-M ($4,2 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Entretanto, Franchini et al. (2000), trabalhando com diferentes sistemas de rotação e plantas de cobertura e admitindo que estas fornecem diferentes aportes de palhada ao sistema, avaliaram em duas localidades do Estado do Paraná, o acúmulo de CO para diferentes camadas de amostragem. Esses autores não observaram diferenças significativas entre os tratamentos. Estes resultados evidenciam que existem muitos fatores responsáveis pelo controle dos estoques de CO no solo. Entre eles, podem-se citar as variações de temperatura e precipitações locais, as diferentes classes de solo, a interação entre os sistemas de preparo e de culturas.

Marques et al. (2000) compararam o envolvimento de CO_2 de um solo de Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Observaram que o envolvimento de CO_2 estava mais relacionado ao tipo de substrato adicionado que ao manejo anterior do solo. Estes autores tinham como hipótese inicial que, após cinco anos sob o mesmo sistema de manejo, a população microbiana do solo teria sido selecionada em função do manejo aplicado. Seus resultados, por outro lado,

indicam que os microrganismos existentes em solos sob SPD têm o mesmo potencial para decompor a MOS que os existentes em solos cultivados convencionalmente.

O efeito benéfico da cobertura do solo com palhada pode ser visto no trabalho de Cruz (1999). Ele aplicou diferentes doses de palhada em um latossolo sob cerrado cultivado com SPD. Seus resultados indicaram que quanto maior a quantidade de palhada sobre o solo, maior foi a produtividade do milho.

2.5 Adubação nitrogenada em sistema plantio direto

O N é o nutriente mais exigido pelas culturas, superando em quantidade o P e o K. À medida que a agricultura intensifica-se e novas cultivares são lançados no mercado, o consumo de N também tende a aumentar, pois as culturas alcançam cada vez maiores produtividades e, conseqüentemente, exportam mais nutrientes. Apesar de sua importância, o N tem recebido atenção insuficiente nos trabalhos de pesquisa e o conhecimento ainda é caracterizado por lacunas, mesmo sobre aspectos básicos (Rajj, 1991).

Hoje, devido às grandes produtividades esperadas para a cultura do milho, tem-se recomendado doses de N, aplicadas em cobertura, de até 140 kg ha⁻¹, dependendo da classe de resposta esperada e do nível tecnológico (Fancelli & Dourado Neto, 2000). O N é também o nutriente que possui maior dinamismo no solo, sofrendo constantes transformações químicas e biológicas. Dado seu baixo efeito residual e sua grande exigência pelas culturas, a adubação nitrogenada precisa ser feita em maiores quantidades e mais freqüentemente que a dos demais nutrientes. A quase totalidade do N do solo faz-se presente na forma orgânica (Vale et al., 1997). Por isso, a incorporação de matéria orgânica ao solo bem como sua taxa de decomposição e mineralização, controla o teor do mesmo. Foi também observado que, principalmente em SPD, a maior parte do N

do solo, incluindo o potencialmente mineralizável, encontra-se na camada de 0 a 0,05 m (Souza & Melo, 2000).

Como mencionado, a redução ou ausência do revolvimento do solo no SPD resulta em aumento significativo da quantidade de MOS, pois as taxas de decomposição são mais lentas. Para que a MOS se estabilize no sistema, deve existir um suprimento adequado de N. Dessa forma, os níveis de produtividade dos solos são resultantes da interação entre processos de degradação, conservação e práticas de regeneração ou de manutenção destas características no solo. As condições climáticas são os fatores mais críticos que alteram estes processos (Sá, 1996c).

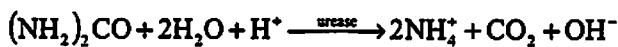
Na fase inicial de adoção do SPD existe uma maior necessidade de utilização de N no cultivo do milho. Isto ocorre porque os teores de MOS ainda encontram-se baixos e, geralmente, temos resíduos de alta relação C/N sobre o solo. Estes fatores aumentam o processo de imobilização de N pela biomassa microbiana do solo, podendo haver deficiência de N logo após a semeadura. Para contornar este problema no momento da semeadura, a primeira opção é a aplicação de fertilizante nitrogenado sobre a palhada, antecipando a adubação de cobertura, com o objetivo de acelerar a sua decomposição e evitar, dessa forma, a competição pelo adubo nitrogenado colocado na semeadura. Entretanto, Basso & Ceretta (2000) mostraram que, em anos com alta pluviosidade prévia à semeadura do milho, a produtividade foi superior com a cobertura nitrogenada em pós-semeadura, devido às perdas de N por lixiviação, quando este foi aplicado em pré-semeadura. Outra opção é aumentar a dose de N na adubação de fundação do milho e diminuir a adubação de cobertura (Fiorin et al., 1998). Entretanto, dependendo das características do solo em questão, a aplicação de altas doses de fertilizantes numa única operação pode resultar em perdas significativas destes elementos por lixiviação, reduzindo sua eficiência, tendo como consequência menores produtividades da cultura, além do risco de

poluição o meio ambiente. Após o quarto ano de implantação do SPD, começa o restabelecimento do equilíbrio das transformações que acontecem no solo, ocorrendo reposição dos resíduos culturais e proporcionando acúmulo na camada de 0 a 0,025 m (Sá, 1993). Observa-se que, após aproximadamente 10 anos de SPD estabelecido, ocorre maior liberação de N no sistema, inclusive com menor resposta à adubação nitrogenada.

Segundo Lara-Cabezas (2001), atualmente os aspectos mais polêmicos no manejo da adubação nitrogenada na cultura de milho em SPD são a época de aplicação da cobertura nitrogenada e a necessidade de efetuar ou não seu parcelamento. Em sistemas de rotação que envolvam gramíneas com alta relação C/N antecedendo a cultura principal, Lopes (1999) recomenda aumento na dose de N aplicada na semeadura (30 kg ha⁻¹). Espera-se, com isso, diminuir a imobilização dos fertilizantes nitrogenados aplicados.

Após ter estudado o comportamento do N na cultura do milho em SPD na região Sul do Brasil, Sá (1996c) definiu que a cultura antecedente ao milho exerce forte influência na quantidade de N a ser aplicada, podendo a dose de N ser reduzida após o cultivo com leguminosas. Deve-se ressaltar que, quando utiliza-se uréia como fonte nitrogenada de cobertura na cultura do milho, esta deve ser preferencialmente incorporada a uma profundidade de 0,05 a 0,07 m, principalmente em SPD, para se evitar perda por volatilização (Lopes, 1999; Fancelli & Dourado Neto, 2000; Lara-Cabezas et al., 2000).

A aplicação de adubos nitrogenados, principalmente fertilizantes amoniacais, traz como consequência indesejável a acidificação do solo, a qual se dá conforme as reações abaixo:



Sendo uma molécula de reação básica, a adição de uréia ao solo causa inicialmente um aumento do pH, principalmente ao redor dos grânulos do

adubo. Porém, após a completa nitrificação do NH_4^+ , o pH decresce para valores abaixo do original (Vale et al., 1997), já que o NH_4^+ é oxidado a NO_3^- com produção de dois íons H^+ . A acidificação provocada pelo uso de adubos nitrogenados pode alterar algumas propriedades do solo, como aumento dos teores de Al trocável, redução da CTC efetiva e redução dos teores de bases trocáveis (Paiva, 1990). Anghinoni & Salet (1996), ao estudar a variabilidade espacial de propriedades químicas em áreas sob SPD, relataram que a decomposição de resíduos e a reação de adubos nitrogenados na superfície do solo formam uma frente de acidificação, que evolui em profundidade. Paralelamente à diminuição do pH, ocorre aumento de Al trocável e, conseqüentemente, há necessidade de calagem. Alguns destes atributos serão objeto deste estudo.

2.6 Calcário na superfície do solo em sistema plantio direto

Uma das perguntas que muitos técnicos e produtores fazem é como realizar a aplicação de calcário no SPD e, principalmente, qual dose deve ser aplicada em superfície. Os solo cultivados são freqüentemente ácidos em condições naturais e, muitas vezes, com níveis tóxicos de Al e Mn. Além disso, aplicações de fontes de amoniacaais solúveis de N criam acidez, tanto superficial como subsuperficial. Isto foi observado por Holanda et al. (1998), que documentaram acentuado efeito da adubação nitrogenada contínua sobre o pH, até a profundidade de 0,15 m, exercendo papel importante na acidificação do solo.

A correção da acidez em profundidade, pela aplicação de um calcário um pouco mais grosso (reatividade 50–60%) no início do sistema, prolonga seu efeito residual (Lopes, 1999)

e aumenta a possibilidade da planta aprofundar seu sistema radicular. Com isso, os impactos de possíveis déficit hídricos, que porventura possam ocorrer durante o ciclo da cultura, podem ser minimizados. Além disso, o aprofundamento do sistema radicular permite a exploração de uma maior camada de solo, possibilitando maior contato com os nutrientes do solo.

Diversos autores têm observado movimentação de calcário no perfil do solo quando este é aplicado superficialmente em SPD no de campo (Caires et al., 1998; Pottker & Ben, 1998; Caires et al., 1999; Caires & Fonseca, 2000; Rheinheimer et al., 2000; Amaral & Anghinoni, 2001). Esta movimentação é muito variável no perfil, sendo dependente das características e das condições de cada local. Ela pode ocorrer por diversos fatores, como canais existentes no solo, resultantes da decomposição de raízes de culturas antecedentes, maior atividade da macrofauna em SPD, de uma melhor estruturação do solo, da textura do solo e das taxas de precipitação.

Estudos vêm sendo conduzidos para se observar também o comportamento de diferentes extratos de resíduos vegetais sobre a movimentação dos íons no perfil do solo (Pavan et al., 1984; Franchini et al., 1999a; Franchini et al., 1999b; Miyazawa et al., 2000; Franchini et al., 2001). A hipótese de todos esses estudos é que diferentes compostos solúveis liberados pelas plantas possam ligar-se a cátions básicos, carreando-os para a subsuperfície, contribuindo assim para a redução da acidez e aumento dos teores de Ca e de Mg.

Em trabalhos conduzidos na região Sul do Brasil, diversos pesquisadores têm observado que a aplicação de calcário em superfície tem efeitos também na subsuperfície do solo. Caires et al. (1999), estudando a movimentação de calcário em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura média, no Estado do Paraná, confirmam tais relatos em seu trabalho. Eles amostraram o solo até 0,8 m de profundidade e observaram, em condições de campo, aumentos no pH e

nos teores de Ca e Mg e diminuição da toxidez de Al após a aplicação de calcário em superfície. Em alguns casos, esses efeitos chegaram até 0,6 m de profundidade, após 18 meses de aplicação do calcário em superfície. Rheinheimer et al. (2000) também observaram movimentação vertical de calcário, embora muito mais modesta que a observada por Caires et al. (1999).

Além do efeito do material orgânico na movimentação do calcário, é possível que os resultados relatados por Caires et al. (1999) e Rheinheimer et al. (2000) tenham sido influenciados pela textura do solo. Esses pesquisadores trabalharam com solos de textura média, o que obviamente favorece o transporte vertical. Para solos de Cerrado, na grande maioria argilosos, a realidade da movimentação vertical de calcário aplicado na superfície permanece sendo uma incógnita.

A interpretação da análise de solo em áreas cultivadas em SPD e a recomendação de calagem com base nos parâmetros fornecidos por esta análise são ainda incipientes à luz do conhecimento atual. Sá (1996a) recomenda não aplicar calcário em superfície, enquanto a saturação por bases (V%) for $\geq 45-50\%$. A recomendação de Sá (1996a) deve-se a deficiências de Zn e Mn que foram observadas devido ao aumento do pH ($\text{pH} > 6$) na camada de 0 a 0,05 m, quando o calcário foi aplicado superficialmente. Prado (2001), entretanto, estudou o comportamento de seis diferentes híbridos de milho em área conduzida por quatro anos em SPD com V% entre 45–65%. Esse autor obteve, em média, um adicional de produtividade de 2 Mg ha⁻¹ nos tratamentos onde V era 65%. Deve ser notado, contudo, que esta área estava sendo conduzida há pouco tempo sob SPD e que o sistema ainda não havia se estabilizado.

Deste modo, valores considerados satisfatórios para avaliação da necessidade ou não da aplicação de calcário superficial e principalmente da dose a ser recomendada devem ser obtidos pela pesquisa em cada condição regional, para a tomada de decisão da aplicação de calcário em SPD.

2.7 A cultura do milho em sistema plantio direto

O milho é considerado uma das plantas mais eficientes na conversão de energia solar em alimentos, participando como fonte de matéria-prima de diversos produtos. O consumo mundial cresceu mais de 100 milhões de toneladas nos últimos nove anos, visto que anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de aproximadamente 600 milhões de toneladas de grãos (Fancelli, 2000, Von Pinho, 2001). Comparativamente a outras espécies cultivadas, a cultura do milho tem experimentado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, principalmente aos ganhos em produtividade propiciados pelo melhoramento genético (Von Pinho, 2001)

Os EUA são o principal país produtor mundial de milho, respondendo por cerca de 40% da produção e com produtividade média de $7,5 \text{ Mg ha}^{-1}$. No Brasil, dados apresentados pela CONAB (maio/2002) indicam que a área anual cultivada com milho, na primeira safra 2000/01 e 2001/02, foi de 10 milhões de ha, com produtividade média de $3,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. Segundo Von Pinho (2001), a razão das baixas produtividades é a diversidade de métodos de cultivo, sendo 43% da área cultivada com milho consideradas como cultura de subsistência e apenas 11% utilizando alta tecnologia. As maiores produtividades nacionais são encontradas nos estados localizados na região Centro-Oeste (MT, MS, GO e DF), com média de $4,8 \text{ Mg ha}^{-1}$, superior à média nacional (CONAB, maio/2002). As elevadas produtividades alcançadas pela região do Cerrado, principalmente nos últimos anos, são fruto da produção em grandes propriedades agrícolas, 300 a 1000 ha (Landers, 2001), muitas vezes maiores que estas e das condições climáticas favoráveis que têm ocorrido.

Considerando que a rotação de culturas é fundamental para o sucesso do SPD, principalmente no Brasil, onde o milho e a soja são as culturas mais

plantadas, o cultivo do milho apresenta papel de destaque no planejamento do sistema de cultivo, por sua grande produção de matéria seca de alta relação C/N. Essas condições aumentam a quantidade de resíduos sobre o solo, como também o tempo de permanência do mesmo.

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela produtividade do milho. Isto deve-se à elevada capacidade extrativa da cultura. O monitoramento dos teores de nutrientes no solo e na planta, por meio da análise de solo e do tecido foliar, é necessário para que seja alcançada a produtividade almejada. Elevadas quantidades de nutrientes, principalmente macronutrientes primários, com destaque para o N, são exportadas pela cultura e a correta adubação, com base no monitoramento, é a melhor forma de manter os níveis adequados no solo para obtenção de êxito no cultivo do milho.

A importância de um correto fornecimento de N para o milho foi relatada por Bull (1993). Quando manteve-se adequado fornecimento de nutrientes para o milho, a produção diária de matéria seca (MS) foi 245 kg ha⁻¹. Em condições de deficiência de P e K, estes valores foram reduzidos para 204 e 200 kg ha⁻¹, respectivamente, enquanto para condições de extrema deficiência de N, a produção diária foi 82 kg MS ha⁻¹, evidenciando a importância de um correto fornecimento de N para o milho.

O K também possui grande exigência pela cultura do milho. Entretanto, a grande maioria deste elemento, que é absorvida, permanece nos resíduos. Para uma produtividade de 9 Mg ha⁻¹ de grãos e cerca de 6,5 Mg ha⁻¹ de resíduos, a cultura exporta 39 kg ha⁻¹ nos grãos e ficam nos resíduos cerca de 150 kg ha⁻¹ (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

2.8 Produção de palhada em sistema plantio direto

Dentre as propriedades físicas do solo, a baixa capacidade de retenção de umidade e a conseqüente pequena disponibilidade de água limitam a produção nos solos do Cerrado. Manejar corretamente a MO nestes solos amplia as chances de sucesso no cultivo de espécies para obtenção de grãos em sistema de sequeiro. Uma necessidade de grande importância, e indispensável para o bom funcionamento do SPD, é a adoção de plantas de cobertura para produção de palhada, com a função de cobrir e proteger o solo. Além disso, uma boa cobertura vegetal diminui a incidência de plantas invasoras e, portanto, diminui a necessidade de herbicidas. Características desejáveis das plantas de cobertura são: elevada produção de matéria seca (MS), baixo custo de implantação, alta capacidade de resistir a “déficit” hídrico e ciclar nutrientes, não ser hospedeira de pragas e doenças, alta relação C/N e elevada capacidade de fixar N, quando tratar-se de leguminosas.

Pode-se considerar que cerca de 6 Mg MS ha⁻¹, provenientes de resíduos vegetais sobre o solo, é uma quantidade adequada para proteger o solo da ação da chuva (Alvarenga et al., 2001). Entretanto, produzir e manter a palhada sobre o solo tem sido um dos grandes entraves encontrados para o SPD no Cerrado. Estas dificuldades ocorrem pela falta de plantas de cobertura adaptadas as condições locais, pela baixa disponibilidade de água no solo após a semeadura destas (março/abril), após a colheita da cultura de verão e, principalmente, pelas altas temperaturas e precipitações concentradas nos meses mais quentes do ano. Este fato estimula a decomposição dos resíduos, minimizando sua permanência sobre o solo (Figura 1). Alguns trabalhos têm sido conduzidos com intuito de avaliar a produção de MS por algumas plantas utilizadas para cobertura do solo em SPD. Os resultados são muito amplos e variam entre 2 e 16 Mg ha⁻¹, devido as diferentes condições locais (Oliveira et al., 2000, Alvarenga et al., 2001 e Spehar & Lara-Cabezas, 2001). Alvarenga et al. (2001) observaram a produção

de MS de 18 espécies de plantas de cobertura em Irai de Minas-MG, aos 98 dias após semeadura, tendo encontrado resultados variando de 1,5 a 6,0 Mg ha⁻¹.

Entre as diversas plantas de cobertura que vêm sendo utilizadas, o sorgo, o milho e o nabo forrageiro têm se destacado pela sua desejável produção de MS, capacidade de cobertura do solo, resistência ao déficit hídrico e persistência no sistema. Estas culturas são indicadas para cobertura do solo até o momento no Cerrado, conforme documentado por Resck (1998).

Os valores acima mencionados demonstram a dificuldade do cultivo de plantas de cobertura na região do Cerrado. Além desta dificuldade, é de fundamental importância a condução de estudos de longa duração na região, para avaliar persistência destes resíduos no sistema e, principalmente, sua influência sobre os teores de CO no solo, após a aplicação de diferentes aportes de resíduos vegetais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa-Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG, ocupando uma área de 0,4 ha ao redor do ponto 44°10'59"W e 19°27'21"S, a aproximadamente 790 m de altitude. O clima é do tipo Aw (tropical estacional de savana) na classificação de Köppen. A temperaturas e precipitação médias anuais são 21°C e 1.460 mm, com base em dados registrados nos últimos 10 anos (Figura 1), estando as chuvas concentradas entre novembro e março. A vegetação original era cerrado tropical subcaducifólio. O experimento está instalado no terço superior de uma colina com declividade de 7%.

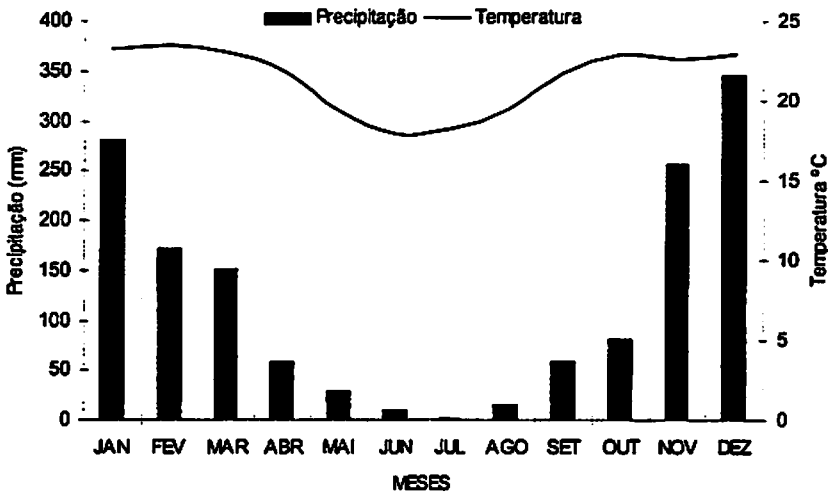


FIGURA 1 Variações de temperatura e precipitação na área experimental ao longo dos 10 anos de condução do experimento (1992/2001), em Sete Lagoas-MG.

O experimento foi instalado sobre um Latossolo Vermelho Distrófico Típico, representativo da região do Cerrado. Esse solo era anteriormente classificado como Latossolo Vermelho-Escuro Álico A moderado textura muito argilosa fase cerrado tropical subcaducifólio relevo suave ondulado. Esta classe de solo e suas similares ocupam 19% da área do Cerrado (Adamóli et al., 1987). A descrição morfológica, caracterização geral e resultados analíticos detalhados referentes a um perfil deste solo ainda sob vegetação nativa estão disponíveis em Ker & Schaefer (1995). Galvão & Schulze (1996) fornecem informações pormenorizadas a respeito da mineralogia e gênese deste mesmo solo.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. O experimento está montado em um fatorial 5×5 , com cinco doses de palhada na parcela e cinco doses de N em cobertura na subparcela. Cada parcela mede $21 \times 14,4$ m e cada subparcela $7 \times 7,2$ m. O experimento vem sendo cultivado continuamente com milho (*Zea mays* L.) em SPD desde 1991.

As cinco doses de palhada (0, 3, 6, 9, 12 Mg MS ha⁻¹) foram aplicadas anualmente cerca de 20 dias antes da sementeira e eram provenientes de resíduos culturais de milho, de modo a simular o aporte de palhada oriunda de plantas de cobertura, utilizada no inverno. A aplicação de palhada oriunda de outra área, apesar de não expressar o manejo típico do SPD no campo e ser um artificialismo, foi a única forma de observar as modificações nas propriedades do solo em função de aportes anuais fixos de palhada durante dez anos e após isto quantificar seu efeito no solo. Também não empregou-se um sistema de rotação (requisito para SPD), pois o objetivo era, além de avaliar produtividade e estado nutricional da cultura, determinar a influência dos diferentes tratamentos

sobre as propriedades do solo, após dez anos sem efetuar-se a aplicação de calcário.

As cinco doses de N anualmente aplicadas em cobertura foram 0, 40, 80, 120 e 160 kg N ha⁻¹, na forma de uréia, aplicada em superfície, próximo à linha de semeadura. A uréia foi aplicada quando o milho apresentava de 6 a 7 folhas desenvolvidas. Na ocasião da semeadura, a adubação básica foi de 300 kg ha⁻¹ de NPK+Zn, com a fórmula 5-20-20+0,5%.

3.3 Condução do experimento

Os tratamentos fitossanitários e combate a plantas invasoras foram feitos conforme a necessidade, procurando reproduzir ao máximo as práticas culturais comuns em lavouras de SPD no Cerrado. O espaçamento utilizado na safra 2001/2002 foi de 0,7 m, com 50 mil plantas por ha, utilizando-se o híbrido triplo BRS 3150. O plantio foi inteiramente mecanizado e o experimento não foi irrigado. Os tratamentos culturais foram aplicados conforme a necessidade e seguiram sempre as recomendações gerais para a cultura do milho em SPD.

3.4 Amostragens

3.4.1 Amostragem de solo

A primeira amostragem, com o objetivo de avaliar os efeitos das doses de palhada e de N aplicadas durante dez anos consecutivos de cultivo com SPD foi realizada entre 14 e 18 de maio de 2001, após o fim do ciclo da cultura na safra 2000/01. Foram abertas trincheiras (0,5 × 0,5 × 0,5 m) sobre a linha de

semeadura e nestas coletaram-se amostras nas profundidades 0–0,025; 0,025–0,05; 0,05–0,1; 0,1–0,2; e 0,2–0,4 m. Nestas trincheiras, amostrou-se tanto material de solo da linha de semeadura quanto das entre-linhas.

A segunda amostragem de solo, após aplicação de calcário, foi realizada entre 6 e 10 de maio de 2002, oito meses após a calagem e após o fim do ciclo da cultura, na safra 2001/02, para avaliar o efeito da aplicação superficial de calcário e observar também se as mesmas tendências da primeira amostragem se repetiriam. Nesta ocasião, coletaram-se amostras nas profundidades 0–0,025; 0,025–0,05; 0,05–0,1 e 0,1–0,2, utilizando o mesmo método de amostragem da primeira coleta, porém, em local distinto dentro da subparcela (Figura 2).

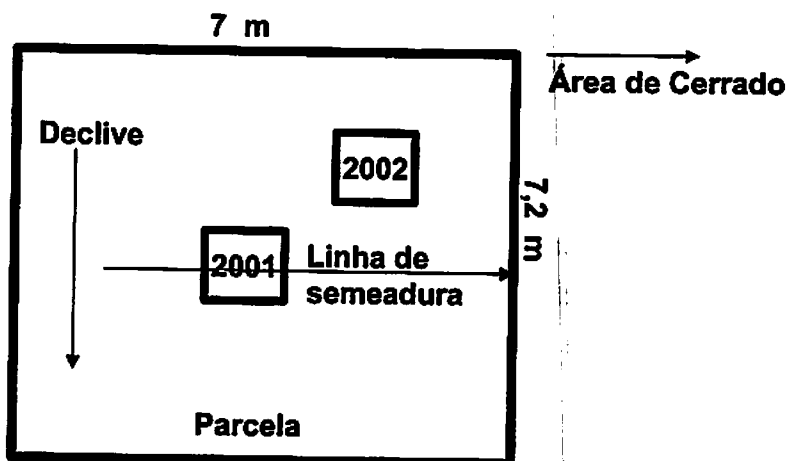


FIGURA 2 Local de coleta de solo dentro da parcela experimental, nos diferentes anos de amostragem. Área superficial perturbada em cada coleta: 1 m².

As amostras de solo, de aproximadamente 1 kg, tanto da primeira quanto da segunda coleta, foram acondicionadas em sacos plásticos e remetidas para o laboratório. Lá, foram, imediatamente, secas ao ar e trituradas até passarem por uma peneira de 2 mm. Entre a coleta das amostras e o início das análises

passaram-se <5 dias. As amostras foram analisadas para fins de fertilidade do solo conforme os métodos descritos.

Na mesma ocasião da primeira coleta, amostras de solo com estrutura indeformada foram coletadas na camada superficial do solo, com auxílio de cilindros de PVC (52 × 57 mm). Estas amostras destinaram-se à determinação da capacidade de campo (0,01 MPa) e densidade do solo (vide descrição a seguir). Coletaram-se também amostras oriundas das profundidades 0–0,05; 0,05–0,1 e 0,1–0,15 m, com auxílio de anéis de Kopecky para determinação da densidade do solo. O objetivo foi verificar se houve compactação induzida pelo SPD e, caso positivo, a que profundidade ela ocorre, e se houve efeito atenuante das doses de palhada.

3.4.2 Amostragem foliar

Para avaliar o estado nutricional das plantas, foi coletado material vegetal de milho para análise foliar. A coleta foi feita 60 a 65 dias após a emergência. Cada amostra foi composta pelas primeiras folhas abaixo e opostas à espiga. Procedeu-se a amostragem foliar em janeiro de 2002, safra 2001/2002. A safra 2000/2001, devido à escassez de chuvas, foi considerada perdida, não fornecendo material vegetal em condições de coleta. No laboratório, as folhas foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada. Após secas, as folhas foram trituradas em moinho e armazenadas em recipientes de vidro até o momento da análise.

3.5 Calagem

De posse dos resultados da primeira amostragem (2001), calculou-se, com base em resultados médios da profundidade de 0 a 0,2 m, a necessidade de

calagem pelo método da saturação por bases (CFSEMG, 1999), para elevar o valor V a 60%. A dose calculada foi 2,1 Mg ha⁻¹. Entretanto, sabe-se que, em SPD, pela impossibilidade de incorporação do calcário, o contato deste se restringe à camada superficial do solo e a dose deve ser reduzida a 30% do total (Lopes, 1999). Optou-se, assim, por usar 0,5 Mg ha⁻¹ de calcário calcítico, PRNT 80%, em toda a área do experimento, aplicado em 10 de setembro de 2001.

3.6 Métodos Analíticos

As análises físicas somente foram realizadas nas amostras de solo provenientes da primeira amostragem. As análises químicas de solo foram efetuadas em ambas as amostragens, com exceção da determinação de NO₃⁻ e NH₄⁺ que só foi realizada nas amostras da segunda amostragem. As análises físicas e químicas de solo realizadas seguiram os métodos padrões preconizados por Embrapa (1997) e Silva (1999). Por esses motivos, apenas uma descrição sumária das análises é fornecida nos parágrafos seguintes.

3.6.1 Análises físicas de solo

Para determinar a capacidade do solo em reter umidade a baixas tensões, utilizaram-se amostras indeformadas coletadas em cilindros de PVC na profundidade de 0 a 0,057 m e o funil de placa porosa, em unidade de sucção a 0,1 m de altura de coluna d'água (0,01 MPa). Também foi determinada a umidade retida às pressões 0,03 (capacidade de campo) e 1,5 (ponto de murcha permanente) MPa nas amostras deformadas, da profundidade de 0 a 0,05 m (0–0,025 m combinada com 0,025–0,05 m). Essas foram obtidas no aparelho

extrator de Richards. A diferença entre os valores obtidos para a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foi considerada equivalente à água disponível para a planta.

A densidade do solo (DS) foi determinada pesando-se o solo coletado pelo anel de Kopecky, cujo volume interno é 0,079 L, após secagem em estufa a 105°C.

Nas amostras provenientes da profundidade de 0 a 0,025 m, a camada de solo mais sujeita à erosão e desagregação, foi efetuada análise de estabilidade de agregados. Agregados com diâmetro de 4,76 a 7,93 mm foram obtidos por peneiramento seco, sendo a estabilidade de agregados determinada através de peneiramento em água após pré-umedecimento lento por capilaridade durante 24 horas. Foram usadas peneiras com abertura de 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,105 mm. Posteriormente calculou-se o diâmetro médio geométrico (DMG).

Nas amostras da profundidade de 0 a 0,025 m, determinou-se também o índice de floculação (IF). O IF foi determinado apenas para essa profundidade pois é ela a mais relevante do ponto de vista da erosão. Para cálculo do IF determinou-se o teor de argila total (agitação rápida com dispersante NaOH mol L⁻¹) e o teor de argila dispersa em água (agitação rápida sem dispersante).

3.6.2 Análises químicas de solo

O pH do solo foi medido em água, solo:solvente 1:2,5. Carbono orgânico foi determinado pela oxidação úmida com Na₂Cr₂O₇ 0,8 mol L⁻¹. Após oxidação completa, mediu-se a absorbância em colorímetro, a 650 nm (Raij et al., 1987). Cálcio, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl mol L⁻¹. Alumínio trocável foi então titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹ e Ca e Mg trocáveis, por sua vez, foram quantificados por espectrometria de absorção atômica de chama (EAAC). Potássio trocável foi extraído com HCl 0,05 mol L⁻¹

e determinado por fotometria de chama. A acidez potencial (H+Al) foi extraída com Ca-acetato tamponado a pH 7 e então titulada com NaOH 0,0606 mol L⁻¹. Fósforo foi extraído pela solução Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹). Após a extração de P, ácido ascórbico e molibdato de amônio foram usados para o desenvolvimento de cor, cuja intensidade foi medida em um colorímetro. Os micronutrientes, Zn, Cu, Fe, e Mn, foram também extraídos pela solução Mehlich-1 e quantificados por meio de EAAC. Boro foi extraído com água quente e quantificado pelo método da curcumina.

A determinação de NO₃⁻ e NH₄⁺ foi feita somente na profundidade de 0 a 0,025 m. Ambos foram extraídos do solo com KCl mol L⁻¹. Uma alíquota do sobrenadante foi, então, destilada pelo método de Kjeldahl, com MgO para NH₄⁺ e liga de Devarda para NH₄⁺ + NO₃⁻, sendo, por fim, titulada com H₂SO₄ diluído.

3.6.3 Análises foliares

Nitrogênio foliar total foi extraído e determinado por digestão Kjeldahl. P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, e Zn foram extraídos por digestão nitroperclórica. A determinação no extrato foi feita conforme se segue: P por colorimetria; K por fotometria de chama; S por turbidimetria após reação com BaCl₂, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por EAAC e B pelo método da curcumina.

3.7 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de regressão estatística, sendo analisado o efeito das palhadas e das doses de N para cada uma das diferentes épocas de coleta e profundidades, independentemente. Posteriormente

submeteram-se os resultados ao teste de Scott-Knott (Scott & Knott, 1974) a 5% de probabilidade, para comparação entre as iédias de cada profundidade, entre as duas épocas de amostragem. Foi utilizado o programa SISVAR (Ferreira, 2000).

O modelo empregado foi:

$$Y_{ijb} = \mu + P_i + B_b + E_{ib} + N_j + PN_{ij} + E_{ijb}$$

em que:

Y_{ij} : valor de cada observação;

μ : média geral

P_i : efeito do nível i da palhada;

B_b : efeito do bloco_b;

E_{ib} : erro da palhada que recebeu o nível i no bloco b;

N_j : efeito do nível j do nitrogênio;

PN_{ij} : efeito da interação entre o nível i da palhada e o nível j do nitrogênio;

E_{ijb} : erro da interação do nível i da palhada e o nível j do nitrogênio e do bloco b.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas do solo

Os resultados indicaram que as propriedades físicas do solo praticamente não foram influenciadas pelas diferentes doses de palhada (Tabela 1) e de N aplicadas em cobertura. A exceção ocorreu para o IF, que foi influenciado pela aplicação de diferentes doses de N, resultado este que será discutido abaixo.

TABELA 1 Diâmetro médio geométrico de agregados (DMG), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), índice de floculação (IF) e densidade do solo (DS) nos tratamentos com diferentes doses de palhada em sistema plantio direto (n = 15). Valores não apresentaram diferenças significativas (teste de Scott-Knott, P>0,05).

Palhada	DMG	CC		PMP	IF	DS
		0,01 MPa	0,033 MPa			
Mg ha ⁻¹	mm	g kg ⁻¹			%	Mg m ⁻³
0	3,82	400	356	249	81	1,10
3	3,82	405	352	255	84	1,10
6	4,13	411	343	256	83	1,08
9	3,81	399	350	250	83	1,08
12	4,18	395	342	254	81	1,10
Média	3,95	402	348	253	82	1,09
CV%	10	6	5	4	11	8

4.1.1 Diâmetro médio geométrico

O DMG variou de 3,82 a 4,18 mm e não foi influenciado significativamente pelas diferentes doses de palhada aplicadas em cobertura na camada superficial do solo (Tabela 1). Os valores de DMG observados neste estudo foram maiores que aqueles observados por Campos et al. (1995), Campos

et al. (1999) e Silva et al. (2000) em trabalhos desenvolvidos em SPD. Em estudo de sistemas de rotação em SPD, Campos et al. (1995) observaram DMG médio de 2,15 mm, duas vezes maior que no SPC. Segundo os mesmos autores, houve alta correlação entre o DMG e os valores observados de atividade microbiana e CO no solo. Já Campos et al. (1999) não observaram correlação entre os valores de DMG, atividade microbiana e CO no solo. Esta aparente discordância entre o trabalho de Campos et al. (1995) e o de Campos et al. (1999) é explicada pelos baixos teores de CO encontrados no solo estudado pelos últimos autores. Os valores observados neste estudo, DMG médio de 3,95 mm (Tabela 1), podem ser atribuídos aos maiores teores de CO também observados, os quais podem ter influenciado na melhor agregação e maior DMG. Obviamente, a mineralogia do solo, predominantemente oxidica (Galvão & Schulze, 1996), também contribui para uma melhor agregação.

O cultivo consecutivo por dez anos com milho em SPD, onde manteve-se a estrutura do solo intacta, tendo elevado os teores de CO na camada superficial (aproximadamente 25 g kg⁻¹) e também pelo fato de cultivar-se gramíneas, que segundo Basso & Reinert (1998) e Campos et al. (1999) têm capacidade de conferir uma melhor agregação ao solo devido ao sistema radicular agressivo, podem igualmente ter influenciado numa maior agregação. Espera-se também que nesta área pela abundância de palhada e pelas condições de não revolvimento do solo e adequado suprimento de nutrientes, a população de microrganismos seja abundante, o que conferirá ao solo melhor agregação, conforme exposto acima.

Os microrganismos do solo degradam a palhada para dela extrair nutrientes necessários para sua sobrevivência. Porém, o processo não se restringe apenas à extração de nutrientes. A degradação de palhada traz como conseqüências aumento da população de organismos e maior possibilidade de exsudação de compostos, os quais terão efeito direto na melhora do ambiente

microbiano, por promover uma melhor agregação do solo (Colozzi Filho et al., 1999).

Beutler et al. (2001), trabalhando com o mesmo solo deste estudo, compararam o DMG de cerrado nativo, SPC e SPD, após seis anos de cultivo. Eles encontraram valores de DMG próximos: 4,00; 1,50 e 3,00 mm para os respectivos sistemas. Os valores aqui observados, 3,95 mm (Tabela 1), foram semelhantes aos encontrados por Beutler et al. (2001) para cerrado nativo. O maior tempo de adoção do SPD explica porque os valores deste estudo foram maiores que os obtidos por Beutler et al. (2001). O fato do SPD ser capaz de igualar o DMG do cerrado nativo após 10 anos atesta a sustentabilidade deste sistema, principalmente quando utilizado no cultivo de gramíneas, do ponto de vista da estruturação do solo.

4.1.2 Índice de floculação

Tal como o DMG, o IF é um parâmetro que permite interpretações quanto ao grau de estabilidade dos agregados do solo e sua resistência à erosão. As diferentes doses de palhada não influenciaram o IF do solo, na camada de 0 a 0,025 m. Os valores encontrados, próximos a 82% (Tabela 1), são reflexo dos elevados teores de CO encontrados e de sua mineralogia oxidica (Galvão & Schulze, 1996). O alto IF encontrado é característico para latossolos, mostrando sua forte agregação e boa organização estrutural. Beutler et al. (2001) avaliaram IF para diferentes manejos do solo no mesmo local deste estudo e observaram maiores índices para SPD em cultivos rotacionados de milho-feijão. Este efeito é atribuído à qualidade da palhada, pelo incremento de materiais de rápida decomposição oriundos do feijão. Maiores IF também foram observados por Diniz (1999) na cultura do milho em SPD após dez anos, quando comparados aos valores obtidos em SPC.

Quanto às doses de N, os valores de IF foram influenciados significativamente pelas doses e variaram entre 80–86%, em função da dose de N (Figura 3). As maiores doses de N provocaram queda no pH do solo de até 0,5 unidade, podendo então ter ocorrido uma menor dispersão entre as partículas do solo e conseqüente maior floculação. Segundo Pavan & Oliveira (1997), em solos ácidos, os íons H^+ e Al^+ são considerados responsáveis pelo alto IF das partículas do solo. Apesar dos resultados apresentarem diferenças significativas em função das diferentes doses de N, os valores de IF foram sempre elevados, o que confere ao solo uma boa qualidade estrutural. É pouco provável que a diferença observada neste caso tenha alguma relevância real quanto à resistência do solo à erosão.

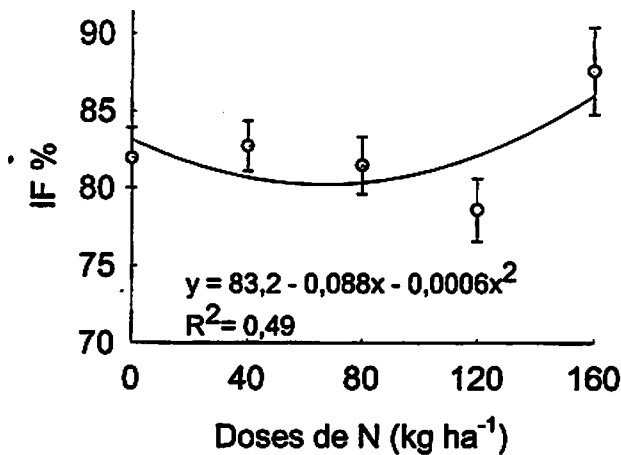


FIGURA 3 Influência de doses de N sobre o índice de floculação de um Latossolo Vermelho do Cerrado, após dez anos de cultivo de milho em sistema plantio direto (R^2 = significativo a 5%).

4.1.3 Capacidade de campo

Os resultados da umidade na CC não indicaram diferença significativa para os diferentes tratamentos, nos dois diferentes potenciais mátricos avaliados (0,01 e 0,033 MPa, Tabela 1). O valor médio encontrado, para o potencial 0,01 MPa, na camada de 0 a 0,05 m, utilizando-se solo com estrutura indeformada, foi 402 g kg⁻¹. De Maria et al. (1999), avaliando a CC após sete anos de SPD em Latossolo Vermelho Férrico, encontraram umidade de 389 g kg⁻¹. Os mesmos autores compararam a diferença entre umidade atual e umidade na CC para SPD e SPC. Eles encontraram menor diferença relativa para este parâmetro no SPD. Isto indica, conforme preconizado em diversos trabalhos, que o SPD condiciona ao solo maior capacidade de retenção de água que o SPC, devido à manutenção da estrutura do solo e um maior teor de CO. Diniz (1999) também observou maior capacidade do solo em reter água quando sob SPD, observando valores de aproximadamente 300 g kg⁻¹. Os elevados teores de CO observados neste trabalho refletem positivamente na alta capacidade deste solo em reter umidade; a não diferença entre os tratamentos é reflexo da similaridade dos valores de CO no solo (Figura 5).

O valor médio encontrado para o potencial 0,033 MPa, na camada de 0 a 0,05 m, utilizando-se solo com estrutura deformada foi de 348 g kg⁻¹ (Tabela 1). Maiores valores para este potencial também foram encontrados por Diniz (1999) e Maciel Jr. (1999) em SPD. Fica evidente que o SPD possibilita melhores condições para o solo reter água, devido às modificações provocadas por este sistema na estrutura do solo. Trabalhos como o de Stone & Moreira (2000) documentam economia na água de irrigação quando utiliza-se SPD.

4.1.4 Ponto de murcha permanente

Os resultados de PMP também não indicaram diferença significativa para os diferentes tratamentos. O valor médio encontrado foi 253 g kg^{-1} (Tabela 1). A elevada capacidade do solo em reter água, mesmo em altos potenciais, conforme observado neste trabalho, é reflexo dos elevados teores de argila e CO encontrados no solo.

4.1.5 Densidade do solo

O aumento na DS em áreas cultivadas em SPD tem sido apontado como um de seus principais problemas. Entretanto, informações sobre o tempo de cultivo, os sistemas de rotação empregados e os teores de CO no solo muitas vezes são omitidas em tais discussões. Estes fatores assumem importante papel no controle da DS em áreas cultivadas em SPD.

A DS não foi influenciada pela doses de palhada e de N aplicadas em superfície e seus valores decresceram ao longo do perfil (Tabela 1 e Figura 4). Os maiores valores situaram-se próximos a $1,1 \text{ Mg m}^{-3}$, os quais não comprometem de modo algum o crescimento radicular das culturas. Segundo Derpsch et al. (1991), valores de DS $<1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ não causam problemas de desenvolvimento radicular. Somente com valores de DS $>1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ é possível que existam dificuldades para o crescimento de raízes. Mesmo em tais casos, a magnitude do problema dependerá também da umidade do solo. De Maria et al. (1999) não observaram diferença na densidade de raízes para cultura da soja, mesmo em DS de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$. Spera et al. (2000) estudaram o comportamento de sete diferentes plantas de cobertura em SPD e SPC. Os resultados não demonstraram grandes diferenças entre os valores de DS para os diferentes tratamentos, sendo $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ o maior valor encontrado no SPD. Admitindo-se

que diferentes plantas de cobertura forneçam diferentes aportes de palhada ao sistema, pode-se fazer um paralelo entre os resultados de Spera et al. (2000) e os aqui observados, nos quais também não verificou-se efeito da adição de diferentes quantidades de palhada sobre a DS.

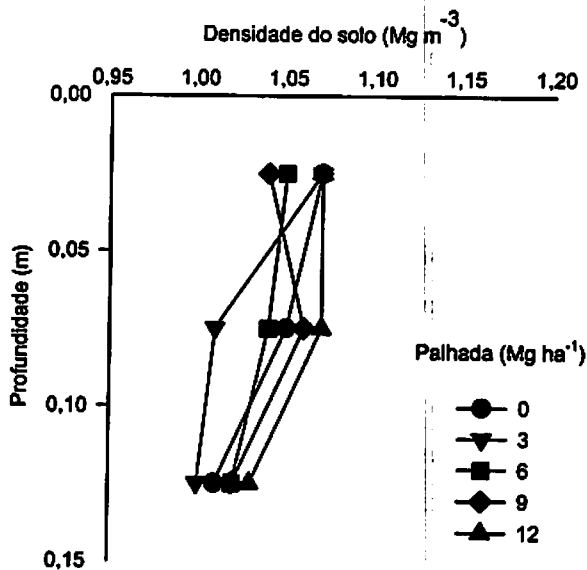


FIGURA 4 Influência de doses de palhada sobre a densidade do solo (DS) de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades, sob sistema de plantio direto. Dados médios de 15 repetições.

Diniz (1999) não observou diferença entre os valores de DS entre SPD e SPC, tendo encontrado $\text{DS} < 1,2 \text{ Mg m}^{-3}$, após dez anos de cultivo. Siqueira (1995) também não encontrou diferenças significativas nas propriedades físicas do solo para SPD e SPC, constatando, após seis anos que os sistemas não se diferenciaram, quer pela manutenção, quer pela degradação das propriedades físicas do solo, sendo os valores de DS próximos a $1,3 \text{ Mg m}^{-3}$, sem diferenças significativas entre SPD e SPC. Diferenças significativas nas propriedades

físicas do solo também não foram observadas por Eltz et al. (1989), após seis anos de cultivo em SPD e SPC, com exceção da estabilidade de agregados, que foi significativamente maior para SPD.

Conforme amplamente demonstrado neste e em outros trabalhos, ao longo do tempo o problema da compactação superficial é minimizado tanto pelo efeito do sistema radicular de culturas antecedentes, como pelo aumento nos teores de CO no solo e possivelmente também pela movimentação da camada superficial do solo, no momento da semeadura. Nos poucos casos em que a compactação causada pelo SPD é significativa, ela é geralmente compensada pela continuidade dos poros, resultante da maior atividade biológica do solo e das raízes em decomposição (Gassen & Gassen, 1996).

Fica claro, nos parágrafos anteriores, que as diferentes doses de palhada e de N, mesmo após dez anos, não promoveram, em geral, diferenças significativas nas variáveis físicas estudadas. Conforme pode ser observado na Tabela 1, os coeficientes de variação foram bastante baixos, <11%, ainda mais considerando-se que este é um experimento de campo. Ainda na Tabela 1 pode ser observado que os valores medidos nos diferentes tratamentos foram de fato bastante semelhantes. Portanto, a falta de significância estatística para as variáveis físicas é real, não sendo devida a imprecisões de amostragem nem a limitações analíticas. Nesses casos, a causa da não significância estatística estaria refletida em altos coeficientes de variação. As condições físicas do solo tendem a um estado de equilíbrio, dependendo dos diferentes métodos de manejo adotados e das condições edafoclimáticas vigentes (Silva & Mielniczuk, 1998). A presença de similaridade entre os resultados das análises físicas do solo e a não detecção de diferenças significativas devem-se à pequena variação dos teores de CO do solo (Figura 5) e ao longo tempo de adoção do SPD na área, que tenderam a uniformizar o solo, com relação as propriedades físicas. Beutler et al. (2001) também encontraram correlação positiva entre propriedades físicas

do solo e semelhantes teores de CO, para dois sistemas de rotação, após seis anos sob SPD.

4.2 Propriedades químicas do solo

4.2.1 Carbono orgânico do solo

Os valores médios de CO encontrados nos diferentes tratamentos variaram de 25 g kg⁻¹ (0–0,025 m) a 18 g kg⁻¹ (0,2–0,4 m) para as diferentes profundidades (Figura 5). Alguns trabalhos conduzidos principalmente na região Sul do Brasil documentam uma certa variação nos teores de CO acumulado, em função do sistema de rotação e do tempo de cultivo. Castro Filho et al. (1998) estudaram três diferentes sistemas de rotação de culturas no Estado do Paraná. Ao final 14 anos, não observaram diferenças nos estoques de CO no solo, encontrando valores próximos a 18 g kg⁻¹, na profundidade de 0 a 0,1 m. Estudo semelhante foi conduzido por Campos et al. (1995) no Estado do Rio Grande do Sul, tendo encontrado valores de CO, para profundidade de 0 a 0,05 m, próximos a 26 g kg⁻¹. Os valores encontrados por Campos et al. (1995) e os aqui observados são semelhantes, porém, superiores aos observados por Castro Filho et al. (1998).

Fica evidente que existem diversos fatores responsáveis por controlar o estoque de CO no solo e que a interação entre estes fatores condicionará maior ou menor capacidade do solo em reter esta fração. Entre estes fatores podemos citar o tipo de solo, as condições climáticas, como variação de temperatura e precipitação ao longo do ano. Estas condições refletirão diretamente numa menor ou maior atividade biológica do solo, contribuindo assim para a mineralização e decomposição da MO, resultando em diferentes teores de CO no

solo, entre outras. Ressalte-se ainda que o tempo de adoção do SPD, para cada localidade, pode também influenciar este atributo, já que a estabilização do sistema ocorre após cinco a seis anos da implantação. Como exemplo, podemos observar o trabalho de Bayer & Bertol (1999) para um Cambissolo húmico, na região Sul do Brasil, onde estes autores observaram teores de CO variando de 43–27 g kg⁻¹ para as profundidades de 0 a 0,02 e 0,15 a 0,2 m, respectivamente, evidenciando a característica do solo em questão e seu potencial de acúmulo de CO.

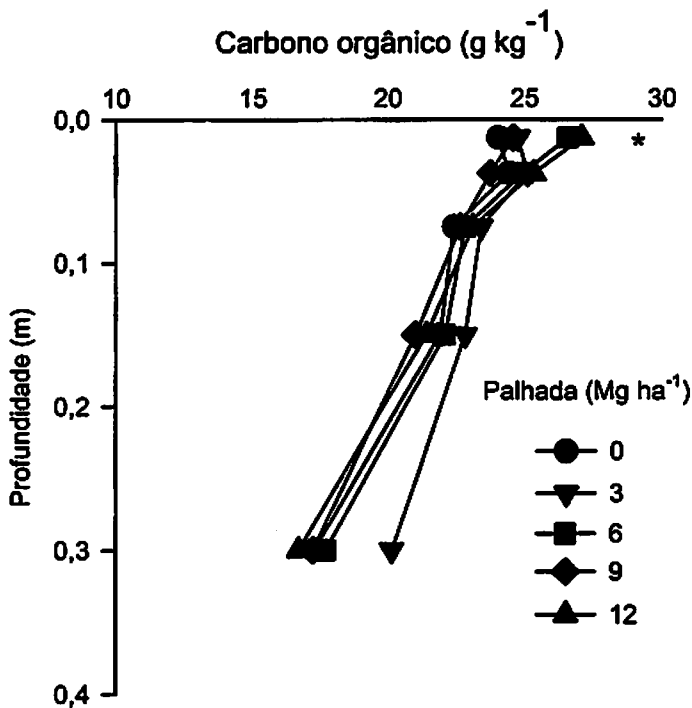


FIGURA 5 Influência de doses de palhada em sistema plantio direto na cultura do milho sobre o teor de C orgânico de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições.

As diferentes doses de palhada e N aplicadas em cobertura durante dez anos de SPD não influenciaram grandemente os teores de CO, ao final deste período, para as diferentes profundidades estudadas. A exceção foi a camada de 0 a 0,025 m, que foi influenciada significativamente pelas doses de palhada ($P < 0,05$). Mesmo tendo sido observada diferença significativa para esta camada, a variação foi mínima, observando-se valores entre 24 e 27 g CO kg⁻¹ para as doses 0 e 12 Mg (ha ano)⁻¹ de palhada.

Os teores de CO foram similares ao longo do perfil para os diferentes tratamentos, não sendo observada grande variação entre os valores, além do óbvio efeito da profundidade. As diferenças observadas na camada superficial ocorreram por esta encontrar-se em contato com os aportes de CO proveniente dos tratamentos e dos restos culturais. Entretanto, um outro fator importante foi observado na mesma região por Oliveira et al. (2001). Uma incidência significativamente menor de plantas daninhas foi observada em função do aumento das doses de palhada aplicadas em cobertura. Esta condição tende também a aumentar o equilíbrio dos teores de CO no solo, neste estudo. Percebe-se ainda não ter havido grandes variações ao longo de perfil, sendo os valores na última camada avaliada próximos aos encontrados em cerrado nativo, 20 g kg⁻¹, no mesmo local (Beutler et al., 2001). Este fato mostra um restabelecimento gradativo dos teores de CO no solo quando se utiliza o SPD.

Os valores semelhantes de CO para os diferentes tratamentos ocorreram devido às condições climáticas predominantes na região (Figura 1). Observa-se que ocorrem altas temperaturas durante o ano todo e as precipitações concentram-se nos meses das maiores temperaturas, condições estas favoráveis a uma rápida mineralização e decomposição dos resíduos superficiais, limitando, conseqüentemente, o acúmulo de CO no solo. Mesmo em climas mais amenos, onde a taxa de decomposição dos resíduos superficiais tende a ser menor, o

acúmulo de CO no solo sob SPD parece não ser assim tão acentuado, embora indubitavelmente ocorra. Bertol et al. (1998) avaliaram a decomposição de resíduos culturais na cultura do milho no estado de Santa Catarina, durante 225 dias após manejo dos resíduos. Os autores observaram redução nos tratamentos que continham inicialmente 12 Mg ha⁻¹ de palhada para aproximadamente 4 Mg ha⁻¹ em cobertura no solo. Franchini et al. (2000) avaliaram, em duas localidades do estado do Paraná, o acúmulo de CO para diferentes profundidades de amostragem. Os valores de CO encontrados por estes autores variaram entre 20 e 24 g kg⁻¹ na camada de 0 a 0,10 m e 10 e 15 g kg⁻¹ na camada de 0,2 a 0,4 m, dependendo da localidade. Não foram encontradas diferenças significativas entre os teores de CO para diferentes sistemas de rotação de culturas. Comportamento semelhante também é documentado por Campos et al. (1995) e Castro Filho et al. (1998) em áreas sob SPD, ao compararem o acúmulo de CO para diferentes sistemas de rotação, após 6 e 14 anos de implantação, respectivamente.

O SPD tem sido considerado como um sistema que seqüestra C no solo, auxiliando no controle do efeito estufa (Bayer & Martim-Neto; 2000, Feller et al., 2001, Sá et al., 2001). O trabalho conduzido por Beutler et al. (2001), no mesmo local, ajuda a entender os resultados observados neste estudo. Os autores observaram diferenças significativas entre SPD e SPC, após seis anos de cultivo, em relação ao acúmulo de CO na camada superficial do solo (0–0,05 m). Os tratamentos de SPD obtiveram valores de aproximadamente 25 g kg⁻¹. Esses valores são semelhantes aos encontrados neste estudo (Figura 5).

Em oposição, o SPC apresentou apenas 20 g kg⁻¹ de CO acumulado nesta camada. Os resultados encontrados, semelhantes aos de Beutler et al. (2001), levam a supor que exista um teor limite máximo de CO que pode ser acumulado no solo sob SPD, o qual é variável de região para região, devido aos fatores climáticos mencionados e de solo para solo. Aparentemente, dificilmente

conseguir-se-á aumentar o seqüestro de C no solo, dadas as condições climáticas vigentes, para além desse teor limite máximo de CO no solo.

Esse fato pode ser comprovado nos resultados obtidos por este trabalho. Mesmo após dez anos aplicando-se até $12 \text{ Mg (ha ano)}^{-1}$ de palhada sobre o solo, os teores de CO não aumentaram muito e mantiveram-se mais ou menos semelhantes ao tratamento testemunha ($0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de palhada). Comparando-se os valores médios de CO no perfil do solo para a camada de 0 a 0,05 m aos valores encontrados por Beutler et al. (2001) para SPC, observa-se um estoque de cerca de 13 Mg ha^{-1} no SPD contra aproximadamente 11 Mg ha^{-1} no SPC. Para além de 0,05 m de profundidade, é altamente improvável que exista diferença significativa no CO entre os dois sistemas, após longo período de manejo. Admitindo-se que a área cultivada com SPD atualmente no Cerrado é de aproximadamente 5 milhões ha (Saturnino, 2001), o SPD pode seqüestrar ou deixar de emitir cerca de 10 Tg ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g}$) de C para a atmosfera, em relação ao SPC. Hoje, o homem emite anualmente cerca de $7 \times 10^{15} \text{ g C}$ para a atmosfera (Lal, 2001).

O valor mencionado ($1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g}$) equívale a $<1\%$ do total de CO_2 emitido para a atmosfera terrestre em apenas um ano. Assim, mesmo considerando-se um provável aumento de área sob SPD no Cerrado, o SPD, como alternativa viável ao SPC, do ponto de vista do seqüestro de C, é bastante limitado. Porém, o seqüestro é apenas mais um dos benefícios e, além disso, estamos falando apenas na área de SPD no Cerrado. De qualquer modo, é ainda importante salientar que com a adoção do SPD ocorre economia de combustíveis fósseis, devido ao menor uso de máquinas agrícolas. O aumento nos teores de CO no solo pode estar mais relacionado ao fornecimento desta fração pelas raízes da cultura utilizada e não tanto à produção de MS na parte aérea.

4.2.2 O pH do solo

Os valores médios de pH encontrados variaram de 5,3 (0–0,025 m) a 4,9 (0,2–0,4 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. Contudo, as diferentes doses de N aplicadas em cobertura afetaram significativamente os valores de pH. A aplicação de N em cobertura, apesar de efetuada apenas superficialmente, sem incorporação, ocasionou decréscimo no pH do solo em subsuperfície, provocando acidificação do solo até 0,2 m de profundidade (Figura 6).

Diversos trabalhos documentam a acidificação provocada por fertilizantes nitrogenados no solo, porém, a amostragem por estratificação, em camadas, é pouco utilizada. Sá (1999) documentou, em levantamento feito no estado do Paraná, queda do pH do solo após o cultivo da seqüência milho-trigo. Segundo o autor, a adição de até 190 kg N ha⁻¹ nas duas culturas teria provocado acidificação no solo em SPD. O mesmo autor avaliou os efeitos da aplicação de calcário superficial em SPD em diferentes experimentos. Observou, em áreas onde se cultivava milho, cultura que exige altas doses de N, houve uma tendência de redução do pH ao longo dos anos, indicando ação acidificante dos fertilizantes nitrogenados em SPD.

Blevins et al. (1977), Staley & Boyer (1997) e Matowo et al. (1999) também documentaram redução do pH do solo até 0,15 m de profundidade em função das doses de N, em áreas cultivadas com SPD. O mesmo foi observado por Muzilli (1983) e Franchini et al. (2000). Muzilli (1983) constatou ainda maiores valores de pH em SPD, quando comparado a SPC. Essa observação corrobora com resultados de Sidiras & Pavan (1985) e Parra (1986), ao compararem o pH do solo para os dois sistemas. Isto pode ser explicado pelos elevados teores de CO encontrados em SPD, que minimizam o efeito acidificante provocado pelos adubos nitrogenados (Parra, 1986; Holanda et al., 1998). Segundo Sá (1997), a decomposição lenta e gradual da matéria orgânica,

a menor amplitude térmica e o maior teor de umidade do solo proporcionados pelo SPD têm como resultado um pH mais elevado, devido o efeito de diluição da solução do solo.

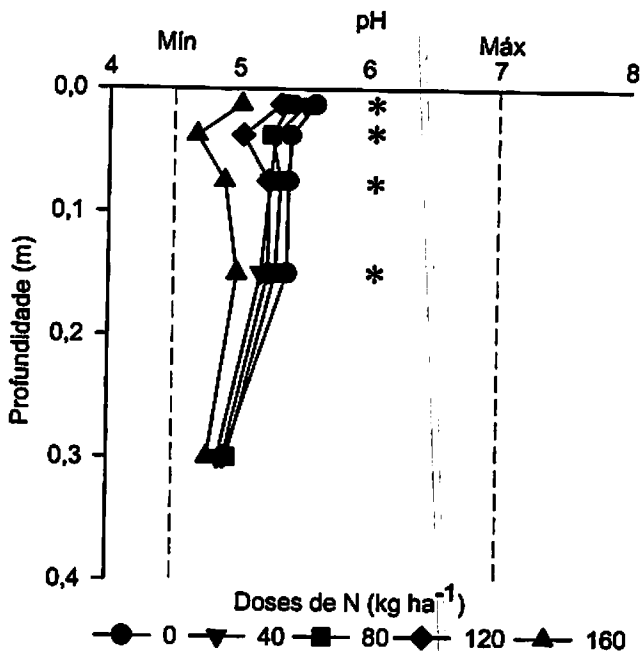


FIGURA 6 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre o pH de um Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito alto), CFSEMG (1999).

Os resultados aqui observados confirmam a acidificação provocada por adubos nitrogenados. Pode-se ainda observar que esta acidificação não se restringe apenas à camada superficial do solo, mas afeta também a subsuperfície (Figura 6). Holanda et al. (1998) documentaram também acentuado efeito da

adubação nitrogenada contínua sobre o pH, até 0,15 m, em função de doses >200 kg N ha⁻¹ na cultura do milho. Outros resultados semelhantes foram observados por Juo et al. (1995) em áreas sob SPD.

No presente estudo observa-se também que a camada subsuperficial do solo (0,2–0,4 m) não foi influenciada pelas doses de N. Mesmo nas maiores doses (120 e 160 kg N ha⁻¹), o pH para esta camada ficou ao redor de 5,0, em todos os tratamentos. Isso evidencia, que após 10 anos sem correção de acidez, a camada subsuperficial não foi afetada pelas doses de N, nas condições de estudo. Alguns trabalhos, contudo, como o de Franchini et al. (2000), relatam alterações no pH do solo abaixo de 0,2 m de profundidade. Os maiores teores de CO observados neste estudo podem ter amenizado o efeito acidificante das altas doses de N no solo, em profundidade.

Todos os tratamentos que receberam adubação nitrogenada em cobertura à profundidade abaixo de 0,025 m apresentaram pH <5,4, que é considerado baixo (CFSEMG, 1999). A dose 160 kg N ha⁻¹, entretanto, apresentou pH <5,4 também para a camada superficial, reflexo da alta liberação de prótons no solo (Figura 7).

Conclui-se, então, que altas doses de N, como as que hoje são necessárias para se obter elevada produtividade, devido às maiores exigências das culturas, podem causar acidificação do solo também em subsuperfície. Estratégias para contornar este problema, como uso mais freqüente da calagem em menores doses, em solos cultivados em SPD e a elevação dos teores de CO no solo devem ser implementadas para se evitar a acidificação subsuperficial do solo.

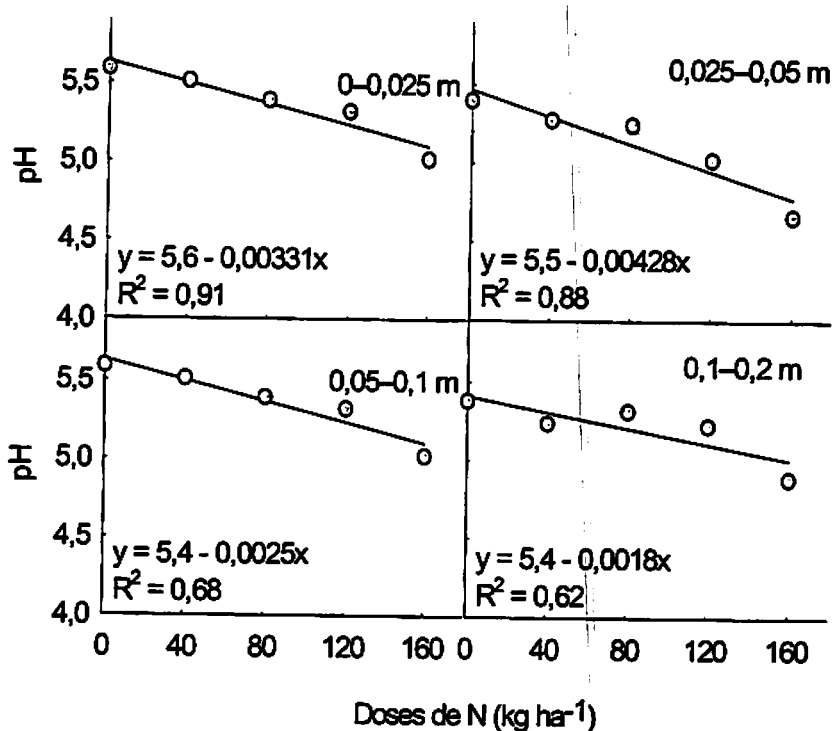


FIGURA 7 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre o pH de um Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

4.2.3 Fósforo e potássio do solo

Os teores médios de P observados variaram de 21 mg dm⁻³ (0-0,025 m) a 1,5 mg dm⁻³ (0,20-0,40 m), não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada e N aplicadas em superfície. Paiva (1990) e Matowo et al. (1999) também não observaram redução nos teores de P no solo em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados em áreas sob SPD.

Os teores médios de P encontrados para as camadas de 0 a 0,025, 0,025 a 0,05 e 0,05 a 0,1 m foram 21, 18 e 16 mg dm⁻³ (Figura 8), valores estes considerados muito bons (CFSEMG, 1999). A camada 0–0,4 m apresenta aproximadamente 26 kg ha⁻¹ de P disponível, sendo 18 kg deste, ou aproximadamente 70% do total, concentrados na camada 0–0,1 m, facilitando o contato raiz-nutriente.

Sá (1999) fez um levantamento em áreas com até 15 anos em SPD e observou que a camada superficial (0–0,1 m) continha elevada concentração de P, com cerca de 88% do total de P disponível observado na camada 0–0,3 m, confirmando o processo de estabilização da área. O acúmulo de P na camada superficial do solo é amplamente documentado em diversos trabalhos (Muzilli, 1983; Kluthcouski, 1998; Rheinheimer et al., 1998; Bayer & Bertol, 1999; Sá, 1999) e tido como consenso entre as pesquisas realizadas em SPD. Os motivos para esta concentração de P na superfície, segundo Sá (1999), são o não revolvimento do solo, o qual minimiza o processo de fixação e a decomposição gradual dos resíduos que proporciona a liberação e redistribuição de formas orgânicas de P mais estáveis e menos susceptíveis às reações de adsorção. Desse modo, a disponibilidade de P tende a ser maior em SPD, podendo influenciar na nutrição das culturas (Muzilli, 1983).

Os teores médios de K encontrados variaram de 0,67 cmol_c dm⁻³ (0–0,025 m) a 0,13 cmol_c dm⁻³ (0,20–0,40 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de N. Resultados encontrados por Matowo et al. (1995) corroboram os aqui observados. Os altos teores de K oriundos da palhada, proveniente de resíduos culturais de milho, influenciaram significativamente os teores deste elemento no solo até a profundidade de 0,4 m (Figura 8). Por esse motivo, houve efeito significativo das doses de palhada sobre o teor de K do solo.

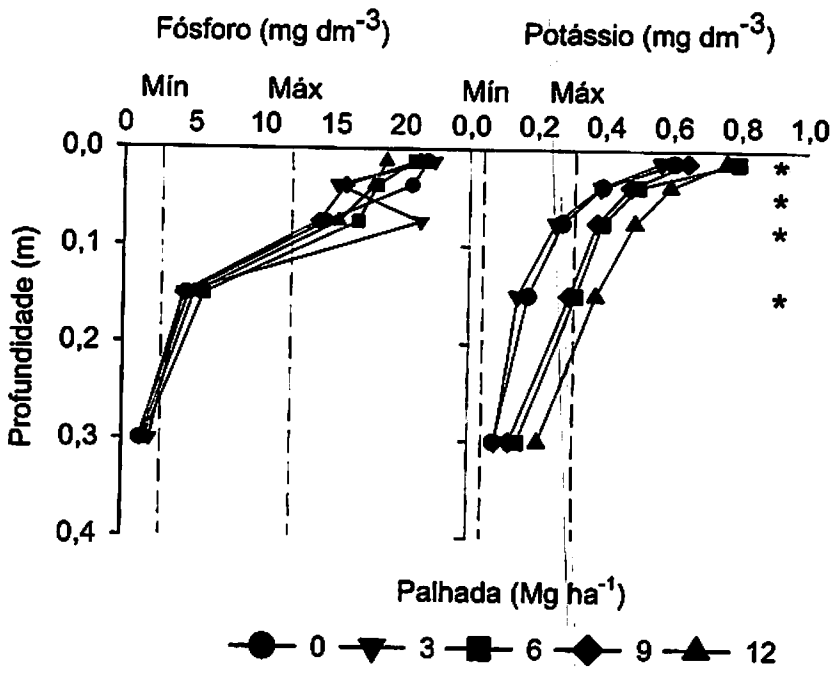


FIGURA 8 Influência de doses de palhada em sistema plantio direto na cultura do milho sobre os teores de P e K de um Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito bom), CFSEMG (1999).

Os maiores valores de K disponível foram sempre observados nas maiores doses de palhada. Isso talvez não ocorresse ou, se ocorresse seria em menor escala, caso a palhada fosse oriunda do próprio local, proveniente de diferentes plantas de cobertura. Os teores de K encontrados são considerados muito bons a bons (CFSEMG, 1999) e, mesmo na ausência da aplicação de palhada, o teor de K para camada até 0,1 m pode ser considerado como bom (>0,18 cmol_c dm⁻³), evidenciando o acúmulo de K no solo. A manutenção de

bons teores de K no solo, mesmo na ausência de palhada, deve-se evidentemente à adubação anual de base com 60 kg K₂O ha⁻¹.

4.2.4 Cálcio e magnésio do solo

Os teores médios de Ca observados variaram de 3,9 mg dm⁻³ (0–0,025 m) a 1,0 mg dm⁻³ (0,20–0,40 m) e os teores médios de Mg observados variaram de 1,4 mg dm⁻³ (0–0,025 m) a 0,4 mg dm⁻³ (0,20–0,40 m), não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. As diferentes doses de N, entretanto, aplicadas em superfície influenciaram significativamente os teores de Ca até 0,1 m e os de Mg até 0,2 m de profundidade (Figura 9).

Os menores valores de Ca e Mg disponível foram sempre observados nas maiores doses de N, reflexo da acidificação provocada pela adubação nitrogenada. Segundo Vale et al. (1997) e Pavan & Oliveira (1997), a aplicação de fertilizantes amoniacais causa acidificação do solo e faz com que parte das cargas negativas do solo sejam bloqueadas pelo Al, impedindo a adsorção de cátions básicos, tais como Ca e Mg. Uma vez em solução, estes cátions serão mais facilmente perdidos por lixiviação, o que resulta em menores teores de Ca e Mg nas maiores doses de N aplicadas.

Blevins et al. (1977), Muzilli (1983), Juo et al. (1995) e Franchini et al. (2000) documentam redução nos teores de Ca em sistemas de culturas que necessitavam altas doses de adubos nitrogenados em SPD. Os resultados observados por Matowo et al. (1999), por outro lado, não condizem com os aqui observados, pois esses autores não encontraram redução nos teores de Ca em função do aumento da aplicação de adubos nitrogenados.

À semelhança do pH do solo, a camada subsuperficial (0,2–0,4 m) não foi influenciada pela aplicação de N, independentemente da dose, apresentando

teores de Ca igual a 1,0 e de Mg igual a 0,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, que são considerados baixos.

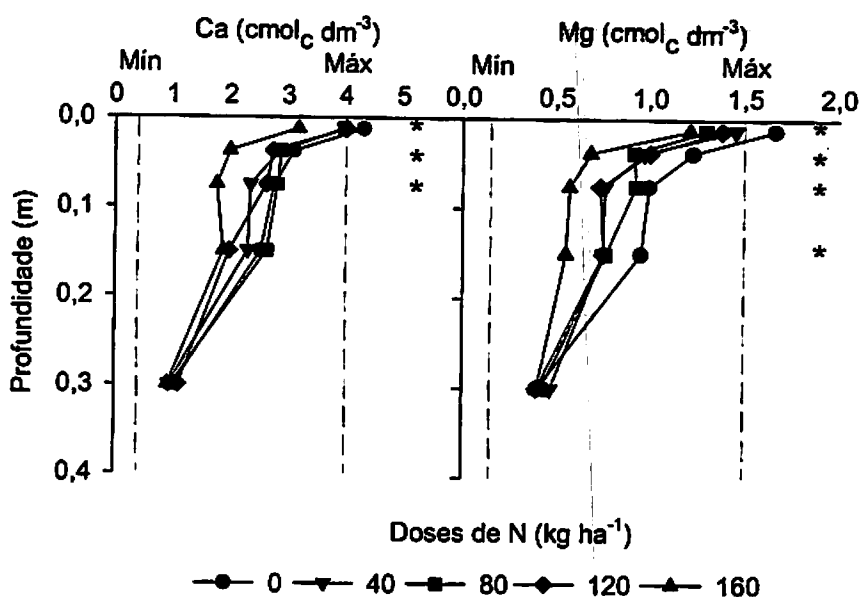


FIGURA 9 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores de Ca e Mg de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito bom), CFSEMG (1999).

Teores de Ca observados, $>2,4 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, para doses $\leq 120 \text{ kg N ha}^{-1}$ são considerados bons a muito bons (CFSEMG, 1999) até 0,1 m. A maior dose de N, entretanto, reduz a disponibilidade de Ca em cerca de $1,0 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, em relação à dose 0 kg N ha^{-1} (Figura 10).

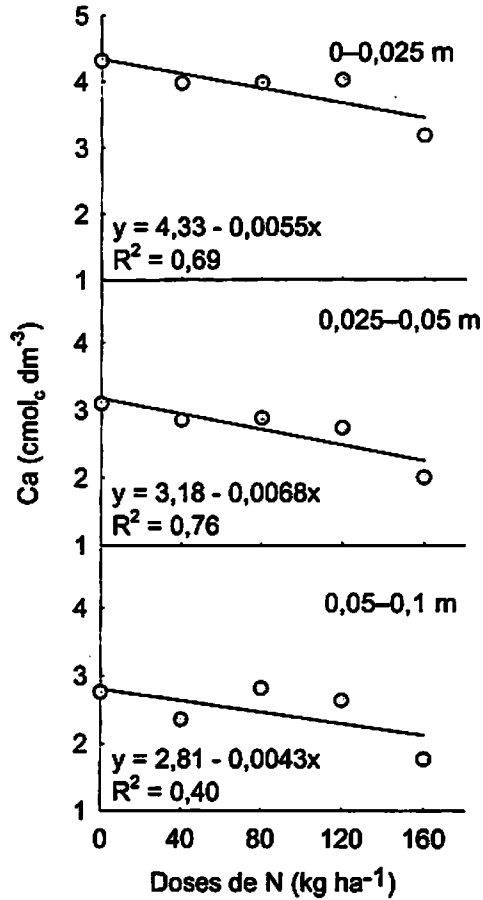


FIGURA 10 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores de Ca de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

O teor de Ca para esta dose pode ser considerado como bom (3,3 cmol_c dm⁻³) apenas na superfície do solo. Para profundidades abaixo de 0,025 m, os valores observados podem ser considerados médios, devido ao efeito da elevada aplicação de N. Neste contexto, Paiva (1990) observou que a aplicação anual de

90 kg N ha⁻¹, na forma de sulfato de amônio, provocou redução significativa nos teores de Ca após sete anos de cultivo. Franchini et al. (2000) também observaram, no período de sete anos, redução nos teores de Ca em culturas que exigiam uma maior aplicação de N, em relação ao cultivo com leguminosas:

Para a camada superficial, de 0 a 0,025 m, os teores de Mg encontrados são considerados bons a muito bons, dependendo da dose de N. Em profundidades maiores que 0,05 m, para os tratamentos onde aplicou-se N, os teores de Mg decresceram, enquadrando-se entre médios a baixos, $\leq 0,9$ cmol_c dm⁻³ (CFSEMG, 1999). O teor de Mg para a dose 160 kg N ha⁻¹ pode ser considerado bom apenas na superfície do solo, enquanto que para profundidades abaixo de 0,025 m os valores podem ser considerados médios ou baixos (CFSEMG, 1999), sendo claro o efeito da elevada aplicação de N (Figura 11).

Paiva (1990) também observou redução significativa nos teores de Mg, na profundidade de 0 a 0,2 m, em função da aplicação de adubos nitrogenados, após sete anos de cultivo. Resultados semelhantes aos aqui observados também foram encontrados por Blevins et al. (1977). Franchini et al. (2000) observaram redução nos teores de Mg, para culturas que requeriam maiores doses de N, apenas para camada de 0 a 0,1 m de profundidade. Um dos motivos que podem ter levado estes autores a não encontrar redução significativa nos teores de Mg em profundidade foi o alto teor deste elemento observado (aproximadamente 2,0 cmol_c dm⁻³) no solo por eles estudado. Em solos de Cerrado, naturalmente pobres, a depleção de nutrientes devido ao cultivo e à adubação nitrogenada atingirá profundidades maiores que 0,1 m, conforme mostrado neste trabalho.

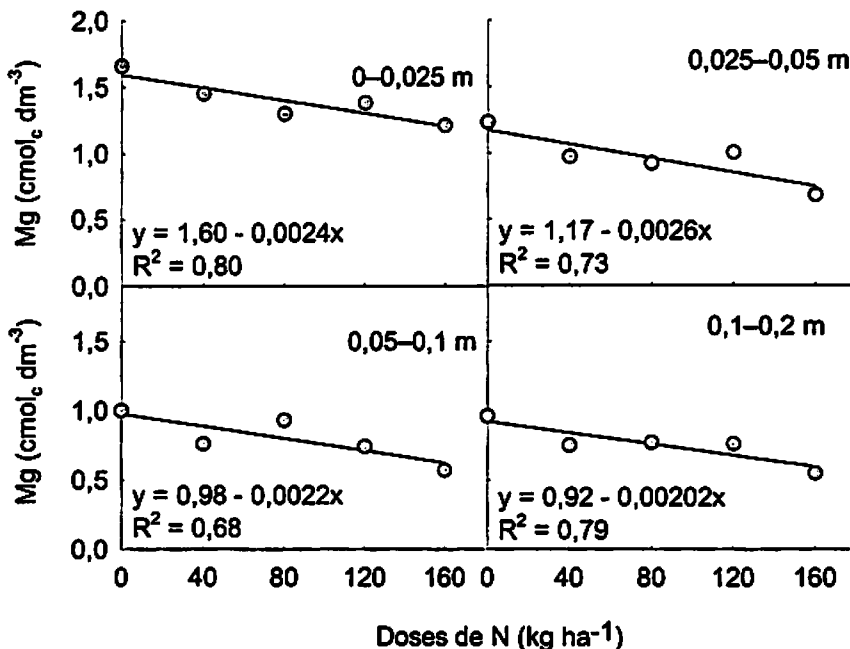


FIGURA 11 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores de Mg de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

Segundo Vale et al. (1997), para uma condição ideal de suprimento de bases, a porcentagem de saturação por Ca, Mg e K deve ser 50-60, 10-20 e 3-5%. Os valores médios gerais, independentes dos tratamentos, para estes parâmetros na camada de 0 a 0,1 m foram 30%, 10% e 5%. Isto evidencia acentuada desproporção de Ca e também de Mg. Esta última, porém, menos expressiva.

Para a cultura do milho, a relação Ca:Mg não deve ser muito estreita (CFSEMG, 1999). Uma relação menor que 3:1 é considerada prejudicial à cultura. É recomendado também que o valor de Ca+Mg, para cálculos de

calagem, deva ser $>2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Deve-se ressaltar ainda que esta recomendação é dada com base em estudos de SPC e que o comportamento dos nutrientes em SPD é diferente.

Observa-se que a concentração de Ca no tecido foliar apresentou condição de deficiência (item 4.3). Isto poderia ser explicado, nas altas doses de N, pelo maior teor de Al trocável, o qual prejudica a absorção de Ca. Entretanto, mesmo onde não houve acidificação, provocada pelas doses de N, os teores de Ca e também de Mg apresentaram deficiência, demonstrando que extrapolações não podem ser feitas ao comparar SPD e SPC, e que os teores ideais de Ca e Mg devem ser revistos, quando se pensa em cultivo sob SPD.

4.2.5 Alumínio trocável e acidez potencial do solo

Os teores médios de Al trocável e acidez potencial (H+Al) encontrados variaram, respectivamente, entre 0,3 e 5,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (0–0,025 m) a 1,3 e 7,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (0,20–0,40 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. As diferentes doses de N aplicadas em superfície, por sua vez, influenciaram significativamente os teores de Al e H+Al no solo, até a profundidade de 0,2 e 0,1 m, respectivamente (Figura 12). Os valores de Al e H+Al foram sempre maiores à medida que se aumentaram as doses de N, reflexo da acidificação provocada pela adubação nitrogenada.

Segundo Vale et al. (1997), em $\text{pH} >6$ praticamente não existe Al em solução, pois este encontra-se precipitado na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$. Como o pH observado neste experimento foi sempre <6 e, em alguns casos <5 (Figura 6), é notada a presença de Al, tendo relação com a aplicação de adubos nitrogenados, pois este elemento é solubilizado quando aumenta-se a concentração de prótons no meio (Raij, 1991).

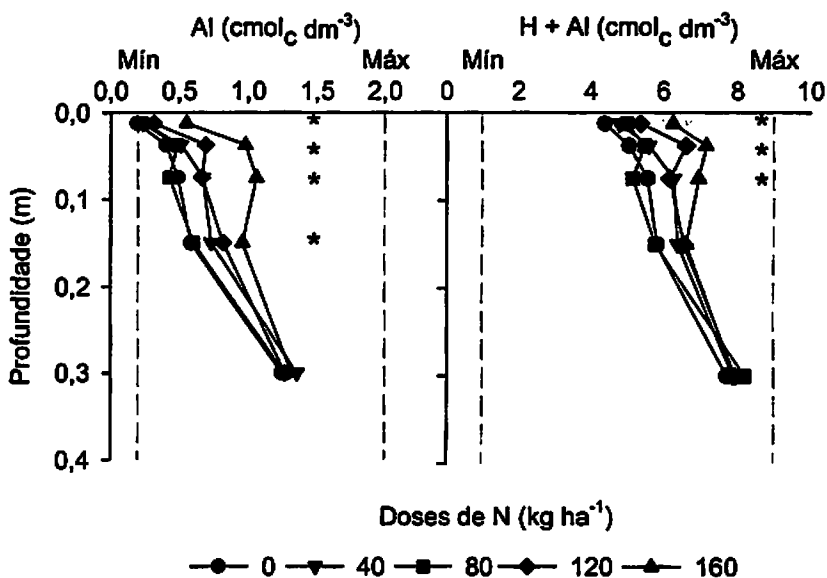


FIGURA 12 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre Al trocável e acidez potencial (H+Al) num Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades. (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito alto), CFSEMG (1999).

Paiva et al. (1990), estudando o efeito da aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho em SPD, também observaram aumento de Al trocável e acidez potencial após sete anos de cultivo. Blevins et al. (1977) também encontraram aumento significativo nos teores de Al em SPD, em função do aumento das doses de N aplicadas. Maiores valores de acidez potencial também foram documentados por Franchini et al. (2000) em sistemas de rotação que necessitam maiores doses de N.

À semelhança do pH do solo, Al e H+Al na camada subsuperficial (0,2–0,4 m) não foram influenciados pela aplicação de N, independentemente da dose, apresentando valores próximos a 1,3 e 7,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente. Estes valores, contudo, são considerados altos (CFSEMG, 1999), embora seja uma característica comum a latossolos do Cerrado.

O efeito das doses de N sobre os teores de Al para cada camada pode ser observado na Figura 13.

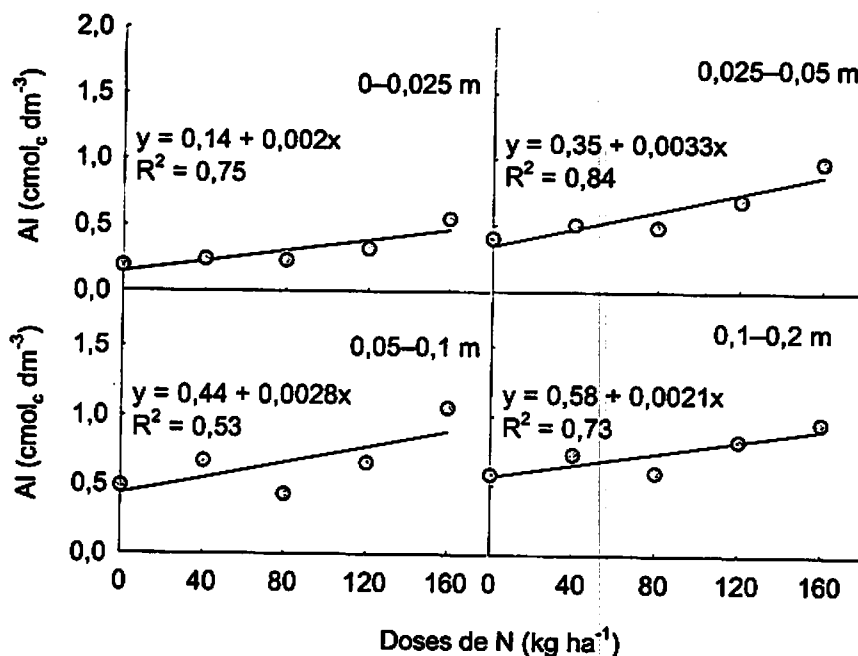


FIGURA 13 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores de Al trocável de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

A dose 160 kg N ha⁻¹ aumentou os teores de Al em aproximadamente 0,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, em relação à ausência da aplicação de N em cobertura. O teor de Al para a maior dose pode ser considerado alto (>1,0 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) para as camadas de 0,025 a 0,05 e 0,05

a 0,1m, e médio (próximo a 0,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) para camada superficial do solo. Segundo a CFSEMG (1999), teores $>1 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ são considerados prejudiciais ao crescimento da maioria das espécies vegetais. Os menores valores de Al trocável na superfície podem ser um possível efeito dos elevados teores de CO encontrados e do pH.

O efeito das doses de N sobre os teores de H + Al para cada camada pode ser observado na Figura 14.

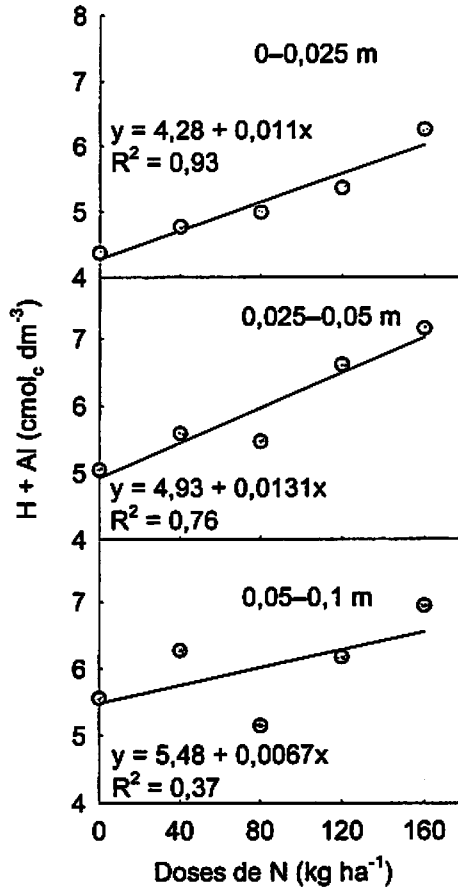


FIGURA 14 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores de H+Al de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

Com exceção da ausência da aplicação de N e da dose 40 kg N ha⁻¹ na camada superficial do solo, todas as outras doses, em todas as camadas, mesmo na superfície, os valores de H+Al foram >5 cmol_c dm⁻³, sendo este valor considerado alto (CFSEMG, 1999). A dose 160 kg N ha⁻¹ aumentou os teores de H+Al em aproximadamente 2 cmol_c dm⁻³, em relação à ausência de aplicação de N em cobertura (Figura 14).

4.2.6 Saturação por alumínio do solo

Os valores médios de saturação por Al (m) variaram de 5,6% (0–0,025 m) a 47% (0,20–0,40 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. Como esperado, as mesmas tendências encontradas com relação aos teores de Al foram observadas para o valor m. As diferentes doses de N aplicadas em cobertura afetaram significativamente o valor m até 0,2 m de profundidade (Figura 15). Os valores de m foram sempre maiores à medida que aumentaram-se as doses de N, reflexo da acidificação provocada pela adubação nitrogenada.

À semelhança de outros atributos já discutidos, não observou-se tendência de modificação no valor m na camada subsuperficial (0,2–0,4 m). Os valores para esta camada foram praticamente iguais em todos os tratamentos. Pode-se, portanto, dizer que mesmo após 10 anos de aplicação de adubos nitrogenados, sem a aplicação de calcário, elevadas doses de N não acidificam o solo além 0,2 m.

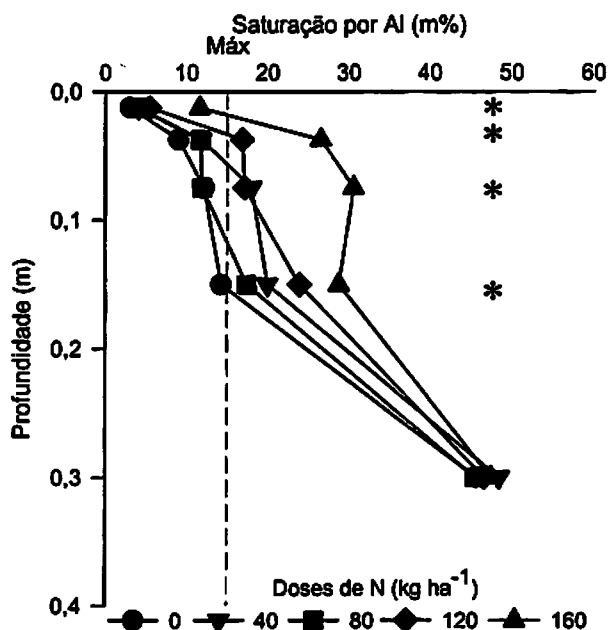


FIGURA 15 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre saturação por Al num Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades. (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linha tracejada indica classe de interpretação de fertilidade do solo (Máx = máximo tolerado pela cultura), CFSEMG (1999).

A CFSEMG (1999) considera que o valor máximo de m tolerado pelo milho é de 15%. A camada superficial, de 0 a 0,025 m, não apresentou valores críticos de m, sendo os valores observados sempre <15%. Possivelmente, os maiores teores de CO na superfície contribuem para isso. As doses 120 e 160 kg N ha⁻¹, nas camadas abaixo de 0,025 m, apresentaram valor m >17%, considerado alto (Figura 16). Para a camada de 0,05 a 0,1 m, além das doses 120 e 160 kg N ha⁻¹, a dose 40 kg N ha⁻¹ também apresentou valor >15%. Para a

camada de 0,1 a 0,2 m, com exceção da dose 0 kg N ha⁻¹, todas as doses resultaram em valores de m >15%, valor este considerado alto para a cultura.

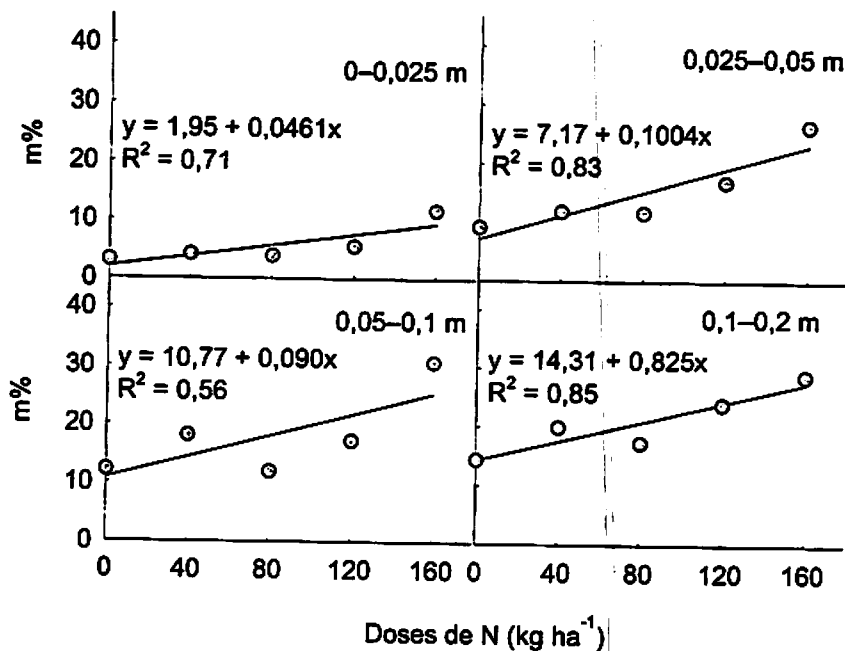


FIGURA 16 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre saturação por Al de um Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

4.2.7 CTC efetiva e potencial do solo

Os valores médios de CTC efetiva (t) encontrados variaram de 6,3 cmol_c dm⁻³ (0-0,025 m) a 2,8 cmol_c dm⁻³ (0,20-0,40 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. As diferentes doses de N aplicadas em superfície influenciaram significativamente os valores de t, até 0,1 m, em virtude dos teores de Ca, Mg e

também da acidez potencial terem sido influenciados (Figura 17). Os valores da CTC efetiva foram sempre menores à medida que se aumentou a dose de N, reflexo da acidificação provocada pela adubação nitrogenada. Resultados semelhantes são documentados por Juo et al. (1995), os quais observaram redução de t pela aplicação de adubos nitrogenados em solos cultivados sob SPD.

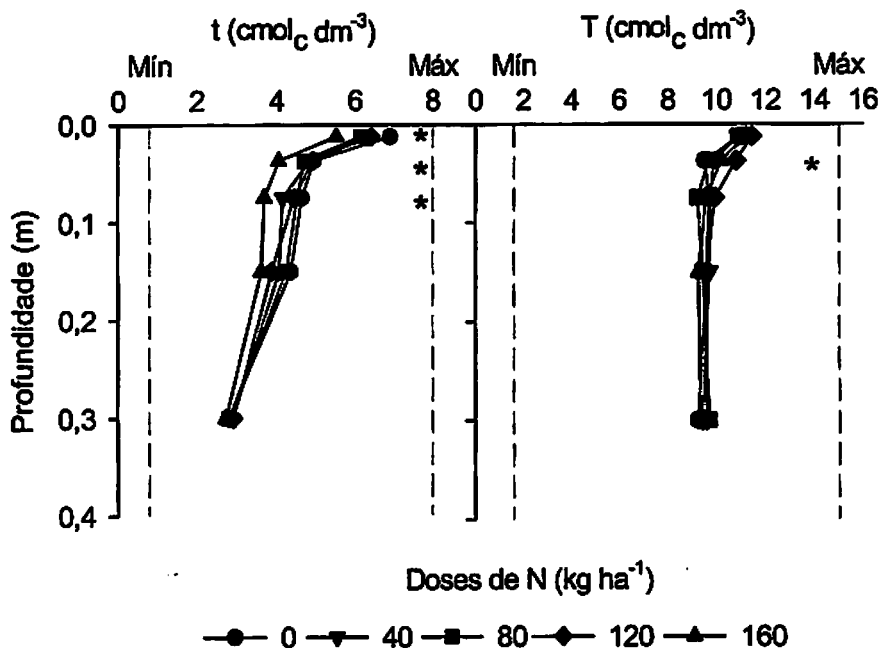


FIGURA 17 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre a CTC efetiva (t) e CTC potencial (T) de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades(* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito bom), CFSEMG (1999).

A camada superficial do solo apresentou os maiores valores de t, >5,5 cmol_c dm⁻³, considerados bons, segundo CFSEMG (1999). Isto deve-se à

concentração de nutrientes na superfície do solo, provenientes das adubações e da decomposição da MO e do não revolvimento do solo. A maior dose de N, entretanto, reduziu os valores de t já na camada abaixo de 0,025 m para $<4,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valores considerados como médios. Isto também foi observado para as outras doses de N, porém, somente em maiores profundidades (Figura 17). À semelhança do que ocorreu com outros atributos, a camada subsuperficial (0,2–0,4 m) não foi influenciada pela aplicação de N, independentemente da dose, apresentando valores de t próximos a $2,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valor este considerado médio (CFSEMG, 1999).

Os valores médios de CTC potencial (T) encontrados variaram de $11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (0–0,025 m) a $9,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (0,20–0,40 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. Essa pequena amplitude deve-se à grande homogeneidade do solo estudado. Como acontece na maioria dos latossolos, a única variação expressiva entre camadas superficiais e subsuperficiais é o teor de CO. O teor e composição mineralógica da fração argila, outra responsável pela variação de T, em Latossolos, não muda apreciavelmente com a profundidade (Ker & Schaeffer, 1996; Galvão & Schulze, 1996). As diferentes doses de N aplicadas em superfície influenciaram significativamente os valores da CTC potencial do solo, apenas na camada de 0,025 a 0,05 m (Figura 17). Uma possível explicação para esta influência significativa pode ser a tendência de menores valores de pH terem sido observados nesta camada (Figura 6). Segundo Vale et al. (1997), o ganho de T pela neutralização de H^+ adsorvidos será tanto maior quanto mais baixo for o pH natural do solo e quanto maior for o teor de CO.

De modo geral, todos os valores encontrados foram $>9,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerados como bons, conforme CFSEMG (1999). Isto se deve aos teores um tanto quanto elevados de CO encontrados neste solo para todas as profundidades avaliadas, o que representa um ganho real na CTC potencial. Segundo Sá

(1996c), entre as diversas alterações provocadas pelo SPD, observam-se incrementos na CTC do solo e na reserva de nutrientes. Pavan, citado por Tormena (1996), em levantamento feito em solos do Estado do Paraná, observa que cerca de 70% da CTC do solo devem-se aos altos teores de CO encontrados em áreas cultivadas sob SPD.

4.2.8 Soma de bases e saturação por bases do solo

Os teores médios da soma de bases (SB) variaram de $6,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (0–0,025 m) a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (0,20–0,40 m) para as diferentes profundidades, não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada. As diferentes doses de N aplicadas em superfície influenciaram significativamente a SB no solo até 0,2 m (Figura 18). Neste caso, a variação em SB ocorreu devido principalmente, à diminuição nos teores de Ca e Mg, já que os teores de K não foram significativamente afetados pelas doses de N. Paiva (1990) também observou que a aplicação anual de 90 kg N ha^{-1} , como sulfato de amônio, na cultura do milho em SPD, provocou redução significativa nos valores de SB até 0,2 m de profundidade, após sete anos de cultivo. Os menores valores de SB foram sempre observados na maior dose de N, reflexo da acidificação provocada pela adubação nitrogenada e conseqüente perda de Ca e Mg por remoção pelas culturas ou por lixiviação, em virtude do bloqueio das cargas pelos íons H^+ e Al^{+3} no solo. À semelhança de outros atributos já discutidos, a SB da camada subsuperficial (0,2–0,4 m) não foi influenciada pela aplicação de N apresentando valores próximos a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

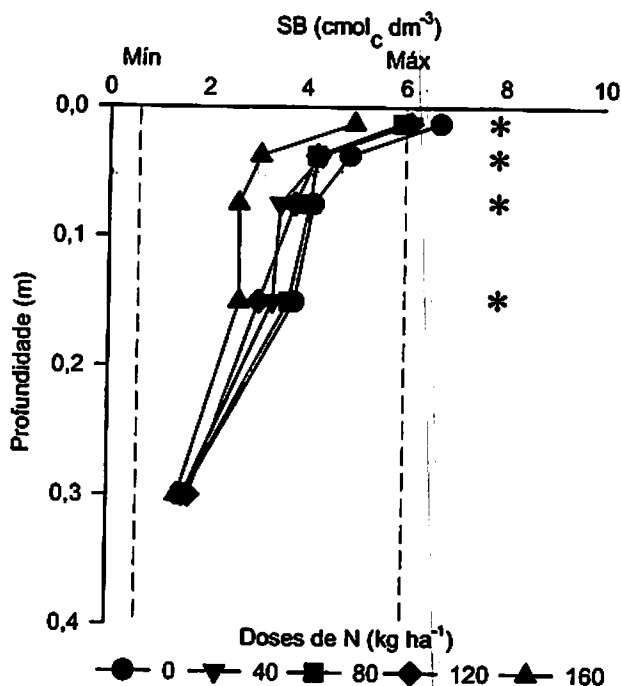


FIGURA 18 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre a soma de bases de um Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades. (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Min = muito baixo e >Máx = muito bom), CFSEMG (1999).

Valores de SB próximos a $6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, observados para doses $\leq 120 \text{ kg N ha}^{-1}$, na camada superficial do solo (0–0,025 m), são considerados muito bons (CFSEMG, 1999). A maior dose de N, 160 kg ha^{-1} , entretanto, reduziu a SB já na camada superficial para $5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, valor considerado apenas bom e, abaixo desta camada, os valores para esta dose de N são considerados médios ($< 3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) reflexo das altas doses de N aplicadas (Figura 19).

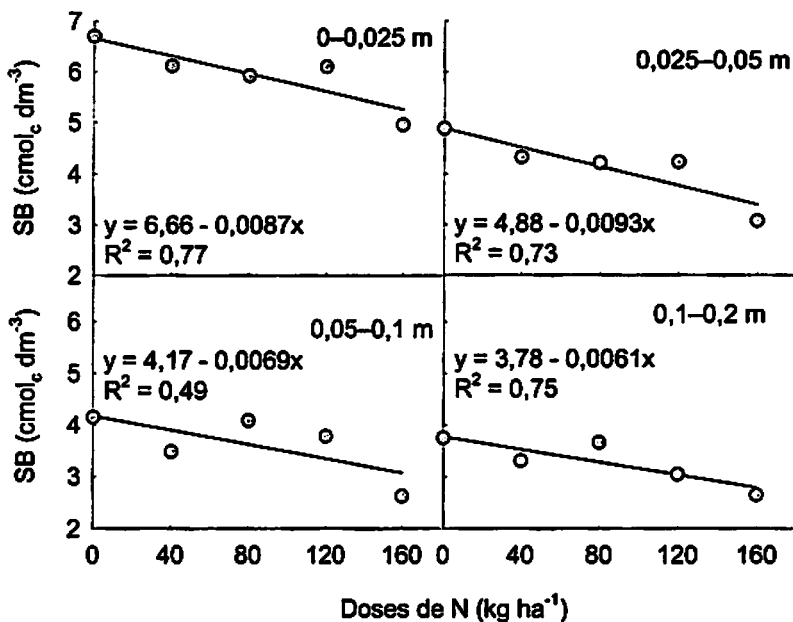


FIGURA 19 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores a soma de bases (SB) de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

Os teores médios de saturação por bases (V) encontrados variaram de 54% (0-0,025 m) a 16% (0,20-0,40 m), não tendo sido influenciados pelas diferentes doses de palhada.

As diferentes doses de N aplicadas em superfície influenciaram significativamente o valor V do solo até 0,2 m (Figura 20). Comparando-se os valores extremos, 0 e 160 kg N ha⁻¹, observa-se redução de 20%, em média, do valor V entre os dois tratamentos, até a profundidade de 0,2 m. Esse efeito foi certamente provocado pela alta dose de N aplicada. Paiva (1990) também observou que a aplicação anual de 90 kg N ha⁻¹, como sulfato de amônio, reduziu V em ~20% após sete anos de cultivo de milho em SPD.

À semelhança de outros atributos já discutidos, a camada subsuperficial (0,2–0,4 m) não foi influenciada pela aplicação de N, independentemente da dose, apresentando valores próximos a 16%.

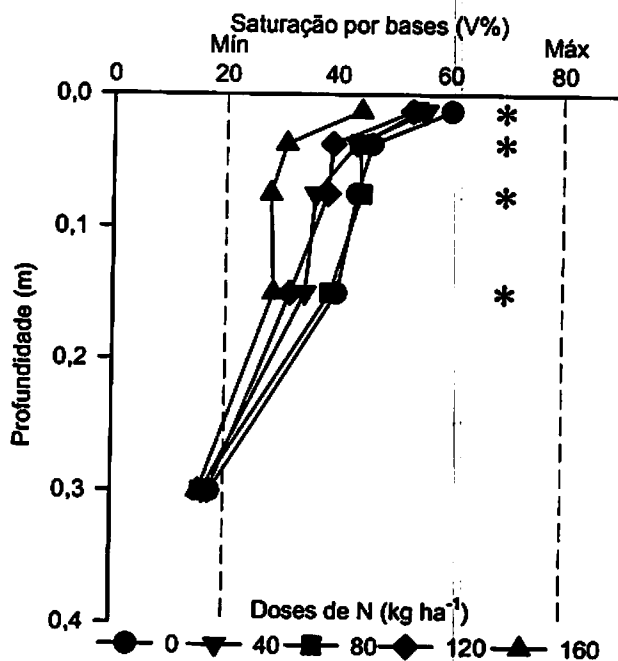


FIGURA 20 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre a saturação por bases (V%) de um Latossolo Vermelho do Cerrado em diferentes profundidades. (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Min = muito baixo e >Máx = muito bom), CFSEMG (1999).

Os valores médios gerais observados de V para a camada de 0 a 0,025 m foram considerados médios (CFSEMG, 1999), porém, altas doses, ≥ 120 kg N ha⁻¹, abaixo de 0,025 m reduziram V a valores <40%, sendo considerados baixos (Figura 21). Mesmo na ausência da aplicação de N, para a profundidade de

0,025 a 0,05 m, os valores V foram apenas próximos a 50%. Entretanto, Prado (2000) observou maiores produtividades de milho em solos sob SPD com V= 65%, na região do Cerrado.

Pode-se observar que o valor V médio para todos os tratamentos até 0,2 m de profundidade foi de aproximadamente 40% (Figura 20). Este valor evidencia que, após 10 anos de SPD, existe a necessidade real de realizar calagem na área, o que foi feito e seus efeitos discutidos no item 4.4. A necessidade de calagem tornou-se visível também em virtude da baixa SB, da aparente deficiência de Ca e do pH um tanto baixo.

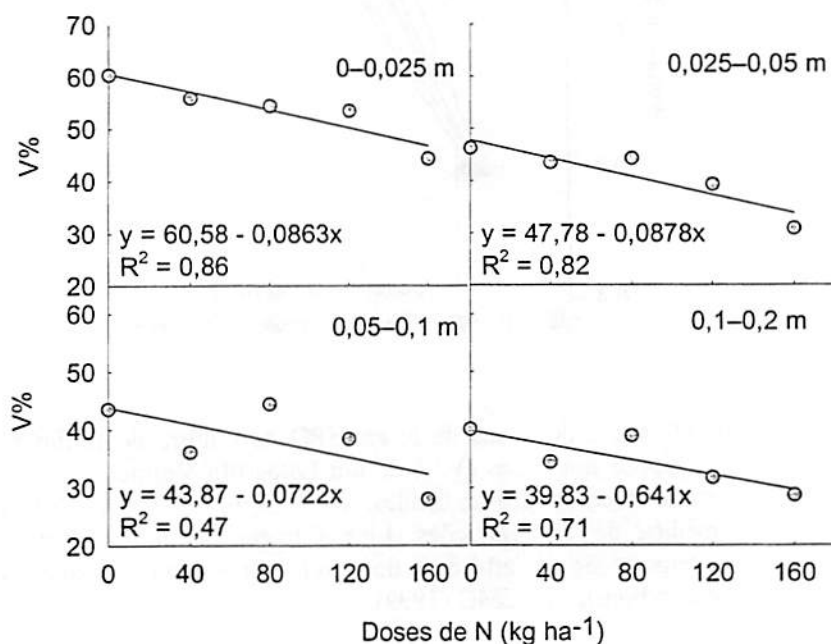


FIGURA 21 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores a saturação por bases (V%) de um Latossolo Vermelho do Cerrado, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%).

4.2.9 Micronutrientes do solo

Não houve influência significativa das diferentes doses de palhada e N sobre os teores de Zn, Mn, B e Cu para as diferentes profundidades de solo analisadas (Tabela 2). Os teores de Fe foram influenciados significativamente pelas diferentes doses de N apenas na profundidade de 0 a 0,025 m ($R^2 = 0,79^*$). As diferentes doses de N aplicadas em superfície aumentaram linearmente a disponibilidade de Fe, observando-se variação de 41 a 50 mg kg⁻¹ para as diferentes doses de N. Sabe-se, há longo tempo, que um dos fatores mais importantes que agem na regulação da disponibilidade de micronutrientes no solo é o pH. Segundo Vale et al. (1997), para cada decréscimo de uma unidade de pH do solo, ocorre aumento na disponibilidade de Fe em 1000 vezes. Este fato pode ter influenciado significativamente os teores de Fe. Os teores de Fe observados também são elevados, sendo esta uma característica dos solos da região, em virtude de sua mineralogia oxidica (Galvão & Schulze, 1996).

Os teores de Zn encontrados foram considerados bons até 0,1 m de profundidade. Os adequados teores deste elemento no solo são reflexo da adubação de base que fornece Zn, em sua formulação. Uma das características dos solos do Cerrado é sua baixa disponibilidade de Zn. Lopes & Cox (1977), em levantamento na região, observaram média de 0,6 mg Zn dm⁻³ no solo. A CFSEMG (1999) recomenda a aplicação de 1 a 2 kg Zn ha⁻¹ na cultura do milho, quando observada sua carência no solo. Respostas à aplicação de Zn são comumente observadas em solos do Cerrado (Marchetti et al., 2000). Os teores de Mn observados variaram de 24 a 17 mg kg⁻¹ para as diferentes profundidades avaliadas (Tabela 2). Estes valores foram considerados altos em todo o perfil do solo.

Os teores de B e Cu observados foram próximos a 0,3 e 0,6 mg dm⁻³, para as diferentes profundidades avaliadas (Tabela 2). Estes valores são

classificados como baixos (CFSEMG, 1999). A provável carência destes elementos deve-se às exportações que ocorreram pelo cultivo consecutivo durante 10 anos e pela inexistência de aplicação destes ao solo. Apesar de aplicar-se até 12 Mg ha⁻¹ de palhada sobre o solo, essa não influenciou os teores desses elementos no solo, conforme foi observado nos resultados. Segundo Bull (1993) e Marques et al. (2002), de forma geral, as respostas à aplicação destes micronutrientes na cultura do milho não têm sido relevantes. Entretanto, ainda são escassos os estudos sobre a dinâmica deste elemento em áreas sob SPD.

TABELA 2 Teores de micronutrientes em Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado sob SPD com milho, após 10 anos de aplicação consecutivas de doses de palhada de N em cobertura. Dados médios de 75 repetições.

Profundidades m	Teores no solo ± desvio padrão				
	Zn	Fe	Mn	B	Cu
	mg dm ⁻³				
0-0,025	2,7±1,8	46±13	24±5	0,3±0,1	0,5±0,2
0,025-0,05	2,1±1,8	62±23	26±15	0,3±0,1	0,6±0,2
0,05-0,1	1,7±1,9	57±22	24±12	0,3±0,1	0,6±0,1
0,1-0,2	0,5±1,2	54±22	17±9	0,3±0,1	0,6±0,2
0,2-0,4	0,6±0,9	54±23	19±17	0,2±0,1	0,6±0,1

4.3 Nutrientes nas plantas

As diferentes doses de palhada aplicadas em superfície não influenciaram significativamente os teores foliares, nem de macro nem de micronutrientes do milho. Mesmo a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de palhada durante dez anos consecutivos, apesar de fornecer nutrientes ao sistema, não foi suficiente para aumentar os teores de nutrientes disponíveis às plantas. Isto está de acordo com os resultados das análises de solo anteriormente discutidos. O

motivo para tal resultado é a quantidade relativamente pequena de nutrientes fornecidos pela palhada, com exceção do K, que foi significativamente maior no solo a medida que se aplicou palhada ao sistema. Mesmo assim não houve reflexo deste aumento de K no tecido foliar da cultura.

Por outro lado, as diferentes doses de N aplicadas em cobertura afetaram significativamente os teores foliares de N, P, S, Cu, Fe e Zn na cultura do milho em SPD. Ferreira et al. (2001) observaram alta correlação entre as concentrações de nutrientes nos grãos e no tecido foliar em função do aumento das doses de N, tendo encontrado aumento significativos para P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn. Fernandes et al. (1999) trabalharam na mesma região do presente estudo e avaliaram a influência de diferentes métodos de preparo do solo e doses de N na cultura do milho. Observaram que o SPD foi responsável por uma maior produção de grãos e de palhada em relação aos preparos convencionais de solo utilizados. Os mesmos autores também observaram, em alguns casos, influência significativa do método de preparo sobre o teor de nutrientes nos grãos, com destaque para o SPD.

O aumento das doses de N pode interferir na absorção de nutrientes pela cultura do milho. Os fatores que podem influenciar numa diferente absorção de nutrientes são a exploração de um maior volume de solo pelo aumento do sistema radicular (Bull, 1993), modificações no pH, aumentando ou diminuindo a disponibilidade de alguns nutrientes e um possível aumento na mineralização da MO do solo, dentre outros.

Entre os macronutrientes, observou-se influência significativa das doses de N sobre os teores foliares de N, P e S. Potássio, Ca e Mg não foram influenciados significativamente pelas doses de N. Belasque (2000), trabalhando com doses crescentes de N na cultura do milho, não observou aumento significativo nos teores foliares de nutrientes, com exceção de S. Um dos motivos para o referido autor não ter encontrado diferenças significativas, nem

mesmo para N, foi provavelmente as baixas doses de N aplicadas, que podem não ter interferido nas concentrações dos elementos no tecido foliar.

A concentração de N no tecido foliar de milho foi influenciada significativamente pelas diferentes doses de N, variando de 27 a 34 g kg⁻¹ e aumentando linearmente conforme a dose de N. Os teores foliares para doses >80 kg ha⁻¹ situaram-se acima do considerado adequado para a cultura do milho (Figura 22), caracterizando consumo de luxo. O híbrido utilizado neste experimento não respondeu a doses de N acima de 120 kg ha⁻¹. Por isso, houve consumo de luxo, conforme verifica-se quando se observam os dados de rendimento obtidos.

A concentração de P no tecido foliar de milho foi também influenciada significativamente pelas diferentes doses de N. A concentração de P aumentou linearmente conforme as doses de N aplicadas em cobertura, variando de 2 a 3 g kg⁻¹ (Figura 22). Comportamento semelhante é documentado por Watanabe et al. (2001) e Casagrande (2000), que observaram incremento nos teores de P em função de doses de N em cobertura. Conforme observa-se na Figura 22, os teores foliares de P na ausência da aplicação de N e na dose 40 kg ha⁻¹ situam-se abaixo dos níveis adequados para a cultura do milho.

Segundo Bull (1993), existe interação entre N e P e, mesmo em solos com elevados teores de P, é marcante a influência do N. Quando aplicou-se N em cobertura, em doses ≥ 80 kg ha⁻¹, os teores de P no tecido foliar aumentaram, passando a enquadrar-se entre os níveis adequados para a cultura (Figura 22). Muzilli (1983) observou maiores teores foliares de P na cultura do milho em SPD em relação ao SPC. Este fato é atribuído à maior disponibilidade de P em SPD, devido ao não revolvimento do solo e a decomposição lenta e gradual da MO. Entretanto, fatores, como uma maior disponibilidade de água no SPD, podem também interferir positivamente numa maior disponibilidade de P, por facilitar a difusão deste nutriente.

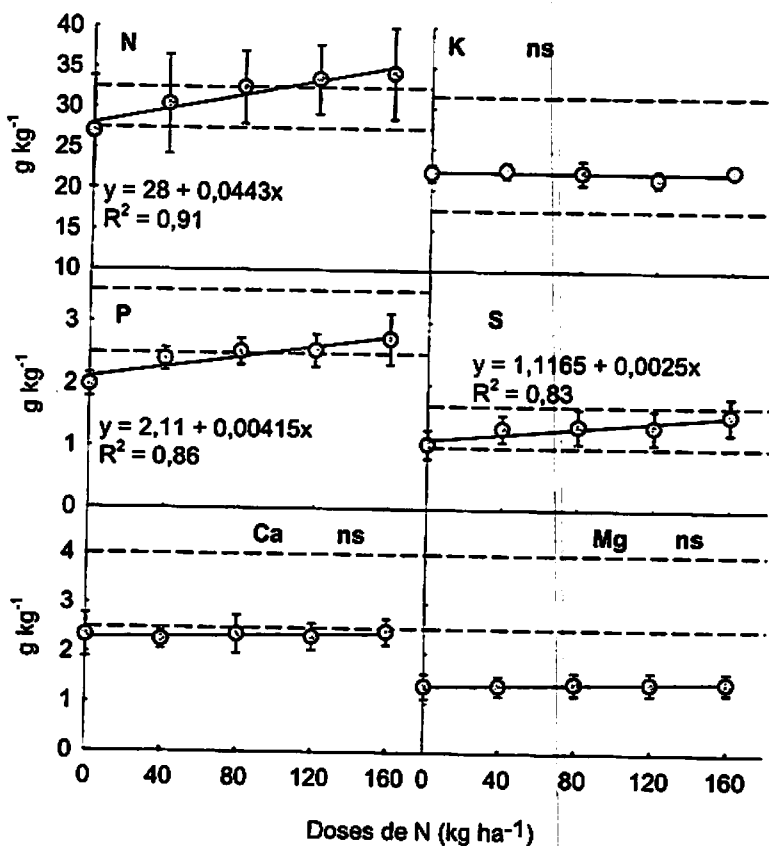


FIGURA 22 Concentrações de macronutrientes nas folhas de milho em função de doses de N aplicados em cobertura em sistema plantio direto. Dados médios de 15 repetições (R^2 = significativo a 5% e ns = não significativo). Linhas tracejadas indicam intervalos entre os teores adequados para cada nutriente na cultura do milho (CFSEMG, 1999).

A concentração de S no tecido foliar foi influenciada significativamente pelas diferentes doses de N. A concentração de S aumentou linearmente

conforme as doses de N aplicadas em cobertura, variando de 1 a 1,5 g kg⁻¹ (Figura 22). Belasque (2000) e Casagrande (2000) também observaram resposta significativa de doses de N sobre as concentrações de S no tecido foliar. Os teores foliares observados situaram-se dentro dos níveis adequados para a cultura do milho, apesar de, na ausência de N, os teores foliares estarem próximos ao limite mínimo adequado.

Apesar de não terem sido avaliados os teores de S no solo, alguns trabalhos têm observado efeito positivo da aplicação de S, na forma de sulfato de amônio, sobre a produtividade do milho em SPD. Watanabe et al. (2001) observaram produtividades superiores na cultura do milho em SPD quando utilizou-se fonte amoniacal na aplicação em pré-plantio. Esse fato foi atribuído ao concomitante fornecimento de S. Lara-Cabezas (2001) observou maiores teores foliares de S e maior produtividade de milho quando utilizou-se sulfato de amônio na adubação de cobertura do milho, em relação à adubação com uréia.

As diferentes doses de N aplicadas em cobertura não influenciaram significativamente a concentração de K no tecido foliar da cultura do milho. Este resultado corrobora as observações feitas por Casagrande (2000). Os teores foliares observados variaram apenas entre 22 e 23 g kg⁻¹, situando-se entre os níveis adequados para cultura do milho (Figura 22). Os adequados teores de K no tecido foliar devem-se aos adequados teores de K no solo.

As diferentes doses de N aplicadas em superfície também não influenciaram significativamente a absorção de Ca e Mg na cultura do milho em SPD. As concentrações de Ca e Mg não aumentaram conforme as doses de N aplicadas em cobertura, sendo que os teores foliares, principalmente os de Mg, situaram-se abaixo dos níveis mínimos considerados adequados para cultura do milho (Figura 22). Belasque (2000) e Casagrande (2000) também não observaram efeito das doses de N sobre os teores foliares de Mg na cultura do

milho. Entretanto, o segundo autor observou efeito depressivo nos teores de Ca em função do aumento das doses de N.

Apesar de ter sido aplicada uma pequena dose de calcário no solo, os níveis de Ca e Mg continuaram baixos, o que pode ter ocasionado a deficiência destes elementos (Tabela 4). Os níveis de Al no solo foram relativamente altos e o pH um tanto quanto baixo em virtude das elevadas doses de N, conforme anteriormente discutido. Estes fatores podem ter influenciado negativamente a absorção de Ca e Mg (Vale et al., 1997). Porém, mesmo nos tratamentos em que não aplicou-se N em cobertura, ou nas menores doses de N, houve deficiência de Ca e Mg. Estes resultados podem indicar, com base nos teores de Ca no solo (Tabela 4), que os mesmos são baixos quando se pensa no manejo de Ca no solo em SPD. Os teores deste elemento no solo devem ser redimensionados para o cultivo em SPD. Outro fator que pode também ter influenciado a absorção de Ca e Mg, porém, com menor intensidade, é a inibição competitiva provocada por altos teores de K no solo que, segundo Carvalho & Bastos (2001), depreciam a absorção dos dois primeiros.

Entre os micronutrientes, observou-se influência significativa das doses de N sobre os teores foliares de Cu, Zn e Fe. Por outro lado, os teores de Mn e B não foram influenciados significativamente pelas doses de N, estando em quantidades adequadas para o milho em todas as doses de N (Figura 23). Ferreira et al. (2001), Watanabe et al. (2001) e Belasque (2000) também não observaram efeito significativo das doses de N sobre as concentrações de B e Mn na cultura do milho.

A concentração de Cu aumentou linearmente conforme as doses de N aplicadas em cobertura, com os teores variando entre 4 e 8 mg kg⁻¹. Na ausência de N em cobertura, os teores de Cu ficaram abaixo dos níveis mínimos adequados para cultura do milho (Figura 23). Watanabe et al. (2001) também

observaram aumento significativo nos teores foliares de Cu em função de doses de N em SPD.

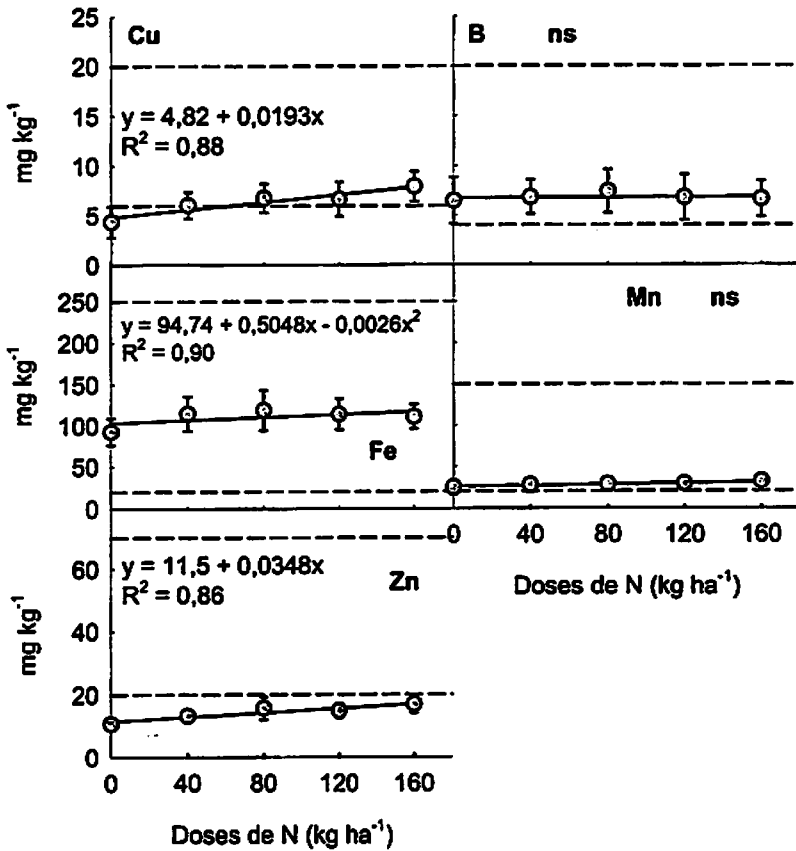


FIGURA 23 Concentrações de micronutrientes nas folhas de milho em função de doses de N aplicados em cobertura em SPD. Dados médios de 15 repetições (R^2 = significativo a 5% e ns = não significativo). Linhas tracejadas indicam intervalos entre os teores adequados para cada nutriente na cultura do milho (CFSEMG, 1999).

A concentração de Zn aumentou linearmente conforme as doses de N aplicadas em cobertura, corroborando observações feitas por Casagrande (2000). Os teores de Zn variaram de 11 a 17 mg kg⁻¹, estando abaixo dos níveis considerados adequados para a cultura (Figura 23). Altas doses de N aplicadas no solo provocam queda no pH, como observado anteriormente, o que pode ter beneficiado a absorção de Zn pela cultura. Por outro lado, apesar das concentrações deste elemento no solo serem altas e médias, as também elevadas concentrações de P observadas no solo podem ter prejudicado a absorção de Zn. Segundo Bull (1993), existe grande interação entre P e Zn na nutrição de milho, sendo comum associar-se deficiências de Zn a altas concentrações de P disponível no solo.

A concentração de Fe no tecido foliar aumentou linearmente até a dose 80 kg N ha⁻¹, atingindo aproximadamente 120 mg kg⁻¹ e decaindo a partir dessa dose de N. Apesar dos valores terem sido influenciados pelas doses de N, estes enquadram-se dentro dos níveis considerados adequados para cultura do milho (Figura 23).

4.4 Efeitos da calagem

As tendências detectadas na primeira amostragem repetiram-se na segunda amostragem, um ano depois, em praticamente todas as propriedades avaliadas. Isso fortalece e confirma os resultados obtidos na primeira amostragem. Os teores de CO não foram influenciados pelas diferentes doses de palhada, nem mesmo na camada superficial, onde o efeito fora significativo na primeira amostragem. Tal diferença pode ser atribuída à maior precipitação que ocorreu após a primeira amostragem. Esta maior disponibilidade de água e conseqüente maior umidade no solo pode ter otimizado a decomposição da palhada. Como anteriormente discutido, apesar de terem sido observadas

diferenças entre os teores de CO na camada de 0 a 0,025 m, na primeira amostragem, estas foram mínimas, o que também não teria qualquer efeito prático. Aparentemente, dificilmente conseguir-se-á aumentar o estoque de C para além dos valores alcançados.

As diferentes doses de N continuaram a exercer influência sobre o pH, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, V%, m% e t. Em alguns destes parâmetros, observou-se influência das diferentes doses de N para as mesmas profundidades anteriormente detectadas (pH, Ca, Al, H+Al, SB, V% e m%). Entretanto, para Mg e t, observou-se influência significativa das doses de N apenas para a profundidade de 0 a 0,025 m. Porém, as tendências mantiveram-se, confirmando os dados e legitimando as observações anteriormente discutidas. Com relação aos micronutrientes, novamente não houve influência significativa das doses de palhada e N, com exceção de Fe, que foi influenciado novamente pelas diferentes doses de N. Porém, nesta amostragem, o efeito foi além da profundidade de 0 a 0,025 m, alcançando também a profundidade de 0,025 a 0,05 m.

4.4.1 pH do solo

As diferentes doses de N continuaram a influenciar significativamente o pH do solo até a profundidade de 0,2 m, tendo se repetido a mesma tendência do ano anterior. Conforme esperado, os menores valores de pH foram observados nas maiores doses de N, reflexo da acidificação provocada pela aplicação de adubos nitrogenados. Entretanto, a aplicação superficial de calcário tendeu a elevar o pH do solo (Figura 24).

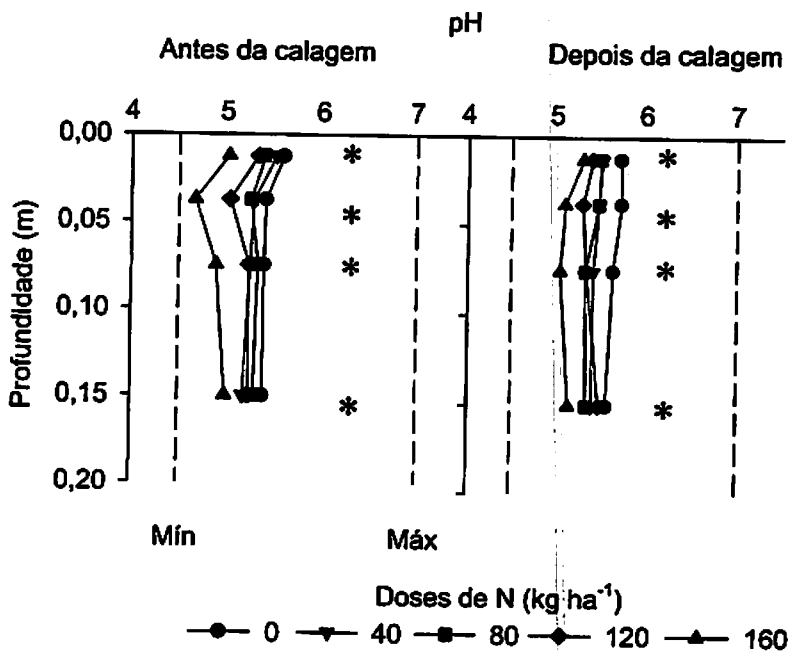


FIGURA 24 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre o pH de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado antes e depois da calagem superficial, em diferentes profundidades. (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito alto), CFSEMG (1999).

Levando-se em consideração apenas as diferentes épocas (antes e depois da calagem), observa-se que, após a calagem, maiores valores de pH foram encontrados para todas as profundidades avaliadas. As diferenças, contudo, mesmo quando significativas, não foram muito expressivas, possivelmente em virtude da pequena dose de calcário aplicada (Tabela 3). A dose 160 kg N ha⁻¹, a qual apresentou os menores valores de pH na primeira época, manteve tal tendência. Porém, a aplicação de calcário modificou significativamente o pH do solo para além da superfície onde ele foi aplicado, tendo sido observado efeito

significativo também para a profundidade de 0,025 a 0,05 m, com elevação do pH de 4,7 para 5,2. Isso demonstra que mesmo uma pequena dose de calcário aplicada em superfície em SPD obtém efeito corretivo de acidez em profundidade (<0,20 m), principalmente quando o pH do solo estiver baixo (<5).

TABELA 3 Variações de pH no perfil de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado, antes e depois de calagem, para diferentes doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto.

N	Profundidades							
	0–0,025 m		0,025–0,05 m		0,05–0,1 m		0,1–0,2 m	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
kg ha ⁻¹								
0	5,59 a	5,73 a	5,40 a	5,70 b	5,39 a	5,65 b	5,38 a	5,57 a
40	5,51 a	5,51 a	5,28 a	5,47 a	5,25 a	5,42 a	5,18 a	5,41 a
80	5,39 a	5,50 a	5,25 a	5,47 a	5,32 a	5,33 a	5,29 a	5,35 a
120	5,32 a	5,40 a	5,03 a	5,30 a	5,23 a	5,34 a	5,23 a	5,49 b
160	5,02 a	5,30 b	4,67 a	5,18 b	4,90 a	5,05 a	4,99 a	5,15 a
Média	5,36 a	5,49 b	5,13 a	5,42 b	5,22 a	5,36 b	5,21 a	5,40 b

* Letras comparam valores antes e depois da calagem para uma mesma profundidade (Teste Scott-Knott a 5%).

A correção da acidez do solo após a aplicação de calcário superficial é amplamente documentada em diversos trabalhos em áreas sob SPD e um conjunto de fatores pode ser apontado como positivo nesta correção. Neste trabalho, muitas destas condições agiram em conjunto, como, por exemplo, as ótimas condições físicas do solo, o pH anterior à calagem um tanto quanto baixo e a alta precipitação que ocorreu no período (Figura 25). Estas condições podem também ter influenciado positivamente na movimentação vertical do calcário e posterior aumento do pH.

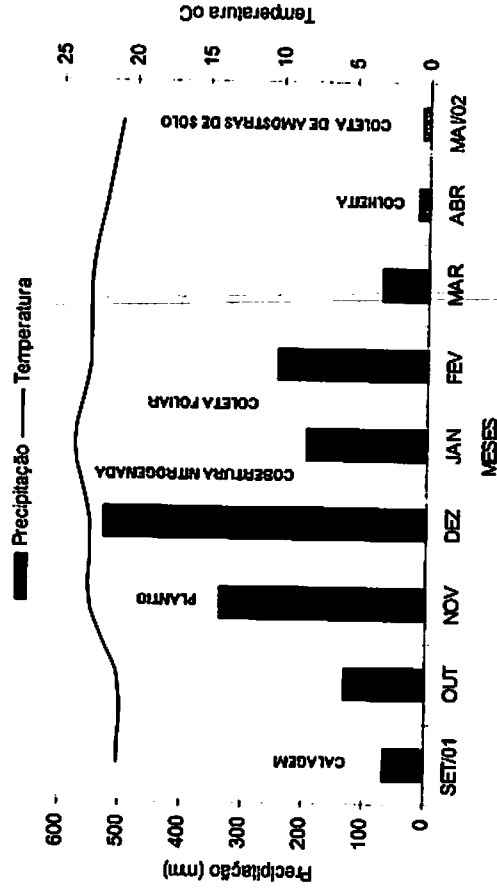


FIGURA 25 Variações de temperatura e precipitação na área experimental após a aplicação de calcário superficial e durante o ciclo da cultura do milho, em sistema de plantio direto, em Sete Lagoas-MG (Precipitação acumulada no período calagem-coleta de solo: ~1.600 mm).

Sá (1999) observou aumento significativo do pH na profundidade de 0,025 a 0,05 m no primeiro ano após a aplicação, tendo detectado mesma tendência até 0,1 m no terceiro ano de aplicação. No estudo de Sá (1999), o pH muito baixo (-4) e o uso de duas culturas por ano, as quais necessitavam de adubação nitrogenada, podem ter minimizado o efeito inicial da calagem, em relação aos dados aqui obtidos.

Caires et al. (1998) também observaram aumento significativo de pH até 0,1 m de profundidade. Eles ressaltam o alto índice pluviométrico como um dos responsáveis por esse efeito. Amaral & Anghinoni (2001) observaram máxima dissolução do calcário aos 90 dias após aplicação, com efeito pronunciado apenas até 0,035 m de profundidade, observando uma frente de neutralização da acidez. Segundo estes autores, o contato do calcário com o solo ácido e a

umidade adequada provavelmente maximizaram tal efeito. Segundo Sumner & Pavan (2000), existe uma frente de correção da acidez, ou seja, movimentação dos íons HCO_3^- e OH^- , através de fluxo de massa.

Fica evidente neste trabalho que as ótimas condições físicas do solo e a elevada precipitação que ocorreu no período maximizaram o efeito do calcário na correção da acidez subsuperficial. Observa-se ainda que o pH do solo encontra-se baixo, principalmente nas maiores doses de N e por isso recomenda-se que posteriormente deve ser realizada nova calagem na área, com base nos resultados apresentados neste trabalho. Apesar de estudos consistentes sobre as corretas doses de calcário aplicadas em superfície em SPD para a região do Cerrado ainda serem escassos e de que não se deve fazer extrapolações, recomenda-se, geralmente, não ultrapassar o limite de $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Sá, 1999). Estudos posteriores devem ser conduzidos para que se possa adequar a dose de calcário em função dos diferentes níveis de acidez do solo em SPD.

4.4.2 Cálcio do solo

As diferentes doses de N continuaram a influenciar significativamente os teores de Ca no perfil do solo até a profundidade de 0,1 m, tendo repetido a mesma tendência em relação à amostragem antes da calagem. Conforme esperado, os menores teores de Ca foram observados nas maiores doses de N, reflexo da acidificação provocada pela aplicação de adubos. A aplicação superficial de calcário tendeu a aumentar os teores da Ca no solo (Figura 26).

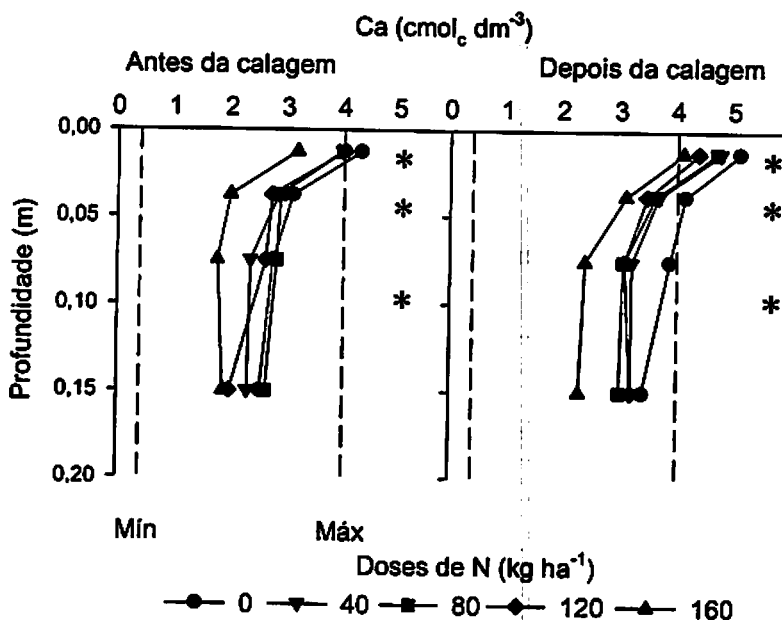


FIGURA 26 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre os teores de Ca de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado, antes e depois da calagem superficial, em diferentes profundidades (* = significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições. Linhas tracejadas indicam classes de interpretação de fertilidade do solo (<Mín = muito baixo e >Máx = muito bom), CFSEMG (1999).

A aplicação superficial de calcário aumentou significativamente os teores médios de Ca no solo até a profundidade 0,2 m, quando comparados aos valores antes da calagem (Tabela 4). Os ganhos nos teores de Ca, oito meses após a aplicação de calcário, não foram tão acentuados, em virtude da pequena dose de calcário aplicada. O aumento nos teores de Ca foi também observado por Caires et al. (1998), Pottker e Ben (1998), Rheinheimer et al. (2000) e

Amaral & Anghinoni (2001). Todos estes autores verificaram efeitos bem mais expressivos, porém, usaram maiores doses de calcário aplicadas em superfície.

TABELA 4 Variações nos teores de Ca no perfil de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado, antes e depois da calagem, para diferentes doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto.

N kg ha ⁻¹	Camadas							
	0–0,025 m		0,025–0,05 m		0,05–0,1 m		0,1–0,2 m	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	cmol _c dm ⁻³							
0	4,3 a	5,1 b	3,1 a	4,1 b	2,8 a	3,9 b	2,5 a	3,4 b
40	4,0 a	4,7 b	2,8 a	3,7 b	2,3 a	3,2 b	2,3 a	3,2 b
80	4,0 a	4,7 b	2,9 a	3,6 b	2,8 a	3,1 a	2,6 a	3,0 a
120	4,0 a	4,4 a	2,7 a	3,5 b	2,6 a	3,1 a	2,0 a	3,2 b
160	3,2 a	4,1 b	2,0 a	3,1 b	1,8 a	2,4 a	1,9 a	2,4 a
Média	3,8 a	4,6 b	2,7 a	3,6 b	2,4 a	3,2 b	2,3 a	3,0 b

Letras comparam valores antes e depois da calagem para uma mesma profundidade (Teste Scott-Knott a 5%).

Houve movimentação de Ca no perfil do solo até 0,05 m para todos os tratamentos com N (0–160 kg ha⁻¹). A partir de 0,05 m observam-se aumentos significativos nos teores de Ca para a dose 0 e 40 kg N ha⁻¹ até 0,2 m e também para a dose 120 kg N ha⁻¹ na profundidade de 0,1 a 0,2 m. Pode-se observar que quando os teores de Ca são elevados em aproximadamente 1,0 cmol_c dm⁻³, ocorre migração ou movimentação deste para camada inferior (Tabela 4). Para as maiores doses de N, os teores de Ca foram elevados em aproximadamente 1,0 cmol_c dm⁻³ até a camada de 0,025 a 0,05 m. O efeito se restringiu a esta profundidade, não havendo migração suficiente do elemento para camadas inferiores, a fim de aumentar significativamente seus teores no solo, com exceção para dose 120 kg N ha⁻¹ na profundidade de 0,1 a 0,2 m. Por meio destes dados, parece confirmar-se o fato que existe uma frente de correção da

acidez e de aumento nos teores de Ca no solo após a aplicação de calcário em superfície, sendo esta frente proporcional à dose de calcário aplicada e às condições de acidez e teor de Ca que se encontra o solo em questão.

Alguns autores têm atribuído a movimentação de Ca no perfil do solo à formação de pares com compostos orgânicos provenientes de adubos verdes (Miyazawa et al., 1996; Franchini et al., 1999 e Franchini et al., 2001). Apesar de não ter sido objetivo do estudo no presente experimento, a aplicação de diferentes doses de palhada em superfície parece não ter influenciado a movimentação de Ca no perfil do solo. Esperar-se-ia, neste caso, um efeito positivo da aplicação de palhada, já que esta iria liberar compostos orgânicos durante sua decomposição. Esperava-se que o tratamento que recebeu maior dose de palhada fosse aquele em que o Ca mais se movimentasse. Contudo, tal efeito não foi verificado. Logo, parece mais provável a movimentação devido à boa condição física do solo e às elevadas precipitações que ocorreram no período.

4.4.3 Alumínio do solo

O comportamento dos teores de Al ou da saturação por Al (m%) foi semelhante. Por este motivo, serão discutidos com detalhes apenas os efeitos da calagem sobre a saturação por Al no solo.

As diferentes doses de N continuaram a influenciar significativamente a saturação por Al no perfil do solo até a profundidade de 0,2 m, respeitando a tendência observada na primeira amostragem. Conforme esperado, os maiores valores de saturação por Al foram observados nas maiores doses de N, reflexo da acidificação provocada pela aplicação de adubos nitrogenados. Entretanto, a aplicação superficial de calcário tendeu a diminuir os efeitos tóxicos da saturação por Al já aos oito meses após a aplicação, principalmente na superfície do solo (Figura 27).

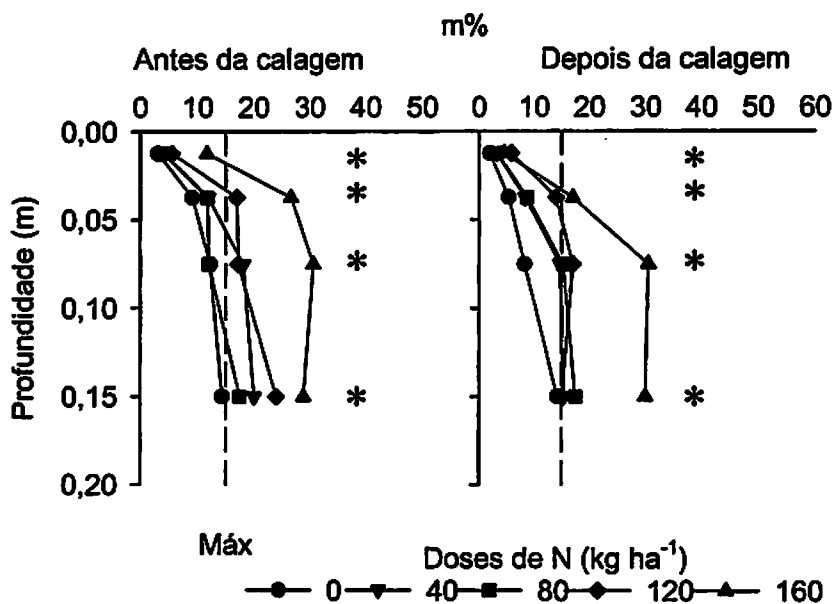


FIGURA 27 Influência de doses de N em SPD na cultura do milho sobre a saturação por Al (m) de um Latossolo Vermelho do Cerrado, antes e depois da calagem superficial, em diferentes profundidades (*-significativo a 5%).

A aplicação superficial de calcário diminuiu significativamente a saturação por Al até a profundidade 0,05 m em relação aos valores observados antes da calagem. O m foi reduzido, apesar de não significativo, a aproximadamente 15% para todas as doses de N na segunda amostragem, até 0,2 m de profundidade, com exceção da dose 160 kg N ha⁻¹ (Tabela 5).

Observa-se que houve efeito significativo da calagem para a maior dose de N até a profundidade 0,05 m (Tabela 5), tendo este efeito cessado a partir desta profundidade. Os valores de m abaixo de 0,05 m permaneceram praticamente iguais, antes e depois da calagem (Tabela 5). Confirma-se, assim, que existe uma frente de neutralização do Al e que esta cessa de avançar após o

calcário ter reagido. Amaral & Anghinoni (2001) também observaram redução nos teores de Al após a aplicação de calcário em superfície, respeitando a tendência de correção pela frente de neutralização provocada pela movimentação do calcário. Resultados semelhantes foram obtidos por Caires et al. (1998), Pottker & Ben (1998), Sá (1999) e Rheinheimer et al. (2000).

TABELA 5 Variações da saturação por Al no perfil de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado, antes e depois da calagem, para diferentes doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto.

N kg ha ⁻¹	Camadas							
	0-0,025 m		0,025-0,05 m		0,05-0,1 m		0,1-0,2 m	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	%							
0	3 a	2 a	9 a	5 a	12 a	8 a	14 a	14 a
40	4 a	3 a	12 a	8 a	18 a	15 a	20 a	15 a
80	4 a	3 a	12 a	9 a	12 a	15 a	17 a	18 a
120	6 a	6 a	17 a	14 a	17 a	17 a	24 a	15 a
160	12 a	5 b	27 a	17 b	31 a	30 a	29 a	30 a
Média	6 a	4 b	15 a	11 b	18 a	17 a	21 a	18 a

* Letras minúsculas, na linha, comparam valores antes e depois da calagem para uma mesma profundidade (Teste Scott-Knott, a 5%).

4.4.4 Nitrato e amônio do solo

As diferentes doses de N aplicadas em cobertura influenciaram significativamente os teores de NH_4^+ no solo. Os teores observados variaram de 14 a 22 mg kg⁻¹, os quais aumentaram proporcionalmente às doses de N aplicadas (Figura 28). Basso & Ceretta (2000) observaram teores muito variados de $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ na camada superficial do solo em áreas sob SPD, em virtude do

tempo decorrido da aplicação do N e da dose. Os valores observados por estes autores foram próximos a 80 mg kg^{-1} (cerca de 20 dias após a aplicação de 90 kg N ha^{-1} na pré-semeadura) à aproximadamente 5 mg kg^{-1} (florescimento do milho, após a aplicação de 120 kg N ha^{-1}).

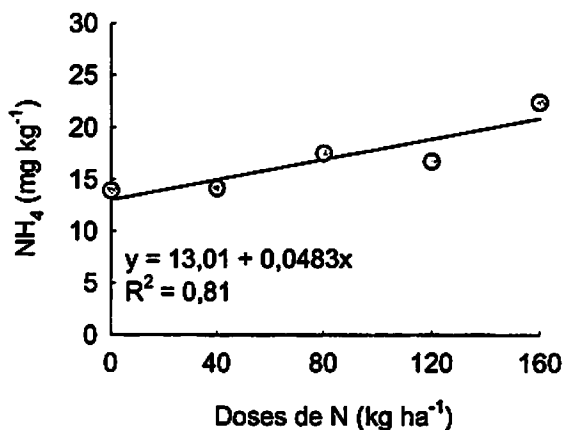


FIGURA 28 Influência de doses de N em sistema plantio direto na cultura do milho sobre os teores de NH_4^+ de um Latossolo Vermelho Distrófico Típico do Cerrado na camada de 0 a $0,025 \text{ m}$ de profundidade ($R^2 =$ significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições.

Comparando-se os resultados destes autores com os aqui obtidos, no final ciclo da cultura, onde $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- \cong 40 \text{ mg kg}^{-1}$, pode-se verificar que os resultados foram maiores que os observados por Basso & Ceretta (2000) no estágio de florescimento do milho. Estas variações devem-se, possivelmente, às condições regionais e ao tempo decorrido da aplicação de N. Sá (1999) observou ainda maiores teores de $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ em amostras do solo provenientes de áreas cultivadas sob SPD, quando comparados aos provenientes de SPC, na camada

superficial do solo. Os teores de NH_4^+ encontrados, os quais aumentaram em função das doses de N, são decorrentes da reação da uréia que libera, após ação da urease, NH_4^+ no meio como produto primário de sua reação, antes da ação dos organismos nitrificadores.

Os teores de NO_3^- não foram influenciados significativamente pelas diferentes doses de N aplicadas em cobertura, apresentando valores entre 19 e 25 mg L^{-1} . Uma possível razão para não terem sido encontradas diferenças nos teores de NO_3^- no solo foram as altas precipitações que ocorreram após a aplicação do adubo (Figura 25). Por ser um íon bastante móvel no solo, a alta pluviosidade provoca um fluxo descendente de água, o qual pode ter lixiviado o NO_3^- para camadas mais profundas, além da área de amostragem.

A lixiviação de NO_3^- é um dos principais problemas de contaminação das águas de subsuperfície em regiões com intensa utilização de adubos nitrogenados nos EUA. Latossolos, por serem profundos, apresentam menor risco de poluição dos lençóis freáticos por NO_3^- . Outro fator que pode também ter influenciado e reduzido os teores de NO_3^- no solo é o processo de denitrificação. Este processo é mediado por bactérias aeróbicas facultativas que transformam o NO_3^- em N_2O e N_2 , os quais perdem-se por volatilização. Estes dois fatores resultam em perdas de NO_3^- , tendo como consequência redução da eficiência da adubação nitrogenada e risco de poluição ambiental.

4.5 Rendimento de grãos

As diferentes doses de palhada aplicadas em cobertura não afetaram significativamente a produtividade na cultura no presente ano de avaliação. Um dos efeitos benéficos da palhada em SPD é manter elevada a umidade do solo,

possibilitando um maior número de plantas por área, garantindo a germinação e evitando também que pequenos períodos de estiagem prejudiquem a cultura. Estes efeitos possivelmente não ocorreram de forma expressiva neste ano agrícola, na região de estudo, devido às altas precipitações que ocorreram no período. Por outro lado, também é possível que o efeito do SPD no aumento da produtividade esteja mais ligado aos restos de raízes da cultura de inverno que à palha dessa mesma cultura de inverno que permanece sobre o solo. No presente experimento, o efeito do sistema radicular da cultura de inverno foi anulado, mas simulou-se a palhada dessa cultura sobre o solo. O efeito benéfico da cobertura do solo com palhada pode ser visto no trabalho de Cruz (1999). Ele aplicou diferentes doses de palhada e observou que quanto maior a palhada sobre o solo maior foi a produtividade do milho. Este efeito pode ter sido provocado por uma redução das perdas de água do solo, nas maiores doses de palhada.

Já as diferentes doses de N aplicadas em cobertura afetaram significativamente a produtividade da cultura do milho, sendo observadas produtividades entre 5,2 e 10,85 Mg ha⁻¹ (Figura 29). A produtividade observada aumentou de forma quadrática com o aumento das doses de N. Comportamento semelhante foi observado por Sá (1999) e Fernandes et al. (1998) em áreas sob SPD. Estes resultados de produtividade corroboram com os obtidos por Von Pinho em 2001 e 2002 (comunicação pessoal do Prof. R.G. Von Pinho, UFLA-DAG) que observou produtividade de 10,5 a 11,0 Mg ha⁻¹ para o híbrido em questão, comprovando o teto produtivo do mesmo. Para os resultados de Von Pinho, a cultura recebeu 160 kg N ha⁻¹ em cobertura no campo de avaliação de cultivares do referido autor, porém, em SPC.

Observou-se a máxima eficiência agrônômica (MEA) na dose 140 kg N ha⁻¹ (10,85 Mg ha⁻¹). Já a máxima eficiência econômica calculada (90% da MEA), foi de 9,76 Mg ha⁻¹, necessitando de ~78 kg N ha⁻¹ para alcançar esta produtividade. Entretanto, com base em preços atuais da saca de milho e do kg

de N, na forma de uréia [R\$14,50 saca⁻¹ e R\$1,10 kg⁻¹ de N, respectivamente; *Fertilavras LTDA (comunicação pessoal), Lavras-MG, 05/08/02] recomenda-se como dose ideal, levando-se em consideração apenas o custo do adubo nitrogenado, a dose ~130 kg N ha⁻¹. Acima desta dose, a resposta em produtividade não compensa a adição de N ao sistema, para as atuais circunstâncias e níveis de manejo abordados.

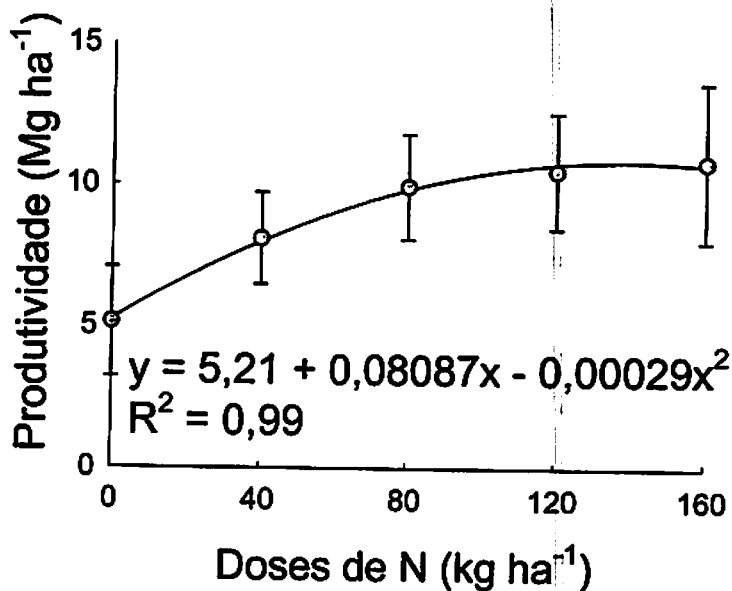


FIGURA 29 Produtividade de milho em função de doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no Cerrado ($R^2 =$ significativo a 5%). Dados médios de 15 repetições.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo ocorrem e são dinâmicas com o decorrer do tempo, sendo necessário o estudo para cada condição de solo, clima e tempo de adoção, entre outros fatores. O acompanhamento da dinâmica do SPD permite a elaboração de um correto plano de manejo do solo, aumentando as chances de sucesso.

Neste estudo, as propriedades físicas do solo não foram influenciadas pelas doses de palhada e N aplicadas em cobertura. Os valores observados para estas propriedades são positivos para o solo, do ponto de vista de disponibilidade de água e resistência à erosão. A DS observada, aparentemente, não resulta em compactação do solo. A aparente similaridade entre os resultados das análises físicas do solo pode ser atribuída ao tempo em que a área vem sendo cultivada em SPD, dez anos, o que possibilitou a estabilização destas propriedades.

As doses de palhada aplicadas superficialmente influenciaram apenas os teores de CO e K no solo. Os teores de CO, após dez anos de SPD, foram semelhantes nas camadas avaliadas, com uma pequena diferença na camada superficial, confirmando a estabilização do sistema. As diferenças provocadas pelas doses de palhada nos teores de CO no solo se existiram, foram atenuadas com o tempo. Parece haver também um certo limite de estoque ou limite máximo de CO no solo para cada região e tipo de solo, o qual dificilmente pode ser aumentado além de certos limites. As altas temperaturas regionais e a concentração das chuvas nos meses mais quentes do ano favorecem a mineralização da palhada sobre o solo na região do Cerrado, chegando o valor desta fração a um teor limite.

O aumento das doses de adubos nitrogenados na cultura do milho causa redução no pH, nos teores de Ca, Mg, CTC efetiva e potencial, soma de bases, saturação por bases e aumenta a acidez ativa e potencial e a saturação por Al

além da superfície do solo, em alguns casos até 0,2 m de profundidade. Abaixo desta profundidade não houve efeito das altas doses de N sobre as propriedades do solo.

Recomenda-se, para evitar os problemas provocados pelas sucessivas aplicações de N em SPD, adotar um correto sistema de rotação de culturas e a adoção da calagem em menores intervalos de tempo, conforme a análise de solo acuse. A calagem superficial em SPD tem demonstrado corrigir também a subsuperfície do solo. Neste estudo, oito meses após a aplicação de calcário em superfície, ocorreu elevação no pH, nos teores de Ca e redução na toxidez por Al, em alguns casos até 0,2 m. Atribui-se o efeito da calagem em profundidade às boas condições físicas do solo, as elevadas precipitações do período, 1.600 mm, e também à condição de acidez que o solo apresenta. Entretanto, a dose de 500 kg de calcário não foi suficiente para corrigir adequadamente o solo, necessitando-se dimensionar melhor a dose às propriedades do solo. Acredita-se que, neste estudo, as ótimas condições físicas do solo, a elevada precipitação, os baixos teores de Ca no solo e o pH também baixo podem ter maximizado o efeito do calcário em profundidade. O incremento de doses de N aplicadas em cobertura possibilita aumento da absorção de alguns nutrientes pela planta e também amplia o rendimento de grãos, até certo limite.

Recomenda-se ainda, como oportunidade ímpar para uma pesquisa mais detalhada em SPD no Cerrado, dar continuidade aos estudos de calagem superficial na área experimental, pois esta apresenta características desejáveis para este tipo de estudo. Experimentos como este devem ser aproveitados para estudos posteriores, pois são poucas as áreas experimentais como mais de dez anos de SPD na região do Cerrado. Recomenda-se, ainda, reavaliar os corretos teores de Ca e Mg no solo em áreas sob SPD, para evitar possíveis deficiências dos mesmos, fato este que talvez tenha ocorrido neste estudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**. São Paulo: EMBRAPA/Nobel, 1987. p. 33-74.
- ALVARENGA, R. C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan./fev. 2001.
- AMARAL, A. J.; BERTOL, I.; LEITE, D.; VISETIN, D.; CARRAFA, M. R.; GUADAGNIN, J. C.; MELLO, E. L. Relações do manejo do solo com as propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Resumos**. . . Londrina, 2001. p. 252.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 695-702, abr. 2001.
- ANGHINONI, I.; SALET, R. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1996, Castro. **Anais**... Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 1996. p. 279-290.
- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145, jan./abr. 1994.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 905-915, out./dez. 2000.
- BASSO, C. J.; REINERT, D. J. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um Podzólico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 567-571, out./dez. 1998.
- BELASQUE, J. J. Doses e épocas de aplicação de Nitrogênio sobre dois híbridos de milho cultivados na safrinha. 2000. 80 p. Dissertação (Mestrado

em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 705-712, out./dez. 1998.

• BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho Distrófico Típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, jan./mar. 2001.

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

BAYER, C.; MARTIN NETO, L. Plantio direto aumenta a matéria orgânica do solo e contribui para a remoção de CO₂ atmosférico na região tropical do Cerrado Brasileiro. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, n. 55, p. 19-20, jan./fev. 2000

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; FABRÍCIO, A. C.; SALTON, J. C.; PAVINATO, A.; PILLON, C. N. Solos tropicais em plantio direto atuam como um dreno de C-CO atmosférico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. Resumos... Londrina, 2001. p. 257.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; LOVATO, T. Potencial de acúmulo de matéria orgânica no solo em sistemas conservacionistas de manejo na região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba- SP. Anais. . . Piracicaba, 2000a. 1 CD-ROM.

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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 599-607, jul./set. 2000b.

• BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; CORNELIUS, P. L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 69, n. 3, p. 383-386, May/June 1977.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

CAIRES, E. F.; CHUERI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta de soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 27-34, jan./mar. 1998

CAIRES, E. F.; CHUERI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J. A. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações da características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, abr./jan. 1999.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem superficial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 383-391, abr./jun. 1999.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLONI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro Distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr. 1995.

- CARDOSO, A. N. Manejo e Conservação do solo na cultura da soja. In: **SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS, 1992**, Uberaba. Anais. . . Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 71-104.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R. Absorção iônica radicular: tópicos de nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA, 2001. p. 47. Nota de aula.

CASAGRANDE, J. J. R. Efeito da adubação nitrogenada nas culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.) na safrinha. 2000. p. 50. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 45-51, Apr. 2000.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 527-538, out./dez. 1998.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, S. Microrganismos e processos biológicos no sistema de Plantio Direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). *Inter-relação fertilidade do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 487-508.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa, MG, 1999.

CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, 2002. Acompanhamento da safra 2001/02. Quinto levantamento maio/2002. Disponível em: www.conab.gov.br/política_agricola. Acesso em: jun. 2002.

CRUZ, J. C. Manejo de solos em sucessão de culturas. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 5., 1999, Campinas. CATI/IAC/IEA, 1999. p. 39-49.

- CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 1, jan./mar. 2001.

DE MARIA, I. C. Erosão e terraços em Plantio Direto. *Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 03, p. 17-21, jul./set. 1999.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos

e preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 703-709, jul./set. 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DINIZ, A. J. **Desempenho de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em áreas de plantio convencional e direto, sob diferentes densidades de semeadura.** 1999. 117 p. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

- ⑥ ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. **Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 13, p. 259-267, maio/ago. 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 212 p.

FANCELLI, A. L. **Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento.** In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba-SP. *Anais...* Piracicaba, 2000. 1CD-ROM.

- ⑥ FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de Milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FELLER, C.; ESCHENBRENMER, V.; SÁ, J. C. M.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. **Seqüestro de carbono orgânico no solo: Considerações gerais e exemplos para solos tropicais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. *Resumos...* Londrina, 2001. p.100.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELLOS, C. A.; GUEDES, G. A. A. **Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo sob vegetação de cerrado.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 247-254, abr./jun. 1998.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. A. **Preparo do solo e adubação nitrogenada na**

produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, set. 1999.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, jan./mar. 2001.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000.

• FIORIN, J. E.; CANAL, I. N.; CAMPOS, B. C. Fertilidade do solo. In: CAMPOS, B. C. A. (Ed.) *Cultura do milho no plantio direto*. Cruz Alta, 1998. p. 15-54.

FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 533-542, jul./set. 1999a.


FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, dez. 1999b.

• FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, abr./jun. 2000.

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 357-360, abr./jun. 2001.

• FREITAS, P.; TRECENTI, R. Tecnologia viva. *Panorama Rural*, São Paulo, n. 41, p. 44-50, jul. 2002.

- GALVÃO, C. B.; SCHULZE, D. G.** Mineralogical properties of a collapsible lateritic soil from Minas Gerais, Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 60, n. 6, p.1969-1978, Nov./Dec. 1996.
- GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R.** **Plantio direto: o caminho do futuro.** Passo fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.
- HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. ,** Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 145-154, jan./mar. 1999.
- **HOLANDA, F. S. R.; MENGEL, D. B.; PAULA, M. B.; CARVALHO, J. G.; BERTONI, J. C.** Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 29, n. 15/16, p. 2383-2394, 1998.
- **JUO, A. S. R.; DABIRI, A.; FRANZLUEBBERS, K.** Acidification of a kaolinitic alfisol under continuous cropping with nitrogen-fertilization in west-africa. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 171, n. 2, p. 245-253, Apr. 1995.
- KER, J. C.; SCHAEFER, C. E.** **Roteiro da excursão pedológica Viçosa – Sete Lagoas.** Viçosa: SBCS/UFV-DS/EMBRAPA, 1995. 47 p.
- KLUTHCOUSKI, J.** **Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e na características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após 8 anos de plantio direto.** Piracicaba, SP, 1998. 180 p.
- **LAL, R.** Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. *Advances in Agronomy*, New York, v. 42, p. 86-185, 1989.
- LAL, R.** Would cropland soils or a source or sink for atmospheric carbon. *Advances in Agronomy*, New York, v. 71, 145-191, 2001.
- LANDERS, J. N.** Plantio direto na média e grande propriedade no Brasil tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCS, 2001. p. 243.
- **LARA CABEZAS, W. A. R.** Imobilização de N na cultura do milho após a aplicação em pré- e pós-semeadura de uréia e sulfato de amônio. In: **WORKSHOP SOBRE MANEJO DE ADUBOS NITROGENADOS E SULFATADOS NA**



AGRICULTURA, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 2001.

- LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDORFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, abr./jun. 2000.

- LOPES, A. S. Recomendações de calagem e adubação no sistema de plantio direto. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: EMBRAPA/UFV/SBCS, 1999. p. 93-98.

- LOPES, A. S.; COX, F. R. . A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, n. 4, p. 742-746, July/Aug. 1977.

- MACIEL J, V. A. **Sistemas de cultivo em milho (*Zea mays* L.) e seus efeitos no solo e na planta**. 1999. p. 147. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

- MARCHETTI, M. E.; ANSALDI, J. M. G.; SILVA, D. A.; SILVA, M. A. C. Influência de calcário, fósforo e zinco na produção de grãos de milho e no teor foliar de zinco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 500 ANOS DE USO DO SOLO NO BRASIL, 13., 2000, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus, 2000.

- MARQUES, J. J. G. S. M.; CURI, N.; SCHULZE, D. G. Trace elements in Cerrado soils. **Top. Ciência Solo**, v. 2, p.103-142, 2002.

- MARQUES, T. C. L. L. S. M.; VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO, J.; FRANÇA, G. E.; CRUZ, J. C. Evolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 581-589, mar. 2000.

- MATOWO, P. R.; PIERZYNSKI, G. M.; WHITNEY, D.; LAMOND, R. E. Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, p. 11-19, 1999.

MERTEN, G. I.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em latossolo roxo sob dois sistema de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 369-374, set./dez. 1991.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 92, dez. 2000. Encarte Técnico Potafos.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH**, 4., 1996, Belo Horizonte. Abstracts... Belo Horizonte: SBSC/ EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 8.

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

OLIVEIRA, H. C.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P.; LIMA, J. H. S.; BOTELHO, S. A. Biomassa total de coberturas verdes plantadas no verão em sistema de Plantio Direto em Goiás. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: 500 anos de uso do solo no Brasil**, 13., 2000, Ilhéus. Anais... Ilhéus, 2000.

OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C.; OLIVEIRA, A. C.; CRUZ, J. C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 37-41, jan. 2001.

• PAIVA, P. J. R. **Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo**. 1990. 55 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

• PARRA, M. S. **Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes num Latossolo Roxo Distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de culturas**. 1986. p. 94. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of Exchangeable Calcium, Magnesium, and Aluminum Following Lime or Gypsum Applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 33-38, Jan./Feb. 1984.

- PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. Manejo da acidez do solo. Lodrina: IAPAR, 1997. p. 86 (IAPAR. Circular, 95)
- POTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 675-684, out./dez. 1998.
- PRADO, R. M. Saturação por bases e híbridos de milho sob sistema plantio direto. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 391-394, abr./jun. 2001.
- ☉ RAIJ, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.
- RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 69-76.
- RESCK, D. V. S. Plantio direto: desafios para os Cerrados. In: FERTIBIO 98: Interrelação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição Mineral de Plantas: Consolidando um paradigma, 1998, Caxambu. Resumos... Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p. 32-33.
- ☉ RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, E. J. S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 713-721, out./dez. 1998.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 797-805, out./dez. 2000.
- SÁ, J. C. M. Calagem em solos sob plantio direto da região dos campos gerais, centro-sul do Paraná. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1996, Castro. Anais... Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 1996a. p. 73-107.
- SÁ, J. C. M. Calagem no sistema plantio direto. *Revista Plantio Direto*, Passo Fundo, Set./out. 1997. Edição Especial.
- SÁ, J. C. M. Fósforo: Frações, formas de ocorrência e distribuição no perfil do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO

DIRETO, 1996, Castro. *Anais...* Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 1996b. p. 229-243.

- **SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto.** Castro: FUNDAÇÃO ABC, 1993. 96 p.
- **SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto.** In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). *Inter-relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição do Solo* Lavras MG, 1999, p. 267-310.
- **SÁ, J. C. M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura do milho em solos sob plantio direto.** In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1996, Castro. *Anais...* Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 1996c. p. 213-228.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R. Dinâmica da matéria orgânica do solo e estratégias de seqüestro de carbono em sistemas de produção sob plantio direto. In: FANCELI, A. L. *Milho: tecnologia e produtividade.* Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p. 127-137.
- **SATURNINO, H. M. Evolução do plantio direto e as perspectivas nos cerrados.** *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 5-12, jan./fev. 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. *Biometrics*, St. Louis, v. 3, p. 507-512, Sept. 1974.
- **SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, set./dez. 1985.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 370 p.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 311-317, abr./jun. 1998.
- **SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEAUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, dez. 2000.

- SIQUEIRA, N. S. Influência de Sistemas de Preparo sobre algumas propriedades químicas e físicas do solo e sobre a cultura do Milho (*Zea mays* L). 1995. p.78. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.**
- **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. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 885-896, out./dez. 2000.**
- SPEHAR, C. R.; LARA CABEZAS, W. A. R. Introdução e seleção de espécies para a diversificação do sistema produtivo nos cerrados. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia, MG. Plantio direto na integração lavoura-pecuária. Uberlândia, 2001. p. 179-188.**
- SPERA, S. T.; CARVALHO, A. M.; FIGUEIREDO, L. H. A.; REATTO, A. Efeito de plantas de cobertura na resistência à penetração e densidade do solo sob plantio direto e preparo convencional na cultura de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: 500 anos de uso do solo no brasil, 13., 2000, Ilhéus. Anais... Ilhéus, 2000.**
- **STALEY, T. E.; BOYER, D. G. Short-term carbon, nitrogen and pH alterations in a hill-land Ultisol under maize silage relative to tillage method. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 42, n. 1/2, p. 115-126, May 1997.**
- STEVENSON, F. J. Organic matter-micronutrient reactions in soil, micronutrients in agriculture. 2. Ed. 1991. p. 145-186.**
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v 35, n. 4, p 835-841, abr. 2000.**
- SUMNER, M. E.; PAVAN, M. A. Alleviating soil acidity through organic matter management. In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO ENO PLANTIO DIRETO, 1., 2000, Piracicaba- SP. Anais... Piracicaba, 2000. 1 CD-ROM.**
- TORMENA, C. A. Resíduos culturais: efeitos no controle da erosão e alterações em propriedades físicas do solo. In: SÁ, J. C. M. (Ed.). Curso sobre do manejo do solo no sistema de plantio Direto. Castro: Fundação ABC, 1996. p. 32-46.**

♣ VALE, F. R.; GUEDES, G. A.; GUILHERME, L. R. G.; FURTINU, A. E.
Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes de plantas.
Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 171 p.

VON PINHO, R. G. V. Produção de milho no Brasil e no mundo: realidade e perspectiva. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS: genética e melhoramento do milho, 5., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 3-13.

WATANABE, T.; CUNHA, J. F.; LIMA FILHO, O. F.; YAMADA, T. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do Milho: A experiência na região de Mauá da Serra-PR. In: WORKSHOP SOBRE MANEJO DE ADUBOS NITROGENADOS E SULFATADOS NA AGRICULTURA, 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SN-Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 2001. 1CD-ROM.

7 ANEXOS

Anexos		pg
ANEXOS A	Propriedades químicas do solo (maio/2001)	106
TABELA 1A	Carbono orgânico (g kg^{-1}) observado \pm desvio padrão	106
TABELA 2A	pH (H_2O) observado \pm desvio padrão	107
TABELA 3A	Fósforo mehlich (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	108
TABELA 4A	Fósforo remanescente (mg L^{-1}) observado \pm desvio padrão	109
TABELA 5A	Fósforo resina (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	110
TABELA 6A	Potássio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) observado \pm desvio padrão	111
TABELA 7A	Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) observado \pm desvio padrão	112
TABELA 8A	Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) observado \pm desvio padrão	113
TABELA 9A	Alumínio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) observado \pm desvio padrão	114
TABELA 10A	H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) observado \pm desvio padrão	115
TABELA 11A	Zinco (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	116
TABELA 12A	Boro (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	117
TABELA 13A	Manganês (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	118
TABELA 14A	Cobre (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	119
TABELA 15A	Ferro (mg dm^{-3}) observado \pm desvio padrão	120

Anexos A TABELAS DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO, COLETA Maio/2001

TABELA 1A Carbono orgânico observado ± desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
	m					
	0-0,025	24±0,9	24,9±1,7	30,1±3,5	24±1,3	25,5±1
	0,025-0,05	24,3±2	25,1±3,2	27±1,4	23,4±4,4	24±2,6
	0,05-0,1	23,2±2,1	24,5±2,3	22,1±0,9	22,4±3,9	21,4±3
40	0,1-0,2	21,8±1,2	22,8±3,5	21,2±0,3	21,3±3,5	20,9±2,5
	0,2-0,4	16,6±1,5	20,9±4,1	16,2±1,2	16,4±2,9	17,2±2
	0-0,025	24,2±3,5	23,4±1,5	24,7±2,7	24,9±1,7	29±4
	0,025-0,05	24,3±4,7	24,5±1,9	24,5±5,2	25,2±0,3	27,4±1,7
	0,05-0,1	22,6±3,2	23,2±2	22,6±3,1	24,3±0,6	24,9±1,7
80	0,1-0,2	22,6±3,1	21,3±1,3	21,8±3,9	21,4±0,0	21,6±2
	0,2-0,4	18,4±2,9	20,3±1,5	18,9±2,9	17,7±0,3	17±3,3
	0-0,025	22,6±1,2	25,9±0,7	26,3±0,7	21,4±0,9	24,7±2,4
	0,025-0,05	23,5±0,3	26,1±2,1	25,1±1,5	22,3±0,9	23,2±2,3
	0,05-0,1	21,4±2,3	24,2±1,2	24±1,7	21,4±0,6	22,2±2,3
120	0,1-0,2	20,3±2,9	24,5±1,2	23,2±3	21,2±0,9	21,8±4,2
	0,2-0,4	15,9±1,4	19,9±1,7	17,4±1,7	17,7±2	16,8±3,6
	0-0,025	23,5±2,0	26,9±1,5	26,7±1,7	24,3±2,7	29,6±2,4
	0,025-0,05	25,5±2,3	27,4±3,3	26,1±0,6	25,1±2,9	26,7±4,8
	0,05-0,1	23,2±2,3	25,7±0,9	24,1±0,9	23±3,8	23,8±1,9
160	0,1-0,2	23,2±2,3	25,3±3,9	22,6±1,2	20,9±3,1	20,9±1,7
	0,2-0,4	18,3±2,6	21,6±2,3	18±1,2	17,2±2,4	15,1±1,2
	0-0,025	26,1±3,2	22,8±0,7	25,1±2,7	25,7±1,7	26,7±1,7
	0,025-0,05	24,5±5,4	22,4±3,7	22±2,5	22,8±5,9	25,3±3,4
	0,05-0,1	21,6±4,4	19,5±5,5	21,3±1,3	22±5	23,2±2,3
	0,1-0,2	21,6±1,9	20,3±2,7	21,6±3	20,3±4,1	21,8±2,1
	0,2-0,4	17,2±3,7	18±3,2	18±1,2	17,2±4,2	17,4±3,5

TABELA 2A pH (H₂O) observado ± desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	kg ha ⁻¹					
	m					
	0-0,025	5,6±0,3	5,6±0,4	5,7±0,1	5,7±0,3	5,4±0,4
	0,025-0,05	5,3±0,3	5,6±0,0	5,5±0,4	5,6±0,4	5,1±0,6
	0,05-0,1	5,3±0,4	5,6±0,1	5,2±0,3	5,6±0,5	5,2±0,2
40	0,1-0,2	5,3±0,5	5,5±0,2	5,2±0,4	5,5±0,4	5,4±0,3
	0,2-0,4	5,0±0,4	5,0±0,2	4,7±0,1	4,9±0,3	4,9±0,2
	0-0,025	5,4±0,1	5,4±0,4	5,5±0,4	5,6±0,1	5,7±0,1
	0,025-0,05	5,2±0,2	5,1±0,5	5,4±0,5	5,2±0,1	5,6±0,3
	0,05-0,1	5,2±0,3	5,1±0,3	5,3±0,5	5,2±0,0	5,4±0,3
80	0,1-0,2	5,0±0,1	5,2±0,1	5,2±0,7	5,2±0,1	5,3±0,4
	0,2-0,4	4,8±0,1	4,8±0,2	5,1±0,3	4,8±0,2	4,8±0,2
	0-0,025	5,5±0,4	5,4±0,1	5,2±0,2	5,3±0,4	4,6±0,1
	0,025-0,05	5,4±0,3	5,1±0,2	5,3±0,4	5,2±0,3	5,2±0,3
	0,05-0,1	5,6±0,3	5,4±0,2	5,5±0,6	5,1±0,3	5,1±0,3
120	0,1-0,2	5,5±0,4	5,3±0,2	5,5±0,5	5,0±0,3	5,2±0,3
	0,2-0,4	5,0±0,1	4,9±0,2	5,0±0,3	4,9±0,1	4,9±0,2
	0-0,025	4,8±0,6	5,4±0,2	5,3±0,0	5,6±0,3	5,7±0,5
	0,025-0,05	4,7±0,2	5,3±0,3	4,7±0,2	5,1±0,8	5,5±1,0
	0,05-0,1	4,8±0,4	5,3±0,3	4,9±0,1	5,6±0,3	5,6±0,4
160	0,1-0,2	5,0±0,2	5,3±0,5	5,0±0,1	5,5±0,3	5,4±0,4
	0,2-0,4	4,7±0,0	5,2±0,5	4,8±0,0	4,9±0,2	5,5±0,4
	0-0,025	5,1±0,6	4,6±0,1	5,2±0,3	4,9±0,2	5,3±0,2
	0,025-0,05	5,0±0,3	4,5±0,4	5,0±0,4	4,8±0,5	4,1±1,4
	0,05-0,1	5,0±0,2	4,6±0,5	5,0±0,3	4,8±0,5	5,0±0,4
	0,1-0,2	5,2±0,2	4,7±0,6	5,2±0,4	4,7±0,2	5,0±0,2
	0,2-0,4	4,8±0,2	4,6±0,3	4,8±0,1	5,4±0,4	5,0±0,2

TABELA 3A Fósforo Mehlich observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹					
		0	3	6	9	12	
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³					
	0	0-0,025	18,2 \pm 3,7	22,3 \pm 10,2	24,9 \pm 10,8	23,6 \pm 14,4	18,9 \pm 4,9
		0,025-0,05	18,3 \pm 10,0	12,0 \pm 5,1	19,5 \pm 4,1	12,8 \pm 5,1	15,9 \pm 2,8
		0,05-0,1	14,2 \pm 9,8	22,5 \pm 11,4	20,1 \pm 5,6	15,2 \pm 9,5	12,0 \pm 5,1
		0,1-0,2	4,8 \pm 2,2	5,0 \pm 1,6	7,0 \pm 3,9	3,6 \pm 1,3	4,7 \pm 1,3
		0,2-0,4	1,1 \pm 0,3	1,8 \pm 0,5	1,6 \pm 0,1	1,1 \pm 0,4	1,3 \pm 0,1
	40	0-0,025	20,9 \pm 5,1	17,9 \pm 9,2	16,4 \pm 5,7	28,2 \pm 13,2	19,3 \pm 10,9
		0,025-0,05	17,2 \pm 1,6	17,4 \pm 7,2	20,3 \pm 5,9	11,0 \pm 3,2	23,2 \pm 0,8
		0,05-0,1	9,5 \pm 6,5	17,3 \pm 5,7	15,3 \pm 5,6	9,5 \pm 5,5	11,6 \pm 2,6
		0,1-0,2	4,1 \pm 1,5	4,7 \pm 3,0	5,0 \pm 2,3	3,8 \pm 1,5	4,1 \pm 1,2
		0,2-0,4	1,2 \pm 0,0	1,7 \pm 0,6	1,9 \pm 0,8	1,3 \pm 0,2	1,3 \pm 0,7
	80	0-0,025	17,7 \pm 7,3	23,0 \pm 6,2	19,4 \pm 6,1	10,4 \pm 1,5	12,3 \pm 7,0
		0,025-0,05	16,7 \pm 9,8	16,7 \pm 5,2	15,4 \pm 6,7	13,0 \pm 1,1	13,8 \pm 5,4
		0,05-0,1	13,4 \pm 4,5	19,3 \pm 13,0	11,9 \pm 6,1	17,9 \pm 0,5	24,7 \pm 18,3
		0,1-0,2	3,0 \pm 1,0	3,9 \pm 2,6	4,3 \pm 1,1	5,2 \pm 2,4	6,8 \pm 6,4
		0,2-0,4	1,1 \pm 0,2	1,2 \pm 0,3	1,8 \pm 0,6	1,5 \pm 0,3	1,4 \pm 0,6
	120	0-0,025	27,2 \pm 3,0	22,9 \pm 5,3	24,2 \pm 0,0	25,8 \pm 16,6	20,0 \pm 3,6
		0,025-0,05	24,8 \pm 12,9	14,1 \pm 1,6	15,3 \pm 1,2	24,0 \pm 22,6	13,6 \pm 2,4
		0,05-0,1	11,4 \pm 4,6	24,3 \pm 23,2	15,2 \pm 0,7	12,9 \pm 4,6	14,5 \pm 1,2
		0,1-0,2	4,2 \pm 1,1	2,9 \pm 0,7	8,5 \pm 2,3	4,3 \pm 3,4	4,0 \pm 0,7
		0,2-0,4	1,3 \pm 0,1	3,4 \pm 3,6	1,2 \pm 0,1	1,1 \pm 0,3	1,2 \pm 0,2
	160	0-0,025	24,2 \pm 12,7	25,3 \pm 6,7	18,5 \pm 3,5	17,4 \pm 5,0	23,0 \pm 11,4
		0,025-0,05	25,8 \pm 13,3	15,8 \pm 1,5	19,9 \pm 5,8	18,2 \pm 7,1	22,6 \pm 4,7
		0,05-0,1	23,3 \pm 16,4	22,5 \pm 16,1	21,0 \pm 8,9	14,0 \pm 11,3	13,5 \pm 4,8
		0,1-0,2	7,1 \pm 2,4	4,8 \pm 1,1	3,9 \pm 0,3	4,4 \pm 1,9	5,5 \pm 2,6
		0,2-0,4	1,4 \pm 0,3	1,7 \pm 0,3	1,3 \pm 0,1	1,5 \pm 0,7	1,7 \pm 0,7

TABELA 4A Fósforo remanescente observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N kg ha ⁻¹	Profundidade m	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	0-0,025	15,0 \pm 5,4	15,5 \pm 1,3	15,8 \pm 0,7	16,4 \pm 3,4	15,7 \pm 2,5
	0,025-0,05	13,2 \pm 6,0	14,2 \pm 3,0	16,1 \pm 1,4	17,9 \pm 3,5	14,6 \pm 5,4
	0,05-0,1	13,0 \pm 5,3	13,5 \pm 1,4	13,8 \pm 2,3	16,1 \pm 4,4	15,1 \pm 3,5
	0,1-0,2	10,4 \pm 3,5	11,4 \pm 0,7	9,7 \pm 0,5	13,2 \pm 3,3	14,8 \pm 3,7
	0,2-0,4	6,7 \pm 2,2	6,4 \pm 1,1	6,5 \pm 0,0	7,6 \pm 1,9	7,8 \pm 1,3
40	0-0,025	13,2 \pm 5,1	15,7 \pm 4,7	17,7 \pm 6,5	14,5 \pm 1,6	16,0 \pm 2,6
	0,025-0,05	11,8 \pm 6,2	13,4 \pm 3,2	14,7 \pm 1,6	8,2 \pm 0,1	14,8 \pm 2,3
	0,05-0,1	12,0 \pm 4,6	11,9 \pm 2,7	15,2 \pm 2,7	10,1 \pm 1,8	13,5 \pm 2,6
	0,1-0,2	9,3 \pm 2,4	10,8 \pm 2,4	14,1 \pm 2,3	9,0 \pm 2,0	9,8 \pm 1,3
	0,2-0,4	6,0 \pm 1,6	6,2 \pm 0,4	9,3 \pm 0,9	5,4 \pm 0,7	5,1 \pm 1,8
80	0-0,025	15,4 \pm 2,9	16,1 \pm 4,4	15,0 \pm 4,1	17,7 \pm 3,4	14,1 \pm 3,1
	0,025-0,05	16,7 \pm 3,8	7,6 \pm 6,0	12,6 \pm 1,4	16,5 \pm 0,4	15,4 \pm 5,6
	0,05-0,1	15,7 \pm 3,2	12,8 \pm 3,7	13,1 \pm 2,2	14,6 \pm 0,6	14,7 \pm 4,8
	0,1-0,2	12,7 \pm 2,5	10,3 \pm 2,1	12,2 \pm 2,5	12,0 \pm 0,2	10,4 \pm 2,8
	0,2-0,4	7,5 \pm 0,5	5,4 \pm 1,3	7,8 \pm 2,4	7,1 \pm 1,2	6,0 \pm 0,8
120	0-0,025	11,4 \pm 0,4	14,8 \pm 5,5	14,3 \pm 1,4	14,2 \pm 4,2	19,4 \pm 3,5
	0,025-0,05	11,4 \pm 12,6	10,7 \pm 2,6	10,5 \pm 2,0	15,2 \pm 4,6	13,2 \pm 2,4
	0,05-0,1	10,5 \pm 1,4	12,0 \pm 3,2	11,2 \pm 0,0	13,8 \pm 4,7	12,9 \pm 1,1
	0,1-0,2	10,6 \pm 2,3	8,9 \pm 1,8	9,7 \pm 0,8	11,8 \pm 3,0	9,9 \pm 1,8
	0,2-0,4	7,1 \pm 1,2	8,0 \pm 4,8	6,1 \pm 0,1	6,4 \pm 1,5	6,0 \pm 1,1
160	0-0,025	15,3 \pm 2,7	11,7 \pm 3,4	15,8 \pm 6,0	12,0 \pm 4,3	15,6 \pm 4,7
	0,025-0,05	14,3 \pm 3,0	13,0 \pm 5,5	12,1 \pm 3,8	13,7 \pm 5,7	12,9 \pm 4,3
	0,05-0,1	12,3 \pm 2,1	12,3 \pm 4,6	13,1 \pm 3,5	13,0 \pm 5,6	12,0 \pm 4,9
	0,1-0,2	9,9 \pm 5,1	11,2 \pm 2,3	12,0 \pm 2,1	10,4 \pm 3,1	7,8 \pm 1,3
	0,2-0,4	6,5 \pm 1,6	6,4 \pm 1,3	7,4 \pm 0,5	7,3 \pm 2,1	7,2 \pm 0,4

TABELA 5A Fósforo resina observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
	0-0.025	19.5 \pm 1.7	28.6 \pm 10.1	35.2 \pm 13.1	31.6 \pm 21.3	22.5 \pm 9.0
0	0.025-0.05	22.0 \pm 4.9	17.2 \pm 6.4	23.9 \pm 1.0	21.3 \pm 9.0	27.3 \pm 9.7
	0.05-0.1	20.4 \pm 14.8	29.7 \pm 17.9	23.3 \pm 6.2	22.2 \pm 12.5	17.0 \pm 8.8
	0.1-0.2	7.6 \pm 4.4	6.6 \pm 3.0	8.0 \pm 2.0	7.1 \pm 1.1	7.3 \pm 1.9
	0.2-0.4	3.3 \pm 3.1	2.3 \pm 1.6	3.2 \pm 0.0	2.8 \pm 1.6	2.1 \pm 0.3
	0-0.025	23.3 \pm 6.5	22.9 \pm 6.3	15.3 \pm 9.2	33.0 \pm 15.2	26.3 \pm 15.0
40	0.025-0.05	22.0 \pm 3.3	22.9 \pm 11.0	24.5 \pm 9.3	19.2 \pm 2.7	32.0 \pm 6.3
	0.05-0.1	14.3 \pm 9.7	24.0 \pm 7.5	21.8 \pm 11.4	15.2 \pm 5.5	16.3 \pm 0.7
	0.1-0.2	6.8 \pm 4.0	6.3 \pm 2.4	8.0 \pm 2.8	5.6 \pm 3.0	6.8 \pm 1.0
	0.2-0.4	2.1 \pm 1.7	1.9 \pm 1.3	2.1 \pm 1.4	2.2 \pm 1.6	2.1 \pm 1.3
	0-0.025	21.4 \pm 4.4	29.5 \pm 9.6	21.3 \pm 4.1	14.3 \pm 2.0	13.9 \pm 9.9
80	0.025-0.05	28.3 \pm 9.5	18.9 \pm 5.1	20.6 \pm 9.2	17.0 \pm 0.9	19.2 \pm 7.2
	0.05-0.1	25.5 \pm 5.0	22.5 \pm 13.6	17.3 \pm 9.7	25.7 \pm 0.2	34.2 \pm 22.5
	0.1-0.2	7.6 \pm 0.3	5.7 \pm 2.6	5.9 \pm 1.8	9.0 \pm 2.5	11.4 \pm 6.6
	0.2-0.4	2.2 \pm 0.3	1.2 \pm 0.7	3.0 \pm 2.4	2.9 \pm 0.4	9.3 \pm 12.2
	0-0.025	30.1 \pm 7.1	29.8 \pm 9.6	26.4 \pm 4.3	32.0 \pm 24.9	21.2 \pm 3.8
120	0.025-0.05	15.9 \pm 1.0	20.1 \pm 6.0	21.0 \pm 2.5	28.2 \pm 19.3	22.8 \pm 4.1
	0.05-0.1	25.4 \pm 15.9	23.4 \pm 17.7	19.6 \pm 0.6	21.4 \pm 2.7	20.2 \pm 1.6
	0.1-0.2	4.9 \pm 1.0	3.7 \pm 1.9	12.1 \pm 3.3	8.0 \pm 4.5	7.8 \pm 1.4
	0.2-0.4	0.9 \pm 0.3	5.0 \pm 4.7	1.3 \pm 0.7	1.7 \pm 1.0	1.9 \pm 0.3
	0-0.025	27.7 \pm 17.8	29.4 \pm 4.8	19.9 \pm 8.0	20.1 \pm 7.0	30.1 \pm 16.9
160	0.025-0.05	29.7 \pm 15.1	17.3 \pm 6.0	23.4 \pm 8.4	21.8 \pm 5.5	27.7 \pm 6.2
	0.05-0.1	31.3 \pm 17.1	22.7 \pm 16.1	28.8 \pm 11.2	20.3 \pm 19.5	20.0 \pm 9.1
	0.1-0.2	9.9 \pm 2.1	5.7 \pm 1.4	6.4 \pm 1.4	8.3 \pm 3.8	7.6 \pm 4.6
	0.2-0.4	1.3 \pm 1.2	3.4 \pm 0.8	2.3 \pm 1.4	3.4 \pm 1.7	3.7 \pm 2.1

TABELA 6A Potássio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol. dm ⁻³				
0	0-0.025	0.6 \pm 0.2	0.6 \pm 0.2	1.1 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1
	0.025-0.05	0.5 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1	0.6 \pm 0.2	0.5 \pm 0.2
	0.05-0.1	0.3 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1
	0.1-0.2	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.0	0.4 \pm 0.2	0.4 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1
	0.2-0.4	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0
40	0-0.025	0.6 \pm 0.1	0.7 \pm 0.0	0.7 \pm 0.2	0.6 \pm 0.1	0.8 \pm 0.3
	0.025-0.05	0.4 \pm 0.1	0.5 \pm 0.0	0.5 \pm 0.2	0.4 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1
	0.05-0.1	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.6 \pm 0.0
	0.1-0.2	0.1 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1
	0.2-0.4	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0
80	0-0.025	0.7 \pm 0.2	0.5 \pm 0.4	0.8 \pm 0.1	0.7 \pm 0.0	0.7 \pm 0.1
	0.025-0.05	0.4 \pm 0.2	0.3 \pm 0.2	0.4 \pm 0.2	0.4 \pm 0.0	0.4 \pm 0.1
	0.05-0.1	0.4 \pm 0.2	0.2 \pm 0.1	0.5 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	0.3 \pm 0.1
	0.1-0.2	0.3 \pm 0.2	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1
	0.2-0.4	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.1
120	0-0.025	0.6 \pm 0.1	0.6 \pm 0.2	0.7 \pm 0.1	0.7 \pm 0.2	0.9 \pm 0.2
	0.025-0.05	0.2 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1	0.6 \pm 0.2	0.8 \pm 0.1
	0.05-0.1	0.2 \pm 0.0	0.3 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	0.5 \pm 0.2	0.7 \pm 0.1
	0.1-0.2	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.3 \pm 0.1	0.4 \pm 0.1	0.6 \pm 0.1
	0.2-0.4	0.0 \pm 0.0	0.1 \pm 0.1	0.2 \pm 0.0	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1
160	0-0.025	0.5 \pm 0.5	0.4 \pm 0.1	0.6 \pm 0.3	0.5 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1
	0.025-0.05	0.5 \pm 0.2	0.3 \pm 0.1	0.4 \pm 0.3	0.3 \pm 0.1	0.5 \pm 0.2
	0.05-0.1	0.3 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.2	0.3 \pm 0.1	0.4 \pm 0.2
	0.1-0.2	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	0.3 \pm 0.0	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1
	0.2-0.4	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.0	0.1 \pm 0.0	0.2 \pm 0.1

TABELA 7A Cálcio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhuda ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol _c dm ⁻³				
0	0-0.025	3.6 \pm 0.8	4.8 \pm 0.4	4.6 \pm 1.1	4.3 \pm 0.9	4.2 \pm 0.8
	0.025-0.05	3.0 \pm 1.0	3.9 \pm 0.6	3.1 \pm 0.9	3.1 \pm 1.0	2.5 \pm 0.8
	0.05-0.1	2.8 \pm 1.0	3.5 \pm 0.2	2.3 \pm 1.1	2.9 \pm 1.0	2.4 \pm 0.4
	0.1-0.2	2.8 \pm 1.6	2.5 \pm 0.9	1.7 \pm 0.9	2.8 \pm 0.6	2.9 \pm 0.3
40	0.2-0.4	1.3 \pm 0.8	1.0 \pm 0.4	0.7 \pm 0.2	0.9 \pm 0.1	1.3 \pm 0.2
	0-0.025	3.7 \pm 0.8	3.3 \pm 0.8	3.8 \pm 1.0	4.2 \pm 0.7	4.8 \pm 0.9
	0.025-0.05	2.6 \pm 0.9	2.5 \pm 0.7	2.5 \pm 1.1	3.1 \pm 0.4	3.6 \pm 0.7
	0.05-0.1	2.2 \pm 0.9	2.2 \pm 0.9	2.5 \pm 1.3	2.3 \pm 0.0	2.5 \pm 1.1
80	0.1-0.2	1.9 \pm 0.8	2.4 \pm 1.0	2.2 \pm 0.6	2.1 \pm 0.1	1.9 \pm 0.7
	0.2-0.4	1.1 \pm 0.1	0.8 \pm 0.0	1.4 \pm 0.7	0.7 \pm 0.3	0.8 \pm 0.3
	0-0.025	3.7 \pm 0.3	4.2 \pm 0.3	4.3 \pm 0.9	3.7 \pm 0.4	4.0 \pm 0.7
	0.025-0.05	3.6 \pm 0.6	2.8 \pm 0.7	3.2 \pm 0.9	2.3 \pm 0.8	2.6 \pm 0.8
120	0.05-0.1	3.5 \pm 0.1	3.5 \pm 0.5	2.8 \pm 0.3	2.1 \pm 0.2	2.2 \pm 1.1
	0.1-0.2	2.9 \pm 0.7	2.8 \pm 0.5	3.1 \pm 0.9	2.3 \pm 1.2	2.2 \pm 1.2
	0.2-0.4	1.2 \pm 0.3	0.9 \pm 0.2	1.0 \pm 0.4	0.8 \pm 0.0	1.1 \pm 0.2
	0-0.025	3.3 \pm 0.5	3.1 \pm 0.5	3.5 \pm 0.1	4.0 \pm 0.1	5.4 \pm 1.0
160	0.025-0.05	1.7 \pm 0.3	3.0 \pm 0.6	1.9 \pm 0.1	3.9 \pm 0.9	3.2 \pm 0.6
	0.05-0.1	2.4 \pm 1.1	3.2 \pm 1.0	1.6 \pm 0.4	3.4 \pm 0.7	2.5 \pm 0.2
	0.1-0.2	3.4 \pm 0.3	2.3 \pm 1.8	1.7 \pm 0.9	2.0 \pm 1.7	1.5 \pm 0.3
	0.2-0.4	0.9 \pm 0.2	2.3 \pm 2.0	0.8 \pm 0.3	0.8 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1
160	0-0.025	3.7 \pm 1.0	2.2 \pm 0.3	3.2 \pm 1.2	3.1 \pm 1.6	3.7 \pm 1.1
	0.025-0.05	2.6 \pm 0.7	1.5 \pm 0.8	1.9 \pm 1.1	1.8 \pm 1.1	2.2 \pm 0.2
	0.05-0.1	2.5 \pm 0.5	1.3 \pm 0.8	1.9 \pm 1.0	1.6 \pm 1.2	1.6 \pm 0.4
	0.1-0.2	3.0 \pm 0.8	1.2 \pm 0.7	2.3 \pm 0.8	1.5 \pm 0.6	1.4 \pm 0.6
	0.2-0.4	1.0 \pm 0.1	0.7 \pm 0.3	1.0 \pm 0.3	0.7 \pm 0.1	1.2 \pm 0.3

TABELA 8A Magnésio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg puxada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol _c dm ⁻¹				
0	0-0,025	1,5 \pm 0,7	1,5 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	1,9 \pm 0,6	1,5 \pm 0,7
	0,025-0,05	1,0 \pm 0,3	1,1 \pm 0,5	1,5 \pm 0,6	0,4 \pm 0,2	1,2 \pm 0,6
	0,05-0,1	1,1 \pm 0,4	0,9 \pm 0,4	0,6 \pm 0,1	1,3 \pm 0,8	1,0 \pm 0,3
	0,1-0,2	0,6 \pm 0,3	0,9 \pm 0,4	1,5 \pm 0,5	0,9 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2
	0,2-0,4	0,4 \pm 0,2	0,5 \pm 0,5	0,2 \pm 0,0	0,3 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2
40	0-0,025	1,6 \pm 0,3	1,0 \pm 0,4	1,3 \pm 0,1	1,6 \pm 0,4	1,8 \pm 0,2
	0,025-0,05	1,0 \pm 0,7	0,8 \pm 0,3	1,1 \pm 0,4	0,7 \pm 0,1	1,3 \pm 0,6
	0,05-0,1	0,8 \pm 0,3	0,8 \pm 0,5	1,0 \pm 0,7	0,5 \pm 0,3	0,7 \pm 0,3
	0,1-0,2	0,7 \pm 0,3	0,6 \pm 0,4	1,1 \pm 0,3	0,6 \pm 0,3	0,8 \pm 0,5
	0,2-0,4	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,3	0,7 \pm 0,4	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,4
80	0-0,025	1,5 \pm 0,4	1,3 \pm 0,4	1,2 \pm 0,4	1,2 \pm 0,3	1,4 \pm 0,4
	0,025-0,05	1,1 \pm 0,1	1,0 \pm 0,4	0,8 \pm 0,4	0,9 \pm 0,3	0,9 \pm 0,2
	0,05-0,1	1,2 \pm 0,3	0,8 \pm 0,3	1,2 \pm 0,4	0,6 \pm 0,2	0,9 \pm 0,2
	0,1-0,2	1,1 \pm 0,4	0,6 \pm 0,1	0,8 \pm 0,4	0,7 \pm 0,3	0,6 \pm 0,4
	0,2-0,4	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,3	0,4 \pm 0,2	0,5 \pm 0,3	0,4 \pm 0,3
120	0-0,025	0,8 \pm 0,0	1,2 \pm 0,5	1,9 \pm 0,5	1,7 \pm 0,4	1,4 \pm 0,3
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,2	1,2 \pm 1,4	0,7 \pm 0,2	1,0 \pm 0,5	1,6 \pm 0,3
	0,05-0,1	0,4 \pm 0,2	0,8 \pm 0,3	0,9 \pm 0,4	0,8 \pm 0,5	0,8 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,5 \pm 0,3	0,8 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2	0,8 \pm 0,6	1,1 \pm 0,2
	0,2-0,4	0,3 \pm 0,1	0,6 \pm 0,3	0,5 \pm 0,3	0,3 \pm 0,2	0,2 \pm 0,0
160	0-0,025	1,4 \pm 0,3	1,1 \pm 0,5	0,9 \pm 0,5	1,2 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2
	0,025-0,05	0,8 \pm 0,3	0,5 \pm 0,3	0,8 \pm 0,7	0,6 \pm 0,3	0,7 \pm 0,4
	0,05-0,1	0,8 \pm 0,2	0,4 \pm 0,3	0,5 \pm 0,3	0,4 \pm 0,3	0,7 \pm 0,4
	0,1-0,2	0,6 \pm 0,3	0,4 \pm 0,4	0,7 \pm 0,4	0,5 \pm 0,3	0,5 \pm 0,2
	0,2-0,4	0,6 \pm 0,3	0,4 \pm 0,2	0,4 \pm 0,2	0,2 \pm 0,0	0,4 \pm 0,2

TABELA 9A Alumínio trocável observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol _c dm ⁻³				
0	0-0.025	0.3±0.2	0.1±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1
	0.025-0.05	0.5±0.1	0.2±0.0	0.5±0.4	0.2±0.2	0.6±0.6
	0.05-0.1	0.5±0.4	0.2±0.1	0.9±0.7	0.3±0.3	0.5±0.3
	0.1-0.2	0.6±0.3	0.9±0.4	1.5±0.5	0.9±0.2	0.9±0.2
	0.2-0.4	1.1±0.5	1.3±0.4	1.7±0.3	1.3±0.3	0.9±0.2
40	0-0.025	0.3±0.1	0.3±0.3	0.3±0.2	0.2±0.1	0.2±0.1
	0.025-0.05	0.6±0.5	0.6±0.5	0.6±0.6	0.6±0.1	0.2±0.2
	0.05-0.1	0.8±0.6	0.7±0.5	0.6±0.6	0.8±0.1	0.5±0.4
	0.1-0.2	0.7±0.3	0.6±0.4	1.1±0.3	0.6±0.3	0.8±0.5
	0.2-0.4	1.3±0.1	1.4±0.2	1.0±0.3	1.6±0.2	1.5±0.3
80	0-0.025	0.3±0.2	0.2±0.1	0.2±0.1	0.3±0.2	0.2±0.1
	0.025-0.05	0.3±0.2	0.6±0.5	0.5±0.3	0.5±0.4	0.6±0.6
	0.05-0.1	0.2±0.1	0.3±0.2	0.5±0.4	0.7±0.6	0.5±0.3
	0.1-0.2	1.1±0.4	0.6±0.1	0.8±0.4	0.7±0.3	0.6±0.1
	0.2-0.4	1.1±0.1	1.5±0.2	1.3±0.5	1.3±0.1	1.2±0.1
120	0-0.025	0.9±0.6	0.3±0.2	0.2±0.0	0.2±0.1	0.1±0.0
	0.025-0.05	1.2±0.1	0.6±0.6	1.1±0.1	0.4±0.5	0.3±0.1
	0.05-0.1	1.0±0.5	0.5±0.5	1.1±0.4	0.3±0.3	0.5±0.0
	0.1-0.2	0.5±0.3	0.8±0.4	0.6±0.2	0.8±0.7	1.1±0.2
	0.2-0.4	1.3±0.4	0.9±0.7	1.4±0.3	1.4±0.2	1.4±0.3
160	0-0.025	0.4±0.4	0.9±0.3	0.5±0.4	0.6±0.6	0.3±0.2
	0.025-0.05	0.8±0.6	1.3±0.8	1.0±0.7	1.0±0.8	0.8±0.3
	0.05-0.1	0.8±0.2	1.4±0.9	0.9±0.6	1.1±0.8	1.1±0.5
	0.1-0.2	0.6±0.3	0.4±0.4	0.7±0.4	0.5±0.3	0.5±0.2
	0.2-0.4	1.3±0.2	1.7±0.5	1.0±0.8	1.5±0.1	1.1±0.3

TABELA 10A II+Al observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade m	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	0-0,025	4,8 \pm 1,4	4,2 \pm 0,3	4,3 \pm 0,7	4,1 \pm 0,9	4,5 \pm 0,8
	0,025-0,05	5,5 \pm 2,0	4,7 \pm 0,3	5,5 \pm 1,5	4,0 \pm 1,3	5,5 \pm 1,5
	0,05-0,1	5,5 \pm 2,0	5,2 \pm 0,6	7,4 \pm 2,4	4,4 \pm 1,6	5,3 \pm 0,9
	0,1-0,2	6,6 \pm 2,3	5,6 \pm 0,7	7,2 \pm 1,6	5,1 \pm 1,2	4,5 \pm 0,9
	0,2-0,4	6,9 \pm 1,7	8,2 \pm 1,4	9,5 \pm 1,5	7,4 \pm 1,7	6,5 \pm 0,8
40	0-0,025	5,0 \pm 0,6	5,5 \pm 0,9	4,8 \pm 0,3	4,5 \pm 0,0	4,0 \pm 0,5
	0,025-0,05	5,7 \pm 1,3	5,9 \pm 0,3	5,3 \pm 1,5	6,3 \pm 0,0	4,7 \pm 0,6
	0,05-0,1	6,5 \pm 2,0	5,8 \pm 1,6	5,5 \pm 1,5	7,9 \pm 0,9	5,7 \pm 1,2
	0,1-0,2	7,4 \pm 1,3	5,7 \pm 1,0	5,1 \pm 0,9	7,5 \pm 0,4	6,4 \pm 1,3
	0,2-0,4	8,2 \pm 0,5	8,8 \pm 0,0	6,8 \pm 0,4	7,5 \pm 0,4	8,2 \pm 1,4
80	0-0,025	5,0 \pm 1,4	5,3 \pm 0,9	5,3 \pm 1,2	5,1 \pm 0,6	4,4 \pm 1,1
	0,025-0,05	4,8 \pm 1,6	6,0 \pm 1,7	6,0 \pm 2,5	5,4 \pm 0,9	5,2 \pm 1,4
	0,05-0,1	4,4 \pm 1,2	5,1 \pm 1,2	5,7 \pm 2,6	5,2 \pm 1,2	5,3 \pm 1,5
	0,1-0,2	5,0 \pm 1,4	6,3 \pm 0,7	5,8 \pm 3,0	6,2 \pm 1,7	5,7 \pm 1,3
	0,2-0,4	7,9 \pm 0,9	8,8 \pm 1,0	8,6 \pm 2,0	8,4 \pm 0,5	7,3 \pm 0,5
120	0-0,025	7,6 \pm 1,2	5,2 \pm 0,6	5,3 \pm 0,3	4,7 \pm 1,0	4,0 \pm 0,7
	0,025-0,05	8,9 \pm 0,9	5,9 \pm 1,3	7,5 \pm 0,4	5,2 \pm 2,4	5,6 \pm 1,0
	0,05-0,1	7,1 \pm 0,8	5,5 \pm 1,5	7,6 \pm 1,2	5,1 \pm 1,9	5,6 \pm 0,4
	0,1-0,2	7,0 \pm 0,00	6,6 \pm 2,3	7,2 \pm 1,6	5,0 \pm 1,4	7,0 \pm 1,3
	0,2-0,4	9,3 \pm 0,5	6,8 \pm 2,2	7,9 \pm 0,9	7,9 \pm 0,9	7,9 \pm 1,4
160	0-0,025	5,5 \pm 1,3	7,4 \pm 1,3	5,9 \pm 1,3	6,8 \pm 2,6	5,7 \pm 1,0
	0,025-0,05	6,3 \pm 1,2	8,1 \pm 2,5	7,4 \pm 2,7	7,0 \pm 8,5	6,9 \pm 1,7
	0,05-0,1	6,3 \pm 0,7	7,5 \pm 2,0	6,5 \pm 1,8	7,0 \pm 2,5	7,4 \pm 1,7
	0,1-0,2	6,1 \pm 1,0	7,5 \pm 2,0	5,9 \pm 0,8	6,5 \pm 0,4	7,1 \pm 1,3
	0,2-0,4	7,6 \pm 1,4	8,5 \pm 1,1	8,5 \pm 1,4	8,5 \pm 0,5	6,5 \pm 0,4

TABELA 11A Zinco observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
0	0-0,025	2±0	2±1	3±2	3±2	2±0
	0,025-0,05	2±2	2±2	2±1	2±1	1±1
	0,05-0,1	1±1	1±1	2±2	3±3	4±6
	0,1-0,2	0±0	0±0	1±1	0±0	4±6
	0,2-0,4	0±1	1±1	1±1	1±1	1±1
40	0-0,025	2±1	2±1	2±1	10±7	3±1
	0,025-0,05	2±1	2±1	2±0	1±0	1±2
	0,05-0,1	1±1	1±1	1±1	0±0	1±1
	0,1-0,2	0±0	0±0	0±0	0±0	1±1
	0,2-0,4	0±0	1±1	0±0	0±0	1±1
80	0-0,025	2±1	3±0	3±1	2±0	2±1
	0,025-0,05	1±0	2±2	2±2	3±1	2±1
	0,05-0,1	1±1	3±3	1±1	1±0	2±2
	0,1-0,2	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	0,2-0,4	0±0	1±1	1±2	2±1	1±1
120	0-0,025	2±0	2±1	3±1	3±2	3±1
	0,025-0,05	1±1	5±7	2±0	2±1	2±0
	0,05-0,1	1±0	2±3	1±0	1±1	4±0
	0,1-0,2	0±0	0±0	1±1	0±0	1±0
	0,2-0,4	0±0	1±1	1±1	0±0	0±0
160	0-0,025	2±1	3±1	2±0	2±0	2±1
	0,025-0,05	5±2	2±0	3±2	2±0	2±1
	0,05-0,1	1±0	2±3	3±3	1±0	1±1
	0,1-0,2	0±0	0±0	0±0	1±0	1±1
	0,2-0,4	0±3	1±1	1±1	0±0	1±2

TABELA 12A Boro observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
0	0-0.025	0.3±0.1	0.3±0.2	0.2±0.1	0.3±0.2	0.3±0.1
	0.025-0.05	0.2±0.1	0.3±0.2	0.5±0.2	0.2±0.1	0.3±0.2
	0.05-0.1	0.2±0.1	0.3±0.2	0.5±0.2	0.2±0.1	0.3±0.2
	0.1-0.2	0.4±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.2±0.1	0.4±0.1
	0.2-0.4	0.3±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.2±0.1	0.3±0.2
40	0-0.025	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1
	0.025-0.05	0.3±0.2	0.4±0.2	0.4±0.0	0.3±0.1	0.4±0.2
	0.05-0.1	0.3±0.2	0.4±0.2	0.4±0.0	0.3±0.1	0.4±0.2
	0.1-0.2	0.2±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1
	0.2-0.4	0.2±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1	0.2±0.0	0.3±0.1
80	0-0.025	0.4±0.1	0.3±0.2	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.2
	0.025-0.05	0.3±0.0	0.3±0.1	0.3±0.2	0.5±0.1	0.4±0.2
	0.05-0.1	0.3±0.0	0.3±0.1	0.3±0.2	0.5±0.1	0.4±0.2
	0.1-0.2	0.2±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1
	0.2-0.4	0.2±0.1	0.3±0.1	0.3±0.0	0.3±0.1	0.1±0.1
120	0-0.025	0.4±0.2	0.3±0.1	0.3±0.1	0.1±0.0	0.4±0.1
	0.025-0.05	0.3±0.1	0.3±0.0	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1
	0.05-0.1	0.3±0.1	0.3±0.0	0.3±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1
	0.1-0.2	0.3±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1
	0.2-0.4	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.0	0.2±0.1	0.2±0.0
160	0-0.025	0.2±0.1	0.3±0.0	0.2±0.2	0.3±0.2	0.4±0.2
	0.025-0.05	0.3±0.1	0.4±0.1	0.4±0.2	0.2±0.1	0.3±0.1
	0.05-0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.4±0.2	0.2±0.1	0.3±0.1
	0.1-0.2	0.4±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1
	0.2-0.4	0.2±0.2	0.3±0.1	0.2±0.2	0.2±0.1	0.3±0.2

TABELA 13A Manganês observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻¹				
0	0-0.025	21±3	26±2	27±3	25±7	20±7
	0.025-0.05	23±22	23±16	45±6	26±11	23±9
	0.05-0.1	19±19	18±10	30±1	26±14	26±13
	0.1-0.2	20±23	13±6	19±5	19±15	23±13
	0.2-0.4	10±12	17±20	29±10	20±17	18±14
40	0-0.025	21±8	22±4	24±5	31±6	27±3
	0.025-0.05	18±11	21±14	34±14	21±12	35±20
	0.05-0.1	16±11	18±16	27±12	20±13	26±16
	0.1-0.2	12±8	11±5	20±11	12±5	17±11
	0.2-0.4	7±6	20±26	28±28	13±10	19±18
80	0-0.025	23±1	25±4	29±6	19±1	24±4
	0.025-0.05	33±24	25±29	32±16	30±8	29±17
	0.05-0.1	25±14	18±9	32±18	31±5	26±17
	0.1-0.2	17±10	11±4	19±11	16±1	16±9
	0.2-0.4	10±6	23±34	21±19	45±5	25±26
120	0-0.025	23±7	25±4	29±2	26±5	28±5
	0.025-0.05	6±3	27±24	24±12	38±20	38±7
	0.05-0.1	12±1	30±22	22±10	29±14	36±3
	0.1-0.2	9±0	12±7	18±6	17±9	26±5
	0.2-0.4	6±1	28±21	16±12	16±3	13±2
160	0-0.025	30±12	23±1	21±2	21±2	23±6
	0.025-0.05	21±14	22±11	25±14	22±14	23±12
	0.05-0.1	22±18	21±13	27±16	23±12	20±12
	0.1-0.2	11±4	16±8	28±16	21±7	14±7
	0.2-0.4	11±12	29±34	13±7	11±6	21±19

TABELA 14A Cobre observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade m	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	0-0,025	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,0	0,5 \pm 0,3	0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1
	0,05-0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,4	0,7 \pm 0,0	0,6 \pm 0,3	0,5 \pm 0,1
	0,2-0,4	0,7 \pm 0,2	0,4 \pm 0,3	0,7 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,7 \pm 0,1
40	0-0,025	0,5 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	1,1 \pm 0,6	0,4 \pm 0,2
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,3	0,6 \pm 0,3	0,6 \pm 0,0	0,5 \pm 0,0
	0,05-0,1	0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,0	0,5 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,5 \pm 0,0	0,6 \pm 0,4	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,0	0,6 \pm 0,1
	0,2-0,4	0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,7 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
80	0-0,025	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,5 \pm 0,2	0,8 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1
	0,05-0,1	0,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,0	0,7 \pm 0,2
	0,1-0,2	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,3	1,0 \pm 0,0	0,8 \pm 0,4
	0,2-0,4	0,8 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,7 \pm 0,0	0,6 \pm 0,2
120	0-0,025	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,0	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
	0,05-0,1	0,5 \pm 0,0	0,5 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,8 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,5 \pm 0,0	0,6 \pm 0,2	0,7 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1
	0,2-0,4	0,6 \pm 0,0	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,7 \pm 0,1
160	0-0,025	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,4 \pm 0,0	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2
	0,05-0,1	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,8 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,6 \pm 0,2
	0,2-0,4	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,8 \pm 0,3	0,8 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1

TABELA 15A Ferro observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
	0	0-0,025	39±2	34±3	57±21	39±9
0	0,025-0,05	49±16	46±15	97±24	62±25	67±24
	0,05-0,1	43±10	40±6	83±10	62±24	66±28
	0,1-0,2	49±19	24±18	72±5	68±33	66±26
	0,2-0,4	47±26	42±16	92±6	68±33	64±35
	0-0,025	39±4	42±12	48±25	53±12	43±8
40	0,025-0,05	55±22	48±3	66±37	53±13	65±22
	0,05-0,1	49±19	40±6	61±29	48±12	64±22
	0,1-0,2	52±25	42±12	53±26	44±8	58±18
	0,2-0,4	54±38	40±14	50±18	53±20	57±21
	0-0,025	38±5	41±13	55±3	43±14	43±11
80	0,025-0,05	69±32	47±16	67±46	57±6	67±15
	0,05-0,1	62±26	39±3	62±45	57±14	68±23
	0,1-0,2	57±22	38±4	50±21	56±0	76±44
	0,2-0,4	58±25	40±15	47±12	63±7	58±29
	0-0,025	52±4	46±16	61±22	40±7	56±10
120	0,025-0,05	42±7	33±25	74±32	69±30	78±14
	0,05-0,1	40±3	54±14	57±20	60±28	42±3
	0,1-0,2	37±0	46±11	49±13	57±25	71±13
	0,2-0,4	34±1	40±8	41±10	61±31	56±10
	0-0,025	50±13	52±6	49±18	45±6	52±5
160	0,025-0,05	63±20	69±24	60±27	68±25	71±16
	0,05-0,1	52±21	64±24	63±33	73±29	68±29
	0,1-0,2	54±27	56±26	56±26	72±33	54±17
	0,2-0,4	48±26	56±34	52±18	65±28	53±26

Anexos		pg
ANEXOS B	Propriedades físicas do solo (maio/2001)	
TABELA 1B	Densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) observado \pm desvio padrão	122
TABELA 2B	Densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$) (PVC) observado \pm desvio padrão	123
TABELA 3B	Diâmetro médio geométrico (mm) observado \pm desvio padrão	123
TABELA 4B	Índice de floculação (%) observado \pm desvio padrão	124
TABELA 5B	Capacidade de campo 0.01MPa ($g\ kg^{-1}$) observado \pm desvio padrão	124
TABELA 6B	Capacidade de campo 0.033MPa ($g\ kg^{-1}$) observado \pm desvio padrão	125
TABELA 7B	Ponto de murcha permanente 1.5MPa ($g\ kg^{-1}$) observado \pm desvio padrão	125

Anexos B TABELAS DE PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO, COLETA Maio/2001

TABELA 1B Densidade do solo observada \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	Mg m ⁻³				
0	0-0.05	1.08 \pm 0.10	1.09 \pm 0.08	1.06 \pm 0.10	1.03 \pm 0.01	1.06 \pm 0.10
	0.05-0.10	1.07 \pm 0.09	1.02 \pm 0.03	1.09 \pm 0.00	1.06 \pm 0.11	1.08 \pm 0.05
	0.10-0.15	1.00 \pm 0.04	1.03 \pm 0.04	1.00 \pm 0.01	1.05 \pm 0.03	1.03 \pm 0.03
40	0-0.05	1.03 \pm 0.04	1.08 \pm 0.02	1.10 \pm 0.07	1.10 \pm 0.09	1.05 \pm 0.11
	0.05-0.10	1.02 \pm 0.07	1.05 \pm 0.04	1.03 \pm 0.05	1.08 \pm 0.05	1.09 \pm 0.06
	0.10-0.15	1.00 \pm 0.03	1.04 \pm 0.03	1.02 \pm 0.03	1.01 \pm 0.00	1.05 \pm 0.06
80	0-0.05	1.09 \pm 0.04	1.09 \pm 0.07	1.01 \pm 0.05	0.99 \pm 0.11	1.06 \pm 0.11
	0.05-0.10	1.12 \pm 0.07	0.98 \pm 0.04	1.01 \pm 0.02	1.04 \pm 0.00	1.05 \pm 0.10
	0.10-0.15	1.06 \pm 0.07	0.98 \pm 0.02	1.02 \pm 0.01	1.06 \pm 0.01	1.06 \pm 0.05
120	0-0.05	1.08 \pm 0.04	1.04 \pm 0.02	1.04 \pm 0.03	1.07 \pm 0.06	1.19 \pm 0.21
	0.05-0.10	0.99 \pm 0.05	0.97 \pm 0.02	1.05 \pm 0.02	1.09 \pm 0.09	1.09 \pm 0.09
	0.10-0.15	0.99 \pm 0.02	0.97 \pm 0.07	1.04 \pm 0.02	0.98 \pm 0.13	1.05 \pm 0.08
160	0-0.05	1.05 \pm 0.12	1.05 \pm 0.04	1.06 \pm 0.03	1.04 \pm 0.06	0.98 \pm 0.08
	0.05-0.10	1.06 \pm 0.09	1.04 \pm 0.03	1.02 \pm 0.04	1.03 \pm 0.04	1.03 \pm 0.06
	0.10-0.15	1.01 \pm 0.04	1.00 \pm 0.04	1.01 \pm 0.03	1.02 \pm 0.07	0.97 \pm 0.10

TABELA 2B Densidade do solo (PVC) observada \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	Mg m ⁻³				
0	0-0.05	1.12 \pm 0.09	1.09 \pm 0.06	1.07 \pm 0.02	1.11 \pm 0.13	1.13 \pm 0.08
40	0-0.05	1.09 \pm 0.08	1.10 \pm 0.05	1.12 \pm 0.10	1.06 \pm 0.05	1.06 \pm 0.03
80	0-0.05	1.13 \pm 0.08	1.08 \pm 0.03	1.01 \pm 0.05	1.08 \pm 0.08	1.10 \pm 0.12
120	0-0.05	1.09 \pm 0.02	1.08 \pm 0.02	1.08 \pm 0.03	1.08 \pm 0.12	1.09 \pm 0.02
160	0-0.05	1.08 \pm 0.04	1.14 \pm 0.01	1.09 \pm 0.01	1.08 \pm 0.07	1.10 \pm 0.11

TABELA 3B Diâmetro médio geométrico observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mm				
0	0-0.05	1.12 \pm 0.09	1.09 \pm 0.06	1.07 \pm 0.02	1.11 \pm 0.13	1.13 \pm 0.08
40	0-0.05	1.09 \pm 0.08	1.10 \pm 0.05	1.12 \pm 0.10	1.06 \pm 0.05	1.06 \pm 0.03
80	0-0.05	1.13 \pm 0.08	1.08 \pm 0.03	1.01 \pm 0.05	1.08 \pm 0.08	1.10 \pm 0.12
120	0-0.05	1.09 \pm 0.02	1.08 \pm 0.02	1.08 \pm 0.03	1.08 \pm 0.12	1.09 \pm 0.02
160	0-0.05	1.08 \pm 0.04	1.14 \pm 0.01	1.09 \pm 0.01	1.08 \pm 0.07	1.10 \pm 0.11

TABELA 4B Índice de floculação observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha^{-1}				
		0	3	6	9	12
kg ha^{-1}	m	%				
0	0-0,05	82 \pm 7	86 \pm 7	80 \pm 0	75 \pm 8	87 \pm 5
40	0-0,05	84 \pm 1	85 \pm 1	78 \pm 8	85 \pm 2	82 \pm 2
80	0-0,05	76 \pm 4	82 \pm 18	81 \pm 5	83 \pm 1	85 \pm 7
120	0-0,05	75 \pm 14	82 \pm 9	92 \pm 1	82 \pm 9	62 \pm 11
160	0-0,05	88 \pm 7	85 \pm 9	86 \pm 7	87 \pm 10	91 \pm 2

TABELA 5B Capacidade de campo (0,01Mpa) observada \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha^{-1}				
		0	3	6	9	12
kg ha^{-1}	m	g kg^{-1}				
0	0-0,05	408 \pm 30	422 \pm 13	398 \pm 0	398 \pm 22	390 \pm 30
40	0-0,05	405 \pm 20	395 \pm 11	426 \pm 10	415 \pm 1	400 \pm 18
80	0-0,05	390 \pm 25	398 \pm 4	408 \pm 2	386 \pm 3	378 \pm 7
120	0-0,05	390 \pm 7	419 \pm 21	417 \pm 8	409 \pm 38	410 \pm 74
160	0-0,05	408 \pm 25	392 \pm 11	403 \pm 17	388 \pm 12	397 \pm 21

TABELA 6B Capacidade de campo (0,033Mpa) observada \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	g kg ⁻¹				
0	0-0.025	327±21	349±6	342±4	345±8	341±12
	0.025-0.05	366±40	265±9	357±7	363±11	338±7
40	0-0.025	345±13	349±4	349±8	338±1	341±9
	0.025-0.05	365±19	351±8	301±55	350±14	342±21
80	0-0.025	347±10	347±13	348±17	346±2	350±21
	0.025-0.05	385±9	356±17	349±4	335±9	337±1
120	0-0.025	349±13	349±6	343±2	357±12	362±65
	0.025-0.05	373±1	356±10	342±4	369±30	331±26
160	0-0.025	353±11	347±11	348±3	344±10	338±10
	0.025-0.05	346±8	348±17	345±8	352±16	340±2

125

TABELA 7B Ponto de marcha permanente (1,5Mpa) observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	g kg ⁻¹				
0	0-0.025	327±21	349±6	342±4	345±8	341±12
	0.025-0.05	366±40	265±9	357±7	363±11	338±7
40	0-0.025	345±13	349±4	349±8	338±1	341±9
	0.025-0.05	365±19	351±8	301±55	350±14	342±21
80	0-0.025	347±10	347±13	348±17	346±2	350±21
	0.025-0.05	385±9	356±17	349±4	335±9	337±1
120	0-0.025	349±13	349±6	343±2	357±12	362±65
	0.025-0.05	373±1	356±10	342±4	369±30	331±26
160	0-0.025	353±11	347±11	348±3	344±10	338±10
	0.025-0.05	346±8	348±17	345±8	352±16	340±2

pg	ANEXOS C	Tecores foliares de milho (Janeiro/2002)	127
127	TABELA 1C	Nitrogênio (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	127
127	TABELA 2C	Fósforo (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	127
128	TABELA 3C	Potássio (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	128
128	TABELA 4C	Cálcio (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	128
129	TABELA 5C	Magnésio (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	129
129	TABELA 6C	Enxofre (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	129
130	TABELA 7C	Boro (mg kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	130
130	TABELA 8C	Cobre (mg kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	130
131	TABELA 9C	Zinco (mg kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	131
131	TABELA 10C	Ferro (mg kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	131
132	TABELA 11C	Manganês (mg kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	132

Anexos C TABELAS DE TEORES FOLIARES DE MILHO, COLETA Janeiro/2002

TABELA 1C Nitrogênio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	28.0 \pm 1.1	18.7 \pm 6.5	27.2 \pm 0.9	32.6 \pm 6.4	28.5 \pm 9.4
40	31.5 \pm 6.7	27.9 \pm 2.2	28.7 \pm 12.8	29.5 \pm 3.1	34.3 \pm 1.0
80	31.9 \pm 4.6	32.7 \pm 3.8	34.9 \pm 5.7	33.8 \pm 1.2	29.3 \pm 6.8
120	33.4 \pm 1.3	31.9 \pm 3.1	35.3 \pm 6.5	33.0 \pm 7.4	33.9 \pm 3.6
160	36.1 \pm 5.2	33.7 \pm 2.9	32.5 \pm 0.8	31.7 \pm 9.1	37.4 \pm 8.5

TABELA 2C Fósforo observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	2.0 \pm 0.2	1.9 \pm 0.0	2.0 \pm 0.2	2.0 \pm 0.2	2.0 \pm 0.3
40	2.3 \pm 0.1	2.3 \pm 0.2	2.5 \pm 0.2	2.4 \pm 0.2	2.5 \pm 0.2
80	2.3 \pm 0.3	2.4 \pm 0.2	2.7 \pm 0.0	2.6 \pm 0.2	2.6 \pm 0.0
120	2.3 \pm 0.3	2.4 \pm 0.1	2.6 \pm 0.2	2.7 \pm 0.2	2.8 \pm 0.2
160	2.5 \pm 0.4	2.5 \pm 0.4	2.8 \pm 0.2	3.1 \pm 0.4	2.9 \pm 0.5

TABELA 3C Potássio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	22,2 \pm 0,7	21,8 \pm 0,7	22,2 \pm 0,7	21,8 \pm 0,7	22,6 \pm 2,2
40	23,0 \pm 0,7	22,2 \pm 0,7	23,4 \pm 1,4	21,8 \pm 0,7	22,2 \pm 0,7
80	23,4 \pm 1,4	22,6 \pm 1,3	21,8 \pm 1,4	20,9 \pm 1,4	22,6 \pm 1,3
120	22,2 \pm 0,7	21,8 \pm 0,7	21,3 \pm 1,3	20,9 \pm 1,4	21,3 \pm 1,3
160	22,2 \pm 0,7	22,7 \pm 0,7	22,6 \pm 0,0	22,6 \pm 0,0	23,0 \pm 0,7

TABELA 4C Cálcio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	2,8 \pm 0,3	2,5 \pm 0,2	2,3 \pm 0,4	1,9 \pm 0,3	2,3 \pm 0,7
40	2,4 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	2,4 \pm 0,2	2,1 \pm 0,3	2,2 \pm 0,1
80	2,9 \pm 0,1	2,4 \pm 0,1	2,1 \pm 0,2	2,0 \pm 0,3	2,5 \pm 0,3
120	2,5 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	2,0 \pm 0,3	2,3 \pm 0,2	2,2 \pm 0,1
160	2,6 \pm 0,2	2,3 \pm 0,1	2,2 \pm 0,0	2,8 \pm 0,3	2,3 \pm 0,1

TABELA 5C Magnésio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	1.6 \pm 0.2	1.3 \pm 0.1	1.3 \pm 0.4	1.3 \pm 0.2	1.2 \pm 0.2
40	1.4 \pm 0.3	1.2 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1	1.1 \pm 0.3	1.4 \pm 0.2
80	1.5 \pm 0.2	1.4 \pm 0.1	1.4 \pm 0.3	1.2 \pm 0.2	1.6 \pm 0.2
120	1.5 \pm 0.2	1.4 \pm 0.2	1.3 \pm 0.3	1.4 \pm 0.3	1.4 \pm 0.2
160	1.6 \pm 0.3	1.3 \pm 0.2	1.4 \pm 0.4	1.4 \pm 0.1	1.4 \pm 0.0

TABELA 6C Enxofre observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹				
0	1.2 \pm 0.2	0.9 \pm 0.1	1.2 \pm 0.3	1.0 \pm 0.2	0.9 \pm 0.2
40	1.5 \pm 0.2	1.2 \pm 0.4	1.3 \pm 0.1	1.3 \pm 0.1	1.3 \pm 0.3
80	1.4 \pm 0.3	1.2 \pm 0.4	1.2 \pm 0.3	1.6 \pm 0.2	1.3 \pm 0.1
120	1.6 \pm 0.2	1.3 \pm 0.6	1.2 \pm 0.2	1.2 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1
160	1.6 \pm 0.3	1.4 \pm 0.3	1.6 \pm 0.3	1.7 \pm 0.4	1.4 \pm 0.3

TABELA 7C Boro observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
0	8.2 \pm 2.9	6.7 \pm 1.0	5.7 \pm 1.0	6.3 \pm 1.3	5.5 \pm 2.0
40	7.3 \pm 0.4	7.3 \pm 2.2	6.5 \pm 2.8	7.3 \pm 1.0	5.7 \pm 1.9
80	7.5 \pm 1.0	8.0 \pm 2.1	7.6 \pm 2.0	7.4 \pm 4.3	6.5 \pm 1.9
120	6.3 \pm 1.3	7.3 \pm 1.0	7.4 \pm 4.3	6.9 \pm 2.4	5.9 \pm 2.7
160	7.1 \pm 2.3	6.7 \pm 2.0	6.1 \pm 0.9	6.5 \pm 2.8	6.7 \pm 2.0

TABELA 8C Cobre observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
0	5.3 \pm 0.6	4.4 \pm 1.6	4.4 \pm 1.5	3.9 \pm 1.8	3.9 \pm 2.7
40	6.0 \pm 0.0	7.0 \pm 1.0	6.4 \pm 1.7	5.8 \pm 1.0	5.0 \pm 2.1
80	6.9 \pm 0.2	6.4 \pm 0.8	7.6 \pm 2.5	6.2 \pm 2.3	6.7 \pm 0.8
120	6.9 \pm 1.4	6.9 \pm 0.5	6.6 \pm 3.1	5.9 \pm 2.2	6.9 \pm 1.8
160	7.8 \pm 1.5	6.1 \pm 0.7	8.3 \pm 0.6	8.7 \pm 1.1	8.8 \pm 2.1

TABELA 9C Zinco observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹			
	0	3	6	9
kg ha ⁻¹				
	mg kg ⁻¹			
0	11.4±1.0	9.4±0.0	10.1±0.3	11.0±2.0
40	12.5±0.7	13.3±0.4	13.3±3.0	13.6±1.5
80	14.7±1.5	13.6±2.3	15.2±2.1	14.7±2.1
120	14.9±2.4	13.3±2.4	14.2±2.0	16.1±2.6
160	16.7±1.5	14.2±1.9	15.9±2.7	20.5±1.7
				17.2±1.4

TABELA 10C Ferro observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹			
	0	3	6	9
kg ha ⁻¹				
	mg kg ⁻¹			
0	112±10	90±18	96±19	82±7
40	104±21	126±36	111±18	126±9
80	146±26	117±39	118±12	98±2
120	106±32	122±14	105±16	119±24
160	112±19	114±23	118±18	103±9
				106±4

TABELA 11C Manganês observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Mg palhada ha ⁻¹				
	0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
0	25.5 \pm 12.2	21.2 \pm 7.9	25.9 \pm 11.0	25.0 \pm 6.1	28.5 \pm 9.7
40	25.2 \pm 6.4	29.5 \pm 14.1	29.2 \pm 9.0	28.5 \pm 10.6	25.8 \pm 4.0
80	26.7 \pm 8.4	31.2 \pm 17.6	28.2 \pm 3.4	25.3 \pm 6.6	31.4 \pm 5.7
120	30.9 \pm 8.2	30.7 \pm 14.6	27.4 \pm 0.7	28.8 \pm 1.5	27.3 \pm 0.9
160	29.9 \pm 3.2	25.9 \pm 5.2	37.1 \pm 14.3	34.5 \pm 4.6	31.6 \pm

Anexos		pg
ANEXOS D	Propriedades químicas do solo (maio/2002)	134
TABELA 1D	Carbono orgânico (g kg ⁻¹) observado ± desvio padrão	134
TABELA 2D	pH (H ₂ O) observado ± desvio padrão	135
TABELA 3D	Fósforo melhlich (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	136
TABELA 4D	Fósforo remanescente (mg l ⁻¹) observado ± desvio padrão	137
TABELA 5D	Fósforo resina (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	138
TABELA 6D	Potássio (cmol _c dm ⁻³) observado ± desvio padrão	139
TABELA 7D	Cálcio (cmol _c dm ⁻³) observado ± desvio padrão	140
TABELA 8D	Magnésio (cmol _c dm ⁻³) observado ± desvio padrão	141
TABELA 9D	Alumínio (cmol _c dm ⁻³) observado ± desvio padrão	142
TABELA 10D	II ± Al (cmol _c dm ⁻³) observado ± desvio padrão	143
TABELA 11D	Zinco (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	144
TABELA 12D	Boro (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	145
TABELA 13D	Manganês (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	146
TABELA 14D	Cobre (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	147
TABELA 15D	Ferro (mg dm ⁻³) observado ± desvio padrão	148

Anexos D TABELAS DE PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO, COLETA Maio/2002

TABELA 1D Carbono orgânico observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	g kg ⁻¹				
0	0-0.025	23±1	24±1	25±1	25±2	27±1
	0.025-0.05	23±1	23±2	23±1	24±2	25±0
	0.05-0.1	21±1	21±1	22±2	20±1	20±1
	0.1-0.2	19±2	21±2	20±2	20±1	19±0
40	0-0.025	22±2	25±1	27±1	25±2	27±3
	0.025-0.05	21±2	23±1	26±1	24±1	24±1
	0.05-0.1	20±1	21±1	23±2	22±1	23±3
	0.1-0.2	20±2	20±1	22±2	20±2	21±2
80	0-0.025	25±4	27±5	25±1	26±1	25±1
	0.025-0.05	23±2	24±2	24±1	23±1	24±1
	0.05-0.1	20±3	22±3	22±1	22±1	23±3
	0.1-0.2	19±2	21±2	20±1	19±2	21±3
120	0-0.025	23±2	24±1	29±7	24±1	27±1
	0.025-0.05	23±1	23±3	24±1	23±3	25±2
	0.05-0.1	22±1	22±1	22±2	21±1	22±4
	0.1-0.2	19±1	21±2	21±3	19±1	21±4
160	0-0.025	24±2	25±2	26±1	25±3	28±3
	0.025-0.05	24±3	23±2	24±3	24±3	24±2
	0.05-0.1	22±3	22±2	22±2	22±3	21±2
	0.1-0.2	20±3	21±2	20±2	20±3	20±1

TABELA 2D pH observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	0-0,025	5,5 \pm 0,4	5,7 \pm 0,2	5,6 \pm 0,2	5,8 \pm 0,5	6,0 \pm 0,3
	0,025-0,05	5,5 \pm 0,6	5,6 \pm 0,4	5,6 \pm 0,4	5,9 \pm 0,5	6,0 \pm 0,3
	0,05-0,1	5,6 \pm 0,5	5,4 \pm 0,5	5,6 \pm 0,2	5,7 \pm 0,5	5,9 \pm 0,4
	0,1-0,2	5,8 \pm 0,7	5,4 \pm 0,4	5,5 \pm 0,4	5,4 \pm 0,7	5,7 \pm 0,2
40	0-0,025	5,3 \pm 0,3	5,5 \pm 0,1	5,4 \pm 0,1	5,6 \pm 0,3	5,8 \pm 0,0
	0,025-0,05	5,2 \pm 0,3	5,3 \pm 0,3	5,4 \pm 0,2	5,7 \pm 0,5	5,8 \pm 0,2
	0,05-0,1	5,3 \pm 0,3	5,1 \pm 0,4	5,3 \pm 0,4	5,7 \pm 0,5	5,7 \pm 0,3
	0,1-0,2	5,3 \pm 0,5	5,2 \pm 0,2	5,1 \pm 0,7	5,8 \pm 0,4	5,7 \pm 0,5
80	0-0,025	5,3 \pm 0,3	5,4 \pm 0,1	5,5 \pm 0,3	5,5 \pm 0,1	5,7 \pm 0,5
	0,025-0,05	5,3 \pm 0,1	5,3 \pm 0,2	5,5 \pm 0,2	5,4 \pm 0,1	5,9 \pm 0,5
	0,05-0,1	5,1 \pm 0,3	5,2 \pm 0,4	5,5 \pm 0,3	5,3 \pm 0,2	5,6 \pm 0,6
	0,1-0,2	5,2 \pm 0,2	5,2 \pm 0,6	5,4 \pm 0,6	5,3 \pm 0,2	5,6 \pm 0,4
120	0-0,025	5,1 \pm 0,4	5,4 \pm 0,7	5,5 \pm 0,4	5,5 \pm 0,4	5,6 \pm 0,1
	0,025-0,05	5,0 \pm 0,5	5,2 \pm 0,9	5,4 \pm 0,4	5,4 \pm 0,5	5,6 \pm 0,1
	0,05-0,1	5,2 \pm 0,7	5,3 \pm 0,8	5,4 \pm 0,4	5,2 \pm 0,4	5,5 \pm 0,2
	0,1-0,2	5,5 \pm 0,5	5,4 \pm 0,6	5,4 \pm 0,6	5,5 \pm 0,6	5,6 \pm 0,2
160	0-0,025	5,3 \pm 0,4	5,4 \pm 0,3	5,2 \pm 0,3	5,3 \pm 0,4	5,3 \pm 0,3
	0,025-0,05	5,3 \pm 0,6	5,1 \pm 0,6	5,1 \pm 0,4	5,3 \pm 0,7	5,2 \pm 0,4
	0,05-0,1	5,4 \pm 0,4	4,9 \pm 0,4	5,0 \pm 0,6	5,1 \pm 0,7	4,8 \pm 0,5
	0,1-0,2	5,4 \pm 0,4	5,4 \pm 0,4	5,0 \pm 0,8	5,2 \pm 0,7	4,8 \pm 0,7

TABELA 3D Fósforo Mehlich observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
0	0-0.025	20.4 \pm 10.0	23.2 \pm 4.4	16.5 \pm 2.7	23.7 \pm 2.3	22.5 \pm 5.3
	0.025-0.05	28.0 \pm 11.4	35.1 \pm 2.9	33.5 \pm 14.7	22.1 \pm 12.9	22.1 \pm 11.1
	0.05-0.1	19.6 \pm 2f.8	44.5 \pm 43.9	23.0 \pm 7.3	25.1 \pm 5.9	30.8 \pm 30.4
	0.1-0.2	5.3 \pm 3.9	9.2 \pm 5.7	5.5 \pm 0.8	11.0 \pm 5.4	7.1 \pm 4.2
40	0-0.025	21.3 \pm 3.5	23.9 \pm 11.2	19.7 \pm 6.8	16.6 \pm 4.2	19.4 \pm 11.2
	0.025-0.05	19.2 \pm 2.5	24.0 \pm 11.1	18.9 \pm 6.5	32.7 \pm 14.0	16.2 \pm 5.8
	0.05-0.1	7.4 \pm 3.4	28.4 \pm 27.4	27.5 \pm 17.0	41.6 \pm 40.5	25.0 \pm 17.3
	0.1-0.2	3.1 \pm 1.0	6.4 \pm 3.1	7.4 \pm 6.2	7.3 \pm 3.6	11.5 \pm 10.2
80	0-0.025	20.3 \pm 7.4	25.5 \pm 5.7	24.5 \pm 9.2	22.0 \pm 12.7	14.3 \pm 7.5
	0.025-0.05	16.5 \pm 4.6	26.7 \pm 9.6	51.4 \pm 31.7	41.6 \pm 46.7	23.2 \pm 15.8
	0.05-0.1	9.5 \pm 6.1	29.3 \pm 31.1	41.3 \pm 9.3	62.9 \pm 35.4	18.7 \pm 5.0
	0.1-0.2	6.0 \pm 3.2	11.9 \pm 6.6	9.9 \pm 5.4	9.6 \pm 4.1	6.8 \pm 3.6
120	0-0.025	21.0 \pm 2.0	21.5 \pm 9.6	21.5 \pm 3.6	27.6 \pm 7.9	20.7 \pm 11.4
	0.025-0.05	25.5 \pm 5.5	44.8 \pm 48.9	20.7 \pm 9.3	50.4 \pm 33.8	33.5 \pm 14.7
	0.05-0.1	21.2 \pm 9.5	20.7 \pm 13.8	33.2 \pm 11.5	49.2 \pm 42.5	21.5 \pm 16.2
	0.1-0.2	4.5 \pm 2.2	6.7 \pm 1.6	9.3 \pm 4.4	7.2 \pm 3.2	4.9 \pm 1.1
160	0-0.025	17.7 \pm 7.3	15.0 \pm 8.0	15.1 \pm 5.5	15.5 \pm 6.3	24.3 \pm 14.3
	0.025-0.05	22.7 \pm 11.4	26.7 \pm 10.7	16.8 \pm 7.5	31.6 \pm 15.6	44.5 \pm 42.0
	0.05-0.1	31.1 \pm 13.7	19.3 \pm 5.7	24.4 \pm 3.4	28.9 \pm 10.6	27.3 \pm 16.3
	0.1-0.2	15.13 \pm 16.1	7.5 \pm 2.7	8.5 \pm 1.3	9.1 \pm 7.2	7.1 \pm 1.0

TABELA 4D Fósforo remanescente observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg l. ⁻¹				
0	0-0,025	13,0 \pm 3,0	14,4 \pm 1,8	14,3 \pm 1,9	16,7 \pm 3,5	17,7 \pm 1,5
	0,025-0,05	12,0 \pm 3,3	12,1 \pm 1,4	12,1 \pm 3,0	14,8 \pm 3,2	16,5 \pm 1,2
	0,05-0,1	12,1 \pm 1,9	10,2 \pm 1,9	11,0 \pm 1,1	13,2 \pm 3,3	13,6 \pm 1,0
	0,1-0,2	10,0 \pm 2,3	8,5 \pm 1,1	8,6 \pm 1,5	10,6 \pm 3,1	11,6 \pm 1,4
40	0-0,025	13,4 \pm 3,8	3,8 \pm 0,8	13,6 \pm 0,7	15,3 \pm 1,2	16,4 \pm 2,1
	0,025-0,05	11,7 \pm 2,8	12,0 \pm 0,8	11,6 \pm 1,2	15,0 \pm 2,7	14,7 \pm 2,0
	0,05-0,1	9,8 \pm 2,7	9,1 \pm 1,6	10,2 \pm 0,9	13,3 \pm 2,2	13,4 \pm 1,3
	0,1-0,2	8,5 \pm 2,9	8,2 \pm 1,1	8,4 \pm 1,5	12,1 \pm 1,7	11,4 \pm 1,8
80	0-0,025	13,9 \pm 3,6	13,3 \pm 2,1	14,5 \pm 1,0	15,5 \pm 2,9	15,9 \pm 2,1
	0,025-0,05	12,1 \pm 2,6	11,4 \pm 2,6	2,4 \pm 1,4	12,7 \pm 1,9	14,5 \pm 4,3
	0,05-0,1	10,5 \pm 1,5	9,3 \pm 1,4	11,4 \pm 1,2	12,0 \pm 2,6	12,6 \pm 3,4
	0,1-0,2	8,2 \pm 1,0	8,6 \pm 2,1	9,4 \pm 1,2	9,6 \pm 2,3	10,9 \pm 2,4
120	0-0,025	13,0 \pm 2,5	11,3 \pm 1,6	14,4 \pm 0,6	14,3 \pm 3,1	16,7 \pm 3,2
	0,025-0,05	10,8 \pm 2,5	9,9 \pm 2,5	13,3 \pm 0,6	12,9 \pm 4,2	15,4 \pm 1,7
	0,05-0,1	10,9 \pm 3,4	8,6 \pm 1,5	11,2 \pm 1,0	11,2 \pm 5,3	13,7 \pm 0,6
	0,1-0,2	10,3 \pm 4,0	7,7 \pm 1,9	9,6 \pm 1,1	10,6 \pm 3,4	10,8 \pm 0,6
160	0-0,025	12,7 \pm 2,6	12,3 \pm 0,7	11,9 \pm 1,9	13,4 \pm 1,3	15,1 \pm 1,7
	0,025-0,05	12,0 \pm 2,6	10,2 \pm 0,8	10,2 \pm 0,9	12,4 \pm 3,5	13,5 \pm 2,9
	0,05-0,1	11,8 \pm 1,6	7,8 \pm 1,9	9,7 \pm 2,2	11,1 \pm 4,7	9,6 \pm 0,9
	0,1-0,2	11,3 \pm 1,0	7,5 \pm 2,3	7,5 \pm 2,3	8,5 \pm 4,4	7,8 \pm 1,7

TABELA 5D Fósforo resina observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
	0-0,025	38.5 \pm 18.5	42.2 \pm 3.1	28.2 \pm 4.5	41.0 \pm 29.6	46.7 \pm 8.5
0	0,025-0,05	51.4 \pm 25.7	61.3 \pm 11.7	59.5 \pm 27.9	39.8 \pm 22.0	43.1 \pm 20.4
	0,05-0,1	35.1 \pm 32.3	59.1 \pm 48.6	40.3 \pm 14.2	52.5 \pm 10.9	52.3 \pm 47.8
	0,1-0,2	10.7 \pm 8.8	19.6 \pm 13.4	9.8 \pm 3.3	18.7 \pm 4.3	13.4 \pm 7.8
	0-0,025	39.5 \pm 8.3	41.6 \pm 16.8	38.6 \pm 14.1	29.5 \pm 9.3	34.7 \pm 16.8
40	0,025-0,05	33.1 \pm 5.0	44.6 \pm 24.6	29.2 \pm 10.1	50.8 \pm 22.1	32.7 \pm 10.7
	0,05-0,1	15.1 \pm 6.3	41.9 \pm 35.1	39.5 \pm 17.1	55.0 \pm 38.1	37.7 \pm 20.7
	0,1-0,2	6.4 \pm 1.1	11.7 \pm 9.2	14.5 \pm 12.6	16.3 \pm 7.3	19.8 \pm 17.0
	0-0,025	36.0 \pm 13.8	40.1 \pm 3.1	38.9 \pm 8.1	37.1 \pm 19.1	26.5 \pm 9.5
80	0,025-0,05	30.1 \pm 7.2	37.4 \pm 15.3	70.1 \pm 37.9	59.2 \pm 53.5	44.6 \pm 35.5
	0,05-0,1	16.4 \pm 8.6	45.7 \pm 47.6	56.1 \pm 16.2	78.9 \pm 36.3	38.3 \pm 7.9
	0,1-0,2	10.5 \pm 5.4	28.7 \pm 2.1	17.7 \pm 10.2	17.4 \pm 6.8	14.4 \pm 11.0
	0-0,025	36.6 \pm 5.6	36.4 \pm 12.7	36.7 \pm 2.5	46.5 \pm 7.3	35.7 \pm 11.7
120	0,025-0,05	37.2 \pm 9.0	53.2 \pm 49.5	29.9 \pm 3.2	66.3 \pm 23.3	76.1 \pm 27.8
	0,05-0,1	35.4 \pm 19.3	32.5 \pm 17.4	44.8 \pm 3.5	62.3 \pm 46.4	38.0 \pm 31.0
	0,1-0,2	8.0 \pm 4.0	10.5 \pm 3.5	13.0 \pm 2.7	15.5 \pm 9.1	9.1 \pm 3.3
	0-0,025	32.3 \pm 11.2	32.1 \pm 12.5	27.4 \pm 9.2	28.5 \pm 8.0	40.8 \pm 19.7
160	0,025-0,05	32.4 \pm 14.1	43.6 \pm 23.2	27.3 \pm 12.6	46.3 \pm 12.5	52.6 \pm 42.9
	0,05-0,1	44.7 \pm 10.5	31.4 \pm 17.9	40.1 \pm 7.7	47.1 \pm 24.5	34.2 \pm 21.9
	0,1-0,2	23.4 \pm 25.9	10.0 \pm 3.2	12.8 \pm 3.0	15.2 \pm 17.4	8.9 \pm 1.7

TABELA 6D Potássio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N kg ha ⁻¹	Profundidade m	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
0	0-0,025	0.84 \pm 0.12	0.84 \pm 0.07	0.71 \pm 0.15	1.00 \pm 0.07	1.05 \pm 0.19
	0,025-0,05	0.41 \pm 0.12	0.51 \pm 0.01	0.56 \pm 0.18	0.72 \pm 0.04	0.80 \pm 0.08
	0,05-0,1	0.25 \pm 0.08	0.35 \pm 0.05	0.50 \pm 0.14	0.61 \pm 0.11	0.61 \pm 0.07
	0,1-0,2	0.16 \pm 0.06	0.24 \pm 0.02	0.32 \pm 0.03	0.47 \pm 0.11	0.44 \pm 0.07
40	0-0,025	0.73 \pm 0.12	0.78 \pm 0.19	0.91 \pm 0.08	0.96 \pm 0.13	0.88 \pm 0.12
	0,025-0,05	0.35 \pm 0.12	0.48 \pm 0.16	0.46 \pm 0.05	0.70 \pm 0.07	0.53 \pm 0.22
	0,05-0,1	0.19 \pm 0.09	0.37 \pm 0.12	0.40 \pm 0.09	0.54 \pm 0.07	0.64 \pm 0.12
	0,1-0,2	0.12 \pm 0.07	0.28 \pm 0.02	0.29 \pm 0.06	0.45 \pm 0.02	0.46 \pm 0.13
80	0-0,025	0.55 \pm 0.26	1.02 \pm 0.27	0.74 \pm 0.07	1.01 \pm 0.04	0.85 \pm 0.19
	0,025-0,05	0.39 \pm 0.10	0.55 \pm 0.25	0.54 \pm 0.05	0.67 \pm 0.08	0.67 \pm 0.17
	0,05-0,1	0.20 \pm 0.04	0.31 \pm 0.06	0.45 \pm 0.04	0.49 \pm 0.04	0.52 \pm 0.19
	0,1-0,2	0.16 \pm 0.04	0.23 \pm 0.09	0.34 \pm 0.07	0.47 \pm 0.11	0.38 \pm 0.15
120	0-0,025	0.60 \pm 0.12	0.79 \pm 0.39	0.84 \pm 0.12	0.89 \pm 0.20	1.00 \pm 0.19
	0,025-0,05	0.36 \pm 0.10	0.34 \pm 0.15	0.53 \pm 0.03	0.61 \pm 0.29	0.65 \pm 0.11
	0,05-0,1	0.32 \pm 0.10	0.25 \pm 0.16	0.43 \pm 0.10	0.43 \pm 0.29	0.60 \pm 0.06
	0,1-0,2	0.19 \pm 0.01	0.22 \pm 0.08	0.34 \pm 0.09	0.41 \pm 0.20	0.49 \pm 0.02
160	0-0,025	0.76 \pm 0.25	0.81 \pm 0.26	0.90 \pm 0.16	0.81 \pm 0.20	0.67 \pm 0.14
	0,025-0,05	0.45 \pm 0.07	0.45 \pm 0.12	0.57 \pm 0.19	0.64 \pm 0.32	0.61 \pm 0.13
	0,05-0,1	0.27 \pm 0.13	0.34 \pm 0.15	0.38 \pm 0.09	0.41 \pm 0.13	0.32 \pm 0.11
	0,1-0,2	0.24 \pm 0.15	0.31 \pm 0.11	0.25 \pm 0.12	0.32 \pm 0.10	0.23 \pm 0.13

TABELA 7D Cálcio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol _c dm ⁻¹				
0	0-0,025	4,4 \pm 1,3	4,9 \pm 1,0	5,4 \pm 0,4	5,0 \pm 1,0	5,9 \pm 0,6
	0,025-0,05	4,1 \pm 1,6	3,7 \pm 1,3	3,6 \pm 1,3	4,4 \pm 1,1	4,9 \pm 0,5
	0,05-0,1	4,8 \pm 1,7	3,2 \pm 1,5	3,4 \pm 1,0	4,0 \pm 1,6	4,0 \pm 0,9
	0,1-0,2	4,8 \pm 2,2	2,7 \pm 1,2	2,5 \pm 1,4	3,1 \pm 1,7	3,7 \pm 0,4
40	0-0,025	3,6 \pm 1,5	4,7 \pm 0,9	4,5 \pm 0,4	5,2 \pm 1,3	5,6 \pm 0,2
	0,025-0,05	3,0 \pm 1,6	3,2 \pm 1,0	3,4 \pm 0,4	4,2 \pm 1,3	4,5 \pm 0,4
	0,05-0,1	2,8 \pm 1,7	2,2 \pm 1,4	2,8 \pm 1,5	4,1 \pm 1,5	4,1 \pm 0,8
	0,1-0,2	2,8 \pm 2,2	2,9 \pm 1,0	2,6 \pm 1,7	4,1 \pm 1,4	3,6 \pm 0,9
80	0-0,025	4,2 \pm 1,4	4,6 \pm 0,5	4,8 \pm 0,7	4,6 \pm 0,6	5,3 \pm 1,4
	0,025-0,05	3,0 \pm 0,8	3,5 \pm 0,9	3,8 \pm 0,6	3,3 \pm 0,4	4,5 \pm 2,1
	0,05-0,1	2,8 \pm 0,8	2,9 \pm 1,2	3,1 \pm 0,6	2,8 \pm 0,5	3,7 \pm 1,9
	0,1-0,2	2,7 \pm 0,3	3,2 \pm 1,6	3,2 \pm 2,1	2,6 \pm 1,3	3,3 \pm 1,7
120	0-0,025	3,8 \pm 1,3	4,1 \pm 2,2	4,5 \pm 1,0	4,3 \pm 2,0	5,1 \pm 0,1
	0,025-0,05	2,9 \pm 1,6	3,0 \pm 2,2	3,8 \pm 0,8	3,2 \pm 2,0	4,4 \pm 0,3
	0,05-0,1	3,1 \pm 2,0	2,7 \pm 1,8	3,1 \pm 1,1	2,8 \pm 2,2	3,6 \pm 0,4
	0,1-0,2	3,4 \pm 2,1	3,1 \pm 2,1	2,9 \pm 1,6	3,5 \pm 2,1	2,9 \pm 0,6
160	0-0,025	3,7 \pm 1,4	3,9 \pm 1,5	4,3 \pm 1,0	4,1 \pm 1,4	4,3 \pm 1,1
	0,025-0,05	3,5 \pm 1,6	2,7 \pm 1,6	2,9 \pm 1,6	3,5 \pm 2,6	2,8 \pm 1,4
	0,05-0,1	3,5 \pm 1,4	1,9 \pm 1,1	2,5 \pm 2,2	2,7 \pm 2,7	1,5 \pm 0,7
	0,1-0,2	3,1 \pm 1,5	2,5 \pm 1,3	2,3 \pm 2,4	2,5 \pm 2,1	1,6 \pm 1,2

TABELA 8D Magnésio observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol _c dm ⁻³				
0	0-0,025	1,2 \pm 0,3	1,4 \pm 0,2	1,4 \pm 0,5	1,7 \pm 0,4	1,9 \pm 0,2
	0,025-0,05	1,2 \pm 0,8	1,0 \pm 0,3	1,0 \pm 0,1	1,2 \pm 0,3	1,3 \pm 0,2
	0,05-0,1	0,8 \pm 0,5	0,5 \pm 0,3	0,7 \pm 0,2	0,8 \pm 0,3	0,8 \pm 0,4
	0,1-0,2	1,0 \pm 0,5	0,6 \pm 0,3	0,5 \pm 0,4	0,8 \pm 0,6	0,7 \pm 0,1
40	0-0,025	1,4 \pm 0,6	1,5 \pm 0,2	1,5 \pm 0,2	1,4 \pm 0,4	2,1 \pm 0,3
	0,025-0,05	0,8 \pm 0,4	1,0 \pm 0,3	0,7 \pm 0,1	1,2 \pm 0,3	1,5 \pm 0,2
	0,05-0,1	0,8 \pm 0,3	0,6 \pm 0,2	0,5 \pm 0,2	1,0 \pm 0,3	1,0 \pm 0,2
	0,1-0,2	0,8 \pm 0,5	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,4	1,1 \pm 0,3	1,0 \pm 0,5
80	0-0,025	1,2 \pm 0,5	1,6 \pm 0,2	1,7 \pm 0,2	1,6 \pm 0,1	1,4 \pm 0,6
	0,025-0,05	1,0 \pm 0,4	0,7 \pm 0,2	1,2 \pm 0,3	1,1 \pm 0,1	1,1 \pm 0,3
	0,05-0,1	0,8 \pm 0,4	0,4 \pm 0,1	0,7 \pm 0,4	0,9 \pm 0,3	1,1 \pm 0,5
	0,1-0,2	0,5 \pm 0,3	0,6 \pm 0,2	0,5 \pm 0,2	0,7 \pm 0,3	0,7 \pm 0,7
120	0-0,025	1,0 \pm 0,2	1,3 \pm 0,5	1,4 \pm 0,1	1,2 \pm 0,6	1,4 \pm 0,3
	0,025-0,05	0,7 \pm 0,2	0,9 \pm 0,8	1,2 \pm 0,5	1,1 \pm 0,7	1,3 \pm 0,5
	0,05-0,1	0,8 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	0,6 \pm 0,5	1,0 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,8 \pm 0,1	0,7 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	0,8 \pm 0,6	0,9 \pm 0,3
160	0-0,025	1,4 \pm 0,1	1,5 \pm 0,5	1,5 \pm 0,2	1,3 \pm 0,1	1,5 \pm 0,4
	0,025-0,05	1,2 \pm 0,7	0,7 \pm 0,5	0,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,3	0,9 \pm 0,5
	0,05-0,1	0,9 \pm 0,5	0,5 \pm 0,4	0,5 \pm 0,3	1,0 \pm 1,0	0,3 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,6 \pm 0,6	0,6 \pm 0,4	0,4 \pm 0,3	0,5 \pm 0,2	0,4 \pm 0,2

TABELA 9D Alumínio trocável observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol. dm ⁻³				
0	0-0.025	0.2±0.2	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1
	0.025-0.05	0.4±0.5	0.4±0.2	0.4±0.4	0.2±0.1	0.1±0.0
	0.05-0.1	0.3±0.3	0.6±0.4	0.4±0.3	0.3±0.3	0.2±0.1
	0.1-0.2	0.3±0.3	0.8±0.6	0.8±0.6	0.6±0.6	0.2±0.1
40	0-0.025	0.4±0.5	0.2±0.1	0.2±0.0	0.1±0.1	0.1±0.1
	0.025-0.05	0.6±0.5	0.5±0.2	0.4±0.1	0.3±0.3	0.2±0.1
	0.05-0.1	0.9±0.6	0.9±0.4	0.7±0.5	0.3±0.2	0.2±0.2
	0.1-0.2	0.9±0.8	0.7±0.3	1.0±0.7	0.2±0.1	0.4±0.3
80	0-0.025	0.3±0.3	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1	0.2±0.2
	0.025-0.05	0.5±0.3	0.4±0.2	0.4±0.2	0.4±0.1	0.4±0.5
	0.05-0.1	0.8±0.5	0.7±0.5	0.6±0.2	0.7±0.1	0.5±0.8
	0.1-0.2	0.7±0.2	0.6±0.6	0.7±0.6	0.7±0.7	0.5±0.7
120	0-0.025	0.6±0.2	0.4±0.3	0.2±0.2	0.3±0.2	0.2±0.1
	0.025-0.05	0.8±0.8	0.9±0.7	0.3±0.3	0.7±0.5	0.2±0.1
	0.05-0.1	0.8±0.8	0.9±0.7	0.5±0.4	0.9±0.7	0.3±0.1
	0.1-0.2	0.6±0.4	0.8±0.6	0.7±0.4	0.6±0.4	0.4±0.1
160	0-0.025	0.3±0.2	0.3±0.3	0.2±0.2	0.3±0.3	0.2±0.2
	0.025-0.05	0.5±0.3	0.9±0.6	0.7±0.5	0.7±0.7	0.9±0.7
	0.05-0.1	0.5±0.4	1.3±0.5	1.2±0.9	1.0±0.9	1.5±0.5
	0.1-0.2	0.6±0.4	0.8±0.5	1.4±1.1	1.0±0.9	1.4±0.9

TABELA 10D H+Al observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	cmol _c dm ⁻³				
0	0-0,025	4,5 \pm 2,2	4,2 \pm 0,7	3,6 \pm 0,7	3,3 \pm 0,9	2,8 \pm 0,6
	0,025-0,05	5,0 \pm 2,5	5,7 \pm 1,3	5,0 \pm 0,6	3,9 \pm 0,9	3,7 \pm 0,2
	0,05-0,1	4,9 \pm 2,6	6,2 \pm 1,5	5,9 \pm 0,8	4,5 \pm 1,6	4,3 \pm 0,3
	0,1-0,2	4,2 \pm 2,5	6,5 \pm 0,8	6,8 \pm 2,6	5,3 \pm 1,5	4,7 \pm 0,8
40	0-0,025	5,6 \pm 2,8	4,7 \pm 0,3	4,2 \pm 0,5	3,7 \pm 1,1	3,1 \pm 0,2
	0,025-0,05	6,1 \pm 2,4	6,1 \pm 0,8	5,8 \pm 0,4	4,5 \pm 1,4	4,3 \pm 0,3
	0,05-0,1	6,8 \pm 2,8	7,1 \pm 1,4	6,5 \pm 0,8	4,8 \pm 1,4	4,5 \pm 0,5
80	0,1-0,2	6,6 \pm 3,0	6,6 \pm 1,5	6,6 \pm 1,5	4,6 \pm 1,2	4,7 \pm 0,8
	0-0,025	5,1 \pm 1,9	4,7 \pm 0,6	4,3 \pm 0,3	3,7 \pm 0,2	3,4 \pm 1,4
	0,025-0,05	6,4 \pm 1,5	6,3 \pm 1,2	5,8 \pm 0,4	5,2 \pm 0,3	4,3 \pm 1,8
	0,05-0,1	6,6 \pm 1,2	6,9 \pm 1,9	6,1 \pm 0,4	5,8 \pm 0,4	4,9 \pm 1,9
120	0,1-0,2	6,3 \pm 0,7	6,3 \pm 2,2	6,2 \pm 1,7	5,7 \pm 1,2	5,0 \pm 1,8
	0-0,025	5,3 \pm 1,2	5,5 \pm 2,5	4,7 \pm 0,8	4,9 \pm 1,8	3,9 \pm 0,2
	0,025-0,05	6,7 \pm 1,9	7,1 \pm 3,2	5,6 \pm 0,7	5,7 \pm 2,2	4,9 \pm 0,8
	0,05-0,1	6,1 \pm 2,4	6,9 \pm 2,6	6,3 \pm 0,7	6,5 \pm 2,6	5,3 \pm 0,9
160	0,1-0,2	5,1 \pm 2,2	6,3 \pm 2,0	6,6 \pm 1,5	5,2 \pm 2,7	5,6 \pm 0,7
	0-0,025	4,9 \pm 1,2	5,0 \pm 1,4	4,7 \pm 0,8	4,8 \pm 1,4	5,1 \pm 0,9
	0,025-0,05	5,2 \pm 1,4	6,5 \pm 1,8	6,1 \pm 1,0	5,8 \pm 2,7	7,2 \pm 2,0
	0,05-0,1	5,7 \pm 1,3	7,4 \pm 0,9	6,9 \pm 1,9	6,2 \pm 2,6	9,1 \pm 0,6
	0,1-0,2	5,5 \pm 0,9	6,6 \pm 1,2	6,9 \pm 2,6	6,1 \pm 2,0	8,3 \pm 1,8

TABELA 11D Zinco observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
0	0-0,025	4,9 \pm 2,0	2,3 \pm 1,2	3,6 \pm 0,6	4,0 \pm 1,8	4,1 \pm 0,8
	0,025-0,05	3,2 \pm 1,1	2,6 \pm 1,7	3,4 \pm 1,7	3,9 \pm 0,7	3,6 \pm 1,2
	0,05-0,1	3,8 \pm 4,0	3,1 \pm 2,5	3,3 \pm 1,7	7,7 \pm 7,1	3,2 \pm 2,1
	0,1-0,2	1,2 \pm 0,7	1,2 \pm 0,7	3,4 \pm 3,0	3,0 \pm 1,5	1,3 \pm 0,4
40	0-0,025	3,8 \pm 0,5	5,7 \pm 2,7	4,1 \pm 0,8	3,8 \pm 0,5	4,0 \pm 1,6
	0,025-0,05	3,0 \pm 0,6	4,6 \pm 0,8	3,3 \pm 1,3	4,8 \pm 1,3	4,5 \pm 0,9
	0,05-0,1	2,6 \pm 1,1	3,4 \pm 1,4	3,3 \pm 3,3	5,3 \pm 1,5	3,8 \pm 2,5
	0,1-0,2	1,1 \pm 0,5	2,4 \pm 0,8	1,7 \pm 1,4	2,0 \pm 0,6	2,9 \pm 2,3
80	0-0,025	4,9 \pm 2,1	4,6 \pm 1,6	4,5 \pm 1,4	6,0 \pm 1,6	3,7 \pm 1,1
	0,025-0,05	3,3 \pm 1,2	5,5 \pm 3,9	5,3 \pm 1,5	5,6 \pm 1,7	4,0 \pm 2,2
	0,05-0,1	3,3 \pm 1,7	3,4 \pm 1,4	4,6 \pm 2,0	6,1 \pm 1,0	3,5 \pm 0,8
	0,1-0,2	4,5 \pm 4,9	4,1 \pm 3,5	2,2 \pm 1,1	2,1 \pm 0,5	1,6 \pm 0,6
120	0-0,025	4,2 \pm 1,4	3,5 \pm 1,4	4,7 \pm 1,8	4,3 \pm 0,4	4,7 \pm 1,1
	0,025-0,05	3,3 \pm 0,7	5,2 \pm 3,7	4,2 \pm 2,2	5,5 \pm 2,5	5,2 \pm 2,0
	0,05-0,1	3,0 \pm 2,0	4,7 \pm 2,8	6,1 \pm 2,6	5,7 \pm 2,6	2,2 \pm 1,0
	0,1-0,2	1,1 \pm 0,5	2,1 \pm 0,5	3,6 \pm 3,0	1,8 \pm 0,3	2,1 \pm 0,7
160	0-0,025	2,6 \pm 1,6	4,2 \pm 1,1	3,6 \pm 1,1	4,3 \pm 0,9	3,4 \pm 0,8
	0,025-0,05	2,9 \pm 1,9	3,6 \pm 0,7	3,7 \pm 1,5	4,8 \pm 1,3	4,8 \pm 2,5
	0,05-0,1	2,7 \pm 1,5	2,6 \pm 0,5	3,1 \pm 1,5	18,4 \pm 23,4	3,4 \pm 0,9
	0,1-0,2	3,3 \pm 3,7	2,6 \pm 1,6	2,9 \pm 1,8	2,9 \pm 1,3	1,7 \pm 0,5

TABELA 12D Boro observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻³				
0	0-0,025	0,4 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2
	0,025-0,05	0,4 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
	0,05-0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
40	0-0,025	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2
	0,025-0,05	0,4 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,5 \pm 0,2	0,4 \pm 0,2
	0,05-0,1	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2
	0,1-0,2	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
80	0-0,025	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	0,5 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1
	0,025-0,05	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0
	0,05-0,1	0,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0
	0,1-0,2	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
120	0-0,025	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
	0,025-0,05	0,5 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
	0,05-0,1	0,5 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,0	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,0
	0,1-0,2	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
160	0-0,025	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2
	0,025-0,05	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1
	0,05-0,1	0,4 \pm 0,0	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1
	0,1-0,2	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,2	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1

TABELA 13D Manganês observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻¹				
0	0-0.025	31±3	32±14	33±7	34±8	32±4
	0.025-0.05	20±5	18±3	23±11	26±10	22±7
	0.05-0.1	24±8	14±4	20±6	17±7	18±7
	0.1-0.2	21±9	10±2	15±6	16±6	13±4
40	0-0.025	25±6	28±1	28±2	40±13	37±4
	0.025-0.05	16±2	21±1	18±3	27±4	23±2
	0.05-0.1	14±5	14±1	14±3	21±7	21±7
	0.1-0.2	10±4	14±2	13±6	18±3	14±3
80	0-0.025	28±11	35±13	31±5	30±7	35±3
	0.025-0.05	20±5	23±5	22±8	21±6	24±4
	0.05-0.1	18±4	15±1	19±9	15±4	18±9
	0.1-0.2	14±4	14±6	15±9	14±5	16±2
120	0-0.025	34±13	29±5	28±6	30±8	35±12
	0.025-0.05	20±7	19±6	18±3	21±12	24±5
	0.05-0.1	19±7	19±7	17±2	18±7	20±7
	0.1-0.2	16±5	14±6	14±3	18±8	18±5
160	0-0.025	31±10	33±4	35±11	28±6	25±5
	0.025-0.05	24±6	22±7	23±14	22±10	18±4
	0.05-0.1	21±10	16±7	16±8	22±9	12±1
	0.1-0.2	13±6	15±6	13±8	14±6	10±0

TABELA 14D Cobre observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg palhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻¹				
0	0-0,025	1.1 \pm 0.4	0.6 \pm 0.5	0.7 \pm 0.6	1.0 \pm 0.3	0.7 \pm 0.3
	0,025-0,05	0.9 \pm 0.4	0.7 \pm 0.6	1.0 \pm 0.6	1.0 \pm 0.3	0.6 \pm 0.3
	0,05-0,1	0.9 \pm 0.6	0.7 \pm 0.5	0.9 \pm 0.4	1.0 \pm 0.4	0.6 \pm 0.2
	0,1-0,2	0.9 \pm 0.4	0.7 \pm 0.4	0.9 \pm 0.4	1.0 \pm 0.3	0.7 \pm 0.4
40	0-0,025	1.1 \pm 0.5	0.6 \pm 0.4	0.7 \pm 0.3	0.9 \pm 0.4	0.9 \pm 0.4
	0,025-0,05	0.9 \pm 0.2	0.7 \pm 0.3	0.7 \pm 0.4	1.0 \pm 0.3	2.5 \pm 3.2
	0,05-0,1	0.8 \pm 0.4	0.6 \pm 0.5	0.7 \pm 0.4	1.0 \pm 0.3	1.1 \pm 0.4
	0,1-0,2	0.7 \pm 0.5	0.5 \pm 0.4	0.6 \pm 0.5	1.1 \pm 0.5	0.9 \pm 0.3
80	0-0,025	0.9 \pm 0.5	0.7 \pm 0.4	0.9 \pm 0.3	0.9 \pm 0.3	1.0 \pm 0.2
	0,025-0,05	0.9 \pm 0.3	0.7 \pm 0.4	0.8 \pm 0.4	1.0 \pm 0.4	1.0 \pm 0.2
	0,05-0,1	1.0 \pm 0.4	0.7 \pm 0.4	0.7 \pm 0.2	0.9 \pm 0.5	1.1 \pm 0.3
	0,1-0,2	1.3 \pm 0.1	0.7 \pm 0.5	0.8 \pm 0.6	0.9 \pm 0.5	1.0 \pm 0.3
120	0-0,025	0.9 \pm 0.2	0.8 \pm 0.5	0.7 \pm 0.6	1.1 \pm 0.2	0.9 \pm 0.5
	0,025-0,05	1.0 \pm 0.3	0.8 \pm 0.3	0.6 \pm 0.5	1.2 \pm 0.4	0.9 \pm 0.5
	0,05-0,1	1.1 \pm 0.5	0.7 \pm 0.3	0.7 \pm 0.4	1.1 \pm 0.4	1.0 \pm 0.3
	0,1-0,2	0.9 \pm 0.4	0.9 \pm 0.3	0.9 \pm 0.6	1.0 \pm 0.3	1.0 \pm 0.2
160	0-0,025	1.0 \pm 0.2	0.9 \pm 0.2	0.7 \pm 0.5	0.9 \pm 0.2	0.7 \pm 0.3
	0,025-0,05	0.9 \pm 0.2	1.0 \pm 0.2	0.8 \pm 0.5	0.9 \pm 0.2	0.9 \pm 0.2
	0,05-0,1	1.2 \pm 0.2	1.0 \pm 0.2	0.7 \pm 0.6	1.0 \pm 0.7	0.9 \pm 0.1
	0,1-0,2	1.2 \pm 0.6	0.9 \pm 0.2	0.8 \pm 0.4	0.9 \pm 0.4	0.9 \pm 0.3

TABELA 15D Ferro observado \pm desvio padrão (média de três repetições)

N	Profundidade	Mg pulhada ha ⁻¹				
		0	3	6	9	12
kg ha ⁻¹	m	mg dm ⁻¹				
0	0-0.025	46±5	38±5	38±9	41±6	38±4
	0.025-0.05	35±1	35±3	39±8	38±6	36±3
	0.05-0.1	34±7	31±7	34±5	37±11	34±5
	0.1-0.2	27±3	25±4	34±13	33±6	29±6
40	0-0.025	46±6	42±4	44±9	42±4	42±7
	0.025-0.05	40±7	42±6	40±12	37±4	35±7
	0.05-0.1	36±10	36±4	34±9	35±11	34±1
	0.1-0.2	29±8	29±5	30±7	28±5	29±5
80	0-0.025	45±6	44±3	43±8	48±11	42±8
	0.025-0.05	42±10	42±3	43±8	44±10	39±5
	0.05-0.1	37±9	34±5	36±3	41±12	37±6
	0.1-0.2	33±5	28±4	29±3	32±7	32±2
120	0-0.025	48±5	44±10	43±10	45±4	44±6
	0.025-0.05	45±6	35±9	35±6	43±5	45±9
	0.05-0.1	38±6	36±5	35±9	40±9	36±16
	0.1-0.2	31±3	27±1	29±6	30±1	32±6
160	0-0.025	43±3	48±10	47±11	48±7	47±3
	0.025-0.05	39±4	44±5	45±11	49±7	52±6
	0.05-0.1	36±7	34±4	39±11	49±15	43±4
	0.1-0.2	30±4	30±3	31±6	32±4	33±3