

**EFEITO DE RESÍDUOS VEGETAIS DE MILHETO  
(*Pennisetum americanum*) E DA CALAGEM EM ALGUMAS PROPRIEDADES  
FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM NITOSSOLO VERMELHO EM SISTEMA DE  
SEMEADURA DIRETA**

**Cristiano Coneglian<sup>1</sup>; Maria Helena Moraes<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Casa da Agricultura, Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista, Lençóis Paulista, musicaarte@ig.com.br.

<sup>2</sup>Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP

## 1 RESUMO

As alterações nas características físicas no perfil de um Nitossolo Vermelho Distroférico, em função da presença da cobertura vegetal de milheto (*Pennisetum americanum*) com e sem calagem superficial, em sistema de semeadura direta, foram estudadas em experimento conduzido nos anos agrícolas de 1999/2000 e 2000/2001, utilizando-se soja e milho para compor a sucessão de culturas programada. As parcelas de 6 m x 10 m foram constituídas de milheto (*Pennisetum americanum*) e sem milheto como vegetação de cobertura, com uma única aplicação superficial inicial de 3,1 t ha<sup>-1</sup> de calcário na metade de cada parcela, visando obter saturação por bases (V) de 70%, após dessecação do milheto. Foram analisadas algumas propriedades físicas como a densidade do solo, a estabilidade dos agregados, a proporção de agregados > 2 mm, a macro e a microporosidade, e as propriedades químicas que constaram dos macronutrientes Ca e Mg, matéria orgânica, pH do solo e H+Al. Os resíduos vegetais de milheto e a calagem superficial não alteraram a densidade do solo, o diâmetro médio ponderado - DMP, os agregados > 2 mm, a microporosidade e os teores de matéria orgânica do solo, vinte e quatro meses após a implantação do sistema de semeadura direta, para as condições experimentais estudadas. A microporosidade do solo foi afetada significativamente nas camadas inferiores a 0,20 m, no tratamento milheto com calcário. Os teores de cálcio, magnésio e H + Al e os valores de pH do solo sofreram alterações significativas na camada superficial entre 0-0,05 m.

**UNITERMOS:** densidade do solo, porosidade, estabilidade de agregados, cálcio, milheto, plantio direto.

**CONEGLIAN, C.; MORAES, M.H. EFFECT OF MILLET RESIDUES (*Pennisetum americanum*) AND LIMING ON SOME PHYSICAL PROPERTIES OF DISTROFERRIC RED NITOSOL IN NO-TILLAGE SYSTEM**

## 2 ABSTRACT

This work studied alterations of physical properties of a dystroferric red nitosol due to millet (*Pennisetum americanum*) covering, with or without liming, in a no-tillage system during the agricultural years of 1999/2000 and 2000/2001, using soybean and corn as culture succession. 6mx10m plots, with and without millet as vegetal covering, received only one initial superficial application of limestone, 3.1 t ha<sup>-1</sup> in the first half of each plot in order to

obtain 70% base saturation (V), after the desiccation of the millet. Some physical properties as soil density, aggregate stability, > 2 mm aggregate proportion, macro and micro porosity were analyzed whereas the chemical analysis determined Ca and Mg macro nutrients, organic matter, soil pH and H+Al. Millet vegetal residues and surface liming did not alter soil density nor the average weight diameter (AWD), > 2 mm aggregate, soil macro porosity and organic matter content, twenty-four months after the no-tillage system implantation for studied experimental conditions. Soil micro porosity was significantly affected in layers deeper than 0.20 m, in treatment with millet and limestone. Calcium, magnesium and H + Al contents and the soil pH values suffered significant alterations in superficial layer, between 0-0.05 m.

**KEYWORDS:** soil density, porosity, aggregate stability, calcium, millet, no-tillage system.

### 3 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade da agricultura, com a adoção de práticas conservacionistas que minimizem a degradação dos solos e reduzam suas perdas, tem atraído cada vez mais os profissionais da área agrícola para a prática da semeadura direta.

Em virtude das diferenças observadas entre os sistemas de cultivo, conclui-se que para o manejo efetivo do solo em semeadura direta, na maioria dos casos, não poderão ser utilizadas as mesmas estratégias ou medidas adotadas no sistema convencional.

A passagem direta do sistema de preparo convencional para o sistema de semeadura direta, sem o condicionamento prévio do solo, pode comprometer a formação de condições físicas ideais do perfil do solo. Uma das possíveis justificativas para esta migração direta, adotada por muitos agricultores, é o fato das culturas, muitas vezes, não responderem com maiores produtividades à calagem ou adubações nos solos com boa fertilidade.

Um dos fatores críticos da sucessão soja-milho “safrinha” é a realização de operações agrícolas em solos demasiadamente úmidos, visando economia de tempo.

No entanto, a remoção ou não de camadas compactadas, resultantes de manejos anteriores, pode determinar o grau de compactação na superfície do solo e impor limitações em sua produtividade sob sistema de mínima mobilização (Tormena et al., 1998). O valor da densidade em que o crescimento radicular é afetado é diferente em cada solo (Rosolem et al., 1999).

A adoção de sistemas de manejo com menor revolvimento tem proporcionado acúmulo de materiais orgânicos, e uma alteração gradativa positiva na maioria dos atributos do solo. Portanto, a recuperação da estabilidade estrutural das áreas degradadas deve estar associada a um sistema adequado de rotação de culturas, que proporcione continuamente uma cobertura na superfície, por resíduos culturais e por plantas em fase vegetativa (Ros et al., 1997).

Ros et al. (1997), utilizando um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura argilosa submetido a semeadura direta sem incorporação do calcário, observaram uma tendência de menor concentração de agregados na classe de maior diâmetro (9,52-4,76 mm), quando comparado com o campo nativo testemunha, atribuindo o fato à diminuição da estabilidade estrutural e à quebra dos agregados maiores na linha de plantio pelos sulcadores da semeadora.

Amaral & Anghinoni (2001) observaram, em um Argissolo Vermelho distrófico, de textura franco-argilosa, em sistema de semeadura direta consolidado, quanto aos valores de pH e Al trocável, que quando não há incorporação de calcário, ocorre uma importante frente

de neutralização da acidez a partir da superfície do solo, porém, de efeito bastante restrito e ligado à aplicação de calcário efetuada anteriormente. Aos 360 dias após a aplicação do calcário, os valores de pH, Al, Ca e Mg trocáveis sofreram alterações nos 0,04 m superficiais, enquanto os valores de Ca e Mg na solução mostraram alterações apenas nos primeiros 0,02 m.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da palhada do milho e da calagem superficial, em algumas propriedades físicas e químicas do solo, em sistema de semeadura direta, implantado sem prévio condicionamento do solo.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos anos agrícolas de 1999/2000 e 2000/2001, na Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Campus de Botucatu/UNESP, Fazenda Lageado, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo, em área com declividade de 10%, com face voltada para o oeste, sendo a latitude 22°51'S, a longitude 48°26'W Grw, e a altitude de 780 m (Carvalho et al., 1983).

O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, de inverno seco e verão quente e chuvoso, e temperatura média anual de 20°C, com período chuvoso de outubro a março, e seco de abril a setembro (Mello et al., 1994).

O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho Distroférico, textura muito argilosa, segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), e encontrava-se anteriormente preparado de maneira convencional, através de arações e gradagens, sendo a cultura mais antiga o café. Sucederam-se diversas culturas anuais, sendo a última o milho (*Zea mays* L.) no ano agrícola 1997/1998 e, após esta cultura, o solo permaneceu em pousio até o inverno de 1999, quando se cultivou a aveia preta (*Avena strigosa*), também convencionalmente, a qual foi dessecada e rolada juntamente com a vegetação espontânea.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas, medindo 6 m x 10 m, foram representadas pela ausência ou presença de milho (*Pennisetum americanum*) cv. BN2 como cultura para produção de massa vegetal, enquanto as subparcelas de 3 m x 10 m pelo emprego ou não de calagem superficial.

Os tratamentos utilizados foram: sem milho sem calcário (SM), sem milho com calcário (SMC), milho sem calcário (M), milho com calcário (MC) e caracterização inicial da área (INI) antes da aplicação dos tratamentos. Não foram realizadas irrigações suplementares em períodos de seca. A aplicação do calcário, em superfície, nos tratamentos que o incluíam, foi realizada a lanço e manualmente, no primeiro ano de cultivo, dois dias após o rolamento da fitomassa dessecada de milho, na dose de 3,1 t ha<sup>-1</sup>. O calcário utilizado foi o dolomítico, com PRNT = 91%, visando a elevação da saturação por bases para 70%.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. IAC-19 foi cultivada na época de safrinha, e o milho (*Zea mays* L.) cv. AG 9010 em plantio tardio, ambos em toda a área experimental, para compor a sucessão de culturas programadas para o experimento. Tanto a soja como o milho recebeu adubação de plantio, de acordo com o resultado da análise química inicial do solo realizada no ano de 1999, seguindo as recomendações contidas no BOLETIM 100, do Instituto Agrônomo de Campinas (Rajj et al., 1997), para o Estado de São Paulo, esperando-se obter produtividade de 2.500 a 2.900 Kg ha<sup>-1</sup> de soja e 4.000 a 5.000 Kg ha<sup>-1</sup> de milho.

Somente o milho recebeu adubação em cobertura, com aplicação nas entrelinhas de 60 Kg de K<sub>2</sub>O e 60 Kg de N.

A semeadura do milheto ocorreu no início do mês de setembro, para os anos de 1999 e 2000, utilizando-se 20 Kg ha<sup>-1</sup> de sementes e semeadora-adubadora de plantio direto S.H.M, de 15 linhas espaçadas a 0,20 m. Para os dois anos de condução da cultura, utilizou-se dessecação com herbicida aos 55 dias após a semeadura, através da aplicação do herbicida Glyphosate, na dosagem de 4 L ha<sup>-1</sup>, com posterior rolagem, com rolofacas marca DOBRUSQ.

Para a realização das análises químicas e físicas, foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e indeformada, em trincheiras de 0,40 x 0,80 m, nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, com três repetições em cada subparcela, totalizando doze repetições por tratamento, aos vinte e quatro meses após a implantação do experimento. A coleta das amostras se deu durante o período de inverno, no ano 2001.

A densidade do solo (Ds) foi obtida em amostras com estrutura indeformada, utilizando-se anéis de aço inox de bordas cortantes e volume interno de 98 cm<sup>3</sup>, e a densidade de partículas (Dp) foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997).

As classes de agregados foram determinadas através de tamisamento a seco (EMBRAPA, 1997). A retenção de água a 0,006 MPa foi determinada através do método da centrífuga, em amostras previamente saturadas, durante 24 horas, utilizando-se a centrífuga clássica modelo H-14000 pF da Kokusan Enshinki Co. Ltda., na rotação de 800 rpm (Centurion et al., 1997). A microporosidade e macroporosidade foram determinadas utilizando-se os dados obtidos nas determinações de retenção de água.

As análises químicas que constaram da determinação do pH, H+Al, Ca e Mg, seguiram a metodologia de Raij & Quaggio (1983).

Os dados obtidos, para cada camada, foram analisados separadamente através de análise de variância em blocos casualizados, com teste de Tukey a 5 %, utilizando-se para isso o sistema para análise estatística S.A.S. (Statistical Analysis System).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O milheto, no primeiro ano de cultivo e em ocasião que antecedia a dessecação, atingiu 1,4 m de altura, com bom perfilhamento e produção média de 10 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea, independente da presença ou não da calagem. A produção de massa seca no segundo ano de cultivo, devido às condições climáticas desfavoráveis ocorridas na época, ficou em torno de 2,5 t ha<sup>-1</sup>, independente da presença ou não do calcário aplicado em superfície.

A soja, cultivada em “safrinha”, em toda a área, produziu em média 2,2 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca da parte aérea, considerando que não houve diferença significativa entre os tratamentos. O milho, cuja semeadura foi tardia, apresentou crescimento uniforme, cujos resíduos, rolados após a colheita, permaneceram na superfície do solo até o momento da coleta de amostras de solo para análises físicas e químicas.

*Densidade do solo:* Comparando-se os tratamentos, em cada camada, não foram encontradas diferenças significativas entre os valores para densidade do solo (Tabela 1). Sendo assim, não houve influência das condições de cobertura vegetal ou de calagem nesta propriedade do solo, seja de forma isolada ou combinada.

Tormena et al. (1998) encontraram valores semelhantes de densidade para um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso, em um ano de experimentação, sendo que o principal fator das alterações das propriedades físicas do solo foi o tráfego de máquinas na área,

indiferente do método de preparo inicial e da calagem. No presente experimento, a distribuição inicial uniforme da densidade ao longo do perfil, até os 0,40 m de profundidade, com valores médios entre 1,42 e 1,52 kg dm<sup>-3</sup>, indica que, provavelmente, a camada subsuperficial da área experimental encontrava-se compactada, em função de usos anteriores, favorecendo a rápida compactação das camadas superiores, em função da limitação do perfil do solo pelas camadas compactadas em subsuperfície, com acomodação natural das partículas do solo após a interferência de máquinas e implementos agrícolas, conforme comentam os autores citados.

Os valores médios de densidade obtidos encontram-se abaixo do considerado limitante ao crescimento radicular (Kiehl, 1979; Rosolem et al., 1999) para a maioria das espécies, compreendido entre 1,6 e 1,7 Kg dm<sup>-3</sup> para os solos argilosos. Desta forma, as culturas adotadas no experimento puderam se desenvolver sem sérias limitações ligadas à densidade do solo (Ros et al., 1997), provavelmente em condições semelhantes a muitas lavouras comerciais observadas por DeMaria et al. (1999), no Vale do Paranapanema.

**Matéria Orgânica:** Os teores médios de matéria orgânica no solo não diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabela 1). Observou-se que os teores obtidos inicialmente, na ocasião da implantação do sistema de semeadura direta, foram mantidos após 24 meses, em todas as camadas estudadas, e que os resíduos da cultura do milho ainda permaneciam sobre a superfície do solo no momento da coleta das amostras.

**Tabela 1.** Densidade do solo e teores de matéria orgânica em diversas camadas, na caracterização inicial e nos tratamentos após vinte e quatro meses da implantação do sistema de semeadura direta

Tratamentos	Camada de solo (m)							
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- Ds (Kg dm <sup>-3</sup> ) -----				----- M.O. (g dm <sup>-3</sup> ) -----			
INI	1,52a	1,52a	1,50a	1,42a	23,00a	24,00a	22,50a	21,50a
SM	1,47a	1,46a	1,44a	1,35a	25,25a	23,75a	23,00a	21,75a
SMC	1,39a	1,42a	1,41a	1,31a	27,25a	26,75a	25,00a	23,50a
M	1,40a	1,47a	1,46a	1,38a	23,25a	26,25a	25,00a	22,50a
MC	1,39a	1,48a	1,48a	1,43a	27,00a	24,50a	21,50a	20,00a
<b>Valor de F</b>	<b>0,89</b>	<b>1,2</b>	<b>0,90</b>	<b>0,90</b>	<b>0,70</b>	<b>0,41</b>	<b>1,90</b>	<b>0,41</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,5427</b>	<b>0,3792</b>	<b>0,5359</b>	<b>0,5390</b>	<b>0,6748</b>	<b>0,8728</b>	<b>0,1731</b>	<b>0,8740</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>6,20</b>	<b>3,32</b>	<b>3,94</b>	<b>6,20</b>	<b>15,16</b>	<b>15,98</b>	<b>9,30</b>	<b>12,56</b>

Médias seguidas pelas mesmas letras em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. INI: Caracterização Inicial, SM: S/ milho s/ calcário, SMC: S/ milho c/ calcário, M: Milho s/ calcário, MC: Milho c/ calcário.

A manutenção dos valores original dos teores de matéria orgânica está de acordo com os observados por Tognon et al. (1997) e Eltz et al. (1989), indicando uma rápida mineralização dos resíduos vegetais após a rolagem. Diversos autores encontraram um incremento da matéria orgânica em sistemas de semeadura direta (Ros et al., 1997; Cosentino et al., 1998; Silva et al., 2000), principalmente na camada superior do solo, mas, cabe ressaltar que os valores encontrados por eles são resultado de acúmulos em períodos superiores a três anos de experimentação. A reciclagem de nutrientes, oriundos das camadas mais profundas, observada neste trabalho através das tendências apresentadas para alguns elementos, através de seus valores médios, também foi citada por outros autores (Calegari, 2000; Chueiri & Vasconcellos, 2000).

Para as camadas de solo estudadas não houve influência significativa dos resíduos vegetais de milho e da calagem superficial nos teores de matéria orgânica do solo.

*Classe e Estabilidade de Agregados:* Os dados médios obtidos para diâmetro médio ponderado (DMP) e para as porcentagens de agregados > 2 mm não mostram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 2).

As camadas de 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m apresentaram os valores médios de DMP e porcentagem de agregados > 2 mm distribuídos uniformemente, demonstrando que os resíduos vegetais de milho e calagem, em vinte e quatro meses de experimentação, não influenciaram estas propriedades físicas do solo abaixo dos 0,05 m de profundidade.

Para a camada de 0-0,05 m, os dados médios de DMP devem ser analisados com cautela, pois a superfície do solo sofreu freqüentes intervenções das semeadoras, podendo os agregados do solo terem sido destruídos pelos discos de corte e sulcadores da semeadora, comportamento semelhante ao observado por Ros et al. (1997). Embora não tenham sido observadas diferenças significativas de DMP, observou-se a influência sistemática da ação das semeadoras no revolvimento do solo através dos valores médios obtidos.

Silva & Mielniczuk (1998) obtiveram uma melhor distribuição e estabilização dos agregados da camada superficial do solo em sistema de semeadura direta, através da influência da cultura de aveia. Também outros autores como Eltz et al. (1989) e Silva et al. (2000) observaram maior tamanho de agregados neste sistema de cultivo, porém, para períodos superiores a seis anos de experimentação.

**Tabela 2.** Diâmetro médio ponderado, agregados > 2 mm, macroporosidade e microporosidade do solo em diversas camadas, na caracterização inicial e nos tratamentos após vinte e quatro meses da implantação do sistema de semeadura direta

Tratamentos	Camada de solo (m)							
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- DMP (mm) -----				----- Agregados > 2 mm (%) -----			
INI	2,17a	2,25a	2,13a	2,28a	62,04a	64,52a	58,30a	64,26a
SM	1,99a	2,09a	2,42a	2,13a	57,47a	61,40a	74,97a	61,80a
SMC	1,95a	2,06a	2,49a	2,44a	56,36a	60,72a	78,37a	74,56a
M	1,84a	2,24a	2,26a	2,26a	53,24a	67,94a	68,65a	68,10a
MC	1,48a	2,04a	2,37a	2,44a	37,44a	59,03a	73,37a	75,08a
<b>Valor de F</b>	<b>1,37</b>	<b>0,55</b>	<b>0,80</b>	<b>1,11</b>	<b>1,12</b>	<b>0,46</b>	<b>1,18</b>	<b>1,14</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,3027</b>	<b>0,7832</b>	<b>0,6015</b>	<b>0,4156</b>	<b>0,4096</b>	<b>0,8469</b>	<b>0,3833</b>	<b>0,4023</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>20,46</b>	<b>10,98</b>	<b>14,41</b>	<b>9,47</b>	<b>19,48</b>	<b>11,10</b>	<b>14,68</b>	<b>10,77</b>
	----- Macroporosidade (%) -----				----- Microporosidade (%) -----			
INI	8,85a	8,12a	8,36a	9,97a	35,31a	36,54a	37,02 a	35,44 a
SM	9,87a	10,37a	12,35a	11,11a	36,56a	35,67a	34,38 a	35,98 a
SMC	11,48a	9,70a	11,24a	11,18a	34,92a	35,61a	34,19 a	35,41 a
M	11,00a	8,99a	9,37a	11,17a	31,98a	34,01a	33,54 a	33,31 ab
MC	10,90a	10,48a	12,06a	11,75a	31,28a	29,20a	26,44 b	25,63 b
<b>Valor de F</b>	<b>0,28</b>	<b>0,87</b>	<b>1,95</b>	<b>1,05</b>	<b>1,41</b>	<b>2,43</b>	<b>7,96</b>	<b>5,56</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,9491</b>	<b>0,5567</b>	<b>0,1547</b>	<b>0,4499</b>	<b>0,2941</b>	<b>0,0905</b>	<b>0,0014</b>	<b>0,0061</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>19,22</b>	<b>11,12</b>	<b>9,07</b>	<b>9,40</b>	<b>4,96</b>	<b>5,41</b>	<b>3,81</b>	<b>6,03</b>

Médias seguidas pelas mesmas letras em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. INI: Caracterização Inicial, SM: S/ milho s/ calcário, SMC: S/ milho c/ calcário, M: Milho s/ calcário, MC: Milho c/ calcário.

É possível que as plantas e os resíduos vegetais de milho tenham exercido influência gradativa na distribuição e estabilidade dos agregados da camada de 0-0,05 m de solo, através dos mecanismos sugeridos por Kiehl (1979), mas que esta influência não tenha sido capaz de resistir ao impacto mecânico, por ainda não haver estabilidade estrutural suficiente para tal. Ros et al. (1997) constataram a quebra dos agregados pelos sulcadores da semeadora.

Aos vinte e quatro meses de experimentação, as análises do solo não mostraram incremento nos teores de matéria orgânica, mesmo nos tratamentos que incluíam o milho como cobertura vegetal (M e MC), resultados que explicam a ausência de diferenças quanto a estabilidade dos agregados do solo.

*Macro e Microporosidade:* Os resíduos vegetais de milho e a calagem superficial não influenciaram significativamente a macroporosidade do solo (Tabela 2). A microporosidade do solo foi alterada significativamente pelo tratamento com milho e calcário (MC), nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Nestas mesmas camadas de solo, percebe-se uma tendência de aumento da macroporosidade. Essas variações provavelmente possam ser atribuídas ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho e milho.

Observando-se os valores percentuais de microporosidade, para a camada superficial do solo, observa-se uma tendência de diminuição nos tratamentos onde se empregou o milho. Já nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, para o tratamento com milho e calagem (MC), foram encontradas diferenças significativas nos valores encontrados. Esses valores mostram-se coerentes com os valores mais elevados da macroporosidade, embora não tenham sido verificadas diferenças significativas para esta propriedade.

Não houve influência direta dos resíduos vegetais do milho adicionados em superfície e da calagem superficial, mas sim indireta, provavelmente através da influência radicular das plantas na rotação milho-milho, o que estaria de acordo com as constatações feitas por Beutler et al. (2001). O crescimento vegetativo das plantas em condições adequadas de clima, precedido por período de estiagem prolongada no início do ciclo vegetativo do milho, provavelmente favoreceu o enraizamento profundo das plantas nas condições de calagem superficial.

O desenvolvimento radicular das plantas do milho para as camadas inferiores ao provável pé-de-grade e, ou pé-de-arado, com menor densidade do solo, pode ter formado poros contínuos, que puderam ser explorados pelas raízes do milho, conforme comenta Logsdon et al. (1992), citado por Rosolem et al. (1999). Essa influência das raízes na porosidade pode ter favorecido a cultura do milho, que é considerada sensível à resistência do solo à penetração (Rosolem et al., 1999) e à rotação de culturas (Beutler et al., 2001).

O desenvolvimento das raízes do milho pode ser modificado pelas condições do ambiente onde as plantas se desenvolvem (Rosolem et al., 1999), o que pode explicar a queda na porcentagem de microporos para as camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, nos tratamentos onde o milho foi adotado, imprimindo às camadas inferiores do tratamento com milho e calagem (MC) uma distribuição diferente na porosidade do solo.

Beutler et al. (2001) comenta que valores relativamente elevados de resistência do solo à penetração das raízes são admitidos em sistema de semeadura direta, pois as raízes das culturas crescem por canais contínuos deixados pela fauna do solo e pelo sistema radicular decomposto, onde a produtividade média do milho foi maior nos sistemas sob rotação.

Mudanças na macroporosidade podem resultar em um grande impacto na capacidade produtiva de um solo (Amezquita et al., 1998), afetando o sistema radicular das culturas (Tormena et al., 1998). Sendo assim, pode-se inferir que os solos sob sistema de semeadura

direta, manejados com uma adequada rotação de culturas (Ros et al., 1997; Beutler et al., 2001), tendem a apresentar melhores características físicas, químicas, físico-químicas, além das biológicas, mostrando a importância das espécies de cobertura na recuperação gradativa de áreas degradadas pelo uso excessivo de máquinas agrícolas (Eltz et al., 1989; Silva et al., 2000).

*pH do solo e teores de H+Al:* A comparação entre os tratamentos aplicados demonstrou que a aplicação superficial de calcário, sem incorporação no solo, foi capaz de alterar significativamente os valores de pH e os teores de H+Al na camada de 0-0,05 m (Tabela 3).

Nota-se que os valores médios obtidos, embora não significativos, demonstram tendência de influência dos resíduos do milho na elevação do pH e redução dos teores de H+Al do solo na camada de 0-0,05 m, principalmente quando associados ao calcário. Para as camadas inferiores não foram verificadas diferenças significativas para estes parâmetros; para a camada superficial, os resultados estão de acordo com os observados por Miyazawa et al. (1993) e os citados por Kiehl (1985), não ocorrendo, no entanto, o deslocamento do cálcio observado por Caires et al. (2000), para Latossolo Vermelho textura média, e Miyazawa et al. (2000), para Latossolo Roxo e Cambissolo, ambos para o Estado do Paraná.

Moreira et al. (2001), utilizando um sistema de semeadura direta implantado há três anos, também não encontraram diferenças significativas para os valores de pH, Ca e Mg nas camadas inferiores aos 0,05 m superficiais, após um ano da aplicação do calcário em superfície.

É provável que tenha ocorrido reação alcalina (Kiehl, 1985) na camada superficial do solo, com a decomposição dos resíduos de milho em condições aeróbicas. No entanto, os resíduos vegetais de milho têm baixo poder de reação na alcalinização do solo (Cassiolato et al., 1998) e na neutralização da acidez potencial (Miyazawa et al., 2000). Também, os altos valores de densidade do solo, principalmente nas camadas de 0,05 a 0,20 m, a baixa presença de macroporos e os teores elevados de H+Al são os principais responsáveis pela lentidão nas melhorias das propriedades do solo.

Portanto, seria interessante que se analisasse os procedimentos comentados por Schultz (1987), incorporando o calcário ao solo quantas vezes forem necessárias, até uma adequada correção química.

*Cálcio e Magnésio:* As análises estatísticas não foram capazes de detectar diferenças significativas nos teores de cálcio e magnésio, entre os tratamentos, para as camadas de 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, sendo apenas a camada superficial de 0-0,05 m afetada pela aplicação superficial de calcário, aos vinte e quatro meses de experimentação (Tabela 3), o que está de acordo com Moreira et al. (2001).

A mobilidade do cálcio e do magnésio na forma de carbonato é baixa em solos ácidos, sendo que seu caminhar no perfil do solo se deve à formação de complexos organometálicos, e a intensidade destas alterações químicas no solo não só depende da quantidade dos resíduos, mas também da qualidade dos ligantes orgânicos presentes nos resíduos empregados (Miyazawa et al., 2000), as reações perceptíveis ficaram restritas à camada superficial do solo.

No entanto, ao mesmo tempo em que o milho pode ter influenciado um pequeno deslocamento do cálcio para as camadas subsuperficiais, este também pode ter promovido sua reciclagem para a superfície do solo. O fato pode ser percebido através da diferença entre os valores médios obtidos para a camada de 0-0,05 m, nos tratamentos com e sem vegetação, na presença de calcário. Pöttker & Ben (1998) também observaram aumentos dos teores de

cálcio na camada superficial do solo, atribuindo o fato à retirada dos elementos das camadas mais profundas pelas culturas e, conseqüente, reciclagem para a superfície.

A influência significativa do calcário nos teores de magnésio pode ser observada na camada superficial de 0-0,05 m, pelos valores médios deste elemento.

**Tabela 3.** Valores de pH e teores de H+Al, cálcio e magnésio no solo em diversas camadas, na caracterização inicial e nos tratamentos após vinte e quatro meses da implantação do sistema de semeadura direta

Tratamentos	Camada de solo (m)							
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- pH CaCl <sub>2</sub> -----				----- H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----			
INI	4,7 c	5,0a	4,3a	4,3a	42,0 ab	36,0a	63,0a	73,0a
SM	5,0 c	5,0a	4,8a	4,1a	43,5 a	51,0a	57,5a	84,0a
SMC	5,8 ab	5,4a	4,7a	4,1a	25,2 bc	35,5a	50,8a	68,5a
M	5,3 bc	5,0a	4,6a	4,1a	40,5 ab	55,0a	64,0a	90,0a
MC	6,4 a	5,3a	5,2a	4,1a	22,0 c	50,0a	64,0a	88,50a
<b>Valor de F</b>	<b>9,46</b>	<b>0,64</b>	<b>3,82</b>	<b>1,46</b>	<b>4,73</b>	<b>0,97</b>	<b>2,53</b>	<b>1,38</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,7164</b>	<b>0,0277</b>	<b>0,2833</b>	<b>0,0138</b>	<b>0,5011</b>	<b>0,0892</b>	<b>0,3118</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>5,43</b>	<b>11,78</b>	<b>10,57</b>	<b>7,64</b>	<b>18,67</b>	<b>40,92</b>	<b>32,14</b>	<b>24,58</b>
	----- Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----				----- Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----			
INI	22,5 b	22,0a	14,8a	13,5a	10,8 c	12,2a	8,5a	7,0a
SM	29,0 b	35,5a	26,2a	13,5a	16,0 bc	20,0a	16,5a	8,5a
SMC	49,5 a	36,0a	20,5a	11,5a	20,8 ab	17,5a	11,5a	5,0a
M	30,5 b	23,8a	17,8a	8,5a	14,2 bc	10,8a	8,5a	4,5a
MC	62,0 a	26,0a	34,5a	7,0a	23,0 a	14,0a	20,0a	4,5a
<b>Valor de F</b>	<b>11,40</b>	<b>1,15</b>	<b>4,57</b>	<b>1,21</b>	<b>6,53</b>	<b>1,43</b>	<b>3,72</b>	<b>1,87</b>
<b>Pr &gt; F</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,4077</b>	<b>0,0155</b>	<b>0,3774</b>	<b>0,004</b>	<b>0,2934</b>	<b>0,0301</b>	<b>0,1788</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>17,70</b>	<b>44,05</b>	<b>46,95</b>	<b>64,10</b>	<b>16,82</b>	<b>41,73</b>	<b>50,58</b>	<b>54,90</b>

Médias seguidas pelas mesmas letras em cada coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. INI: Caracterização Inicial, SM: S/ milho s/ calcário, SMC: S/ milho c/ calcário, M: Milho s/ calcário, MC: Milho c/ calcário.

## 6 CONCLUSÕES

Os resíduos vegetais de milho e a calagem superficial não alteraram a densidade do solo, o diâmetro médio ponderado - DMP, os agregados > 2 mm, a macroporosidade e os teores de matéria orgânica do solo, vinte e quatro meses após a implantação do sistema de semeadura direta, para as condições experimentais estudadas.

A microporosidade do solo foi afetada significativamente nas camadas inferiores a 0,20 m, no tratamento milho com calcário.

Os teores de cálcio, magnésio e H + Al e os valores de pH do solo sofreram alterações significativas na camada superficial entre 0-0,05 m.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de**

**Ciência do Solo**, Campinas, v. 36, p. 695-702, 2001.

AMEZQUITA, E. et al. Soil physical characteristics under different land use systems and duration on the colombian savannas. In: CONGRES MONDIAL DE SCIENCE DU SOL, 16., 1998, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: Sociedade Internacional de Ciência do Solo, 1998. 1 CD-ROM.

BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 167-77, 2001.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONCECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 161-9, 2000.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura/adubos verdes para formação de cobertura no sistema de plantio direto. In: GRUPO PLANTIO DIRETO. **Guia para plantio direto**. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 30-7.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1983. 95p. (Boletim Técnico, 1).

CASSIOLATO, M. E. et al. Dinâmica de íons no solo manejado com resíduos vegetais. In: FertBIO, 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 358.

CENTURION, J. F.; MORAES, M. H.; LIBERA, C. L. F. D. Comparação de métodos para determinação da curva de retenção de água em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 173-9, 1997.

CHUEIRI, W. A.; VASCONCELLOS, H. P. Dinâmica de nutrientes no plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu-PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 129-30

COSENTINO, D. et al. Relationships between organic carbon fractions and physical properties of an argentine soil under three tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília., v. 33, n. 6, p. 981-986, 1998.

DeMARIA, I. C. et al. Caracterização de lavouras de milho “safrinha” no vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO “SAFRINHA”, 5., 1999, Barretos. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1999. p. 229-38.

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. 259-67, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

MELLO, M. H. A.; PEDRO JUNIOR., M. J.; LOMBARDI NETO, F. Hidrologia, climatologia e agrometeorologia. In: LOMBARDI NETO, F., DRUGOWICH, M. I. (Coord). **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. v. 2, 168 p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 411-7, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do solo por resíduos vegetais. **Informativo. Agrônomo**, n. 92, p. 1-7, 2000. (Encarte Técnico).

MOREIRA, S. G. et al. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 71-81, 2001.

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 675-85, 1998.

RAIJ, B.; QUAGGIO, A. J. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 81, p. 1-31, 1983.

RAIJ, B. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed. rev. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 100, p. 1-285, 1997.

ROS, C. O. et al. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 241-7, 1997.

ROSOLEM, C. A. et al. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília., v. 34, p. 821-8, 1999.

SCHULTZ, L. A. **Manual do plantio direto: técnicas e perspectivas**. 2. ed. Porto Alegre: Sagra, 1987. 124 p.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a

estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 311-7, 1998.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e Qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2485-92, 2000.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de latossolos roxos em sistema de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 271-8, 1997.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 301-9, 1998.