

DEMANDA ENERGÉTICA E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO COM ADUBAÇÃO DE PRÉ-SEMEADURA EM DOIS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO¹

ERICK VINICIUS BERTOLINI² & CARLOS ANTONIO GAMERO³

RESUMO: Com o objetivo de avaliar a produtividade do milho mediante adubação de pré-semeadura e fornecer dados sobre a demanda energética envolvida nas operações de adubação de pré-semeadura e de semeadura em dois sistemas de manejo do solo, foi realizado este estudo. O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, no período de novembro de 2006 a abril de 2007, em Nitossolo Vermelho Distroférico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo do solo (plantio direto e preparo reduzido com escarificação) e as subparcelas pelas formas de adubação (adubação de pré-semeadura realizada na superfície do solo em área total antes da semeadura do milho e adubação convencional). Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias. As análises estatísticas demonstraram que na operação de adubação de pré-semeadura os sistemas de manejo do solo não influíram na força de tração na barra, demanda de potência, capacidade de campo específica, tempo efetivo demandado, consumo específico de energia e no consumo horário de combustível. Apenas o consumo de combustível por área diferiu entre os sistemas de manejo, sendo maior no preparo reduzido. Na operação de semeadura do milho, constatou-se que o sistema plantio direto exigiu menor força na barra de tração, menor demanda de potência, menor consumo específico de energia por área, menor consumo horário de combustível e menor consumo de combustível por área. A adubação de pré-semeadura não alterou a produtividade da cultura do milho quando comparada à forma convencional de adubação.

Palavras-chave: Adubação antecipada, força de tração, plantio direto.

¹ Parte da Tese de Doutorado do 1º autor intitulada: Adubação de pré-semeadura na cultura do milho em diferentes espaçamentos, entrelinhas e manejos do solo.

² Aluno do programa de Pós-Graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP). Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, nº. 1780 - Caixa Postal 237 - CEP 18610-307 - Botucatu/SP – Brasil. E-mail: erickbertolini@yahoo.com.br

³ Orientador e docente do Departamento de Engenharia Rural – FCA/UNESP. Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, nº. 1780 - Caixa Postal 237 - CEP 18610-307 - Botucatu/SP – Brasil. E-mail: gamero@fca.unesp.br.

ENERGY DEMAND AND CORN YIELD WITH FERTILIZER APPLICATION BEFORE SOWING IN TWO SOIL TILLAGE SYSTEMS

SUMMARY: *This study was conducted to evaluate the corn yield with fertilizer application before sowing and provide of the energy demand results involved in the fertilizer application before sowing and sowing in two soil tillage systems. The experiment was carried out at “Faculdade de Ciências Agrônomicas” (FCA), “Universidade Estadual Paulista” (UNESP), Botucatu-SP campus, from November 2006 to April 2007, in a Dystric Nitosol. The experimental design was in randomized blocks with split-plots and four repetitions. The main plots consisted in two soil tillage systems (no-tillage and reduced tillage with chisel plow) and the split-plots of fertilizer application methods (surface fertilizer application before corn sowing and fertilizer application conventional). Obtained results were analyzed by Tukey test at 5% of probability for comparing averages. Statistical analysis showed that fertilizer application before corn sowing the soil tillage systems did not influence the traction force, bar power demanded, effective field capacity, demanded time, energy specific consumption and hourly fuel consumption; the reduced tillage showed higher area fuel consumption. For corn sowing it was observed that no-tillage system showed lower traction force, bar power demanded, energy specific consumption, hourly and area consumption of fuel. Fertilizer application before corn sowing did not affect corn yield in relation to the fertilizer application conventional.*

Keywords: *Anticipated fertilizer application, traction force, no-tillage.*

1 INTRODUÇÃO

No sistema de produção agrícola, a etapa referente ao preparo do solo e implantação das culturas é uma das mais importantes, devido não somente ao seu elevado custo operacional em relação ao custo total do empreendimento, como também, porque sendo a inicial, refletirá no desenvolvimento e na produtividade das culturas (HÅKANSON, 1994). A qualidade dos sistemas de manejo do solo também pode auxiliar ou prejudicar o desempenho das máquinas e implementos agrícolas. Assim, torna-se fundamental avaliar como essas máquinas trabalham em diferentes condições de solo (FURLANI et al. 2005).

Nas últimas décadas, sistemas conservacionistas de manejo do solo, com destaque para o preparo reduzido e o plantio direto, que desagregam menos o solo e mantêm resíduos vegetais na superfície, vêm se expandindo no Brasil. No entanto, o desempenho da cultura do milho sob diferentes sistemas de manejo do solo tem sido bastante variável. Maiores produtividades no sistema plantio direto foram observadas

por Model e Anghinoni (1992), Fernandes et al. (1999), Possamai et al. (2001), Arf et al. (2007) e Fernandes et al. (2007) e menores produtividades nesse sistema foram relatadas por Centurion e Demattê (1992), Furlani et al. (1999), Levien (1999), Kluthcouski et al. (2000), Silveira e Stone (2003), Carvalho et al. (2004) e Piffer (2008). Para Edwards et al. (1988), Uhde et al. (1996) e Hernani (1997), a escarificação é o melhor método de manejo do solo para a cultura do milho. Já Marques (1999), Mahl (2002), Pauletti et al. (2003), Silva (2004) e Bertolini (2005) não observaram influência dos sistemas de manejo do solo sobre a produtividade de grãos de milho.

A produtividade de grãos na maioria das culturas sob diferentes manejos do solo depende, dentre outros fatores, do manejo da fertilidade do solo. A mínima mobilização do solo no sistema plantio direto promove decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, resultando em melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas no solo e podem repercutir na fertilidade do solo e na produtividade das culturas (MOODY et al., 1961). Assim, leva à necessidade de recomendação de adubação e calagem diferenciada para este sistema.

De acordo com Mielniczuk (2005), a maior parte das pesquisas de fertilidade do solo no Brasil foi desenvolvida com preparo convencional do solo, caracterizado por arações e gradagens, sendo necessário rever muitos conceitos em virtude da rápida evolução dos manejos conservacionistas, com ênfase para o sistema plantio direto.

Quando o sistema plantio direto é adotado toda a dinâmica dos nutrientes é alterada, especialmente a do N, pelo aumento da matéria orgânica do solo (MACHADO, 1976; PARRA, 1986; SÁ, 1993) e manutenção da cobertura morta com conseqüente aumento da atividade biológica (CATTELAN; VIDOR, 1990; BALLOTA et al., 1996), com reflexos na sua disponibilidade para os cultivos em sucessão, especialmente os de gramíneas, como o milho (MUZILLI, 1983; SIDIRAS; PAVAN, 1985; AMADO et al., 2000).

A disponibilidade de nitrogênio no solo está vinculada, entre outros fatores, à relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos culturais. De modo geral, em sucessão a gramíneas o milho absorve menos N resultando em menor produtividade de grãos. Isso é atribuído, principalmente, à alta relação C/N das gramíneas, pois no processo de decomposição de seus restos culturais, os microrganismos utilizam grande parte do N mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para o milho (VICTORIA et al., 1992). Vargas et al. (2005) demonstraram que a imobilização microbiana do N foi maior no plantio direto, resultando em menor quantidade de N mineral no solo e em menor acúmulo de N na parte aérea do milho em sucessão à aveia-preta, em comparação com o preparo convencional.

Algumas pesquisas, conduzidas principalmente no Sul do Brasil, têm demonstrado vantagens na aplicação do nitrogênio em pré-semeadura do milho. O principal argumento é que o N pode ser imobilizado momentaneamente pela matéria orgânica presente no sistema, em especial pelos resíduos com alta rela-

ção C/N, e se tornar disponível para a cultura do milho posteriormente nos estádios de maior demanda, pois os fatores que favorecem a mineralização do N retido na fração orgânica – alta temperatura e umidade – são os mesmos que promovem o crescimento do milho (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

A antecipação da adubação de semeadura pode tornar mais rápida a operação de semeadura do milho, aumentando o desempenho operacional das máquinas agrícolas envolvidas no processo, uma vez que se eliminariam as interrupções para o reabastecimento das semeadoras com adubo. Entretanto, a aplicação antecipada de fertilizantes fosfatados, potássicos e nitrogenados depende de uma avaliação experimental criteriosa, especialmente no caso do nitrogênio, pois além do tipo de manejo do solo e da relação C/N dos resíduos vegetais, sua viabilidade também é influenciada pela classe de solo, precipitação pluvial, fonte e forma de aplicação do adubo.

Basso e Ceretta (2000) mostraram que a aplicação de N em pré-semeadura em solo com textura superficial franco-arenosa é uma prática de risco. Já em solo argiloso Sá (1996) observou na região de Campos Gerais no Paraná, onde há distribuição regular de chuvas durante o inverno promovendo a formação de uma espessa cobertura de palha que permanece sobre o solo durante o verão, que a antecipação da aplicação do N não diminuiu a produtividade de milho em relação à aplicação convencional e, em alguns casos, foi até vantajosa.

Bertolini et al. (2008), com o objetivo de avaliar o efeito da antecipação da adubação de semeadura nos sistemas plantio direto e preparo reduzido com escarificação do solo em três cultivares de milho, verificaram que tanto os sistemas de manejo do solo quanto às épocas de adubação não influíram no desempenho da cultura do milho.

Com base no exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade do milho mediante adubação de pré-semeadura e comparar a demanda energética envolvida nas operações de adubação de pré-semeadura e de semeadura em dois sistemas de manejo do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no período de novembro de 2006 a abril de 2007, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Campus de Botucatu, no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A localização geográfica está definida pelas coordenadas 22°51'22" de Latitude Sul e 48°26'08" de Longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 770 metros, declividade média de 6% e exposição face oeste.

Até 1999, para a instalação de culturas anuais, o manejo do solo da área experimental era realizado com o sistema de preparo convencional, caracterizado por uma aração e duas gradagens. No ano de 2000, teve início o sistema plantio direto, com rotação soja e milho no verão e pousio de inverno com a finalidade de se produzir palhada para cobertura do solo a partir da vegetação espontânea. Em 2003 foi conduzido um experimento com adubação de pré-semeadura na cultura do milho, no qual foram instaladas as parcelas com os diferentes sistemas de manejo do solo, plantio direto e preparo reduzido, e subparcelas com as diferentes épocas e formas de adubação, antecipada em superfície e convencional. Em 2004 e 2005 as parcelas com os diferentes sistemas de manejo do solo e subparcelas com as diferentes épocas e formas de adubação foram mantidas, com o cultivo de soja e milho, respectivamente. Em 2006, antes da instalação deste experimento, a cobertura do solo foi composta por capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.), capim-massambará [*Sorghum halepense* (L.) Pers.], rubim (*Leonurus sibiricus* L.), capim-amargoso [*Digitaria insularis* (L.) Fedde], trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), nabica (*Raphanus raphanistrum* L.), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), mamona (*Ricinus communis* L.) e por restos da cultura do milho, com média de 9.895 kg ha⁻¹ de massa seca, 96% de cobertura da superfície do solo e relação C/N de 67/1, sem diferir significativamente entre as parcelas, indicando homogeneidade da área experimental antes da instalação dos tratamentos.

Segundo Cunha e Martins (2009), o clima predominante no município de Botucatu-SP, de acordo com a classificação de Köppen, é tipo Cfa, temperado quente (mesotérmico) úmido, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C. Na Figura 1 estão demonstrados os valores referentes à precipitação pluvial e a temperatura média ocorrida durante o período de condução do experimento.

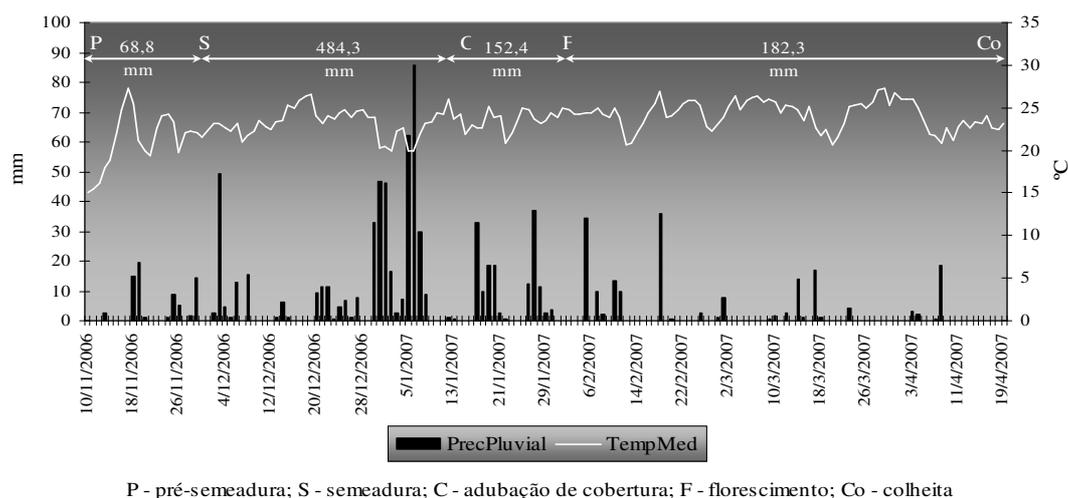


Figura 1 - Temperatura média e precipitação pluvial durante o segundo ano de condução do experimento.

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho et al. (1983) como Terra Roxa Estruturada, Unidade Lageado, atualmente denominado como Nitossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999), de textura muito argilosa. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise química do solo da camada de 0 – 0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.

Tabela 1 - Análise química básica, mais alumínio e enxofre, do solo da camada de 0-0,20 m de profundidade antes da instalação do experimento.

pH	MO	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%	mg dm ⁻³	
5,9	32	58	0	25	6,3	79	33	118	143	82	6

Os equipamentos utilizados para a instalação do experimento foram:

- Trator marca John Deere, modelo 6.600, com tração dianteira auxiliar (TDA), motor John Deere 89 kW de potência e massa de 4.650 kg, utilizado nas operações de adubação de pré-semeadura, escarificação do solo e semeadura do milho;
- Escarificador marca Jan, modelo Jumbo Matic JMAD-7, de arrasto com mecanismo de levante no sistema hidráulico. Equipado com sete hastes parabólicas espaçadas a 0,40 m, comprimento das hastes de 0,43 m, ponteiros reversíveis estreitos de 0,05 m de largura, com ângulo de penetração de 24°, dotadas de sistema de segurança por molas planas. Discos de corte de 18” colocados à frente de cada haste e dois rolos destorroadores/niveladores de ação independente acoplados à parte posterior, cada um medindo 1,5 m de largura por 0,40 m de diâmetro, e 10 barras transversais com saliências, dispostas em forma helicoidal e com possibilidade de regulagem de pressão sobre o solo. Largura de trabalho de 2,40 m e massa de 1.400 kg;
- Distribuidor de fertilizantes e corretivos, marca Nevoeiro, modelo 5.003 S, com sistema de distribuição por queda livre com esteira transportadora acionada pelo rodado, massa de 1.350 kg, capacidade de carga de 3.000 kg, largura útil de 3,20 m e largura total de 4,25 m, utilizado na operação de adubação na pré-semeadura;
- Semeadora-adubadora de precisão, marca Marchesan, modelo PST2, para plantio direto, de arrasto, com seis unidades de semeadura espaçadas a 0,45 m. Discos lisos de corte de palhada colocado à frente de cada linha de semeadura, mecanismo distribuidor de fertilizante do tipo condutor helicoidal, mecanismo dosador de sementes do tipo discos horizontais perfurados, com 28 orifícios. Conjunto de sulcadores tipo discos duplos desencontrados para fertilizantes e sementes, rodas compactadoras em forma de “V” para fe-

chamento de sulco e compactação lateral da semente, com ação de mola e regulagem do ângulo de abertura das rodas, reservatório com capacidade de 725 kg de fertilizantes e 40 kg de sementes por linha, altura do mecanismo dosador de sementes de 0,48 m e massa de 2.206 kg.

O experimento foi constituído por quatro tratamentos resultantes da combinação de dois sistemas de manejo do solo e duas formas de adubação na cultura do milho. Os sistemas de manejo de solo empregados na cultura do milho foram: PD - plantio direto, com dessecação da vegetação espontânea por meio de herbicida; PR - preparo reduzido, caracterizado pela escarificação do solo na profundidade entre 0,25 e 0,30 m com equipamento provido de disco de corte de palhada e rolo destorroador. As formas de adubação da cultura do milho, envolvendo épocas e modos de aplicação do fertilizante, foram: A - adubação de pré-semeadura, caracterizada pela antecipação da distribuição dos fertilizantes da adubação de semeadura, realizada em área total antes do manejo do solo e 20 dias antes da semeadura do milho; S - adubação convencional, realizada pela semeadora-adubadora por ocasião da semeadura do milho.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições, onde as parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo do solo e as subparcelas pelas formas de adubação, totalizando oito parcelas e dezesseis subparcelas. Cada parcela teve dimensões de 20 m de comprimento por 5,4 m de largura, perfazendo uma área de 108 m²; cada subparcela teve 20 m de comprimento por 2,7 m de largura, perfazendo uma área de 54 m². As parcelas foram separadas por carreadores de 10 m de largura, que foram utilizados para trânsito, manobras e estabilização operacional dos diversos conjuntos motomecanizados empregados durante o período de execução do experimento.

A adubação de pré-semeadura e a escarificação foram realizadas no dia 10/11/2006 e a semeadura do milho foi realizada com o híbrido simples 2B710 no dia 30/11/2006, visando uma densidade populacional de 60.000 plantas por hectare. A profundidade de deposição das sementes na operação de semeadura da cultura do milho não teve variação estatística, pois a regulagem da semeadora-adubadora foi realizada especificamente para cada condição de manejo do solo e espaçamento entrelinhas a fim de proporcionar a mesma profundidade de deposição de sementes, que ficou em torno de 5,20 cm.

Com base na análise de solo e de acordo com as recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997), foram aplicados 320 kg ha⁻¹ do adubo formulado 8-28-16 em todos os tratamentos. Quanto à adubação de cobertura, foram utilizados 227 kg ha⁻¹ de uréia, aproximadamente 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, em uma única aplicação, que devido a intensas precipitações pluviais, foi realizada tardiamente, no estágio de 8-9 folhas totalmente expandidas.

A força de tração requerida nas operações de adubação de pré-semeadura e semeadura foi determinada com o auxílio de uma célula de carga instalada entre a barra de tração do trator e o equipamento tracionado em um suporte fixo no trator de forma a mantê-la em posição horizontal e evitar fortes impactos. Os dados de força foram registrados utilizando-se um sistema de aquisição de dados Micrologger 21X

e armazenados em um módulo de armazenamento externo Storage module. Após o processamento, as forças de tração média e máxima foram calculadas e expressas em kgf.

O monitoramento da velocidade de deslocamento nas operações de adubação de pré-semeadura e semeadura do milho foi realizado indiretamente, através da frequência de aquisição de dados (10 Hz) do Micrologger 21 X. A velocidade média foi obtida segundo equação:

$$Vel = \left(\frac{L}{\Delta t} \right) \cdot 3,6 \quad (1)$$

Em que:

Vel = velocidade de deslocamento (km h^{-1});

L = comprimento das subparcelas (20 m);

Δt = tempo para percorrer as subparcelas (s);

3,6 = fator de conversão.

As potências média e máxima exigidas na barra de tração do trator foram calculadas pelas seguintes equações, respectivamente:

$$P = \frac{(Ft \cdot Vel)}{367,09771} \quad (2)$$

Em que:

P = potência média requerida na barra de tração (kW);

Ft = força de tração média requerida na barra de tração (kgf);

Vel = velocidade de deslocamento (km h^{-1});

367,09771 = fator de conversão.

$$P_{\max} = \frac{(Ft_{\max} \cdot Vel)}{367,09771} \quad (3)$$

Em que:

P_{\max} = potência máxima requerida na barra de tração (kW);

Ft_{\max} = força de tração máxima requerida na barra de tração (kgf);

Vel = velocidade de deslocamento (km h^{-1});

367,09771 = fator de conversão.

A capacidade de campo efetiva foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

$$Cce = \frac{(Vel \cdot Le)}{10} \quad (4)$$

Em que:

Cce = capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$);

Vel = velocidade de deslocamento ($km\ h^{-1}$);

Le = largura de trabalho efetiva do equipamento (m).

O tempo efetivo demandado foi obtido pela equação:

$$Ted = \frac{1}{Cce} \quad (5)$$

Em que:

Ted = tempo efetivo demandado ($h\ ha^{-1}$);

Cce = capacidade de campo efetiva ($ha\ h^{-1}$).

O consumo específico de energia por área foi determinado pela equação:

$$Cee = P \cdot Ted \quad (6)$$

Em que:

Cee = consumo específico de energia por área ($kW\ h\ ha^{-1}$);

P = potência média requerida na barra de tração (kW);

Ted = tempo efetivo demandado ($h\ ha^{-1}$).

O consumo de combustível das operações de adubação de pré-semeadura e semeadura foi quantificado por meio de um fluxômetro instalado em um suporte próximo ao filtro de combustível do trator. O gerador registrou uma unidade de pulso a cada mL de combustível que passou pelo mesmo. Contabilizando-se a quantidade de pulsos e o tempo gasto para percorrer as parcelas, o consumo de combustível horário foi calculado pela equação:

$$CCh = \frac{(\sum p \cdot 3,6)}{\Delta t} \quad (7)$$

Em que:

CCh = consumo horário de combustível ($L\ h^{-1}$);

$\sum p$ = somatório de pulsos, equivalente ao somatório de mL de combustível gasto para percorrer as subparcelas (mL);

Δt = tempo gasto para percorrer as subparcelas (s);

3,6 = fator de conversão.

O consumo de combustível por área foi calculado pela equação:

$$CCa = Ted \cdot CCh \quad (8)$$

Em que:

CCa = consumo de combustível por área ($L ha^{-1}$);

Ted = tempo efetivo demandado ($h ha^{-1}$);

CCh = consumo horário de combustível ($L h^{-1}$).

A produtividade de grãos foi obtida colhendo-se manualmente as espigas contidas em 5 m de cada uma das duas linhas centrais das subparcelas, totalizando $4,5 m^2$ de área útil. As espigas coletadas foram debulhadas por uma trilhadora estacionária de cereais e em seguida os grãos foram pesados em balança digital de precisão de 0,01g. Dos grãos trilhados, retirou-se uma amostra para determinação do teor de água de cada subparcela, que foi obtido pelo método da estufa a $105^{\circ}C$ por 24 horas. A produtividade média final das subparcelas foi transformada em quilos por hectare, corrigindo-se o teor de água dos grãos para 13%.

As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Sisvar, versão 5.1. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparar as médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Demanda energética na operação de adubação pré-semeadura na cultura do milho

Os resultados obtidos referentes à demanda energética da operação de adubação de pré-semeadura do milho são apresentados na Tabela 2. A velocidade média de deslocamento na operação de adubação de pré-semeadura foi relativamente baixa, com o propósito de se garantir a uniformidade da distribuição do adubo sobre o solo. Também se verifica que a velocidade para a execução dessa operação não diferiu estatisticamente em função dos sistemas de manejo do solo avaliados. Isto está diretamente relacionado ao fato da adubação de pré-semeadura ter sido realizada antes da mobilização do solo nos tratamentos de preparo reduzido, o que manteve a superfície do solo sem irregularidades, e pela homogeneidade da cobertura vegetal do solo entre os tratamentos. Pelo mesmo motivo, também as forças média e máxima na barra de tração na operação de adubação de pré-semeadura não diferiram entre os sistemas de manejo do solo,

apesar da força média na barra de tração na operação de adubação de pré-semeadura ter sido 22,4 % maior quando realizada em solo escarificado.

Tabela 2 - Resultados das variáveis analisadas referentes à demanda energética obtidos na operação de adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo.

Variáveis analisadas	Plantio direto	Preparo reduzido
Velocidade (Km h ⁻¹)	4,84 A	4,65 A
Força de tração média (kgf)	75,42 A	92,29 A
Força de tração máxima (kgf)	255,54 A	226,98 A
Potência média (kW)	1,00 A	1,17 A
Potência máxima (kW)	3,37 A	2,88 A
Capacidade de campo específica (ha h ⁻¹)	1,55 A	1,49 A
Tempo efetivo demandado (h ha ⁻¹)	0,65 A	0,67 A
Consumo específico de energia por área (kWh ha ⁻¹)	0,64 A	0,79 A
Consumo horário de combustível (L h ⁻¹)	6,72 A	6,85 A
Consumo de combustível por área (L ha ⁻¹)	4,34 B	4,61 A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em função da ausência de diferenças estatísticas para os parâmetros de velocidade de deslocamento e de força média e máxima de tração na barra, as potências média e máxima não diferiram entre os sistemas de manejo do solo na operação de adubação de pré-semeadura, embora a potência média requerida nessa operação ter sido 17% superior no preparo reduzido em relação ao plantio direto. Outro fator a se destacar é o superdimensionamento do trator utilizado, pois como se pode notar a potência máxima requerida foi de 3,37 kW e a potência do trator é de 89 KW.

A capacidade de campo efetiva de um equipamento vem a ser a quantidade real de trabalho produzida na unidade de tempo, sendo diretamente proporcional à variação da velocidade real de deslocamento e da largura real de trabalho. A largura real do equipamento usado para distribuição do adubo em pré-semeadura manteve-se constante (pois foi realizada uma única passada do equipamento por sub-parcela com adubação de pré-semeadura) nos sistemas de manejo do solo estudados. Desta forma, apenas a velocidade média de deslocamento poderia influir sobre os valores de capacidade de campo efetiva. Como a

velocidade não variou entre os manejos do solo, verificou-se que na operação de adubação de pré-semeadura a capacidade de campo efetiva não foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo.

O tempo efetivo demandado é aquele consumido exclusivamente em trabalho produtivo, isto é, tempo em que os órgãos ativos da máquina efetivamente realizam a operação agrícola. Na Tabela 2 se constata que os sistemas de manejo do solo não influíram no tempo efetivo demandado para a realização da operação de adubação de pré-semeadura. Esse resultado está relacionado com os mesmos fatores que influíram na capacidade de campo efetiva, pois o tempo efetivo demandado é função inversa desse parâmetro.

O consumo específico de energia por área na operação de adubação de pré-semeadura não diferiu entre o plantio direto e o preparo reduzido, uma vez que estão relacionados com os parâmetros de potência média na barra e tempo efetivo demandado.

Também se verifica na Tabela 2 que o consumo horário de combustível na operação de adubação de pré-semeadura não diferiu em função dos sistemas de manejo do solo. No entanto, o consumo de combustível por área foi estatisticamente inferior no sistema plantio direto, o que se deve ao reflexo da combinação dos resultados de consumo horário de combustível e de tempo efetivo demandado, que embora não tenham apresentado diferenças estatísticas, foram menores nesse sistema.

3.2 Demanda energética na operação de semeadura do milho

Os resultados obtidos referentes à demanda energética da operação de semeadura do milho são apresentados na Tabela 3. Não foram verificadas diferenças estatísticas na velocidade média de deslocamento na operação de semeadura em função dos tratamentos de manejos do solo, o que pode ser explicado pelo superdimensionamento do trator utilizado para a realização desta operação. O superdimensionamento pode influir significativamente sobre os resultados obtidos, dificultando a visualização de certas diferenças entre os tratamentos estudados. Silva (2004), trabalhando em um Nitossolo Vermelho, obteve maior velocidade de semeadura do milho com espaçamento de 0,45 m entrelinhas no preparo reduzido e com espaçamento de 0,90 m entrelinhas no plantio direto, concluindo que a menor profundidade de deposição de sementes resultou em menor força de tração na barra e, conseqüentemente, maior velocidade de deslocamento na operação de semeadura.

Tabela 3 - Resultados das variáveis analisadas referentes à demanda energética obtidos na operação de semeadura em dois sistemas de manejo do solo.

Variáveis analisadas	Plantio direto	Preparo reduzido
Velocidade (Km h ⁻¹)	5,10 A	5,01 A
Força de tração média (kgf)	839,38 B	1054,33 A
Força de tração máxima (kgf)	1040,63 B	1313,25 A
Potência média (kW)	11,67 B	14,38 A
Potência máxima (kW)	14,47 B	17,92 A
Capacidade de campo específica (ha h ⁻¹)	1,38 A	1,35 A
Tempo efetivo demandado (h ha ⁻¹)	0,73 A	0,74 A
Consumo específico de energia por área (kWh ha ⁻¹)	8,47 B	10,64 A
Consumo horário de combustível (L h ⁻¹)	9,30 B	11,02 A
Consumo de combustível por área (L ha ⁻¹)	6,76 B	8,15 A

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Constata-se que o sistema plantio direto teve menor requerimento de força na barra de tração diferindo-se do preparo reduzido, que proporcionou um aumento de 25,6% e 26,2% nas forças média e máxima, respectivamente. A maior exigência de esforço de tração com a semeadora no preparo reduzido pode ser atribuída à rugosidade superficial do solo decorrente da mobilização realizada pela operação de escarificação. Além disso, o empolamento do solo no preparo reduzido resultou no afundamento dos rodados da semeadora e conseqüentemente, aumentou sua resistência ao rolamento. Também, em Nitossolo Vermelho, Furlani et al. (2004), utilizando uma semeadora-adubadora com seis linhas espaçadas de 0,55 m com sulcadores do tipo haste escarificadora, e Piffer (2008), utilizando uma semeadora-adubadora com quatro linhas espaçadas de 0,90 m com sulcadores do tipo disco duplo para adubo e sementes, observaram que a semeadura em solo escarificado resultou em maior exigência de força na barra em relação ao plantio direto. Entretanto, Mahl et al. (2004), avaliando uma semeadora-adubadora equipada com seis unidades de semeadura com espaçamento entre linhas de 0,45 m e mecanismos sulcadores para adubo e sementes do tipo discos duplos defasados em Nitossolo Vermelho, não verificaram diferença na força de tração entre o plantio direto e o preparo reduzido.

Na operação de semeadura do milho o sistema plantio direto proporcionou menor demanda de potências média e máxima, diferindo-se estatisticamente dos valores observados no preparo reduzido, concordando com os resultados obtidos por Levien (1999) e Piffer (2008) e divergindo de Silva (2004) e Fur-

lani et al. (2005), que não observaram diferenças no requerimento de potência em função dos sistemas de manejo do solo. Salienta-se ainda que a semeadura em solo escarificado, comparada à realizada em sistema plantio direto, promoveu um aumento de 23,2% e 23,8% nas potências média e máxima, respectivamente. Como a velocidade média de deslocamento apresentou valores próximos e não diferiu entre os tratamentos, os resultados observados de requerimento de potência se devem principalmente às diferenças observadas na força de tração na barra, decorrentes das diferentes condições de superfície do solo entre os sistemas de manejo, como explicado anteriormente. Mahl (2002), em Nitossolo Vermelho, verificou que o aumento de velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora provocou o aumento dos valores de potência e que as diferenças estatísticas no requerimento de potência foram semelhantes aos de força de tração na barra.

É importante ressaltar que a operação de semeadura do milho exigiu uma potência máxima de 17,92 kW e o trator utilizado tinha potência de 89 kW, ou seja, foi exigido do trator apenas 20,1% de sua capacidade, indicando o seu superdimensionamento para a realização desta operação.

Em decorrência da invariabilidade da velocidade de deslocamento e da largura de trabalho da semeadora-adubadora, a capacidade de campo efetiva obtida na operação de semeadura do milho não diferiu estatisticamente entre os sistemas de manejo do solo. Mahl (2002), trabalhando em um Nitossolo Vermelho, verificou maior capacidade de campo efetiva na operação de semeadura no sistema plantio direto, em relação ao preparo com escarificação, concluindo que a patinagem dos rodados do trator interferiu neste parâmetro, ou seja, quanto maior o grau de desagregação do solo durante o manejo, menor a capacidade operacional do conjunto motomecanizado. A autora relata ainda que, o aumento da velocidade de deslocamento na operação de semeadura de milho de 4,4 para 8,0 e 9,8 km h⁻¹ permitiu aumentar em 83 e 125% a capacidade de campo efetiva, respectivamente.

Assim como a capacidade de campo, o tempo efetivo demandado para semeadura do milho também não diferiu entre o plantio direto e o preparo reduzido. Esses resultados estão relacionados com os mesmos fatores que influíram na capacidade de campo efetiva, pois o tempo efetivo demandado é função inversa desse parâmetro. Silva (2004) observou que o tempo efetivo demandado na operação de semeadura do milho com espaçamento de 0,45 m entrelinhas foi menor no preparo reduzido, atribuindo esse resultado à maior velocidade de deslocamento obtida nesse sistema de manejo do solo.

O consumo específico de energia por área na operação de semeadura foi superior no preparo reduzido, diferindo-se estatisticamente dos valores observados no sistema plantio direto, concordando com os resultados obtidos por Levien (1999) e Furlani et al. (2004). As diferenças verificadas nos resultados apresentados para consumo específico de energia por área, obtidos na operação de semeadura do milho nos diferentes sistemas de manejo do solo, se devem, principalmente, à potência requerida na barra, pois o tempo efetivo demandado não diferiu em função dos tratamentos e das interações entre eles.

Ainda na Tabela 3, verifica-se que o preparo reduzido proporcionou um consumo horário de combustível 18,5% maior, diferindo-se estatisticamente do sistema plantio direto. Estes resultados podem ser atribuídos a maior força de tração exigida pela semeadora devido à maior resistência ao rolamento em condições de solo escarificado. Também Levien (1999), Mahl (2002), Furlani et al. (2004) e Furlani et al. (2005) observaram menor consumo horário de combustível no plantio direto em relação ao preparo reduzido.

O consumo de combustível por área na operação de semeadura do milho também diferiu entre os sistemas de manejo, sendo maior em solo escarificado, concordando com os resultados obtidos por Levien (1999), Furlani et al. (2004) e Furlani et al. (2005). Nota-se um aumento de 20,6% no consumo de combustível por área no preparo reduzido em relação ao plantio direto.

Diferenças quanto aos valores da demanda energética podem ser atribuídas às variações na classe, granulometria, teor de água e densidade do solo, cobertura e uso anterior, profundidade de trabalho, velocidade de deslocamento, constituição do equipamento empregado e também em relação ao trator utilizado (tipo de tração e de pneus, pressão de inflação dos pneus, potência do motor, massa total e distribuição de peso, composição e temperatura do combustível, bem como alterações no sistema de injeção de um mesmo trator com o decorrer das horas de uso). De acordo com Levien (1999), estes fatores nem sempre estão relatados nos trabalhos científicos, dificultando uma discussão mais aprofundada das causas da disparidade entre os resultados encontrados por diferentes autores.

3.3 Produtividade da cultura do milho

Os resultados da produtividade de grãos de milho estão demonstrados na Tabela 4, onde se pode constatar que os sistemas de manejo do solo não influíram nessa característica. Bayer et al. (1998) observaram que os métodos de preparo do solo não afetaram a produtividade do milho e mencionam que se podem obter benefícios adicionais na conservação do solo com a adoção plantio direto ou preparo reduzido. Marques (1999) verificou que apesar do milho não responder aos sistemas de manejo do solo, quanto à produtividade, o plantio direto mostrou-se mais adequado por apresentar menor consumo de combustível e menor uso específico de energia por área. Levien (1999) verificou que os sistemas conservacionistas, plantio direto e escarificado, apesar de terem promovido menor produtividade da cultura do milho em relação ao sistema convencional, possibilitaram maior retorno financeiro devido aos menores custos de produção.

Tabela 4 - Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) em dois sistemas de manejo do solo e duas formas de adubação.

Formas de adubação	Sistemas de manejo do solo		Média espaçamento
	PD	PR	
Pré-semeadura	9.229 aA	9.475 aA	9.352 a
Convencional	9.674 aA	9.629 aA	9.652 a
Média manejo	9.451 A	9.552 A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna ou de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Piffer (2008) avaliando o desempenho da cultura do milho num Nitossolo Vermelho Distroférico cultivado por oito anos com os mesmos sistemas de manejo do solo, verificou que o plantio direto resultou em menor produtividade devido aos altos valores de densidade e de resistência mecânica à penetração do solo observados nesse sistema. Silveira e Stone (2003), em experimento conduzido por seis anos em um Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram que o preparo com arado de aiveca propiciou maiores produtividades pela não ocorrência dos aspectos negativos da compactação subsuperficial, conhecida como pé-de-grade, que se verifica no preparo com grade pesada e da compactação superficial que ocorre no plantio direto. Porém, segundo os mesmos autores, as diferenças entre o plantio direto e os demais sistemas de preparo do solo, quanto à produtividade acumulada relativa de milho, diminuíram com o tempo de cultivo.

Em muitos casos, a adequação ao sistema plantio direto pode acarretar a uma queda de produtividade nos primeiros anos, atingindo em longo prazo produtividades mais elevadas. Após 25 anos de experimentos com plantio direto Dick et al. (1991), verificaram que as produções da cultura do milho foram menores no plantio direto nos primeiros anos de cultivo, aumentando seu potencial a partir do terceiro ano de implantação do sistema. No entanto, em estudo de 20 anos, Ismail et al. (1994) encontraram maior produtividade de grãos de milho sob preparo convencional nos primeiros 12 anos, o que se inverteu nos anos seguintes, fato atribuído pelos autores à elevação da matéria orgânica no solo sob sistema plantio direto.

Fernandes et al. (1999), num Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram maior produtividade de grãos e palhada na cultura do milho em sistema plantio direto quando comparado com sistemas convencionais com arado de aivecas ou de discos seguidos por gradagens leves e atribuíram os resultados à melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo promovida pelo sistema plantio direto ao longo de oito anos. Fernandes et al. (2007) relatam que entre os anos, a diminuição da produtividade de grãos no preparo convencional e reduzido foi devido à degradação das propriedades físicas do solo, e o aumento da produção no plantio direto devido à estabilidade do solo proporcionada por este sistema.

Ainda na Tabela 4, nota-se que a produtividade de grãos não diferiu estatisticamente entre a adubação de pré-semeadura e a adubação convencional, concordando com os resultados observados por Bertolini et al. (2008). Conforme demonstrado na Figura 1, ocorreu cerca de 68,8 mm de precipitação pluvial no período entre a adubação de pré-semeadura e a semeadura e 484,3 mm da semeadura até a adubação de cobertura, o que não causou diferença na produtividade entre as épocas de adubação.

Basso e Ceretta (2000) verificaram que, em anos com distribuição normal das precipitações pluviométricas, a antecipação da adubação nitrogenada promoveu incrementos na produtividade do milho cultivado em sucessão à aveia-preta no sistema plantio direto. Com o excesso de precipitação pluvial esses autores observaram que a adubação de pré-semeadura resulta em menor produtividade de grãos em consequência da menor quantidade de N absorvido pelas plantas resultante da lixiviação do N mineral no solo. Sá (1996) observou que a aplicação de nitrogênio em pré-semeadura foi vantajosa, mesmo com precipitação de 330 mm entre a adubação de pré-semeadura e a semeadura do milho.

De forma geral, a antecipação da adubação de semeadura para pré-semeadura do milho com distribuição dos fertilizantes na superfície do solo não prejudicou o desempenho da cultura do milho quando comparada à forma convencional de adubação, permitindo maior flexibilidade no período de realização desta operação. A adoção dessa prática traz como vantagem um ganho no rendimento operacional na semeadura do milho, uma vez que se eliminariam as interrupções para o reabastecimento das semeadoras com adubo.

Todavia, o solo no qual foi conduzido o experimento era de alta fertilidade, o que pode ter minimizado as diferenças entre as formas de adubação estudadas. Talvez em um solo de menor fertilidade ou de textura arenosa os efeitos das diferentes formas de adubação no desempenho da cultura do milho fossem mais evidentes. Portanto, a recomendação da adubação de pré-semeadura deve partir de uma avaliação local criteriosa, pois sua viabilidade depende do manejo do solo, das condições edafoclimáticas e da relação C/N dos restos culturais, não podendo ser generalizada.

4 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido e com os materiais e métodos utilizados, os resultados obtidos permitiram concluir que:

- Na operação de adubação de pré-semeadura apenas o consumo de combustível por área diferiu entre os sistemas de manejo, sendo maior no preparo reduzido.

- Na operação de semeadura do milho, constatou-se que o sistema plantio direto exigiu menor força média na barra de tração, menor demanda de potência, menor consumo específico de energia por área, menor consumo horário de combustível e menor consumo de combustível por área.

- A adubação de pré-semeadura não alterou a produtividade da cultura do milho quando comparada à forma convencional de adubação, permitindo maior flexibilidade no período de realização desta operação.

5 AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

5 REFERÊNCIAS

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

ARF, O. et al. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

BALLOTA, E. L.; ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A. Avaliações microbiológicas em sistemas de preparo do solo e sucessão de culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO PLANTIO DIRETO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1996. Ponta Grossa. **Resumos expandidos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1996, v. 1, p. 9-11.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho 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, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 23-28, 1998.

BERTOLINI, E. V. **Adubação de pré-semeadura na cultura do milho em diferentes manejos do solo**. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

BERTOLINI, E. V, et al. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2355-2366, 2008.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V., eds. **Tecnologia de produção do milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

CARVALHO, M. A. C. de et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado: Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrômicas**, Botucatu, n. 1, p. 1-95, 1983.

CATTELAN, A. J., VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 125-132, 1990.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistemas de preparo de solos de cerrado: efeito nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 315-324, 1992.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DICK, W. A. et al. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 1, p. 65-73. 1991.

EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on yield of corn, soybeans and wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 1, p. 76-80, 1988.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FERNANDES, F. C. S.; ALVES, M. C.; SILVA, M. M. da. Produtividade de culturas e atributos físicos de um latossolo afetados pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.6, n.3, p. 297-308, 2007.

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

FURLANI, C. E. A. et al. Características da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função do tipo de preparo do solo e da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 177-186, 1999.

FURLANI, C. E. A. et al. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388-395, 2004.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P. da. Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005.

HÅKANSON, I. Soil tillage for crop production and for protection of soil and environmental quality: a scandinavian viewpoint. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, p. 109-124, 1994.

HERNANI, L. C. Manejo e conservação de recursos naturais da região Oeste do Brasil. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA, CPAO, 1997. p. 39-67. (Circular Técnica, 5).

ISMAIL, I.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. **Soil Science American Journal**, Madison, v.58, n.1, p.193-198, 1994.

KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MACHADO, J. A. **Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo**. 1976. 129 f. Tese (livre-docência) - Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria – RS, Santa Maria, 1976.

MAHL, D. **Desempenho de semeadoras-adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto**. 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.

MARQUES, J. P. **Manejo da vegetação espontânea para implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.) em plantio direto e preparo convencional do solo**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L., eds. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p.165-176.

MODEL, N. S.; ANGHINONI, I. Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 55-59, 1992.

MOODY, J.E.; SHEAR, G.M.; JONES JÚNIOR., J.N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society of America Proceedings**. Madison, v.25, n.6, p.516-517, 1961.

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

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. 94 f. Tese (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 491-495, 2003.

PIFFER, C. R. **Viabilidade da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como planta de cobertura para a cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo**. 2008, 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M. de; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82. 2001.

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

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SÁ, J. C. M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 23 p.

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, p. 249-254, 1985.

SILVA, A. R. B. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, 2003.

UHDE, L. T.; COGO, N. P.; TREIN, C. R. Comportamento da sucessão trevo/milho, em área com e sem pastejo intensivo, sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 493-501, 1996.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SA, E. L. S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 76-83, 2005.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 105-120.