

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DEMANDA ENERGÉTICA DE CULTIVARES DE SOJA SOB EFEITO DOS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO**

LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES<sup>1</sup>, SÉRGIO HUGO BENEZ<sup>2</sup> & PAULO ROBERTO ARBEX SILVA<sup>3</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos preparos: grade intermediária cultivo mínimo e plantio direto nas características agronômicas e demanda energética de cultivares de soja transgênica e não transgênica. O preparo do solo visa à melhoria das suas condições físicas, químicas e biológicas. Objetivando com isso uma boa emergência e desenvolvimento das plantas. Os diferentes tipos de preparo do solo podem interferir nas características agronômicas e produtividade das plantas e no uso de energia, o que pode ocasionar variação nos custos de produção. Plantas geneticamente modificadas podem ser uma das alternativas quanto à redução de custo de produção das lavouras por reduzirem as aplicações de defensivos, possibilitando alta produtividade das mesmas com menor impacto ambiental. O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2010/2011, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, em área cultivada em sistema de plantio direto há 12 anos. O delineamento experimental foi realizado em fatorial 3x2, em blocos casualizados, os tratamentos foram constituídos de três sistemas de preparo de solo, cultivo mínimo, preparo com grade intermediária e plantio direto e dois cultivares de soja: MGBR-46 Conquista (convencional), Valiosa RR (Transgênica). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Com os resultados analisados pôde-se observar que houve diferença significativa entre os tratamentos, nas variáveis, porcentagem de cobertura do solo, população final de plantas de soja, produtividade de grãos e altura de plantas. Os resultados obtidos mostram que o sistema de plantio direto resultou em maior produtividade que o preparo convencional e o cultivo mínimo. O maior uso específico de energia por área foi observado no cultivo mínimo com escarificador, quando comparado ao preparo com a grade. O maior consumo de combustível foi no tratamento cultivo mínimo com escarificador. Os maiores valores de patinação foram encontrados no sistema de cultivo mínimo, sendo maior que no sistema de preparo convencional. É mais satisfatório para o produtor semear a soja transgênica em sistema de plantio direto, pois a produtividade obtida nesse sistema compensa o gasto com combustível.

**Palavras-chave:** Plantio direto, consumo de combustível, cultivo mínimo.

<sup>1</sup> Doutorando do programa de pós-graduação Energia na Agricultura, FCA/UNESP – Botucatu/SP, E-mail: [leandropekiki@hotmail.com](mailto:leandropekiki@hotmail.com)

<sup>2</sup> Prof. do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP – Botucatu/SP, Brasil, E-mail: [benez@fca.unesp.br](mailto:benez@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Prof. do Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP – Botucatu/SP, Brasil, E-mail: [arbex@fca.unesp.br](mailto:arbex@fca.unesp.br)

## AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND ENERGY DEMAND OF SOYBEAN CULTIVARS UNDER TILLAGE SYSTEMS

**SUMMARY:** *The aim of this study was to evaluate the influence of preparation: intermediate grade, minimum tillage and no-till on the agronomic characteristics and energy demand of transgenic soybean cultivars and non-GMO soybeans. Soil preparation aims at improving physical, chemical and biological conditions, aiming at good emergence and plant development. The different types of tillage may interfere with the agronomic characteristics and productivity of plants, and in energy use which can cause variation in production costs. Genetically modified plants can be one of the alternatives for reduction of production costs in crops by reducing pesticide applications, enabling higher productivity with less environmental impact. The test was conducted in 2010/2011 at the agricultural Experimental Farm Lageado, belonging to the Faculty of Agronomic Sciences – UNESP, located in the city of Botucatu, SP in an area using no-till systems for the past 12 years. The experiment was carried out in a 3 x 2 factorial, randomized treatments were comprised of three soil preparation systems, minimum cultivation, intermediate grade preparation and no-till, with two cultivars of soybeans: MGBR-46 Conquest (conventional), Valuable RR (Transgenic). The data obtained was submitted to variance analysis using Tukey test at a 5% probability. With the results analyzed it might be observed that there was no significant difference between treatments, in the variables, the percentage of soil cover, final soybean plant population, grain yield and plant height. The results obtained show that the no-till system resulted in higher productivity than conventional tillage and minimum cultivation. The higher specific energy use per area was observed in minimum cultivation with a chisel plough, when compared to the preparation across the grid. The greatest fuel consumption was to treat minimum cultivation with chisel plough. The highest values were found in the skating system of minimum cultivation, being greater in conventional tillage system. It is more satisfactory for the producer to sow transgenic soy using a no-till system, because productivity retrieved from that system compensates for fuel expenditure.*

**Keywords:** *No-till, fuel consumption, minimal tillage*

### 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da área cultivada, e principalmente com as elevadas produtividades das culturas, a produção agrícola tem apresentado constante crescimento nos últimos anos, principalmente no sentido de aumento do capital dos produtores. Esse desenvolvimento é o reflexo de novas tecnologias nos mais di-

versos setores da área agrícola, principalmente no que se refere ao manejo adequado do solo e na seleção correta das máquinas agrícolas.

O uso e manejo adequado do solo devem proporcionar condições favoráveis para a germinação de sementes, crescimento das raízes e também deve colocar a disposição das culturas, a água e os nutrientes que necessitam, além de contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

Devido aos altos custos de produção na agricultura, vários agricultores estão buscando sistemas de produção e novas técnicas de manejo que reduzam a demanda energética em todas as operações agrícolas. O uso da soja transgênica reduz o número de aplicações com herbicidas promovendo com isso uma redução no uso de energia nos sistemas de produção.

Segundo Landers (1995) a soja é uma das culturas que melhor se adapta em sistema de semeadura direta, na média de várias safras a produtividade da soja em plantio direto equivalem-se as demais técnicas de plantio.

A soja *RR* apresenta alguns benefícios, como: eficiência de controle e flexibilidade de manejo em pós-emergência, dispensa da aplicação de herbicida em pré-emergência, facilidade de adoção da semeadura direta, melhor aproveitamento da área de cultivo, com aumento da produtividade em razão do melhor controle de plantas daninhas, produção mais homogênea e estável, além de ser uma tecnologia de menor custo (Siqueira et al., 2004).

Para selecionar os sistemas de preparo periódico corretamente, devem ser levadas em consideração a demanda energética e características do solo como a textura e umidade. Maiores conhecimentos e domínios destas tecnologias podem levar a redução dos custos de produção das culturas (KICHLER et al., 2007).

Os sistemas conservacionistas de manejo do solo mostraram-se mais eficazes do que o preparo convencional na redução das perdas de solo e água, em relação ao solo sem cultivo; em relação ao preparo convencional, a semeadura direta foi mais eficaz do que o cultivo mínimo na redução das perdas de solo e água; as perdas de solo foram mais influenciadas do que as perdas de água pelos sistemas de manejo do solo. A perda de N no sedimento da enxurrada foi cerca de nove vezes maior no preparo de solo convencional do que nos preparos conservacionistas, (GUADAGNIN et al., 2005).

Carvalho Filho et al. (2007) concluíram que o preparo do solo com o escarificador atende à condição de manejo conservacionista por proporcionar agregados de maior tamanho e por manter elevada quantidade de resíduos na superfície do solo.

O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista em que o plantio é efetuado sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem. Nessa técnica, é necessário manter-se o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais (CRUZ, J.C. et al., 2009).

A semeadura direta, por outro lado, pela redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, associado ao uso de plantas de cobertura, pode preservar e até mesmo recuperar a estrutura do solo, mantendo, dessa forma, o sistema agrícola mais produtivo (Vezzani & Mielniczuk, 2009).

A adesão a essa técnica conservacionista só foi possível devido ao desenvolvimento de máquinas apropriadas, como as semeadoras-adubadoras adaptadas ao sistema de plantio direto, que permitem o corte da palha no momento da semeadura, entretanto a utilização do sistema de semeadura direta associada ao aumento na intensidade do uso do solo tem resultado significativas alterações nas propriedades físicas dos solos (STRECK et al. 2004).

Para Mclaughlin et al. (2008), com uma seleção adequada do sistema de preparo do solo e correta adequação do trator e implemento, obtém-se redução na demanda energética de máquinas agrícolas. Avaliando o consumo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas, Fernandes et al. (2008) concluíram que os sistemas de preparo do solo, com menos operações por área, obtiveram menor consumo de combustível.

Fernandes et al. (2008), avaliando o consumo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas, concluíram que os sistemas com menos operações por hectare obtiveram menor consumo de combustível, destacando a semeadura direta, seguida pelo cultivo mínimo com gradagem leve, vibro escarificador e o preparo convencional, que entre os sistemas estudados teve o pior desempenho.

Segundo Riquetti (2011), o sistema que mais desperdiça energia é o preparo convencional com variedade não transgênica e o de menor gasto energético é o sistema de plantio direto com cultivar transgênica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no ano agrícola 2010/2011, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, localizada no município de Botucatu - SP, na região centro oeste do Estado de São Paulo, tendo como coordenadas geográficas aproximadas de Latitude 22° 51' S e Longitude 48° 26' W de Greenwich, altitude média de 770 metros, declividade média de 4,5% e clima subtropical chuvoso, apresentando inverno seco, tipo Cfa, de acordo com o critério de Köppen.

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico, conforme classificação da Embrapa (1999). Os resultados da análise granulométrica podem ser observados na Tabela 1. Coletou-se uma amostra por parcela na profundidade de 0-20 cm, resultando no final em uma amostra composta.

**Tabela 1** - Análise granulométrica antes da instalação do experimento na profundidade de 0-20 cm.

Areia (g.kg <sup>-1</sup> )	Argila (g.kg <sup>-1</sup> )	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	Textura
165	450	385	Argilosa

Na determinação da profundidade de trabalho dos implementos foi utilizado perfilômetro de superfície com 63 hastes de madeira graduadas e espaçadas a cada cinco centímetros, foram avaliados dois fenômenos decorrentes da operação de equipamentos de preparo do solo com haste: o deslocamento vertical do solo e a sua área mobilizada, na qual efetuou o levantamento do perfil natural, de fundo e de elevação do solo, conforme a metodologia descrita por Lanças (1987).

Primeiramente foram tomadas leituras no perfil superficial do solo, antes da realização dos preparos. Após os preparos, foram realizadas leituras para determinar o empolamento do solo causado pelos equipamentos de preparo; em seguida foi aberto um sulco manualmente com auxílio de um enxadão, removendo-se todo o solo mobilizado pelos órgãos ativos dos equipamentos, para avaliação do perfil subsuperficial do solo, no mesmo local onde foi realizada a leitura do perfil superficial e do empolamento. Para se marcar corretamente e assegurar que as três leituras fossem realizadas no mesmo local, utilizaram-se de duas estacas cravadas no solo, uma em cada lado, que também serviram como apoio a base do perfilômetro.

Na implantação e condução do experimento foram utilizados trator de pneu com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), com potência de 91,48 kW (121 cv) no motor e equipado com um pulverizador com capacidade de 600 L e barra de 14 m trator com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA) com potência de 63,2 kW (86 cv) no motor.

Para realização dos preparos de solo foram utilizados um escarificador, de arrasto, equipado com sete hastes parabólicas, com regulagem que permitiu uma profundidade de trabalho de aproximadamente 0,20 m e uma grade com 20 discos recortados em ambas as seções.

Para determinar a força média na barra de tração utilizou-se uma célula de carga, instalada horizontalmente entre o cabeçalho do implemento e a barra de tração do trator. O equipamento registra a cada segundo de operação o valor da força necessária e no final apresenta os valores somados, correspondente à força no segundo um somada com a força no segundo 2 e assim sucessivamente até o último segundo de operação, assim sendo, se fossem gastos 10 segundos para a realização da operação e a força registrada a cada segundo fosse de 200 kN, a somatória final seria de 2000 kN, que dividido pelo tempo total gasto na operação, resulta numa força média de 200 kN, de acordo com a equação:

$$F_m = \frac{F_i}{\Delta t} \cdot t_c \quad (1)$$

Onde:

$F_m$  = Força média na barra de tração (kN)

$\Delta t$  = Tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

$F_i$  = Somatório do total de força instantânea ao longo da parcela (kN.s)

$f_c$  = Fator de correção da célula de carga

A potência média exigida na barra de tração do trator foi calculada pela equação:

$$P = (F_t \cdot \text{Vel}) / 367,09771 \quad (2)$$

Onde:

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

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

$\text{Vel}$  = velocidade de deslocamento (km h<sup>-1</sup>);

367,09771 = fator de conversão.

A potência máxima requerida na barra de tração do trator foi obtida segundo equação:

$$P_{\max} = (F_{t\max} \cdot \text{Vel}) / 367,09771 \quad (3)$$

Onde:

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

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

$\text{Vel}$  = velocidade de deslocamento (km h<sup>-1</sup>);

367,09771 = fator de conversão.

Na determinação da patinagem dos rodados utilizaram-se geradores de pulsos, os quais realizam conversão de movimentos rotativos ou deslocamentos lineares em pulsos elétricos, gerando 60 pulsos por volta do rodado do trator. Os geradores de pulso dos rodados foram fixados no centro dos rodados.

A patinagem de cada rodado do trator foi determinada pela relação entre o número de pulsos gerados quando o trator operou com carga na barra de tração e o número de pulsos de roda quando operou sem carga na barra de acordo com a equação:

$$\text{Pat} = \frac{\text{NPC} - \text{NPS}}{\text{NPS}} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

$\text{Pat}$  = Patinagem das rodas (%)

$\text{NPC}$  = Número de pulsos gerados com carga na barra de tração

$\text{NPS}$  = Número de pulsos gerados sem carga na barra de tração

Para a aquisição e monitoramento dos sinais obtidos pelos sensores no sistema de alimentação de combustível das máquinas, foi utilizado painel com instrumentos eletrônicos indicadores tipo “MICRO-P”. Foi utilizado o fluxômetro, com precisão de 0,01 L. Este fluxômetro gera um pulso a cada mililitro (ml) de combustível consumido pelo trator.

O consumo de combustível por área trabalhada foi obtido através da relação entre o consumo horário de combustível e a capacidade de campo efetiva, de acordo com a equação:

$$\text{COC} = \frac{\text{CHC}}{\text{CCE}} \quad (5)$$

Onde:

COC = Consumo operacional de combustível (L.ha<sup>-1</sup>)

CHC = Consumo horário de combustível (L.h<sup>-1</sup>)

CCE = Capacidade de campo efetiva (ha.h<sup>-1</sup>)

O consumo horário de combustível foi obtido por meio dos valores de pulsos registrados para percorrer toda a parcela. Cada pulso registrado equivale a um mililitro de combustível consumido pelo trator para realizar determinada operação, sendo determinados pela equação a seguir:

$$\text{CHC} = \frac{\text{Tp}}{\Delta t} . 3,6 \quad (6)$$

Onde:

CHC = consumo horário de combustível (L.h<sup>-1</sup>)

Tp = somatório de pulsos registrados para percorrer a parcela experimental

Δt = tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

3,6 = fator de conversão de ml.s<sup>-1</sup> para L.h<sup>-1</sup>

A velocidade média foi obtida através do tempo, em segundos, gastos para percorrer todo o comprimento total da parcela, de 20m, de acordo com a equação:

$$\text{Vel} = \frac{\text{L}}{\Delta t} . 3,6 \quad (7)$$

Onde:

Vel = Velocidade de deslocamento do conjunto trator/implemento (km.h<sup>-1</sup>)

L = Comprimento da parcela experimental (m)

Δt = Tempo gasto para percorrer a parcela experimental (s)

3,6 = Fator de conversão de m.s<sup>-1</sup> para km.h<sup>-1</sup>

O início da coleta dos dados era realizado após a estabilização do conjunto, não sendo consideradas as perdas de tempo com manobras.

A capacidade de campo efetiva foi calculada em função dos valores de área útil de parcela e o tempo necessário para percorrê-la, de acordo com a fórmula:

$$\text{CCE} = \frac{\text{Aup}}{\Delta t} . 0,36 \quad (8)$$

Onde:

CCE = Capacidade de campo efetiva ( $\text{ha.h}^{-1}$ )

$A_{up}$  = Área útil de parcela trabalhada ( $\text{m}^2$ )

$\Delta t$  = Tempo gasto para percorrer a parcela (s)

0,36 = Fator de conversão de  $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  para  $\text{ha.h}^{-1}$

O tempo efetivo demandado foi calculado pela equação:

$$T_{ed} = 1 / C_{ce} \quad (9)$$

Onde:

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

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

O uso específico de energia por área foi determinado segundo equação:

$$U_{ee} = P \cdot T_{ed} \quad (10)$$

Onde:

$U_{ee}$  = uso específico de energia por área ( $\text{kWh há}^{-1}$ );

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

$T_{ed}$  = tempo efetivo demandado ( $\text{h há}^{-1}$ ).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 6 tratamentos e 4 repetições em que os fatores foram três sistemas de preparo de solo e uma cultivar de soja convencional e outra transgênica. Os tratamentos eram: cultivo mínimo com soja convencional (CMC), cultivo mínimo com soja transgênica (CMT), o preparo convencional com soja convencional (PCC), preparo convencional com soja transgênica (PCT), plantio direto com soja convencional (PDC) e plantio direto com soja transgênica (PDT), em esquema fatorial  $3 \times 2$ , no total o experimento era composto por 24 parcelas experimentais.

As parcelas foram dimensionadas com 20 m de comprimento e 3,5 m de largura total, espaçadas 15 m uma da outra para realização das manobras necessárias e estabilização do conjunto tração/implemento.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Quando o teste F mostrou-se significativo a 5% de probabilidade foi aplicado o teste de Tukey para comparação entre as médias a 5% de probabilidade. Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico STAT.

Para quantificar a produtividade média dos grãos, foram colhidas manualmente plantas em 2 metros de linha nas 3 linhas centrais da parcela. As amostras foram debulhadas manualmente e pesadas em uma balança de precisão marcadas com precisão de 0,1 kg, e posteriormente foram retiradas às amostras para a determinação da umidade dos grãos que foi corrigido para 13 %.

Foi realizada a avaliação da população inicial, utilizando-se três linhas de dois metros de comprimento por parcela, 20 dias após a semeadura. A população final de plantas de soja foi determinada no



mesmo local da população inicial, contando-se as plantas existentes nesta mesma área no momento da colheita.

Para determinar o diâmetro de haste utilizou-se um paquímetro de 0,1 milímetros de precisão, efetuando a leitura a cinco centímetros da superfície do solo. Na determinação das alturas, utilizou-se uma trena graduada em centímetros, sendo efetuadas as leituras da altura da planta da superfície do solo até o ápice da planta de soja, já altura de primeira vagem foi pelo método que consiste na leitura da superfície do solo até a inserção da primeira vagem na planta.

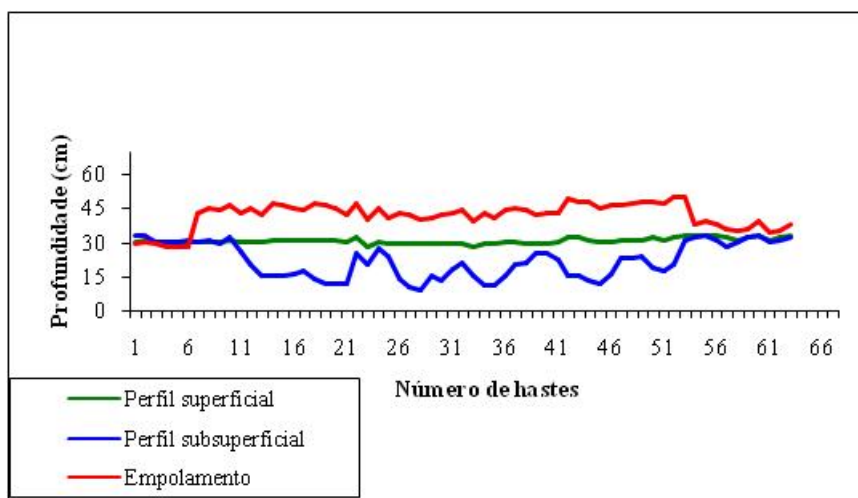
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2 são representados graficamente os perfis do solo mobilizado nos sistemas de manejo com preparo convencional e cultivo mínimo, respectivamente. É possível observar que no perfil subsuperficial a operação com escarificador atingiu uma maior profundidade de trabalho.

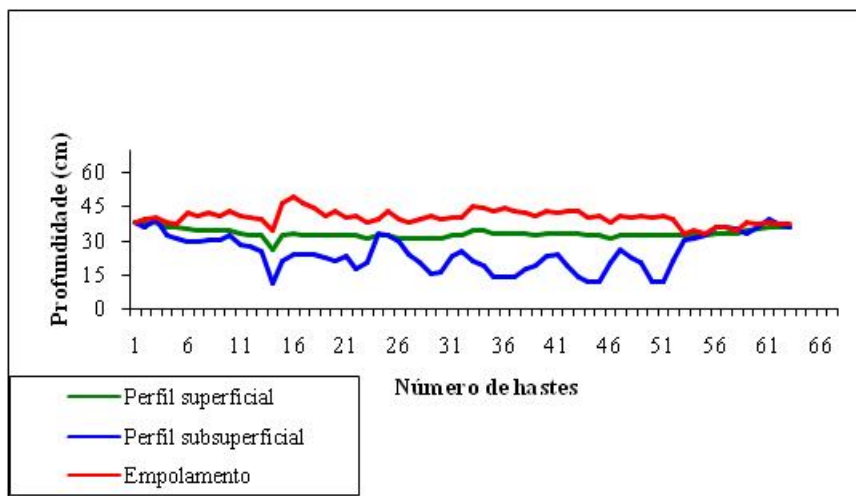
A operação realizada com a grade intermediária apresentou maior empolamento do solo quando comparada com o escarificador, o que aumenta o volume de solo aumentando a sua aeração.

Carvalho Filho et al. (2007), trabalhando com preparo do solo verificou que o escarificador promoveu um baixo empolamento, o que atende à condição conservacionista, resultado semelhante a este trabalho, onde o escarificador promove um menor empolamento quando comparado a grade.

Piffer (2008), utilizando um perfilômetro de superfície constatou também que a grade apresentou um maior empolamento quando comparado ao escarificador, devido à profundidade de trabalho dos equipamentos de manejo do solo.



**Figura 1** - Representação gráfica do solo mobilizado no tratamento com preparo convencional, utilizando grade intermediária.



**Figura 2** - Representação gráfica do solo mobilizado no tratameto com cultivo mínimo, utilizando escarificado

Na Tabela 1 são apresentados os valores da população inicial da cultura da soja. Observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Já a emergência das plantas de soja ocorreu devido a uma boa condição de teor de água no solo devido a ocorrência de uma chuva de boa intensidade 3 dias antes da sementeira.

Reis et al. (2007) também não encontraram diferença estatística em seu experimento para os valores de população inicial, dados semelhantes aos encontrados por Coan et al. (1982) que analisando os efeitos dos preparos do solo não encontraram diferenças significativas na quantidade de plantas por hectare.

Contudo observa-se uma população de plantas muito baixa em todos os tratamentos, já que a semeadora estava regulada para uma população de 355.555 plantas por hectare. Isso se deve provavelmente ao fato de ter ocorrido selamento superficial nas parcelas experimentais, pois no dia da sementeira ocorreu uma chuva de 40 mm e logo depois um período de 7 dias sem chover.

Na população final houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, observando maior população para o tratamento com cultivo mínimo e menor para o tratamento com preparo convencional, que pode ser justificado pela falta de cobertura do solo neste tratamento, reduzindo o teor de água no solo devido à evaporação.

Na avaliação de altura de inserção de primeira vagem para os diferentes sistemas de preparo do solo não foram observadas diferenças estatísticas, demonstrando que os preparos não influenciam nas características agrônômicas em questão, o mesmo resultado foi encontrado por Lima (2010) onde os preparos também a altura de inserção da primeira vagem.

A cultivar transgênica obteve maior altura de planta em relação a sua isogênica convencional o que pode ter ocorrido devido a sua menor população final de plantas já ela sofre influencia quando há maior ou menor densidade de plantas por metro devido ao maior desenvolvimento vegetativo da planta.

A altura de plantas para a cultura da soja é uma característica importante a ser observada já que plantas altas podem acamar em lugares de ventos muito fortes e plantas com porte muito baixo restringe o desempenho das máquinas agrícolas na colheita.

Recomenda-se no Brasil cultivares de soja com altura média entre 60 a 110 cm para alta produtividade, mas também para elevado rendimento operacional da colhedora, para um elevado rendimento operacional da colhedora e uma mínima perda na colheita da soja Valadão Junior et al. (2008) recomendam que, em terrenos planos, as cultivares de soja devem apresentar altura da primeira vagem igual ou superior a 10,0 cm.

Nota-se que não houve diferenças estatísticas para o diâmetro de haste quando comparados os sistemas de preparo do solo, o mesmo comportamento foi encontrado por Seki (2010), não havendo diferenças estatísticas entre os tratamentos, evidenciando que o preparo do solo não influencia no diâmetro de haste das culturas.

**Tabela 1** - Características agrônomicas da cultura da soja nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Características agronômicas					
	Pop. inicial	Pop. final	Produtividade (kg)	Alt. Plan (cm)	Alt. Vagem (cm)	Diâm. De haste
PDC	268814 A	255222AB	3.953,75 A	83,00 AB	21,25 A	8,4
PDT	279296 A	269111 A	2.981,50 B	93,50 A	21,50 A	7,1
CMC	276851 A	266333 A	3.138,75 B	88,00 A	22,00 A	7,6
CMT	273740 A	258629 AB	3.462,75 AB	72,25 AB	22,70 A	7,5
PCC	255111 A	243185 B	3.230,50 AB	87,50 A	21,50 A	7,4
PCT	257703 A	237037 B	2.989,50 B	91,90 A	22,00 A	7,8
CV (%)	9,86	6,17	13,76	5,65	8,92	7,67

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nos resultados de produtividade para a cultura da soja, observa-se que houve diferença estatística entre os tratamentos destacando a maior produtividade para o sistema de plantio direto com soja conven-

cional e a menor produtividade para o sistema de plantio direto com soja transgênica. A maior produtividade encontrada foi 12,41 % maior do que a cultivar transgênica no sistema de cultivo mínimo.

Souza et al. (2010) avaliando a produtividade da cultura da soja em diferentes sistemas de preparo do solo não encontraram diferenças estatísticas significativas e observa que a não diferenciação significativa entre os sistemas de manejo comprova que o solo, mesmo apresentando certo grau de compactação, não influenciou na produtividade.

Reis et al. (2007) que avaliaram a produtividade de grão de soja em diferentes sistemas de manejo, não encontraram diferenças significativas entre os sistemas de preparo do solo.

Na Tabela 2 são apresentados os dados obtidos em relação à patinagem dos rodados do trator com os diferentes tratamentos para preparo do solo, observa-se maior patinagem no sistema de cultivo mínimo, pois há maior requerimento de força de tração na barra.

Riquette (2011) afirma que nos preparos convencional e cultivo mínimo há maior penetração dos mecanismos sulcadores no solo e uma maior resistência ao rolamento no solo mobilizado.

**Tabela 2** - Patinagem dos rodados do trator para os tratamentos cultivo mínimo (escarificador) e preparo com grade.

Tratamentos	Patinagem dos rodados (%)		
	Traseiros	Dianteiros	Média
Cultivo Mínimo (Escarificador)	8,61 A	8,65 A	8,63
Preparo com grade	5,54 B	5,57 B	5,51

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em estudo realizado Seki (2010) obteve maiores valores de patinagem quando o solo foi escarificado a 0,30 m, o mesmo autor escarificando a 0,20 m encontrou valores na de patinagem de 20,6%, valor muito acima do encontrado neste trabalho.

Para a ASAE (1992) os valores de patinagem dos rodados para solos firmes devem estar entre 8 a 10%, a operação com escarificação conseguiu ficar na média estabelecida pelo órgão.

Na tabela 3 estão os valores de velocidade de trabalho, capacidade de campo efetiva, consumos horário e operacional de combustível para os tratamentos com preparo convencional (grade) e cultivo mínimo (escarificador), observa-se que não houve diferença estatística para a velocidade de trabalho e para a capacidade de campo efetiva.

Silva (2004) em experimento realizado observou diferença estatística na capacidade de campo efetiva, encontrando valores de 1,10 e 0,42 h há<sup>-1</sup>, para o preparo com escarificador e para o preparo convencional. Resultado diferente do encontrado nesse experimento, isso se deve ao numero de operações realizada para cada tratamento, pois nesse experimento só foi feita uma operação de gradagem no preparo convencional e uma passada do escarificador, no cultivo mínimo.

Os valores de velocidade de trabalho foram muito semelhantes em todos os conjuntos analisados, o fato da ocorrência desses resultados que podem ter acontecido porque nas operações a potência utilizada pelo trator foi maior do que realmente era necessária, onde a escarificação que é a operação que demanda maior potencia foi realizada a apenas 0,20 m de profundidade.

Furlani (2005) observou em seu estudo que houve diferença de capacidade de campo entre os sistemas de preparo do solo, onde o plantio direto (1,55 ha.h<sup>-1</sup>) superou o preparo convencional (1,50 ha.h<sup>-1</sup>), seguido do cultivo mínimo (1,40 ha.h<sup>-1</sup>).

Na avaliação do consumo de combustível é possível notar que houve diferença estatística com um maior consumo para a operação de cultivo mínimo, pois esta operação demanda uma maior força na barra de tração.

**Tabela 3** - Velocidade de trabalho, Capacidade de campo efetiva, Consumo Horário de Combustível e Consumo Operacional de combustível para os tratamentos cultivo mínimo (escarificador) e preparo convencional (grade).

Tratamentos	Vel. (km.h <sup>-1</sup> )	CCE (ha.h <sup>-1</sup> )	CHC (L.h <sup>-1</sup> )	COC (L.ha <sup>-1</sup> )
Cultivo Mínimo (escarificador)	4,22 A	1,21 A	17,96 A	15,62 A
Plantio Convencional (grade)	4,56 A	1,18 A	13,84 B	12,34 B
CV (%)	5,76	3,40	2,20	1,90

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nota-se que a força média na barra de tração (tabela 4) apresentou diferença significativa grande quando comparado os dois conjuntos, trator/grade e trator/escarificador. Observa-se também valores baixos de força não chegando a 15,00 (kN), isso ocorreu porque ao realizar os preparos o solo estava com um teor de água elevado.

Seki (2010) em experimento realizado em Nitossolo Vermelho Distroférico encontrou valores muito superiores ao encontrado neste trabalho, mesmo trabalhando com escarificação a 0,20 m em duas

épocas distintas obteve valores de força média e força máxima de 33,87 kN (3.456 kgf) e 41,87 kN (4.272 kgf) respectivamente para a primeira época e 35,84 kN (3.657 kgf) e 43,33 kN (4.421 kgf) respectivamente para a segunda época.

Observa-se uma maior potência quando usa o escarificador comparado com a grade, resultado semelhante ao encontrado por Piffer (2008) que observou que o escarificador demanda uma potência máxima 18% superior a da grade pesada.

Silva (2004) em seu trabalho encontra valor de 39,34 kW de potência média na operação de preparo reduzido com escarificador, resultado muito acima do encontrado nesse trabalho em que a potência média no preparo com escarificador ficou em 17,54 kW.

**Tabela 4** - Força máxima, força média, potencia máxima, potencia média, tempo efetivo demandado e uso específico de energia por área para os tratamentos cultivo mínima (escarificador) e preparo convencional (grade).

Tratamentos	F Max (kN)	F Med	P Max (kW)	P Med (kW)	Tempo efetivo demandado (h ha <sup>-1</sup> )	Uso esp. Energia/Área (kWh ha <sup>-1</sup> )
Preparo Convencional (grade)	23,54 B	11,48 B	30,07 B	14,66 B	0,85 A	12,46 A
Cultivo mínimo (escarificador)	26,85 A	13,62 A	35,60 A	17,54 A	0,83 A	14,58 B
CV (%)	2,45	3,54	3,78	4,02	3,87	2,78

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores de tempo efetivo demandado para os tratamentos com grade (plantio convencional) e escarificador (cultivo mínimo), nota-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos, esse resultado está totalmente relacionado com a capacidade de campo efetiva já que o tempo efetivo demandado é função da variação desse parâmetro.

O resultado encontrado é diferente da avaliação feita por Marques (2002) que em seu experimento encontrou diferença estatística no tempo efetivo demandado quando comparou o plantio convencional com o cultivo mínimo.

Os resultados referentes ao uso de energia por área notam que o cultivo teve um maior consumo de energia quando comparado com o plantio convencional, isso pode ser explicado porque no tratamento com plantio convencional foi usada apenas uma passagem de grade, com isso como o cultivo mínimo com

escarificador demanda maior potência na barra de tração do trator esse tratamento obteve maior consumo de energia.

Esse resultado se deve a capacidade de campo e que a potencia exigida para cada tratamento, o resultado encontrado nesse trabalho diferencia-se de outros autores, pois em outros experimentos foi passado duas gradagens e com isso o uso de energia no plantio convencional foi estatisticamente superior ao cultivo mínimo com escarificador.

#### 4 CONCLUSÕES

Depois das análises dos resultados e de acordo com as condições em que o ensaio foi instalado, pode-se concluir que:

A população inicial não foi influenciada pelos preparos do solo, porém observa-se que o selamento superficial interferiu na emergência das plantas, onde foi constatada uma população inicial abaixo da desejada.

O maior valor de produtividade encontrado foi no sistema de plantio direto onde foi superior ao Cultivo mínimo e plantio convencional, respectivamente.

A altura de inserção de primeira vagem e diâmetro de haste não foram influenciados pelos sistemas de preparo do solo.

O sistema plantio direto requer menor consumo operacional de combustível em relação ao sistema de cultivo mínimo e convencional.

O sistema de maior dispêndio energético foi o cultivo mínimo com escarificador, justificado pelo fato de no plantio convencional foi utilizado apenas uma gradagem.

#### 5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. In: \_\_\_\_\_. **ASAE standards 1992: standards engineering practices data**. St. Joseph, 1992. p.105.

CARVALHO FILHO, A. et al. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 27, n. 1, p. 229-237, 2007.

CRUZ, J. C. et al. Avaliação de sistemas de produção de milho na região de Sete Lagoas, MG. **Circular Técnica**, Sete Lagoas, n. 123, p. 1-6, dez. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1999/2000**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. p. 226.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M. da; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

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, ago. 2005.

GUADAGNIN, J. C. et al. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 277-286, abr. 2005.

KICHLER, C. M. et al. Spatially monitoring tractor performance to evaluate energy requirements of variable depth tillage and implement selection. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Saint Joseph, n. 071028, 2007. 10 p.

LANÇAS, K. P. **Subsolador**: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiros e velocidade de deslocamento. 1987. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

LANDERS, J. N. **Fascículos de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 1995. 261 p.

LIMA, C. L. R. et al. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n.1, p. 89-98, jan. 2010.

MARQUES, J. P. **Efeito dos sistemas de manejo do solo e da cobertura de entressafra na cultura da soja (*Glycine max* L.)**. 2002. 203 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MCLAUGHLIN, N. B. et al. Energy inputs for conservation and conventional primary tillage implements in a clay loam soil. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 51, n. 4, p. 1153-1163, 2008.

PIFFER, C. R. **Viabilidade da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como planta decobertura para a cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo**. 2008. 192 f. Tese (Doutorado em Agrono-



mia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

REIS, G. N. et al. Avaliação do desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob diferentes sistema de preparo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 228-235, 2007.

RIQUETTI, N. B. **Efeito do manejo de solos nos parâmetros agronômicos e energéticos de híbridos de milho transgênico e não transgênico**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SEKI, A. S. **Demanda energética de produtividade da soja e do milho em áreas de plantio direto e cultivo mínimo**. 2010. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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 Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SOUZA, F. R. et al . Atributos físicos e desempenho agronômico da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, dez. 2010.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. **Trabalho no cultivo de grãos e oleaginosas: máquinas para manejo de coberturas e semeaduras no sistema plantio direto**. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88p.

STRECK, C. A. et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 34, n.3, p.755-760, 2004.

VALADÃO JÚNIOR, D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Coritiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p.743-755, 2009.