



## DESEMPENHO OPERACIONAL E PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DO CRAMBE NOS PREPAROS CONVENCIONAL E REDUZIDO DE SOLO

---

Fernando João Bispo Brandão<sup>1</sup>, Antonio Renan Berchol da Silva<sup>2</sup>, Magnun Antonio Penariol da Silva<sup>3</sup>, Felipe Carlos Spnesck Sperotto<sup>4</sup>

1. Pós-Graduando em Agronomia (Energia na Agricultura) Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (fernando.bispo@fca.unesp.br)
2. Professor Doutor de Agronomia da Universidade Federal do Mato-Grosso
3. Pós-Graduando em Agronomia (Energia na Agricultura) Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho
4. Pós-Graduando em Agronomia (Energia na Agricultura) Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho

---

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

---

### RESUMO

O desempenho operacional das máquinas e implementos agrícolas é importante no diagnóstico do sistema de manejo de solo com menor demanda energética e custo de produção agrícola. Objetivou-se pelo presente estudo definir, por parâmetros agronômicos e pelo desempenho operacional de máquinas e implementos agrícolas, o sistema de manejo de solo mais adequado para o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultura que surge com potencial de uso como matéria-prima na produção de biodiesel. Os manejos de solo avaliados foram o preparo convencional formado por duas operações de gradagem intermediária seguida de duas gradagens leves e preparo reduzido constituído por uma operação de escarificação seguida da dessecação química de milho. A produtividade de grãos foi influenciada estatisticamente pelos sistemas de manejo do solo bem como a capacidade de campo efetiva e tempo demandado, não houve diferenças estatísticas para os equipamentos de preparo do solo para força, potência média e máxima requerida na barra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, *Crambe abyssinica* Hochst, mecanização agrícola, manejo de solo.

### OPERATIONAL PERFORMANCE AND PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL CRAMBE IN CONVENTIONAL PREPARATIONS AND REDUCED SOIL

#### ABSTRACT

The operating performance of agricultural machinery and implements are important on the diagnosis of soil management system with lower energy demand and agricultural production cost. The objective of the present study is to set agronomic parameters and the operating performance of agricultural machinery and implements, the management system most suitable soil for crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

culture that comes with the potential for use as raw material in production of biodiesel. The soil management evaluated were conventional tillage formed by two harrowing operations intermediate followed by light disking; reduced tillage operation consisting of scarification followed by chemical desiccation and millet, the no-tillage system composed of chemical desiccation and subsequent tillage culture. The grain yield was statistically influenced by soil management systems as well as field capacity and time required, no statistical differences for tillage equipment for power, power average and maximum required at bar.

**KEYWORDS:** Cerrado, *Crambe abyssinica* Hochst, agricultural mechanization, soil management.

## INTRODUÇÃO

A utilização e o manejo correto do solo proporcionam 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 (TAVARES, 2012).

A EMBRAPA (2003) cita que o preparo convencional provoca a inversão da camada arável do solo, mediante o uso de arado ou grade, a esta operação seguem outras, secundárias, com grade ou cultivador, para triturar os torrões; 100% da superfície são removidos por implementos. O preparo reduzido consiste em operações sobre os resíduos da cultura anterior, com o revolvimento mínimo necessário para o cultivo seguinte, geralmente é utilizado um escarificador.

O crambe é uma cultura de inverno, com grande potencial para se tornar em matéria-prima para biodiesel, podendo atuar na rotação de cultura. Cultivada em maior escala no México e nos Estados Unidos para produção de óleo industrial, o cultivo iniciou-se no Brasil em 1995 (ECHEVENGUÁ, 2007).

O crambe é uma cultura recente no Brasil, necessita de informações relativas à manejo de solo e tratos culturais, para poder se desenvolver bem em regiões como o cerrado brasileiro.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis com as coordenadas geográficas 16° 27' latitude sul e 54° 34' longitude oeste e altitude média de 288 m, no município de Rondonópolis-MT em solo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006). O clima segundo IBGE (1980), é considerado subúmido (úmido e seco), com moderado déficit de água no inverno e regular excesso no verão. Possui médias térmicas elevadas durante o ano todo, principalmente durante a primavera/verão, caracterizando-se por um clima megatérmico.

Os tratamentos de manejo do solo foram: PC - sistema de preparo convencional com gradagem intermediária e leve; Foram feitas duas gradagens intermediárias com a função de descompactar o solo, na profundidade de 23 cm e mais duas gradagens leves com a função de destorroar os torrões menores e nivelar o solo na profundidade de 18 cm (FIGURA 1);

PR - Sistema de preparo reduzido, dessecação da palhada de milho com posterior subsolagem na profundidade de 40 cm (FIGURA 2).



**FIGURA 01** - Vista parcial da parcela experimental, sob preparo convencional, após as operações de gradagem. Rondonópolis – MT, 2011.



**FIGURA 02** - Vista parcial da parcela experimental, sob preparo reduzido, após a operação de subsolagem. Rondonópolis - MT, 2011.

No experimento foi utilizado um trator de marca Massey Ferguson, modelo MF 292, 4 x 2 (TDA) com 105 cv de potência no motor; uma semeadora-adubadora de precisão, da marca Massey Ferguson, modelo MF 407 de arrasto, com sete linhas com espaçamento de 0,45 m, semeando a uma profundidade de 2 cm.

Para o preparo convencional utilizou-se uma grade intermediária marca Piccin, modelo 16 x 28" de arrasto; Uma grade leve da marca Marchesan, modelo 32 x 22"; No sistema de preparo reduzido foi usado um subsolador com ponteira (10cm de largura), marca Marchesan, com 5 hastes parabólicas espaçadas de 0,45 m; Os insumos agrícolas utilizados foram: Sementes de Crambe ( $18\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), cultivar Brilhante, material este pertencente à Fundação MS.

As análises propostas foram produtividade da cultura, determinada em uma área útil de área  $0.90\text{ m}^2$  no ano de 2011, por colheita manual. Os grãos foram separados manualmente e pesados, ajustando posteriormente o teor de água para

13%. Força e potência média requerida na barra determinadas com o apoio de um transdutor de força à base de extensômetros elétricos de resistência, que compõem uma célula de carga com capacidade de 50 kN.

Utilizou-se um sistema de aquisição de dados computadorizado, acionado e desligado por meio de balizamento no início e fim do comprimento de cada parcela para monitorar e exibir os dados da célula de carga.

Os dados de força média foram expressos em kgf. A potência média foi determinada em função da força e velocidade média, seguindo a equação 1:

$$P_m = F_m * V_m 367,09771 \quad (1)$$

Onde:

$P_m$  = potência média (KW);

$F_m$  = força média (Kgf);

$V_m$  = velocidade média ( $\text{Km h}^{-1}$ );

367,09771 = constante de multiplicação.

Obteve-se a velocidade média de deslocamento através da frequência de aquisição na distância da parcela (20 m), utilizando-se a seguinte equação 2:

$$V_m = D * 3,6T \quad (2)$$

Onde:

$V_m$  = velocidade média ( $\text{Km.h}^{-1}$ );

$D$  = espaço percorrido na parcela (20 m);

$T$  = tempo de percurso (s).

A capacidade de campo efetiva de cada conjunto (tratores + implementos) foi determinada por meio da equação 3 apresentada a seguir:

$$C_{ce} = L * v 10 \quad (3)$$

Onde:

$C_{ce}$  - Capacidade campo efetiva do conjunto ( $\text{ha.h}^{-1}$ );

$L$  - Largura real de trabalho do implemento (m);

$v$  - Velocidade real de deslocamento do conjunto ( $\text{km.h}^{-1}$ ).

No consumo de combustível horário, utilizou-se um medidor de vazão, modelo Flowmate oval M-III (LSN41L8-M2) e um Microllogger da marca Campbell Cientific modelo CR850 para registrar os dados gerados. Com os dados de consumo horário e a e tempo efetivo demandado dos conjuntos mecanizados (PC e PR), estimou-se o consumo operacional ( $\text{L.ha}^{-1}$ ).

Para corrigir o valor real de Consumo horário médio de combustível foi feita a média dos equipamentos de PC.

Para o consumo operacional de combustível foi usada a equação 4:

$$C_{ac} = C_{hc} * T_d \quad (4)$$

Onde:

$C_{ac}$  = Consumo por área de combustível ( $\text{L.h}^{-1}$ ).

$C_{hc}$  = Consumo médio de combustível ( $\text{L.ha}^{-1}$ ).

$T_d$  = Tempo efetivo demandado ( $\text{h.ha}^{-1}$ ).

O Tempo foi demandado determinado pela equação 5:

$$T_d = 1Cce \quad (5)$$

Onde:

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

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

Para corrigir o valor real de tempo efetivo demandado e consumo operacional de combustível e capacidade de campo no preparo convencional, foi feito o somatório das quatro operações neste sistema de manejo de solo (duas gradagens intermediária mais duas gradagens leve).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade da cultura do crambe foi influenciada estatisticamente pelos sistemas de manejo do solo no segundo ano de avaliação (TABELA 01).

TABELA 01 - Produtividade de grãos ( $kg.ha^{-1}$ ) da cultura do crambe em diferentes sistemas de manejo do solo, Rondonópolis - MT, 2011.

Manejo do solo	2011
PC	1.428,98 a
PR	1.031,68 b
CV (%)	33,24

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

O sistema de preparo PC resultou na melhor produtividade, possivelmente, devido à incorporação do calcário junto ao solo característica desse preparo, corrigindo mais rapidamente os valores de pH e  $Al^{+3}$  trocável presente no solo da área experimental.

Os valores de produtividade, estão de acordo com JASPER (2010), BROCH et al., (2010) e ROSCOE et al., (2009), que em experimentos realizados com crambe, obtiveram produtividade de grãos média de  $1.200 kg ha^{-1}$ .

Para os resultados de força média e máxima exigida na barra de tração do trator observou-se que não houve diferenças estatísticas entre os equipamentos de preparo de solo (TABELA 02).

TABELA 02 - Força média e máxima (Kgf) requerida na barra de tração, nos equipamentos de preparo de solo. Rondonópolis - MT, 2011.

Sistemas de manejo de solo	Força de tração (Kgf)		
	Média	Máxima	
PC	Grade intermediária	1172,55a	1407,67 a
	Grade leve	784,45 a	1001,002 a
PR	Escarificador	2698,71a	2995,16 a
CV (%)		19,28	14,92

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

SEKI (2010) trabalhando com escarificação a 0,20 m em um experimento

realizado com solo classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico encontrou valores superiores ao deste trabalho, o autor obteve valores de força média e força máxima de 3.456 kgf e 4.272 kgf respectivamente.

Os valores de velocidade média de deslocamento diferiram-se estatisticamente a 5% de probabilidade entre os equipamentos de preparo de solo, sendo observada a maior velocidade de trabalho na grade leve. (TABELA 03).

TABELA 03 - Resultados de velocidade média de deslocamento (Km.h<sup>-1</sup>), sob diferentes sistemas de preparo de Solo, Rondonópolis - MT, 2011.

<b>Sistemas de manejo de solo</b>		<b>Velocidade média de deslocamento (km.h<sup>-1</sup>)</b>
PC	Grade intermediária	6,84 b
	Grade leve	9,87 a
PR	Escarificador	3,28 c
CV (%)		13,29

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p≤0,05)

O escarificador requereu maior força de tração na barra, conseqüentemente, diminuindo a velocidade média de deslocamento, isto é devido o equipamento possuir maior profundidade de trabalho e agir de forma vertical no solo, os resultados corroboram com RODRIGUES et al., (2011), TAVARES (2012) e CORTEZ et al., (2011) que obtiveram os menores valores de velocidade média utilizando o escarificador.

Para a potência média e máxima requerida na barra de tração do trator observou-se que não houve diferenças estatísticas significativas nos diferentes equipamentos de preparo do solo (TABELA 04).

TABELA 04 - Valores de potência média e máxima (KW) requerida na barra de tração, sob diferentes equipamentos de preparo de solo, Rondonópolis - MT, 2011.

<b>Sistemas de manejo de solo</b>		<b>Potência requerida na barra (KW)</b>	
		<b>Média</b>	<b>Máxima</b>
PC	Grade intermediária	21,82 a	26,18 a
	Grade leve	20,75 a	26,48 a
PR	Escarificador	23,76 a	26,46 a
CV (%)		6,97	6,40

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (p≤0,05)

Os resultados corroboram com SEKI (2010) RIQUETTI (2011) e TAVARES (2012), que obtiveram força e potência exigida na barra de tração maior para a operação de escarificação em relação á gradagem, o que é explicado em função da maior profundidade e largura de trabalho do escarificador.

No consumo horário médio de combustível observou-se que não houve diferença estatística significativa, entre os equipamentos de preparo de solo (TABELA 05).

TABELA 05 - Consumo horário médio de combustível ( $L \cdot h^{-1}$ ), nos diferentes equipamentos de preparo de solo, Rondonópolis - MT, 2011.

Sistemas de manejo de solo	Consumo horário médio de Combustível ( $L \cdot h^{-1}$ )	
PC	Grade intermediária	15,03 a
	Grade leve	17,15 a
PR	Escarificação	15,56 a
CV (%)		7,96

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si (Teste de TUKEY  $\leq 0,05$ ).

O PC resultou em consumo horário médio de combustível 3,4% superior ao PR, isto é, explicado pelo fato da velocidade média de trabalho das grades utilizadas no PC, ser maior em relação ao escarificador usado no PR (FIGURA 03).

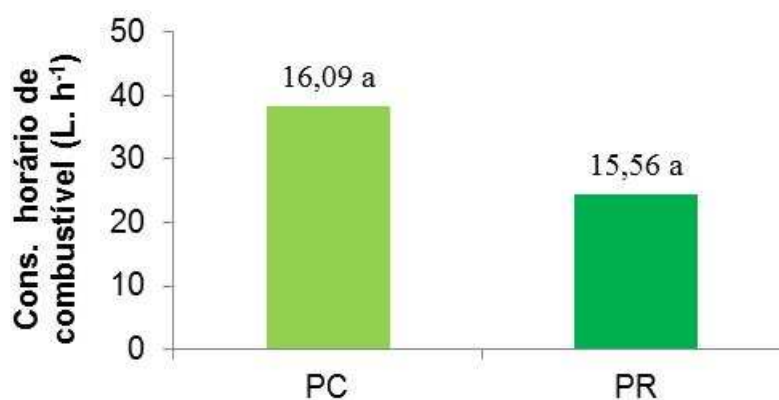
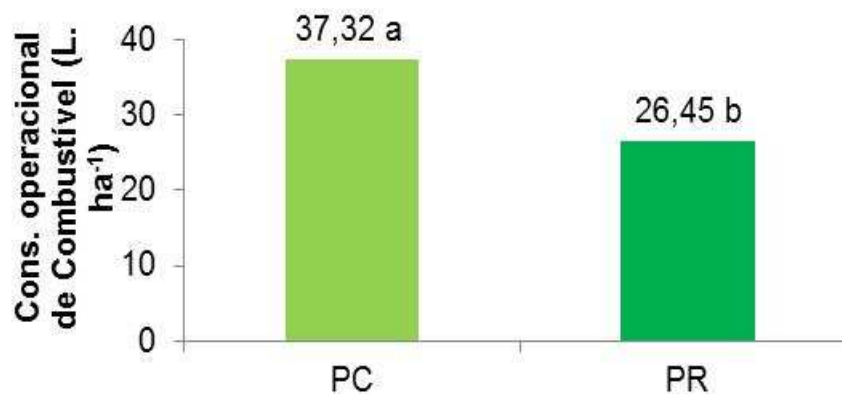


FIGURA 03 Consumo horário de combustível ( $L \cdot h^{-1}$ ) sob manejos de solo, Rondonópolis-MT.

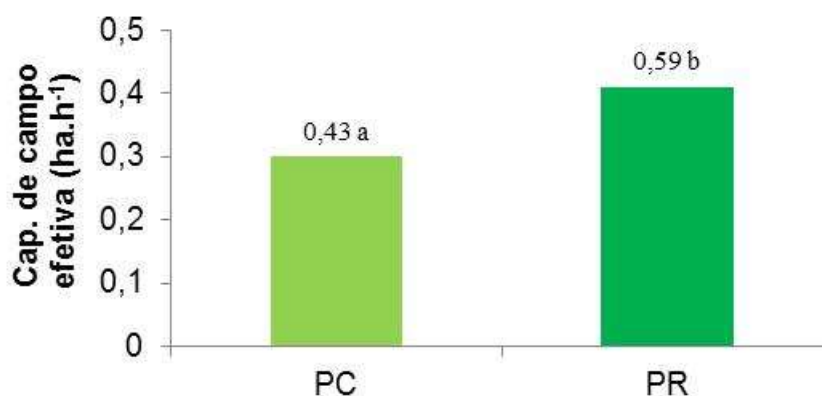
Os resultados do presente trabalho concordam com os observados por RODRIGUES et al., (2011) que obteve diferença estatística entre os manejos de solo, resultando o PC com  $30,70 L \cdot h^{-1}$  e no PR com  $21,75 L \cdot h^{-1}$  e com TAVARES (2012) que obteve no PR  $9,93 L \cdot h^{-1}$  e no PC  $10,72 L \cdot h^{-1}$ .

Os valores de consumo operacional de combustível variaram estatisticamente a 5 % de probabilidade sendo observado o maior consumo no PC que obteve consumo 41,1 % superior ao PR, isto é, em função do número de operações utilizadas no PC (quatro gradagens) e da maior largura de trabalho dos equipamentos usados neste sistema de preparo de solo (FIGURA 04).



**FIGURA 04.** Consumo operacional de combustível (L.ha<sup>-1</sup>) sob manejos de solo, Rondonópolis-MT.

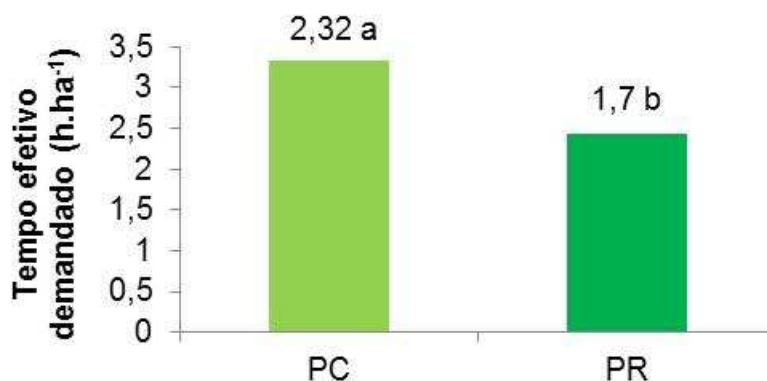
A capacidade de campo variou estatisticamente, o sistema de manejo PR foi 37,2% superior ao PC, isto é, em função do número de operações necessárias no PC (FIGURA 05).



**FIGURA 05.** Capacidade de campo efetiva (ha.h<sup>-1</sup>) sob manejos de solo, Rondonópolis-MT.

Diferenças de capacidade de campo entre os sistemas de preparo também foram encontradas por RIQUETTI (2011) ficando o preparo reduzido com 1,15 ha.h<sup>-1</sup> e o preparo convencional com valor de 1,12 ha.h<sup>-1</sup>, porém, o autor trabalhou com apenas uma operação de gradagem no preparo convencional, em um solo classificado de Nitossollo Vermelho Distroférico.

O sistema de manejo PC obteve tempo efetivo demandado 36,4 % superior em relação ao PR, isto se deve ao número de operações (quatro gradagens) exigidas por esse sistema PC (FIGURA 06).



**FIGURA 06.** Tempo efetivo demandado (h.ha<sup>-1</sup>) nas operações de preparo de solo, Rondonópolis-MT.

Os valores concordam com PIFFER (2008) que obteve no PR o resultado de 1,16 h.ha<sup>-1</sup> e no PC 3,10 h.ha<sup>-1</sup>, com Cortez et al., (2011) que obteve 1,41 h.ha<sup>-1</sup> na operação de escarificação e com SILVA (2004) que obteve no PR 0,91 h.ha<sup>-1</sup> e no PC 2,38 h.ha<sup>-1</sup>. Ainda segundo SILVA o sistema PR resultou em um tempo demandado 61,7% menor comparado com sistema PC, resultado este relacionado com a capacidade campo efetiva, pois o tempo demandado é função direta da variação desse parâmetro.

### CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi realizado, o sistema de manejo de solo convencional foi o mais indicado para a implantação da cultura do crambe considerando apenas a produtividade agrícola. O sistema de manejo reduzido do solo obteve os melhores resultados de desempenho operacional comparados ao manejo convencional.

### AGRADECIMENTOS

A CAPES e ao CNPq por concessão de bolsa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROCH, D, L. **Efeito de adubações de plantio e cobertura sobre a produtividade de crambe cv. FMS brilhante após soja e milho.** In: Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB – 2010.

COMPAGNON, A, M. et al., Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades de trabalho. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, V.21 N.1, JANEIRO 52-58p. / FEVEREIRO 2013.

CORTEZ, J, W. et al., Desempenho operacional do conjunto trator implementos nas operações de preparo do solo. **Nucleus**, v.8, n.2, out.2011.

ECHEVENGUÁ, A. **Crambe surge como nova opção para produzir biodiesel.** 2007. Disponível em: <www.ecoeacao.com.br>. Acesso em: 9 maio 2011. Biodiesel:

uma experiência de desenvolvimento sustentável.

EMBRAPA. **Cultivo do Algodão no Cerrado**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/index.htm>. Acesso em: 20 de Agosto de 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

IBGE. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro, 1980.

JASPER, SAMIR P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.30, n.3, p.395-403, Departamento de Engenharia Rural FCAV/UNESP maio/jun. 2010.

PIFFER, C, R.; **Viabilidade da nabiça (*raphanus aphanistrum* L.) Como planta de cobertura para a cultura do milho em diferentes sistemas de manejo do solo**. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura); Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu – SP, 2008.

ROSCOE, R.; BROCH, D. L.; PITOL, C. Boletim Técnico 17- Resultados de Pesquisa Safra 2008-09 e Safrinha 2009. **FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRADO RIO VERDE**. Lucas do Rio Verde: edição do autor, 2009, p. 92 – 106.

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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu - SP, 2011.

RODRIGUES, J, G, L. et al., **Caracterização física do solo e desempenho operacional de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro**, Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1813-1824, 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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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

TAVARES, L, A, F. **Avaliação da produtividade e demanda energética de duas cultivares de soja transgênica e uma não transgênica sob efeito dos preparos de solo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade

de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.