

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM  
SEMEADURA CRUZADA DE SOJA**

**NEILOR BUGONI RIQUETTI**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Outubro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÔMICA EM  
SEMEADURA CRUZADA DE SOJA**

**NEILOR BUGONI RIQUETTI**

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP

Outubro – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R594p Riquetti, Neilor Bugoni, 1985-  
Produtividade, eficiência energética e econômica em semeadura cruzada de soja / Neilor Bugoni Riquetti. - Botucatu : [s.n.], 2014  
ix, 72 f. : tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014

Orientador: Sérgio Hugo Benez

Coorientador: Paulo Roberto Arbex Silva

Inclui bibliografia

1. Cultivos agrícolas energéticos. 2. Soja - Semeadura. 3. Soja - Produtividade. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Silva, Paulo Roberto Arbex. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**  
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “PRODUTIVIDADE, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ECONÔMICA, EM  
SEMEADURA CRUZADA DE SOJA”**

ALUNO: NEILOR BUGONI RIQUETTI

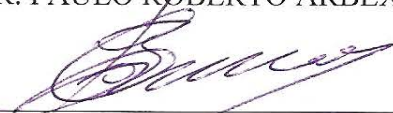
ORIENTADOR: PROF. DR. SERGIO HUGO BENEZ

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Aprovado pela Comissão Examinadora



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIAS



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO RENAN BERCHOL DA SILVA

Data da Realização: 10 de outubro de 2014.

## AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação Energia na Agricultura pela oportunidade concedida.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamentos de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos fundamental para a realização do curso.

Ao Professor Dr. Paulo Roberto Arbex Silva pelas orientações e conselhos prestados não apenas para a realização deste trabalho e pela amizade, minha gratidão.

Ao Professor Dr. Sérgio Hugo Benez por ter aceitado o papel de orientador no mestrado e doutorado, minha gratidão.

Ao Professor Dr. Marco Antônio Gandolfo pela amizade, aconselhamentos e principalmente pelo incentivo para continuar os estudos prestados durante a graduação que tornaram possível a realização do mestrado e doutorado, minha gratidão.

Ao Professor Dr. Osmar de Carvalho Bueno pelas sugestões oferecidas durante a realização do trabalho.

Aos colegas e amigos de pós-graduação Saulo Fernando Gomes de Sousa, Alisson Augusto Barbieri Mota, Rodolfo Glauber Chechetto, Fernando Kassis de Carvalho e Tiago Pereira da Silva Correia pela amizade e convivência.

Ao Engenheiro Agrônomo Jakson Furlan e seu pai Vitélio Furlan pela disponibilização das instalações da fazenda indispensáveis para a realização do ensaio de campo.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma em minha formação acadêmica.

**DEDICO**

Aos meus pais Alécio Bugoni e Nelsi Riquetti Bugoni

**OFEREÇO**

Aos meus irmãos Cleocir Bugoni, Joni Bugoni e Nelva Bugoni Riquetti

*"Quando você perceber que, para produzir, precisa obter a autorização de quem não produz nada; quando comprovar que o dinheiro flui para quem negocia não com bens, mas com favores; quando perceber que muitos ficam ricos pelo suborno e por influência, mais que pelo trabalho, e que as leis não nos protegem deles, mas, pelo contrário, são eles que estão protegidos de você; quando perceber que a corrupção é recompensada, e a honestidade se converte em auto-sacrifício; então poderá afirmar, sem temor de errar, que sua sociedade está condenada".*

*Ayn Rand*

## SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
4.1 Cultura da soja .....	7
4.2 População de plantas e produtividade.....	8
4.3 Análise energética na agricultura.....	12
4.4 Balanço econômico na agricultura.....	19
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1 Campo experimental .....	24
5.2 Descrição dos tratamentos .....	24
5.3 Semeadura da cultura da soja.....	26
5.4 Máquinas e implementos agrícolas .....	26
5.5 Consumo de combustível, lubrificantes e graxa.....	28
5.6 Fertilizantes e defensivos.....	29
5.7 Benfeitorias .....	30
5.8 Características agronômicas da soja .....	30
5.8.1 Altura de plantas e inserção de vagens .....	30
5.8.2 Determinação da população final de plantas .....	30
5.8.3 Determinação do teor de água dos grãos .....	30
5.8.4 Determinação da massa de 1000 grãos.....	31
5.8.5 Determinação da produtividade.....	31

5.8.6 Delineamento experimental e análise estatística .....	31
5.9 Análise energética .....	31
5.9.1 Depreciação energética de máquinas .....	32
5.9.2 Depreciação energética de benfeitorias .....	34
5.10 Análise econômica.....	36
5.10.1 Custo horário com máquinas e implementos.....	36
5.10.1.1 Custo fixo.....	37
5.10.1.2 Custo variável.....	38
5.10.2 Custo operacional.....	40
5.10.3 Depreciação de benfeitorias .....	40
5.10.4 Insumos .....	41
5.10.5 Custo total .....	42
5.10.6 Receita bruta.....	42
5.10.7 Margem bruta (MB) .....	43
5.10.8 Ponto de nivelamento (PN) .....	43
5.10.9 Lucro (L).....	44
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6.1 Características agronômicas .....	45
6.2 Análise Energética .....	48
6.3 Análise Econômica .....	54
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
8 CONCLUSÕES .....	62
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
10 ANEXOS .....	70



**LISTA DE FIGURAS**

	Página
Figura 1. Croqui do experimento.....	25

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
Tabela 1. Tratamentos utilizados. Primavera do Leste, 2013/2014.....	25
Tabela 2. Operações utilizadas para a realização do trabalho. ....	28
Tabela 3. Máquinas e implementos utilizados para a determinação do balanço econômico e energético.....	28
Tabela 4. Coeficientes energéticos utilizados nos cálculos.....	36
Tabela 5. Características agronômicas dos diferentes tratamentos. Primavera do Leste, 2014.	46
Tabela 6. Entradas de energia referentes ao cultivo em linhas paralelas (T1). ....	49
Tabela 7. Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 400 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T2). ....	49
Tabela 8. Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 200 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T3). ....	50
Tabela 9. Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 400 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T4). ....	51
Tabela 10. Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 200 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T5). ....	51
Tabela 11. Entrada, saída e relação saída/entrada para 1 hectare nos diferentes tratamentos...	52
Tabela 12. Custos da produção em linhas paralelas (T1). ....	55
Tabela 13. Custos da produção no cultivo cruzado com 400 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T2).....	55
Tabela 14. Custos da produção no cultivo cruzado com 200 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T3).....	56
Tabela 15. Custos da produção no cultivo cruzado com 400 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T4).....	57

Tabela 16. Custos da produção no cultivo cruzado com 200 kg ha <sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T5).....	58
Tabela 17. Indicadores econômicos.....	58
Tabela 18. Custo horário com máquinas e implementos (R\$ h <sup>-1</sup> ). Depreciação (D); Juros (J); Alojamento e seguro (AS); Lubrificante (L); Graxa (G); Reparos e manutenção (RM) e Combustível (C). .....	70
Tabela 19. Custo operacional (CO) para um ha em linhas paralelas. Custo horário com máquinas (CM) e Capacidade de campo operacional (ha h <sup>-1</sup> ), consumo energético referente ao combustível (MJ ha <sup>-1</sup> ) e custo com combustível (R\$ ha <sup>-1</sup> ).....	70
Tabela 20. Depreciação energética de máquinas e benfeitorias e depreciação econômica de benfeitorias para um ha em linhas paralelas. ....	70
Tabela 21. Gasto energético e econômico com fertilizantes, corretivos e defensivos para 1ha em linhas paralelas.....	71
Tabela 22. Gasto de energia elétrica em um ano em toda a propriedade. ....	71
Tabela 23. Mão de obra necessária em 1 ha em linhas paralelas. ....	71
Tabela 24. Saída de energia e receita bruta para os diferentes sistemas. ....	72

## 1 RESUMO

A cultura da soja é de grande importância social e econômica, pois além de gerar receitas para o país gera inúmeros empregos em diversos setores da agricultura, indústria e transportes. Buscando maior retorno financeiro, diversos métodos de cultivo são testados e estudados por produtores e pesquisadores com objetivo de elevar a produtividade da lavoura, através da modificação do arranjo das plantas na área, entre as quais a semeadura em linhas cruzadas se tornou objeto de estudo. Durante o ciclo da cultura várias operações são necessárias, iniciando com a dessecação da área, semeadura, tratos culturais, colheita e transporte dos grãos. Todas essas atividades exigem determinada quantidade de energia e investimento financeiro para sua realização. Observando-se a crescente preocupação com o uso racional de energia e a obtenção de um retorno financeiro elevado, este trabalho teve como objetivo avaliar o balanço energético e econômico do cultivo da soja em semeadura cruzada no sistema de plantio direto, assim como avaliar as características agrônomicas das plantas. O experimento foi realizado na Fazenda São Luiz localizada no município de Primavera do Leste – MT. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 5 repetições contendo os seguintes tratamentos: semeadura em linhas paralelas com 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00 e 360000 sementes ha<sup>-1</sup>; semeadura cruzada com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00 e 720000 sementes ha<sup>-1</sup>; semeadura cruzada com 720000 sementes ha<sup>-1</sup> e 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00; semeadura cruzada com 360000 sementes ha<sup>-1</sup> e 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00; semeadura cruzada com 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 11-45-00 e 360000 sementes ha<sup>-1</sup>. As

características agronômicas avaliadas foram a altura de plantas e de inserção da primeira vagem, massa de mil grãos e produtividade. A quantificação das entradas de energia foi realizada através do somatório da energia embutidas referente aos insumos utilizados durante o cultivo somados com a depreciação energética de máquinas, implementos, benfeitorias e mão de obra e a saída de energia é aquela contida nos grãos produzidos. O balanço econômico foi realizado seguindo-se a metodologia proposta por Pacheco (2000) e por Molin e Milan (2002), sendo o somatório de todos os custos subtraídos da receita bruta total obtida com a venda dos grãos de soja. Os itens responsáveis pelas maiores demandas energéticas, em todos os sistemas analisados foram fertilizantes, sementes e herbicidas. A maior relação saída/entrada e o maior lucro foram obtidos com o sistema de semeadura em linhas paralelas, seguida pela semeadura cruzada com mesma quantidade de adubo e sementes. Os resultados mostraram que o sistema de semeadura cruzada não apresentou resultados que justificassem a adoção desse sistema de semeadura, seja na esfera econômica, agrônômica ou energética.

PRODUCTIVITY, ENERGETIC AND ECONOMIC EFFICIENCY IN SOYBEAN CROSS-SEEDING. Botucatu, 2014. 72p.

Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: NEILOR BUGONI RIQUETTI

Advisor: SÉRGIO HUGO BENEZ

Co-Advisor: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

## 2 SUMMARY

Soybean cultivation is of great social and economic importance, because besides generating revenues for the country, it generates countless jobs in agriculture, industry and transportation. Seeking better financial prospects, many cultivation methods are tested and studied by producers and researchers, with the aim of raising crop productivity, through modifications of plant arrangements in the area, among which cross-seeding, our study subject. Various operations are needed during cultivation cycles, starting with soil exsiccation, seeding, cultivation, harvesting and grain transportation. All of those activities require a determined amount of energy and financial investment for their fulfillment. Observing the rising concern with rational use of energy and the achievement of high revenues, this work had as objective evaluating the energetic and economic balance of soybean cultivation in cross-seeding using the tillage system, as well as assessing the agronomical characteristics of the plants. The experience was carried out at Fazenda São Luíz, located in Primavera do Leste – MT. The experimental delimitation was of randomized blocks with five repetitions containing the following treatments: parallel-line seeding with 200 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00 and 360000 seeds ha<sup>-1</sup>; cross-seeding with 400 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00 and 720000 seeds ha<sup>-1</sup>; cross-seeding with 7200000 seeds ha<sup>-1</sup> and 200 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00; cross-seeding with 360000 seeds and 400 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-

00; cross-seeding with 200 kg ha<sup>-1</sup> of formulated 11-45-00 and 360000 seeds ha<sup>-1</sup>. The evaluated agronomical characteristics were: plant height, and from the insertion of the first pod, thousand-grain mass and productivity. The quantification of roads and energy was accomplished through the sum of the built-in energy referring to the inputs used during cultivation added to the energetic depreciation of the machines, implements, improvements and manpower. The energy output is the one contained in the produced grains. Economic balance was accomplished following the methodology proposed by Pacheco (2000) and by Molin and Milan (2002), that is, the sum of all costs subtracted from the total gross revenue obtained from soybean sales. The items responsible for the largest energetic demands in all of the analyzed systems were: fertilizers, seeds and herbicides. The greatest output/input ratio and the greatest profit were obtained with parallel-line seeding, followed by cross-seeding with the same amounts of fertilizer and seeds. The results showed that the cross-seeding system did not submit results that could justify the adoption of this seeding system, regarding economic, agronomical or energetic realms.

---

**Keywords:** *Energy efficiency, energy coefficients, seeding system.*

### 3 INTRODUÇÃO

O cultivo da soja no Brasil é de fundamental importância socioeconômica, pois além de ser matéria prima para a fabricação de uma série de produtos alimentícios é uma das “commodities” mais destacadas na agricultura nacional e na balança comercial do país, ocupando 49% da área cultivada com grãos no Brasil em 2012 (MAPA, 2012), gerando empregos nos setores de transporte, processamento e comercialização dos grãos e subprodutos, além de todo o parque industrial necessário para a fabricação de máquinas, implementos e insumos que são utilizadas durante o ciclo de cultivo da soja.

Tendo em vista a grande importância da cultura para o país, é evidente que o uso de tecnologias que maximizem o lucro para os produtores e minimizem o uso de energia, tornando o sistema produtivo mais eficiente econômico e energeticamente sejam buscados e estudados por parte dos agricultores e pesquisadores voltados à área da agronomia.

Na tentativa de se obter maiores produtividades alguns produtores têm realizado a semeadura cruzada da soja, que consiste em semear a área duas vezes, sendo que a segunda fique perpendicular à primeira, formando um típico tabuleiro de xadrez, partindo da hipótese de que um maior número de plantas, a melhor distribuição espacial das mesmas na área de cultivo e o aumento da dose de fertilizante aumentariam a produtividade de grãos e consequentemente os lucros. Porém, há uma grande divergência de métodos utilizados para tal entre as diferentes regiões que testaram o método, além da ausência de trabalhos científicos no



sentido de mostrar que não necessariamente o aumento da produtividade pode resultar em um maior lucro.

Alheio à esses fatores, acima citados, são encontrados na literatura poucos trabalhos científicos publicados com essa prática de semeadura, ou seja, os resultados existentes necessitam de uma avaliação mais detalhada e criteriosa para saber que um possível resultado obtido em determinado local pode não ser o mesmo quando estudado em uma região com condições edafoclimáticas diferentes, evidenciando a necessidade de um estudo mais criterioso para determinar a viabilidade da prática.

Estudos que abordem a população de plantas no cultivo da soja devem considerar a diminuição da população de plantas em uma área fazendo com que, devido à menor competição intraespecífica, haja a tendência de que as plantas fiquem com menor altura e aumente o número de ramificações, compensando, até certo ponto, o espaço que seria ocupado por outras plantas, fazendo também com que a inserção das vagens inferiores seja muito próxima do solo.

Essas pontualidades acima citadas irão refletir diretamente na quantidade de energia que entra no sistema e nos custos de produção. Deve-se, portanto, realizar uma análise econômica e energética para identificar quais os fatores que representam maior investimento monetário, e que estão diminuindo o lucro para o produtor e, os fatores de maior dispêndio energético que, necessariamente, não representam maior custo e assim pode-se tomar medidas para melhorar a eficiência do sistema.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a produtividade da soja, o balanço energético e o balanço econômico do cultivo de soja cruzada e em linhas paralelas no sistema de plantio direto.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Cultura da soja**

A soja é uma planta arbustiva pertencente à família das Fabaceas originária da China, constituindo uma das mais antigas culturas da humanidade sendo considerado o legume mais importante do extremo oriente como fonte de vitamina B1, B2, B3, minerais, cálcio, fosforo, ferro e fibras (KLAUS, 2007).

A introdução da cultura no Brasil data de 1931 por Albert Ernst Henri Lehenbauer em Santa Rosa – RS. Em 1938 ocorreu a primeira exportação da soja brasileira para o exterior e em 2003 o Brasil foi o maior exportador mundial de soja (KLAUS, 2007).

A soja é uma cultura anual cujo ciclo produtivo varia conforme o tipo de semente utilizada, podendo ser precoce, média ou tardia. A semeadura ocorre no período de outubro a dezembro nas principais regiões produtoras, após o início das chuvas ou em plantio irrigado, através de sementes convencionais ou transgênicas (MELLO et al., 2000).

A soja transgênica cultivada atualmente foi obtida através de técnicas de biotecnologia que tem como característica a tolerância ao herbicida glifosato, possibilitando o controle de plantas invasoras sem afetar a cultura, reduzindo os custos de produção (EMBRAPA, 2007).

A adaptação de diferentes cultivares a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica. A sensibilidade ao fotoperíodo é característica variável entre cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o florescimento é atrasado. Por isso, a soja é considerada

planta de dia curto. Em função dessa característica, a faixa de adaptabilidade de cada cultivar varia à medida que se desloca em direção ao norte ou ao sul. Entretanto, cultivares que apresentam a característica “período juvenil longo” possuem adaptabilidade mais ampla, possibilitando sua utilização em faixas mais abrangentes de latitudes (locais) e de épocas de semeadura (EMBRAPA, 2007).

Segundo a CONAB (2013), a área cultivada com grãos em todo o Brasil na safra 2013/2014 teve um aumento de 4,0% comparado com a safra 2012/2013, totalizando 55,39 milhões de hectares comparados com 53,27 milhões de hectares na safra passada. O aumento se deve principalmente às culturas de soja, trigo e algodão. A estimativa é que o aumento para soja seja de 6,6% (1.819,9 mil hectares). A produção da safra 2012/13, de 186,86 milhões de toneladas, deve receber um acréscimo 5,2% para a safra 2013/14. Esse resultado representa um incremento de 9,81 milhões de toneladas, devido, sobretudo, à cultura de soja, que apresenta crescimento na produção de 10,8% (8,83 milhões de toneladas).

#### **4.2 População de plantas e produtividade**

A produtividade de uma lavoura de soja está diretamente relacionada ao número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e a massa do grão, sendo a população de plantas o fator com maior facilidade de controle. A quantidade de vagens em uma planta é dependente da quantidade de flores produzidas e fixadas durante o período reprodutivo da cultura. Deficiência hídrica, desfolhamento e doenças foliares aumentam a taxa de abortamento de vagens e/ou diminuem o tamanho dos grãos dependendo da época em que ocorre (THOMAS e COSTA, 2010).

A expressão do potencial produtivo da soja depende das condições do meio onde irão se desenvolver (TOURINO et al., 2002). Pequenas alterações na população de plantas não alteram a produtividade da soja, desde que estejam distribuídas uniformemente na área (ENDRES, 1996). A população recomendada é de aproximadamente 400 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 1993) embora outros fatores como: região, época de semeadura, e cultivar utilizada, também influenciem a escolha da melhor população.

A soja é uma espécie que apresenta grande flexibilidade quanto ao arranjo espacial de plantas, variando o número de ramificações, vagens e grãos por planta e o

diâmetro do caule, de forma inversamente proporcional à variação na população de plantas, não apresentando na maioria das situações, diferença significativa em rendimento em uma considerável faixa de população de plantas e de espaçamento entre as fileiras (EMBRAPA, 2012).

A soja possui a característica peculiar de manter determinada estabilidade de rendimento diante da variação na população de plantas, dentro de limites relativamente amplos. Essa estabilidade é proporcionada pela interdependência dos fatores componentes do rendimento. Em condições de baixa densidade populacional, o rendimento tende a se manter estável devido ao aumento de ramificações laterais, fato que pode ser aplicado pela alteração na intensidade de competição das plantas, em função das variações da população e da disponibilidade ambiental, para cada planta (REZENDE et al., 2004).

Os mesmos autores obtiveram uma produtividade 35,33% maior em um estudo com soja semeada a lanço, quando comparado com o sistema de semeadura em sulcos paralelos espaçados em 0,5m, além de que a semeadura a lanço proporcionou valores médios mais baixos para as características de altura de inserção da primeira vagem, altura de planta, acamamento e estande final, atribuindo os resultados devido a uma melhor distribuição das plantas por unidade de área na semeadura à lanço, facilitando a penetração da luz e aumentando a taxa assimilatória líquida de CO<sub>2</sub>, refletindo em maior produtividade.

O rendimento máximo da soja é determinado pela otimização da capacidade da planta na interceptação da radiação solar e ou acúmulo de matéria seca durante o estágio vegetativo e o reprodutivo, sendo neste último, dependente, também, de outros fatores como condições meteorológicas, data de semeadura, genótipo, fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas (WELLS, 1991 e 1993).

O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação na população e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta, o que se reflete em competição intraespecífica diferenciada (RAMBO et al., 2003).

Sistemas de semeadura com maior precisão, cultivares mais adaptadas, solos mais produtivos, adoção de práticas conservacionistas e de semeadura direta, permitiram a redução da população de plantas de soja nos últimos anos, passando de 400 mil para, aproximadamente, 320 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 2006).

Com a alteração do índice de área foliar, devido ao maior número de plantas por hectare, aumenta-se a porcentagem de interceptação da radiação solar e o acúmulo de matéria seca tende a aumentar até atingir valores máximos à medida que a área foliar é incrementada (PORRAS et al., 1997).

Um dos objetivos da modificação no arranjo de plantas, pela redução da distância entre fileiras, é a diminuição do tempo para que a interceptação pela cultura seja de 95% da radiação solar incidente, e com isso, incrementa-se a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD e HARVILLE, 1992).

Tanto a redução como o aumento da população de plantas quando comparados com a população indicada ou buscando a população ideal, têm de ser bem estudados, pois as características intrínsecas ao genótipo e as condições ambientais interferem nos resultados. Assim, diferentes condições ambientais experimentadas pelas cultivares em diferentes anos de trabalho resultam em produtividades diferentes tanto em cultivares convencionais quanto em cultivares geneticamente modificadas, independentemente da população de plantas (LUDWIG et al., 2011).

Mantendo-se a população adequada de plantas, espaçamentos reduzidos entre as fileiras propiciam melhor utilização dos recursos do ambiente, favorecendo uma rápida cobertura do solo e, conseqüentemente, o domínio e a vantagem da cultura sobre as plantas invasoras. Além disso, culturas com alto potencial produtivo causam maior gasto dos recursos do ambiente, reduzindo a disponibilidade para outras espécies e, desse modo, tornando-se mais competitivas com plantas invasoras (BIANCHI et al., 2010).

Rambo et al. (2003), trabalhando com 8, 12 e 15 plantas por metro de linha no espaçamento de 0,40 m e com 4, 6 e 8 plantas por metro no espaçamento de 0,20 m entre fileiras obtiveram maior produtividade na combinação de 4 plantas por metro no espaçamento de 0,20 m. Em comparação com a mesma população de plantas no espaçamento entre fileiras de 0,4 m, o aumento de produtividade foi de  $692 \text{ kg ha}^{-1}$ , atribuindo tal resultado à diminuição da competição intraespecífica. Observaram também que a produtividade no espaçamento de 0,2 m foi inversamente proporcional à população de plantas. No mesmo estudo comprovaram que nas populações de 200 e 300 mil plantas por hectare no espaçamento de 0,2 m houve um aumento no número de ramificações quando comparado com as mesmas

populações no espaçamento de 0,4 m, sendo os tratamentos que obtiveram maior produtividade.

Segundo Caetano et al. (2012), a produtividade obtida pelo sistema de semeadura cruzada, no Paraná, foi de 108,4 sacas por hectare, comparada com a produtividade média nacional, na mesma safra, de 48,6. Nessa a área a semeadura da soja foi realizada passando-se a semeadora-adubadora duas vezes em sentido cruzado, duplicando a população de sementes e a dose de adubo. Da mesma forma, na Bahia a produtividade obtida com esse sistema de semeadura foi de 100,63 sacas por hectare. Em Lucas do Rio Verde – MT, um produtor aumentou em 20% o número de plantas por hectare com semeadura cruzada e obteve uma produtividade de 70 sacas por hectare, sendo 13 sacas a mais que na área convencional.

A semeadura cruzada tem apresentado uma grande associação com lavouras de alta produtividade, pois proporciona melhor distribuição espacial das plantas, melhor aproveitamento da energia solar, melhor aproveitamento dos nutrientes e água do solo, além de maior eficiência na utilização dos produtos aplicados após a emergência (OLIVEIRA, 2011).

A técnica da semeadura cruzada se expandiu para 1500 hectares no Mato Grosso, em testes feitos pelos produtores sem qualquer assistência técnica, onde haveria a necessidade de mais tempo para que os dados fossem consolidados. Esta é uma técnica que deve ser trabalhada e pesquisada (CAETANO et al., 2012).

A produtividade de grãos da cultura da soja, tanto na cultivar de ciclo precoce como na semi-tardia, não foi afetada pelo plantio cruzado, população simples e população dobrada (KERBER, 2013). O crescimento e a produtividade de grãos da cultivar de soja de hábito determinado BRS 294 RR não foi afetada pelo plantio cruzado, o qual reduziu a densidade de plantas na colheita (BALBINOT JUNIOR et al., 2012).

Segundo a Embrapa (2007), a alta intensidade da doença antracnose nas lavouras dos Cerrados é atribuída à maior precipitação e às altas temperaturas, porém, outros fatores como o excesso de população de plantas, estreitamento nas entrelinhas entre outros, são também responsáveis pela maior incidência da doença. Entre as medidas para a redução da incidência de antracnose, nas condições dos Cerrados está a rotação de culturas, maior espaçamento entre as fileiras, população adequada (250000 a 300000 plantas ha<sup>-1</sup>) entre outros.

Knebel et al. (2006), estudando a influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio concluíram que a incidência de doenças de final de ciclo (*Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*) pode ser influenciada pelo arranjo espacial de plantas, enquanto a ocorrência de oídio (*Microsphaera diffusa*) não se altera. As doenças de final de ciclo apresentaram menor severidade com a redução do espaçamento e com redução de população.

Tourino et al., (2002) afirmam que a produtividade da soja aumenta com a redução do espaçamento entre linhas aliado à redução da densidade de plantas nas linhas. A maior produtividade obtida foi no espaçamento de 0,45 m entre linhas e uma população de 10 sementes por metro, comparado com 10, 13, 16, 19 e 22 sementes por metro e as mesmas densidades no espaçamento de 0,60 m entre linhas.

Para Rambo et al., (2003), o arranjo de plantas que resultou em maior rendimento foi a combinação da população de 20 plantas m<sup>-2</sup> com o espaçamento de 0,20 m em comparação ao espaçamento de 0,40 m na mesma população. O maior rendimento obtido neste arranjo está relacionado com a diminuição da competição intraespecífica por água e principalmente por luz.

### **4.3 Análise energética na agricultura**

O balanço energético permite identificar as entradas e saídas de energia no processo de produção, resultando no saldo energético final do processo produtivo (MELO et al., 2007).

O balanço de energia em ecossistemas agrícolas parte do pressuposto de que é possível buscar um denominador comum que permita comparações entre sistemas, considerando a possibilidade concreta de conversão para uma mesma unidade calórica de instrumentos e materiais diferentes como máquinas, combustíveis, trabalho humano, sementes, fertilizantes dentre outros (HESLES, 1981).

A conversão dos fatores de produção e consumos em unidades energéticas ou equivalentes energéticos torna viável a construção de indicadores que permitam intervir no sistema, visando melhorar a eficiência do sistema de produção, ou seja, diminuir a

quantidade de energia gasta para cada unidade de energia produzida. A eficiência energética indica quantas unidades de energia são produzidas para cada unidade investida no processo produtivo (COMITRE, 1993).

A modernização da agricultura aumentou as quantidades de energia utilizadas nos sistemas produtivos, visando aumentar os rendimentos econômicos. Grande parte da entrada de energia provém de fontes não renováveis, principalmente dos combustíveis fósseis de alto custo energético, ocasionando aumento acentuado do dispêndio energético no sistema de produção (CASADO et al., 2000).

De acordo com Campos e Campos (2004), o balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando a demanda total e eficiência, refletida pelo ganho líquido e pela relação saída/entrada. Nesse processo, quantificam-se todos os insumos utilizados e produzidos que são transformados em unidades de energia. Mesmo quando não são completamente precisos, os dados relacionados a consumo e eficiência energética constituem importantes ferramentas de diagnóstico de sistemas produtivos agrícolas.

Todas as entradas e saídas de um sistema de cultivo podem ser expressas em termos de energia. Conseqüentemente, as entradas e saídas de energia são fatores importantes para determinar a eficiência energética e o impacto ambiental de um sistema de cultivo. No entanto, o uso da energia e a produção de energia diferem amplamente entre diferentes culturas e sistemas de produção, bem como a rotação de cultura, nível tecnológico da propriedade, sistema de manejo do solo tem efeitos consideráveis na entrada de energia e na eficiência energética de um sistema de produção. Aumentando-se o nível tecnológico da propriedade aumenta-se também o consumo de energia para a produção (RATHKE et al., 2007).

Comitre (1993) apresentou dois tipos básicos de fluxo externo na composição da matriz energética da fase agrícola do grão: energia direta e energia indireta. Segundo o autor, os tipos de energia subdividem-se de acordo com a fonte, e estas são especificadas pelas formas sob as quais se apresentam no processo de produção. A energia do tipo direta constitui o somatório de todas as quantidades calóricas das fontes energéticas na forma em que se apresentam. Por outro lado, a energia indireta é a soma das quantidades calóricas da energia embutida nas máquinas, implementos, equipamentos, insumos e construções uma vez que, para atingir a forma de entrada no agroecossistema, necessitaram



utilizar-se de outras quantidades calóricas de trabalho humano, matéria prima, combustível, transporte, etc.

As formas de energia são classificadas de maneiras diferentes, dependendo do autor. A FAO (1976) classifica a energia como renovável (biomassa, solar, geotérmica e eólica) e não renovável (carvão, petróleo, gás natural e nuclear). Carmo e Comitre (1991), classificaram a energia como biológica (energia humana, resíduos animais, adubação verde, cobertura morta e sementes), fóssil (combustíveis, lubrificantes, graxa, defensivos e fertilizantes) e industrial (tratores, implementos e eletricidade).

Para Hülsbergen et al. (2001), uma maior ou menor quantidade de energia que entra no sistema é altamente dependente da quantidade de fertilizantes e defensivos utilizados durante todo o processo produtivo. A substituição de uma fonte do fertilizante químico por fontes “naturais”, objetivando atingir o mesmo teor do elemento, aumenta consideravelmente os custos com outras máquinas para transporte para a lavoura, tendo em vista a baixa concentração do nutriente na fonte alternativa. Segundo o mesmo autor, há uma tendência de redução da entrada de energia em um sistema com o passar do tempo.

Pimentel (2004), afirma que houve uma diminuição no consumo de combustível para a produção de milho nos Estados Unidos da América, entre os anos de 1975 e 2000. A razão para a melhoria no consumo inclui motores mais eficientes, a mudança do combustível dos motores da gasolina para o óleo diesel e o surgimento de máquinas agrícolas mais eficientes. Hülsbergen et al., (2001) afirmam que o avanço da tecnologia na fabricação de máquinas e o uso de motores de maior potência faz necessário uma reavaliação contínua dos custos energéticos.

Pimentel (1980) relata que um litro de óleo diesel contém um valor energético de 34,244 MJ e que o gasto energético para sua produção é de 8,08 MJ L<sup>-1</sup>, totalizando 42,324 MJ L<sup>-1</sup> de combustível. Segundo o Balanço energética Nacional de 2013, um litro de óleo diesel contém um valor energético de 35,52 MJ.

Pimentel (2004), comparando a demanda energética do cultivo do milho no ano de 1945 e 40 anos depois, afirma que o dispêndio de energia com o elemento nitrogênio em 1985 foi maior que o somatório de todas as entradas de energia de todo o ciclo do milho em 1945. Em 2004 a energia necessária para a produção, embalagem e transporte dos fertilizantes nitrogenados estava em torno de 66,57 MJ kg<sup>-1</sup>. Essa necessidade do uso de

Nitrogênio contribuiu para o aumento do uso de energia na produção de milho, que era de 2.997,75 MJ ha<sup>-1</sup> por volta de 1.700 (estimado) passando para cerca de 33.494,4 MJ ha<sup>-1</sup> utilizados em 2000.

A entrada de energia indireta para máquinas agrícolas compreende numerosos itens com pequena quantidade de energia embutida que aparecem em materiais e serviços. As entradas de energia diretas são fáceis de identificar e analisar, ao passo que as entradas de energia indireta também são relativamente fáceis de identificar, porém mais difíceis de serem analisadas. A entrada de energia indireta de itens com pequena energia é muitas vezes considerada insignificante e é negligenciada. Embora esses itens são significantes como um todo, não há maneira fácil de analisá-los (MIKKOLA; AHOKAS, 2010).

Um procedimento comum é calcular os custos de manutenção em função de uma porcentagem do custo de aquisição da máquina e em seguida usar esse mesmo percentual para estimar a entrada de energia de manutenção em função da energia total gasta para a fabricação (MIKKOLA; AHOKAS, 2010). Os mesmos autores afirmam que o método mais minucioso para a determinação de gastos energéticos com reparos e manutenção é aquele proposto por Fluk (1985) o qual diz que 55% da energia necessária para a fabricação é necessária para reparação e manutenção das máquinas.

Mantoam (2011) analisando a incorporação de energia na vida útil de uma colhedora automotriz de cana-de-açúcar afirma que: uma vez que máquinas agrícolas, não apresentam diferenças discrepantes entre os seus grupos de materiais, por exemplo, o chassi de uma colhedora de cereais utiliza aço carbono em sua construção e seu material rodante de rodas e pneus utiliza a borracha, esses principais materiais (aço carbono; alumínio; borracha; ferro fundido e aço forjado), identificados como maiores consumidores de energia incorporada para a colhedora automotriz de cana-de-açúcar podem servir como base e ponto de partida para futuros estudos de energia incorporada com outras máquinas agrícolas.

Sendo assim, o coeficiente encontrado para a energia incorporada nas colhedoras automotrizes de cana-de-açúcar com rodas de pneus é de 202.600 MJ ton<sup>-1</sup>, considerando a borracha utilizada nos pneus e aquela para manutenção dos mesmos. Desse total, 72% são referentes à manutenção e reparos. Retirando-se a massa dos pneus da massa total da colhedora e a energia necessária para a manutenção obtêm-se um valor de 55.641,53

MJ ton<sup>-1</sup>, o qual será empregado para a colhedora automotriz de grãos e tratores desse estudo. A retirada da massa dos pneus da massa total da máquina, assim como a retirada da energia referente a reparos se deve em função da metodologia adotada, a qual utiliza separadamente a massa dos pneus e considera 12% para manutenção e 5% para reparos.

Para os implementos, Macedônio e Picchioni (1985), atribuem um valor de 57.195,28 MJ ton<sup>-1</sup>. Para pneus, Doering (1980), considera um coeficiente energético de 85.829,4 MJ ton<sup>-1</sup>. Como o coeficiente proposto por Mantoam (2011), para máquinas é inferior ao coeficiente proposto por Macedônio e Picchioni (1985), para implementos, foi considerado o mesmo coeficiente para os implementos.

Com relação aos fertilizantes e corretivos, Lockeretz (1980) sugere um coeficiente energético de 50,24 MJ kg<sup>-1</sup> do elemento para a produção de amônia anidra, 59,87 MJ kg<sup>-1</sup> para a ureia e 61,55 MJ kg<sup>-1</sup> para o nitrato de amônio. Para o elemento fósforo os valores são 12,56 MJ kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o superfosfato triplo (41% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 9,63 MJ kg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Para o potássio os valores são de 6,70 MJ kg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para o cloreto de potássio. Todos estes valores consideram a energia embutida no produto como gás natural, eletricidade, transporte e armazenamento dos produtos.

Para o calcário, Terhune (1980) sugere um valor de 1,256 MJ kg<sup>-1</sup> considerando desde a mineração, processamento transporte e distribuição final, não incluindo a energia necessária para a distribuição do calcário na lavoura.

Em estudos mais recentes, Heidari e Omid (2011), citam para o nitrogênio um valor de 66,14 MJ kg<sup>-1</sup>, 12,44 MJ kg<sup>-1</sup> para o fósforo e 11,15 MJ kg<sup>-1</sup> para o potássio. Como referência para esses coeficientes energéticos citam Banaeian; Omid; Ahmadi, (2011), Zangeneh; Omid; Akram, (2010) e Banaeian; Zangeneh; Omid, (2010). Os três trabalhos citados como referência para os coeficientes energéticos apresentam os valores tal e qual os apresentados inicialmente. Curiosamente, nenhum dos três estudos foi realizado com o objetivo de determinar os coeficientes energéticos relativos aos fertilizantes e sim realizar o balanço energético a partir de coeficientes energéticos já estabelecidos.

Sendo assim, se observadas as referências bibliográficas para os coeficientes energéticos utilizadas pelos trabalhos acima citados observa-se: o primeiro estudo, Banaeian; Omid; Ahmadi, (2011), cita como fonte Omid, et al., (2010) e Mohammadi e Omid (2010), além de um livro sobre métodos estatísticos. Novamente os valores

apresentados são idênticos àqueles iniciais e as referências utilizadas por Omid, et al., (2010) são, Zangeneh; Omid; Akram, (2010) (já utilizado como referência nos trabalhos iniciais) e Esengun et al., (2007), (sendo este apresentando os mesmos valores). Mohammadi e Omid (2010) citam como fonte um estudo realizado pela *University of Saskatchewan* (Canadá), entre os anos de 1981 e 1996, no qual os coeficientes foram calculados através da quantidade vendida (no país) de cada fonte do nutriente multiplicada pelo seu respectivo coeficiente energético, sendo que este coeficiente não está referenciado no estudo. Esses valores totais foram somados e divididos pelo somatório de todo o volume vendido de todas as fontes, obtendo assim os valores de 66,14, 12,44 e 11,15 MJ kg<sup>-1</sup> para nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Os coeficientes acima citados são atribuídos a Helsel e Fluck (1992) por Banaeian; Zangeneh; Omid (2010) e também creditados ao trabalho da universidade canadense por Mohammadi e Omid (2010).

Quando realizada uma análise detalhada da origem dos coeficientes energéticos utilizados por grande parte dos autores, chega-se ao Manual de Uso da Energia na Agricultura, elaborado por David Pimentel em 1980.

Alguns autores quando deparados com diferentes coeficientes energéticos relacionados ao mesmo item, adotaram como valor a média aritmética dos valores dos diferentes autores, gerando um novo valor que poderá ser utilizado para compor uma nova média por outros autores, originando um novo valor “empírico”.

Os defensivos agrícolas necessitam de energia para a sua produção, desde a formulação, embalagem e transporte. Essa energia provém dos combustíveis fósseis, energia elétrica e carvão. Considerando os herbicidas, inseticidas e fungicidas, os que demandam menor quantidade de energia para sua produção são os fungicidas, em média necessitam de 92,11 MJ kg<sup>-1</sup>, variando de 63,85 MJ kg<sup>-1</sup> até 114,63 MJ kg<sup>-1</sup>. Os herbicidas demandam maior quantidade de energia para sua produção, em média 238,65 MJ kg<sup>-1</sup>, variando de 79,88 MJ kg<sup>-1</sup> até 458,54 MJ kg<sup>-1</sup>. Os inseticidas apresentam valores intermediários, em média 184,22 MJ kg<sup>-1</sup>, variando de 57,82 MJ kg<sup>-1</sup> até 458,54 MJ kg<sup>-1</sup> (PIMENTEL, 1980). Esses valores não consideram a diferença entre o princípio ativo dos diferentes defensivos e a formulação (grânulos, pó molhável ou óleo miscível), ou seja, é a média geral.

Para a produção do ingrediente ativo glifosato, Pimentel (1980), considera necessário  $452,59 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Para a formulação do ingrediente ativo em grânulos são necessários  $15,07 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $83,74 \text{ MJ kg}^{-1}$  para embalagem (caixas de papel de 20 kg) e  $28,14 \text{ MJ kg}^{-1}$  para transporte, totalizando  $579,54 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Para a formulação, embalagem e transporte de herbicidas, inseticidas e fungicidas em pó molhável são necessários  $24,16 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Para óleo miscível e grânulos são necessários  $179,66 \text{ MJ kg}^{-1}$  e  $126,94 \text{ MJ kg}^{-1}$  respectivamente.

As sementes utilizadas na semeadura necessitam de energia para a sua produção. Scott e Krummel (1980), consideram que a energia embutida nas sementes é de  $33,49 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Para os grãos colhidos os autores utilizaram um coeficiente energético de  $16,84 \text{ MJ kg}^{-1}$ . Essa diferença entre as sementes e os grãos ocorre, possivelmente, em função de que os insumos utilizados para a produção de sementes são maiores que aqueles empregados na produção de grãos, tendo em vista a obrigatoriedade de uma qualidade significativamente maior nas sementes.

Campos et al. (2009), estudando a análise energética da produção da soja em plantio direto constatou que o consumo energético com óleo diesel, sementes e herbicidas, representaram 29,43%, 27,50% e 22,26%, respectivamente, do total de energia consumida, evidenciando a grande dependência de energia não sustentável. No sistema estudado, foi verificada eficiência energética de 18,64%, atribuída ao plantio direto. Os mesmos autores relatam que os dois fatores responsáveis pelas maiores entradas de energia são a adubação e o consumo de combustível.

No cultivo de milho o maior dispêndio energético se deu com os fertilizantes, ao passo que no cultivo da soja, devido ao menor uso de fertilizantes (nitrogênio) o consumo de combustível foi o fator que resultou em maior entrada de energia (RATHKE, et al., 2007).

Os custos energéticos do sistema de plantio direto foram menores que os do sistema convencional em 52,72%. O preparo com cultivo mínimo (grade leve) com 77,52% proporcionou uma economia entre 1.216,51 e 578,39  $\text{MJ ha}^{-1}$  respectivamente, o equivalente a 25,45 e 12,10 L de combustível para cada hectare trabalhado (FERNANDES et al., 2008).

Ramedani et. al., (2011) realizaram a análise energética da produção de soja onde a entrada de energia foi de 18.026,5 MJ ha<sup>-1</sup> e a saída de energia foi de 71.228,86 MJ ha<sup>-1</sup>, resultado de uma produtividade de 2.285,58 kg ha<sup>-1</sup>, o que resulta em uma eficiência de 3,95, apesar do trabalho mostrar 4,62. Analisando o trabalho verifica-se que o coeficiente utilizado para as sementes foi de 14,7 MJ kg<sup>-1</sup> ao passo que o valor dos grãos foi de 31,16 MJ kg<sup>-1</sup>, valores contrários àqueles convencionalmente utilizados, pois as sementes requerem de maiores cuidados para sua produção, além de beneficiamento, classificação, empacotamento, etc.

Mantoam (2011) apresenta os valores de depreciação de maneira diferente aos mostrados nesse estudo. Para o autor, a depreciação é dada em kg de máquina depreciada, o qual se for multiplicado pelo coeficiente energético relativo às máquinas resultaria em MJ como nesse estudo.

#### **4.4 Balanço econômico na agricultura**

Na agricultura, o custo de produção pode ser definido como a soma de todos os recursos utilizados em um processo produtivo, que podem ser classificados em custos fixos e variáveis. O custo fixo remunera os fatores de produção cujas quantidades não variam no curto prazo, mesmo que o mercado indique que se deve alterar escala de produção. O custo variável refere-se às despesas realizadas com fatores de produção, cujas quantidades podem ser modificadas em função do nível de produção desejado, tais como: fertilizantes, defensivos, operações agrícolas, mão-de-obra, transporte e outras. Nas estimativas de custo, deve-se considerar que cada propriedade apresenta particularidades quanto à topografia, condições físicas e de fertilidade dos solos, tipos de máquinas, área plantada e nível tecnológico, fazendo com que a elaboração de estimativas de custo de produção torne-se, para o produtor rural, ação obrigatória para auxiliar a tomada de decisão na busca de maior lucratividade. O custo total de produção é a despesa efetivamente desembolsada pelo agricultor somado à depreciação de máquinas e benfeitorias específicas da atividade (RICHETTI, 2007).

Para a estimativa do custo horário das máquinas, considera-se a soma dos custos fixos (depreciação, seguro, garagem e juros sobre o capital) mais os custos variáveis com reparos, combustível, itens de consumo e mão de obra do operador (MATSUNAGA et al., 1976).

O custo total de produção pode ser definido como o total das despesas realizadas pela firma com a combinação mais econômica dos fatores, por meio da qual é obtida determinada quantidade do produto (VASCONCELOS e GARCIA, 2004).

Em termos econômicos, a questão relativa ao curto ou longo prazo refere-se à possibilidade de variação dos fatores de produção. Considera-se curto prazo se pelo menos um dos fatores de produção não puder variar no período considerado, quando no longo prazo, todos os fatores podem variar (CASTRO et al., 2009).

Ao se falar em custos, deve-se definir os conceitos em termos econômicos. O custo econômico considera os custos explícitos, que se referem ao desembolso efetivamente realizado, e os custos implícitos que dizem respeito àqueles para os quais não ocorrem desembolsos efetivos, como é o caso da depreciação e do custo de oportunidade, que se refere ao valor que um determinado fator poderia receber em algum uso alternativo (CASTRO et al., 2009).

Segundo a CONAB (2010), as máquinas e os implementos agrícolas são projetados para realizar a execução de operações em diversas fases do cultivo (correção e preparo do solo, plantio, trato cultural, colheita e pós-colheita) e devem ser utilizadas de acordo com as suas características e com as necessidades do plantio. Outro fator que tem reflexo nos custos de produção é a manutenção, que pode ser entendida como o conjunto de procedimentos que visa manter as máquinas e implementos nas melhores condições possíveis de funcionamento e prolongar sua vida útil. Manutenção diz respeito, em resumo, ao abastecimento, lubrificação, reparos, coleta de óleo, proteção contra ferrugem e deterioração.

Os custos com máquinas agrícolas são normalmente divididos em dois componentes principais: custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são aqueles que devem ser debitados, independentemente da máquina ser usada ou não. A partir do momento em que foi adquirida uma máquina agrícola, ela passa a onerar seu proprietário, mesmo que seja mantida inativa no galpão de máquinas. Entre os custos fixos são incluídos: depreciação, juros, alojamento e seguros. Os custos variáveis ou operacionais são aqueles que dependem da

quantidade de uso que se faz da máquina e são constituídos por: combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e salário do tratorista (PACHECO, 2000).

Para Molin e Milan (2002), a distinção entre os custos fixos e variáveis nem sempre é clara, pois a depreciação (perda do valor devido à idade) pode ser afetada pela intensidade de uso. Se a máquina for pouco usada obtém um maior valor de revenda.

A depreciação que refere-se à perda de valor ou eficiência produtiva, causada pelo desgaste pelo uso, ação da natureza ou obsolescência tecnológica. Para a unidade produtiva, a perda de valor ou eficiência, independente da sua natureza, representa um custo real. Nesse ponto, os indicadores de vida útil em anos e horas são importantes face a implicação desses dados para o cálculo da depreciação, da hora-máquina e da manutenção desses bens. A depreciação é observada como uma função linear da idade do bem, variando uniformemente ao longo da vida útil (CONAB, 2010). É a perda do valor da máquina devido ao tempo de uso, seja pelo desgaste ou obsolescência, sendo interpretada como uma reserva financeira para sua substituição ao final da vida útil (MOLIN e MILAN, 2002).

O método da linha reta é o mais simples de ser usado, resultando numa depreciação anual constante da máquina, durante a vida útil, a qual varia muito em função do tipo de máquina utilizado e da sua manutenção. A depreciação de uma máquina não é conhecida com precisão enquanto ela não for vendida, pois apenas nesta ocasião se terá certeza do seu valor real (PACHECO, 2000).

No cálculo do custo operacional deve ser considerado o juro sobre o capital investido devendo-se considerar um valor de 8,75% ao ano (MOLIN e MILAN, 2002), devendo ser computado como retendo juros à base semelhante do que é obtido quando este capital é colocado no comércio (PACHECO, 2000).

Se a máquina for mantida sob abrigo, quando estiver fora de uso, certamente a sua vida útil será maior, dada a possibilidade de se executar reparos em qualquer condição climática e também pela maior proteção das intempéries (PACHECO, 2000). Caso a máquina não possua um lugar coberto para ser guardada, o valor pode ser entendido como uma compensação pela maior depreciação que a máquina sofrerá por ficar ao relento (MOLIN e MILAN, 2002). Aconselha-se uma taxa de 2% ao ano sobre o valor inicial para os cálculos do custo com alojamento e seguro.



Para manter as máquinas com bom desempenho operacional e confiabilidade, os reparos e manutenção são essenciais. A manutenção envolve a troca de óleo lubrificante, filtros, limpeza de componentes entre outros, enquanto os reparos envolvem o desgaste natural dos componentes (MOLIN e MILAN, 2002). Segundo Pacheco (2000), os gastos com reparos e manutenção são de 100% do valor de aquisição para tratores e colhedoras e 80% para semeadoras e pulverizadores.

Após o término da vida útil a máquina ou implemento tem um valor residual ou valor de sucata. Esse valor é dado como 10% do valor inicial por Pacheco (2000) e 20% por Molin e Milan (2002). Nesse estudo será utilizado o valor de 20% para máquinas e implementos devido a ser o valor que mais se aproxima daqueles aplicados na região.

Para compor o custo das máquinas é necessário computar o salário do operador, que segundo Pacheco (2000), o salário mensal é a média que prevalece na região, acrescido de 20% para benefícios e encargos sociais.

O custo operacional reflete a relação entre o custo horário do equipamento ou conjunto e a sua capacidade de trabalho. É através dele, custo operacional, que comparações entre os diferentes sistemas mecanizados podem ser efetuadas (MOLIN e MILAN, 2002).

A capacidade de trabalho ou capacidade de campo, é aplicada a máquinas e implementos que, para executarem uma operação agrícola, devem se deslocar cobrindo uma determinada área (MIALHE, 1974).

O fertilizante é um dos principais itens na determinação do custo operacional da produção de soja no Brasil (OSAKI, 2009) correspondendo a 19,39% do custo total e as sementes contribuindo com 10,33% no estado do Mato Grosso do Sul (RICHETTI e GUIDUCCI, 2012).

Furlaneto et al. (2007), analisando sistemas de produção de soja, diferenciados pelo uso de sementes convencionais e transgênicas, observaram que o custo operacional total por hectare da soja no sistema transgênico foi 14% inferior ao sistema com sementes convencional.

Bragagnolo et al. (2007), analisando e comparando os custos da soja transgênica e convencional no estado do Paraná, concluíram que os custos de produção são 3,7% menores para a soja RR (Roundup Ready) em relação à convencional.

No atual modelo de agricultura, uma eficiência econômica máxima associa-se a uma eficiência energética mínima, ou seja, a eficiência energética varia em sentido contrário à eficiência econômica e que, em termos de economia de energia, o componente com maior gasto energético se relaciona aos fertilizantes químicos e no futuro, no qual se crie uma consciência da questão energética, as atividades cujo coeficiente energético é muito baixo tenderão a desaparecer (PALMA, 2001).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Campo experimental**

O experimento foi realizado na Fazenda São Luiz localizada no município de Primavera do Leste – MT, km 80 da rodovia MT 130, com coordenadas geográficas de latitude Sul 14°51'18'' e longitude Oeste 54°12'20''. O clima da região é tropical com estação seca, nomeado Aw pela classificação climática de Köppen-Geiger.

O solo da área apresenta 77,5% de areia, 4,5% de silte e 18% de argila, sendo considerado solo de textura média, com declividade de aproximadamente 2% manejado sob o sistema de plantio direto e no momento da semeadura apresentava a área com restos culturais de painço (*Panicum miliaceum*).

### **5.2 Descrição dos tratamentos**

A adoção dos diferentes tratamentos obedeceu as práticas que estavam sendo empregadas no sistema de semeadura cruzada, nos diferentes locais. Foi adotado o sistema de linhas paralelas como sendo a testemunha, a qual era o padrão de cultivo adotado pela propriedade onde o estudo se realizou.

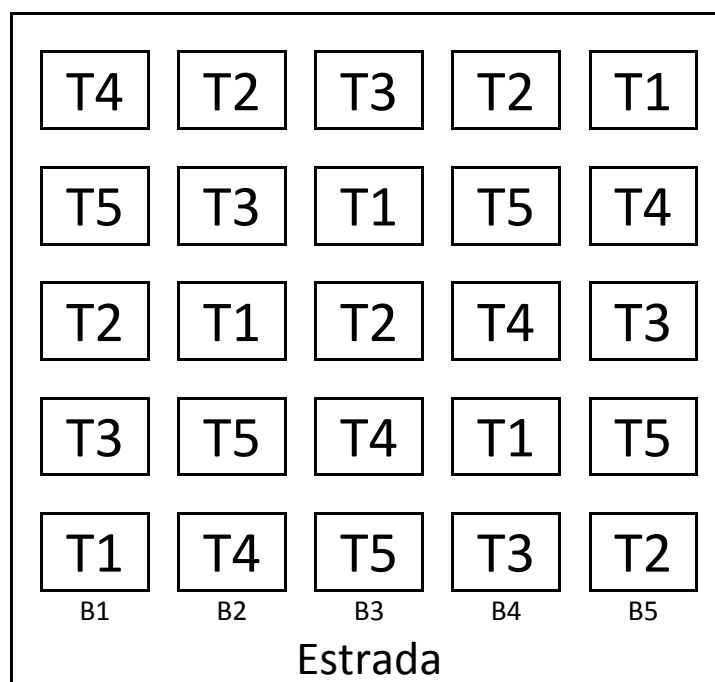
Os tratamentos constaram da combinação de diferentes doses do fertilizante 11-45-00 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), diferentes densidades de sementes no sistema cruzado comparado com o sistema de linhas paralelas, sendo eles mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados. Primavera do Leste, 2013/2014.

Tratamento	Sistema semeadura	Sementes por ha	Dose adubo (kg ha <sup>-1</sup> )
1	Linhas paralelas	360000	200
2	Linhas cruzadas	720000	400
3	Linhas cruzadas	720000	200
4	Linhas cruzadas	360000	400
5	Linhas cruzadas	360000	200

A semeadura cruzada consistiu em realizar a semeadura duas vezes, sendo a segunda perpendicular à primeira, formando um ângulo de 90° entre as linhas semeadas.

As parcelas possuíam dimensões de 6,5mx6,5m, espaçadas uma da outra em 3 m, conforme o croqui mostrado na Figura 1.



**Figura 1.** Croqui do experimento.

### **5.3 Semeadura da cultura da soja**

A semeadura da soja foi realizada no dia 20 de novembro de 2013 na quantidade de 18 sementes por metro, resultando em uma massa de 56 kg ha<sup>-1</sup>. A cultivar de soja utilizada foi a RR2 Intacta 8102 geneticamente modificada para a resistência ao Glifosato e ao ataque de lepidópteros. Esta cultivar possui hábito de crescimento determinado, ciclo de aproximadamente 120 dias até a maturação e poder germinativo de aproximadamente 93%.

### **5.4 Máquinas e implementos agrícolas**

Para a semeadura da soja foi utilizado trator marca Massey Ferguson modelo 680 com tração dianteira auxiliar (TDA) e 173 cv de potência nominal do motor e tara de 9375 kg. Os pneus dianteiros e traseiros são: 18,4-26 e 24,5-32 com massa de aproximadamente 95 e 198,5 kg respectivamente. A capacidade de lastro líquido é, segundo o fabricante, de 300 e 643 litros respectivamente. O valor de compra desse modelo novo foi de R\$ 140000,00.

A semeadora-adubadora utilizada foi da marca John Deere modelo 2115 CCS para semeadura direta com 13 linhas espaçadas em 0,5 metros, regulada para semear à profundidade de 0,04 m, com mecanismo distribuidor de sementes pneumático e sulcador do tipo haste sulcadora com capacidade operacional de campo de 4 ha h<sup>-1</sup>. Possui tara de 7350 kg e dois pneus 10,5-18 com massa de 25 kg cada. O valor de compra dessa semeadora foi de R\$ 168000,00.

As aplicações de defensivos, dessecação, uma em pós emergência e três tratamentos fitossanitários com inseticidas e fungicidas, foram realizadas com pulverizador automotriz marca Jacto modelo Uniport 2000 com 128 cv de potência no motor, capacidade de 2000 litros no reservatório, taxa de aplicação de 80 L.ha<sup>-1</sup>, bicos espaçados em 0,5 m, velocidade de trabalho de 18 km h<sup>-1</sup>, pontas de pulverização de jato plano padrão AVI11002, e pressão de trabalho de 310,26 kPa, largura de trabalho efetiva de 21,5 m e tara de 6600 kg com capacidade operacional de 20 ha h<sup>-1</sup>. Os quatro pneus são do modelo 12.4-36 com massa de 74 kg cada. O valor de compra desse pulverizador foi de R\$ 230000,00.

A aplicação de 1000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário (60 dias antes da semeadura) e adubação a lanço com 200 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (63% K<sub>2</sub>O), foi realizada com o distribuidor de fertilizantes e corretivos marca Stara modelo Hércules 10000, com capacidade do reservatório de 10000 kg. A massa total é de 2000 kg e possui quatro pneus do tipo 12.4-24 com massa aproximada de 46,6 kg cada. O valor de compra é de R\$ 80000,00. Para a tração deste implemento foi utilizado trator marca Ford modelo 6600 com potência de 77 cv no motor, pneus traseiros 13.6-38, dianteiros 9.00-16 com massa de 74 kg e 21 kg respectivamente e massa total de 3850 kg com capacidade operacional de campo de 5,5 ha h<sup>-1</sup>. Como esse modelo de trator já não é mais fabricado, foi adotado o valor de compra de um modelo novo com mesma potência no valor de R\$ 95000,00.

A colheita foi realizada com colhedora automotriz marca John Deere modelo 9670 STS com 378 cv de potência no motor, plataforma de corte com largura de 9,1m (30 pés) e capacidade operacional de 6 ha h<sup>-1</sup>. A massa total, colhedora mais plataforma de corte, é de 19353 kg. Os rodados dianteiros são duplos com pneus do tipo 20.8-38 e os dois rodados traseiros do tipo 18.4-26 com massa de 190 e 95 kg cada respectivamente. O valor de compra dessa colhedora foi de R\$ 786000,00.

A vida útil das máquinas e implementos foi considerada conforme Pacheco (2000), onde a vida útil de tratores e colhedoras é de 10000 horas e 1200 horas para semeadoras. Para o distribuidor de corretivos também foi adotado o valor de 1200 horas. Segundo o mesmo autor, o número de horas trabalhadas por ano, em média, é de: 1000 horas para tratores; 800 horas para colhedoras; 240 para pulverizadores, semeadoras e distribuidor de corretivos. Para o pulverizador autopropelido, foi adotada uma vida útil de 10000 horas, pois o pulverizador da propriedade está com 6600 horas acumuladas e continua em condições de trabalho.

A massa dos diferentes pneus foi obtida junto às distribuidoras de pneus da cidade, a partir do catálogo dos fabricantes.

As capacidades de campo operacionais foram obtidas a partir das planilhas de controle do produtor. A partir da capacidade de campo operacional foi calculado o tempo de uso (Tu) da máquina em um hectare.

Na Tabela 2 estão resumidas as operações utilizadas para a determinação do balanço energético e econômico.

**Tabela 2.** Operações utilizadas para a realização do trabalho.

<b>Operação</b>	<b>Consumo horário (L h<sup>-1</sup>)</b>	<b>CCO (ha h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo operacional (L ha<sup>-1</sup>)</b>
Calagem	11	5,5	2
Dessecação	10	20	0,5
Semeadura	32	4	8
Pulverizações (4)	10	20	2,0
Colheita	54	6	9

Não foram considerados os gastos com o trator necessário para tracionar a “bazuca” utilizada para abastecimento da semeadora com adubo e sementes, o tanque com água para abastecimento do pulverizador.

Na Tabela 3 estão apresentadas as máquinas e implementos utilizados com a vida útil, valor de aquisição e massa.

**Tabela 3.** Máquinas e implementos utilizados para a determinação do balanço econômico e energético.

<b>Máquina/implemento</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Vida útil (h)*</b>	<b>Massa total (kg)</b>	<b>Massa borracha (kg)</b>
Colhedora	786000	10000	19353	950
Trator MF 680	140000	10000	9375	587
Trator Ford 6600	95000	10000	3850	190
Pulverizador	230000	10000	6600	296
Semeadora	168000	1.200	7350	50
Distribuidor corretivos	80000	1.200	2000	186

\* Valores propostos por Pacheco (2000).

### 5.5 Consumo de combustível, lubrificantes e graxa.

Para a determinação da quantidade de combustível consumida em 1 ha foi considerado o consumo do trator na operação de semeadura, pulverizador automotriz nas diferentes aplicações, distribuidor de corretivos e fertilizantes e colhedora automotriz. O valor pago por cada litro de óleo diesel no momento da compra foi de R\$ 2,64 por litro. O valor de cada litro de óleo lubrificante foi de R\$ 9,50.

## 5.6 Fertilizantes e defensivos

A adubação de base no sulco de semeadura em linhas paralelas foi realizada com 200 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 11-45-00 e duas adubações em cobertura com Cloreto de Potássio a lanço na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> cada. O custo dos fertilizantes, por tonelada, no momento da compra foi de aproximadamente R\$ 1020,00 para o formulado e R\$ 1060,00 para o Cloreto de Potássio. Nas parcelas com semeadura cruzada a adubação em cobertura foi a mesma das parcelas com semeadura em paralelo.

A dessecação da área para a semeadura foi realizada com 1,98 kg ha<sup>-1</sup> de Glifosato (2,5 kg ha<sup>-1</sup> Roundup WG – R\$ 26,40 por kg), 0,040 kg ha<sup>-1</sup> de Flumioxazina (0,08 kg ha<sup>-1</sup> de Flumizim – R\$ 374,00 por kg) e 0,025 kg ha<sup>-1</sup> de Clorimuron (0,1 kg ha<sup>-1</sup> de Clorimuron Nortox – R\$ 48,4 por kg).

Para o tratamento de sementes foi utilizado 40 g ha<sup>-1</sup> de Carboxina + 40 g ha<sup>-1</sup> de Tiram (0,2 L ha<sup>-1</sup> de Vitavax – R\$ 27,50 por L) e 50 g ha<sup>-1</sup> de Fipronil (0,2 L ha<sup>-1</sup> de Standak – R\$ 363,00 por L).

O controle de plantas daninhas em pós emergência foi realizado com duas aplicações de Glifosato, sendo a primeira na dose de 1,2 kg ha<sup>-1</sup> e a segunda com 1,6 kg ha<sup>-1</sup> (1,5 e 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de Roundup WG).

Para o controle de doenças foram realizadas quatro aplicações preventivas com 60 g ha<sup>-1</sup> de Trifloxistrobina mais 70 g ha<sup>-1</sup> de Protiocanazol (0,4 L ha<sup>-1</sup> de Fox – R\$ 114,40 por L).

Para o controle de pragas sugadoras foram realizadas três aplicações de 0,030 g ha<sup>-1</sup> de Bifentrina (0,3 L ha<sup>-1</sup> de Talstar – R\$ 77,00 por L) e uma aplicação com 15 g ha<sup>-1</sup> de Triflubenzuron (0,1 L ha<sup>-1</sup> de Nomolt – R\$ 100,00 por L).



## **5.7 Benfeitorias**

Para a determinação da depreciação energética e econômica, foram consideradas como benfeitorias dois barracões de alvenaria com dimensões de 1400 m<sup>2</sup> e 225 m<sup>2</sup> no valor aproximado de R\$ 500000,00, silo com moega e balança com 600 m<sup>2</sup> com valor de R\$ 2.300000,00 e uma casa com 280 m<sup>2</sup> no valor de R\$ 400000,00. A Conab (2010), definiu a vida útil das construções de madeira em 25 anos e 40 anos para as construções de alvenaria. Para ambas benfeitorias adotam-se o valor residual como sendo 20% do valor inicial.

## **5.8 Características agronômicas da soja**

### **5.8.1 Altura de plantas e inserção de vagens**

A determinação da altura de plantas e inserção da primeira vagem foi realizada em 10 plantas de cada parcela com uma régua de 1,5 m de comprimento e precisão de 0,001 m medindo-se do colo da planta até a primeira vagem e até o último racemo da haste principal.

### **5.8.2 Determinação da população final de plantas**

A população final de plantas foi determinada através da contagem das plantas existentes no cruzamento entre duas linhas perpendiculares com um metro cada no centro de cada parcela para os tratamentos com semeadura cruzada e nas parcelas com semeadura convencional foi realizada a contagem das plantas existentes em 3 m de duas fileiras centrais em seguida extrapolado para plantas por hectare.

### **5.8.3 Determinação do teor de água dos grãos**

Após a trilha de todas as parcelas, foi determinado o teor de água dos grãos de cada parcela através de um determinador de umidade portátil marca Motomco modelo 999 FR, sendo realizada duas repetições por parcela.

#### **5.8.4 Determinação da massa de 1000 grãos**

Após a trilha e imediatamente após a determinação do teor de água dos grãos foram contados mil grãos através de um contador automático de grãos marca Sanick modelo ESC 2011 sendo em seguida realizada a pesagem dos mesmos.

#### **5.8.5 Determinação da produtividade**

A produtividade foi determinada através de colheita manual de 4 m<sup>2</sup> na parte central de cada parcela onde a semeadura foi realizada no sistema cruzado. Nas parcelas de semeadura em linhas paralelas foi realizada a colheita manual de 4 metros das duas fileiras centrais da parcela. A trilha das plantas arrancadas manualmente foi realizada com uma trilhadora de grãos marca SB acionada por um motor estacionário.

Após a trilha e obtenção da massa de grãos, foi determinado o teor de água dos grãos, e então a produtividade foi transformada em quilogramas de grãos por hectare com 14% de teor de água. A massa de grãos foi obtida pela pesagem dos grãos em balança digital com precisão de 0,05 kg.

### **5.9 Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi realizado no delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos e 5 repetições e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de significância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, quando o resultado da análise de variância se mostrou significativo.

### **5.10 Análise energética**

A análise energética foi realizada através da relação saída/entrada de energia no cultivo da soja nos diferentes tratamentos de acordo com a seguinte expressão:

$$SE = \frac{SE}{EE} \quad (1)$$

Em que:

SE = Relação saída/entrada de energia

SE = Saída de energia (MJ ha<sup>-1</sup>)

EE = Entrada de energia (MJ ha<sup>-1</sup>)

Foi considerado como saída de energia a massa total de grãos produzidas em um hectare multiplicado pelo coeficiente energético referente à soja. As entradas de energia foram consideradas como o somatório do dispêndio energético de todos os insumos utilizados multiplicados pelos seus respectivos coeficientes energéticos somados com a depreciação energética de máquinas, implementos, benfeitorias e energia elétrica.

Neste trabalho, a unidade de medida de energia utilizada foi o Megajoule (MJ) e as equivalências entre as diferentes unidades de medidas utilizadas foram aquelas apresentadas no Balanço Energético Nacional de 2013, elaborado pelo Ministério de Minas e Energia, sendo uma caloria (cal) equivalente a 4,1868 joules (J).

A equivalência de energia elétrica (1kWh = 3,6MJ) não leva em conta a energia gasta para a construção de barragens, turbinas eólicas, painéis fotovoltaicos, etc. e transmissão, que demandam grande quantidade de energia, porém, Cervinka (1980) determinou que são necessários 11,98 MJ para a produção de 1kWh.

Neste trabalho não será separado as diferentes formas de energia como adotado por Carmo e Comitre (1991), os quais separam as entradas de energia em energia de origem biológica, de origem fóssil e industrial, pois não é esse o objetivo desse estudo.

### **5.10.1 Depreciação energética de máquinas**

A metodologia utilizada para a determinação da depreciação energética de máquinas e implementos foi a de Comitre (1993), que tem como parâmetro a massa das

máquinas e dos pneus, depreciando-se durante sua vida útil. A energia para os reparos e manutenção são estimados em 5% e 12%, respectivamente, sobre o valor energético.

A depreciação energética de máquinas e implementos foi calculada de acordo com a expressão adotada por Comitre (1993) acrescida do tempo de utilização da máquina ou implemento em cada unidade de área. Se considerarmos o tempo de uso, em horas (h), da máquina em um hectare, o resultado obtido seria MJ h<sup>-1</sup>, o qual multiplicado por h ha<sup>-1</sup> resulta em MJ ha<sup>-1</sup>.

$$\mathbf{DEM} = \left( \frac{\mathbf{A + B + C + D}}{\mathbf{Vu}} \right) \cdot \mathbf{Tu} \quad (2)$$

Em que:

DEM = Depreciação energética de máquinas e implementos agrícolas (MJ ha<sup>-1</sup>).

A = Produto da massa das máquinas ou implementos pelos coeficientes energéticos (MJ).

B = Custo energético para reparos – 5% do valor de A.

C = Produto da massa de pneus das máquinas ou implementos pelo coeficiente energético.

D = Custo energético para manutenção – 12% do valor de A+B+C.

Vu = Vida útil das máquinas e equipamentos (h).

Tu = Tempo de uso por hectare (h).

Com a evolução da tecnologia empregada nas máquinas, maior quantidade de energia se torna necessária para a fabricação do trator e da colhedora. A evolução dos implementos como arados e grades não foi significativa, sendo que a constituição dos mesmos na atualidade não difere muito daquela existente a 20 anos atrás. Porém, no caso das semeadoras houve uma grande evolução, não sendo possível comparar a semeadora utilizada nesta safra com uma utilizada a 20 anos atrás. Dessa forma, o coeficiente energético utilizado para as máquinas foi o mesmo utilizado para as semeadoras.

A massa das máquinas para o cálculo foi obtida subtraindo-se do peso total da máquina a massa total dos pneus e a massa de água dos pneus, quando utilizada, pois a

metodologia adotada separa a massa de pneus da massa das máquinas, de maneira a não computar o valor da massa de borracha como sendo massa de ferro.

### 5.10.2 Depreciação energética de benfeitorias

Doering (1980) considera que cada unidade de área construída necessita de determinada quantidade de energia para a sua construção. Considerando que ao final da vida útil das benfeitorias sobre apenas o valor energético da matéria prima e que o custo energético com reparos será de 5%, o cálculo da depreciação energética de benfeitorias foi realizado segundo a equação:

$$\mathbf{DEB} = \frac{\left( \frac{\mathbf{E} + \mathbf{F}}{\mathbf{Va}} \right) \cdot \mathbf{To}}{\mathbf{A}} \quad (3)$$

Em que:

DEB = Depreciação energética de benfeitorias (MJ ha<sup>-1</sup>)

E = Produto da área das benfeitorias pelos coeficientes energéticos (MJ)

F = Custo energético com reparos de benfeitorias – 5% do valor de E

Va = Vida útil das benfeitorias (anos)

A = Área total da propriedade (ha)

To = Taxa de ocupação do bem

A taxa de ocupação do bem é definida como sendo o percentual de utilização deste bem em um determinado cultivo. Como as atividades da propriedade se resumem ao cultivo de soja e milho, foi considerada uma taxa de ocupação de 50% (To = 0,5), ou seja, a metade do tempo de uso durante o ano as instalações se destinam ao cultivo de soja e a outra metade ao cultivo de milho.

Segundo Doering (1980) nos valores energéticos para as benfeitorias existe uma diferença quando se trata de uma residência comparada com as demais construções (barracões e garagens) de uma propriedade em função dos diferentes materiais utilizados, e os

valores médios são: 6.264,221 MJ m<sup>2</sup> para construções consideradas como residência e 1.712,521 MJ m<sup>2</sup> para construções destinadas a serviços.

A massa total das máquinas, implementos e pneus foi obtida junto aos catálogos dos fabricantes.

Os valores energéticos utilizados para combustíveis, lubrificantes e graxa empregados na fase agrícola foram aqueles adotados pelo Balanço Energético Nacional onde para o óleo diesel o coeficiente utilizado é de 35,52 MJ L<sup>-1</sup>, 37,29 MJ L<sup>-1</sup> para lubrificantes e 37,25 MJ L<sup>-1</sup> para graxa (BEN, 2013).

Para os nutrientes aplicados na produção foram utilizados os seguintes coeficientes energéticos: ureia 59,87 MJ kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12,56 MJ kg<sup>-1</sup> e para o K<sub>2</sub>O 6,70 MJ kg<sup>-1</sup> (LOCKERETZ, 1980). Os valores das doses de cada fertilizante foram convertidos para K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e ureia. Como o coeficiente para o nitrogênio foi determinado para a ureia, o valor de nitrogênio contido no fertilizante foi convertido para equivalente em ureia, considerando a ureia com 45% de nitrogênio.

Para os defensivos agrícolas foram utilizados os coeficientes energéticos propostos por Pimentel (1980), sendo para o glifosato 579,54 MJ kg<sup>-1</sup>, 396,11 MJ kg<sup>-1</sup> para o Clorimuron e 268,81 MJ kg<sup>-1</sup> para o Flumioxazina. O valor adotado para o Clorimuron foi com base na formulação e na energia necessária para produzir um kg de ingrediente ativo do mesmo grupo químico, proposto por Pimentel (1980). Para a Flumioxazina foi utilizado o valor médio necessário para a produção de 1 kg de herbicidas somado com o valor necessário para formulação, embalagem e transporte de um quilograma de pó molhável. Para os inseticidas foi adotado 363,88 MJ kg<sup>-1</sup> e para os fungicidas 271,77 MJ kg<sup>-1</sup>, utilizando para ambos a média necessária para a produção de um quilograma de ingrediente ativo e a energia necessária para a formulação, embalagem e transporte de óleo miscível. Foi considerado que 1 litro possui massa de 1kg.

A energia gasta com mão-de-obra foi calculada de acordo com Campos et. al. (1998), sendo 2,196 MJ h<sup>-1</sup>. Para as operações de pulverização e semeadura é necessário o uso da mão-de-obra de mais uma pessoa para o abastecimento da máquina, portanto, nessas operações o tempo total necessário de mão-de-obra foi determinado pelo número de horas necessário para a realização da operação multiplicado por dois.

Os valores de coeficiente energético utilizados para o cálculo do balanço energético estão listados na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes energéticos utilizados nos cálculos.

Item	Coeficiente	Item	Coeficiente
Máquinas	55.641,53 MJ ton <sup>-1</sup>	Clorimuron	396,11 MJ kg <sup>-1</sup>
Implementos	55.641,53 MJ ton <sup>-1</sup>	Inseticidas	363,88 MJ kg <sup>-1</sup>
Óleo diesel	35,52 MJ L <sup>-1</sup>	Fungicidas	271,77 MJ Kg <sup>-1</sup>
Lubrificante	37,29 MJ L <sup>-1</sup>	Mão-de-obra	2,1966 MJ hora <sup>-1</sup>
Graxa	37,25 MJ L <sup>-1</sup>	Sementes	33,49 MJ kg <sup>-1</sup>
Ureia	59,87 MJ kg <sup>-1</sup>	Grãos	16,84 MJ kg <sup>-1</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12,56 MJ kg <sup>-1</sup>	Pneus	85.829,4 MJ ton <sup>-1</sup>
K <sub>2</sub> O	6,70 MJ kg <sup>-1</sup>	Residência	6.264,221 MJ m <sup>-2</sup>
Glifosato	579,54 MJ kg <sup>-1</sup>	Barracões	1.712,521 MJ m <sup>-2</sup>
Flumioxazina	268,81 MJ kg <sup>-1</sup>	Energia elétrica	11,98 MJ kWh <sup>-1</sup>

## 5.11 Análise econômica

### 5.11.1 Custo horário com máquinas e implementos

Para calcular o valor da hora trabalhada pelas máquinas é preciso definir o preço e a quantidade consumida dos itens de cada equipamento, em cada hectare, os gastos com o óleo diesel, salário e encargos sociais e trabalhistas dos seus operadores, de acordo com a equação a seguir (PACHECO, 2000):

$$CM = CF + CV \quad (4)$$

Em que:

CM = Custo horário com máquina (R\$ h<sup>-1</sup>)

CF = Custo fixo (R\$ h<sup>-1</sup>)

CV = Custo variável (R\$ h<sup>-1</sup>)

#### 5.11.1.1 Custo fixo

Os custos fixos compreendem os gastos com depreciação, juros, alojamento e seguro, e independem da área produzida (PACHECO, 2000).

$$\mathbf{CF = D + J + AS} \quad (5)$$

Em que:

CF = Custo fixo (R\$ h<sup>-1</sup>)

D = Depreciação (R\$ h<sup>-1</sup>)

J = Juros (R\$ h<sup>-1</sup>)

AS = Custo com alojamento e seguro (R\$ h<sup>-1</sup>)

A depreciação, o juro e alojamento e seguro foram calculados segundo Pacheco (2000), conforme as expressões:

$$\mathbf{D = \frac{V_n - V_s}{V_u}} \quad (6)$$

Em que:

D = Depreciação de máquina ou implemento (R\$ h<sup>-1</sup>)

V<sub>n</sub> = Valor de aquisição da máquina ou implemento (R\$)

V<sub>s</sub> = Valor de sucata da máquina ou implemento (R\$)

V<sub>u</sub> = Vida útil da máquina ou implemento (h)

A taxa de juros utilizada foi de 8,75% ao ano e o valor de sucata de 20% do valor inicial, proposto por Molin e Milan (2002).



$$\mathbf{J} = \frac{\left( \frac{\mathbf{Vn} + \mathbf{Vs}}{2} \right) \cdot \mathbf{i}}{\mathbf{T}} \quad (7)$$

Em que:

$\mathbf{J}$  = Juros (R\$ h<sup>-1</sup>)

$\mathbf{Vn}$  = Valor de aquisição da máquina ou implemento (R\$)

$\mathbf{Vs}$  = Valor de sucata da máquina ou implemento (R\$)

$\mathbf{i}$  = Juros ao ano (decimal)

$\mathbf{T}$  = Tempo de uso da máquina ou implemento por ano (h ano<sup>-1</sup>)

$$\mathbf{AS} = \frac{\mathbf{0,02 \cdot Vn}}{\mathbf{T}} \quad (8)$$

Em que:

$\mathbf{AS}$  = Custo com alojamento e seguro (R\$ h<sup>-1</sup>)

$\mathbf{Vn}$  = Valor de aquisição da máquina ou implemento (R\$)

$\mathbf{T}$  = Tempo de uso da máquina ou implemento por ano (h ano<sup>-1</sup>)

#### 5.11.1.2 Custo variável

O custo variável é aquele que depende da quantidade de uso que se faz da máquina (PACHECO, 2000):

$$\mathbf{CV} = \mathbf{C} + \mathbf{L} + \mathbf{RM} + \mathbf{ST} \quad (9)$$

Em que:

$\mathbf{CV}$  = Custo horário variável (R\$ h<sup>-1</sup>)

$\mathbf{C}$  = Custo com combustível (R\$ h<sup>-1</sup>)

L = Custo com lubrificantes e graxa (R\$ h<sup>-1</sup>)

RM = Custo com reparos e manutenção (R\$ h<sup>-1</sup>)

ST = Custo com salário do tratorista (R\$ h<sup>-1</sup>)

O consumo horário de combustível foi retirado das planilhas de controle da propriedade e multiplicado pelo preço do combustível no momento da compra.

O consumo de lubrificantes foi calculado de acordo com Balastreire (1990) de acordo com a fórmula a seguir:

$$\mathbf{CL = 0,00059H + 0,02169} \quad (10)$$

Em que:

CL = Consumo de lubrificante (L h<sup>-1</sup>)

H = Potência nominal do motor do trator (kW)

Nos tratamentos onde a semeadura foi cruzada, foi calculado o consumo adicional de lubrificantes e graxa de acordo com o tempo necessário para semear um hectare.

O consumo de graxa fica em torno de 0,5 kg a cada 10 horas de serviço da máquina (BALASTREIRE, 1990).

O custo do óleo lubrificante foi de R\$ 9,50 por litro, não sendo considerado o valor de reposição. Para a graxa foi adotado o valor de R\$ 10,00 por kg.

Os custos com reparos e manutenção foram calculados conforme Pacheco (2000), de acordo com as expressões:

$$\mathbf{RM = \frac{Vn \cdot F}{Vu}} \quad (11)$$

Em que:

RM = Custo com reparo e manutenção (R\$ h<sup>-1</sup>)

Vn = Valor de aquisição da máquina ou implemento (R\$)

Vu = Vida útil da máquina ou implemento (h)

F = Fator de reparo e manutenção (1 – Colhedora e trator; 0,8 – semeadora, pulverizador e distribuidor de corretivos)

O salário do tratorista foi calculado conforme Pacheco (2000), que utiliza o salário mensal, décimo terceiro e 20% de encargos sociais, conforme a expressão:

$$ST = \frac{(\text{Salário mensal} \times 13) + 20\%}{\text{Horas trabalhadas por ano}} \quad (12)$$

Em que:

ST = Salário do tratorista (R\$ h<sup>-1</sup>)

Com base nos dados informados pelo produtor, em média cada funcionário recebe em torno de R\$ 4000,00 mensais e trabalham aproximadamente 2000 horas por ano. Como os funcionários desempenham diversas funções dentro da propriedade, foi computado o valor total com máquinas, somando apenas uma vez o valor do salário dos quatro funcionários.

### 5.11.2 Custo operacional

$$CO = \frac{CM}{CCO} \quad (13)$$

Em que:

CO = Custo operacional (RS ha<sup>-1</sup>)

CM = Custo horário com máquinas ou implementos (RS h<sup>-1</sup>)

CCO = Capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>)

### 5.11.3 Depreciação de benfeitorias

As benfeitorias são obras ou serviços realizados num bem com o intuito de aproveitá-lo e conservá-lo e que não podem ser retirados sem destruição ou dano, destinados à manutenção das atividades da empresa e como tal sofrem perda de valor ou eficiência produtiva, causada pelo desgaste do seu uso, idade e estado de conservação (CONAB, 2010).

Para o cálculo da depreciação de benfeitorias a Conab utiliza a seguinte expressão:

$$Db = \frac{\left( \frac{Vn - Vr}{Va} \right) To}{A} \quad (14)$$

Em que:

Db = Depreciação econômica de benfeitorias (R\$ ha<sup>-1</sup>)

Vn = Valor da benfeitoria nova (R\$)

Vr = Valor residual da benfeitoria (R\$)

Va = Vida útil da benfeitoria (anos)

A = Área total de cultivo (ha)

To = Taxa de ocupação do bem (%).

#### 5.11.4 Insumos

Para o cálculo dos custos com insumos será contabilizado o total gasto com sementes, defensivos e fertilizantes para um hectare durante o ciclo de cultivo da soja, de acordo com a fórmula:

$$CI = S + H + I + F + N + P + K + Ca \quad (15)$$

Em que:

CI = Custo com insumos (R\$ ha<sup>-1</sup>)

S = Custo com sementes (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 H = Custo com herbicidas (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 I = Custo com inseticidas (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 F = Custo com fungicidas (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 N = Custo com adubação com Nitrogênio (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 P = Custo com adubação com Fósforo (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 K = Custo com adubação com Potássio (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 Ca = Custo com aplicação de calcário (R\$ ha<sup>-1</sup>)

#### 5.11.5 Custo total

É o custo inerente a todas as despesas geradas pelo custo das máquinas e implementos agrícolas, mão de obra, insumos, e combustível e depreciação de benfeitorias para o cultivo de um hectare, de acordo com a fórmula:

$$CT = CM + CI + Db \quad (16)$$

Em que:

CT = Custo total (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 CM = Custo com máquinas (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 CI = Custo com insumos (R\$ ha<sup>-1</sup>)  
 Db = Depreciação de benfeitorias (R\$ ha<sup>-1</sup>)

#### 5.11.6 Receita bruta

É a receita obtida através da venda do produto obtida pela multiplicação do preço unitário pela produtividade em sacas por hectare, conforme a expressão:

$$\mathbf{RB = Pr \times Pu} \quad (17)$$

Em que:

RB = Receita bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>)

Pr = Produtividade de soja (sc ha<sup>-1</sup>)

Pu = Preço unitário (R\$ sc<sup>-1</sup>)

O valor de venda de uma saca de 60 kg foi de R\$ 54,00, valor médio praticado pelo produtor.

#### **5.11.7 Margem bruta (MB)**

É o valor obtido após o produtor vender o produto e pagar os custos totais de produção, ou seja, qual o percentual da receita se reflete em lucro, conforme a expressão:

$$\mathbf{MB = \frac{RB - CT}{RB} \cdot 100} \quad (18)$$

Em que:

MB = Margem bruta (%)

RB = Receita bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>)

CT = Custo total (R\$ ha<sup>-1</sup>)

#### **5.11.8 Ponto de nivelamento (PN)**

É definido pela produtividade mínima necessária para cobrir o custo operacional total conforme a expressão:

$$\mathbf{PN = \frac{CT}{Pu}} \quad (19)$$

Em que:

PNE = Ponto de nivelamento (sc ha<sup>-1</sup>)

Pu = = Preço unitário (R\$ sc<sup>-1</sup>)

### **5.11.9 Lucro (L)**

O lucro operacional mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras operacionais da atividade agrícola (Gomes, 2008).

É a diferença entre a receita bruta e o custo total de acordo com a expressão a seguir:

$$\mathbf{L = RB - CT} \quad (20)$$

Em que:

L = Lucro (R\$ ha<sup>-1</sup>)

CT = Custo total (R\$ ha<sup>-1</sup>)

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos mostrados inicialmente serão aqueles relativos às características agronômicas da cultura da soja, seguidos pelos dados referentes à análise energética e por último os resultados da análise econômica.

### **6.1 Características agronômicas da cultura da soja**

Os resultados das avaliações das características agronômicas dos diferentes sistemas de cultivo da soja estão na Tabela 5.

A população de plantas no final do ciclo da cultura não apresentou diferença estatística entre os tratamentos T1, T2 e T3, os quais diferiram estatisticamente dos tratamentos 4 e 5, sendo que estes foram estatisticamente iguais. O tratamento T1 foi realizado em linhas paralelas com 360000 sementes por hectare, enquanto que os tratamentos T2 e T3 foram distribuídas 720000 sementes por hectare no sistema cruzado.

Segundo Balbinot Junior et al., (2012), o cruzamento das linhas reduz a densidade de plantas, pois a segunda operação de semeadura, transversal à primeira, danifica a qualidade da primeira operação em virtude do revolvimento do solo ocasionado pela segunda passagem da semeadora e da compactação adicional imposta pelo rodado do trator e/ou semeadora, corroborando os resultados obtidos nesse estudo, onde aproximadamente 50%, em média, do total de sementes não resultaram em plantas no momento da colheita nos



tratamentos com 720000 sementes por hectare, onde nota-se um número de plantas significativamente inferior à quantidade de sementes distribuídas, aproximadamente 45% em média.

**Tabela 5.** Características agronômicas da soja nos diferentes tratamentos. Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Trat.</b>	<b>População final (plantas ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Altura inserção (cm)</b>	<b>Altura de plantas (cm)</b>	<b>PMG (g)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
1	350667 a	15,8 b	54,0 d	172,2 ab	4154,9
2	348000 a	20,1 a	74,1 a	184,0 a	4317,5
3	380000 a	18,5 ab	72,2 ab	175,5 ab	4065,3
4	200000 b	17,3 ab	64,2 bc	168,7 b	4158,1
5	188000 b	17,9 ab	60,8 cd	170,9 b	4133,8
<b>CV (%)</b>	<b>9,45</b>	<b>9,76</b>	<b>6,56</b>	<b>3,84</b>	<b>9,15</b>

Segundo a Embrapa (2012), nos casos em que o aumento da população causa efeito acentuado no acamamento das plantas, populações mais altas podem levar à redução na produtividade e variações entre 200 e 500 mil plantas por hectare, normalmente, não influenciam o rendimento de grãos, fato que foi confirmado nesse estudo, tendo em vista que a produtividade de grãos não apresentou diferença significativa entre os diferentes sistemas estudados.

A altura de inserção da primeira vagem apresentou comportamento semelhante ao observado na altura de plantas, sendo que a maior altura de inserção foi obtida no sistema que resultou nas plantas com maior porte e a menor altura foi obtida no tratamento com menor altura de plantas.

A altura de plantas apresentou diferenças estatísticas significativas apenas entre o tratamento T1 e o T2, sendo que a menor altura foi obtida no T1 e a maior no T2. Estes resultados estão de acordo com Balbinot Junior et al. (2012), que estudando a semeadura cruzada de soja constataram que a maior densidade de semeadura conferiu maior altura de plantas, possivelmente em razão da menor qualidade de luz presente no dossel pela maior quantidade de plantas.

Quando analisado a massa de mil grãos, o tratamento T2 apresentou um valor estatisticamente superior àqueles obtidos com os tratamentos T3, T4 e T5. Tourino et

al. (2002), observaram que a massa de 1000 grãos variou significativamente, com efeito quadrático, com a variação da uniformidade de semeadura. Provavelmente, este aumento ocorreu em virtude do aumento da eficiência de utilização da energia solar, que com o aumento da uniformidade foi melhor distribuída sobre as folhas, resultando em maior concentração de assimilados nos grãos. Moore (1991), citado por Rambo et al. (2003), afirma que o aumento no peso e no tamanho dos grãos aumenta nas menores populações de plantas, o que pode explicar o fato de que o tratamento cruzado com 348000 plantas por hectare apresentou uma maior massa de mil grãos, comparado com o tratamento que resultou em 380000 plantas por hectare.

Rezende et al. (2004), estudando a semeadura de soja a lanço constataram que nas maiores populações (500 a 700 mil plantas ha<sup>-1</sup>), a altura das plantas e o índice de acamamento apresentaram os valores mais elevados. O sistema de semeadura a lanço apresentou aumento significativo no rendimento de grãos, com diferença média entre os dois sistemas de 35,33%. Observou também que, dentre as populações de 400, 600 e 700 mil plantas por hectare a melhor opção seria a de usar 400 mil plantas, o que, além de proporcionar um menor gasto de sementes, foi a que apresentou menor índice de acamamento entre as populações que propiciaram maiores produtividades.

No tratamento T3, foi observado algumas plantas com desenvolvimento reduzido, as quais apresentavam entre duas a cinco vagens e inclusive algumas com nenhuma vagem, sendo estas últimas consideradas na contagem da população final, porém não utilizadas para a determinação da altura de plantas, fazendo com que os valores de alturas de plantas não sejam condizentes com a população de plantas, pois quanto maior a população de plantas, maior é a competição por luminosidade e maior a altura de plantas. Em valores absolutos, utilizar o dobro de sementes e adubo resultou no aumento de produtividade de apenas 2,8 sacas por hectare.

Nos tratamentos T2 e T3 deve-se salientar que, o primeiro possui o dobro de nitrogênio e fósforo e que no segundo foram observadas uma quantidade de plantas pouco desenvolvidas que apresentavam poucas ou nenhuma vagem. Combinando então maior número de plantas, portanto maior competição intraespecífica, menor quantidade de adubo é possível que o peso de mil grãos seja menor, pois boa parte do fertilizante foi absorvido pelas plantas com poucas vagens, não sendo translocado para o grão.

A semeadura cruzada pode conferir maior compactação em função do aumento de tráfego de tratores e semeadoras, bem como maior revolvimento do solo. Outra observação prática é que a deposição de sementes da primeira operação de semeadura é prejudica pela segunda passagem da semeadora e, em alguns casos, a primeira semeadura forma ondulações no terreno, prejudicando a plantabilidade da segunda passagem da semeadora. Isso faz com que haja perda de sementes. Maior concentração de plantas nas intersecções das linhas da primeira e segunda passada aumenta a competição intraespecífica com prejuízo ao desempenho produtivo da cultura (EMBRAPA, 2013).

## **6.2 Análise Energética**

O cultivo em linhas paralelas foi adotado como o padrão para o cálculo de todas os itens para cada operação. Os resultados dos cálculos para cada operação estão nas tabelas em anexo (Tabelas 18 a 24), sendo aqui mostrados apenas o somatório de cada item, como por exemplo a depreciação das máquinas foi calculada individualmente e o somatório de todas apresentados nas tabelas a seguir.

Para o cálculo do aumento do consumo energético na semeadura cruzada, comparada com a semeadura em linhas paralelas, foi dobrado o valor do consumo de combustível, graxa, lubrificantes, mão de obra, manutenção, depreciação e insumos utilizados na semeadura.

Na Tabela 6, está o resultado das entradas de energia para o Tratamento T1. Neste sistema, os insumos responsáveis pelo maior consumo energético foram os herbicidas, nitrogênio e sementes, representando aproximadamente 62,79% do total de energia consumida no sistema, de um total de 13286,97 MJ.

Para o Tratamento T2 (Tabela 7), os insumos responsáveis pelo maior consumo de energia foram o nitrogênio, sementes e herbicidas, representando aproximadamente 67,21% de toda a energia consumida no sistema, de um total de 19559,71 MJ.

Comparando o Tratamento T2 com o T1, houve um aumento de 6272,74 MJ ha<sup>-1</sup>, sendo que o nitrogênio e as sementes foram responsáveis por aproximadamente 46% e 30%, respectivamente, do aumento total do consumo de energia.

**Tabela 6.** Entradas de energia referentes ao cultivo em linhas paralelas (T1). Primavera do Leste, MT – 2014.

Item	Entrada (MJ ha <sup>-1</sup> )	Participação (%)
Óleo diesel	763,68	5,75
Máquinas e implementos	67,63	0,51
Nitrogênio	2927,04	22,03
Fósforo	1029,92	7,75
Potássio	844,20	6,35
Sementes	1875,69	14,12
Calcário	1256,00	9,45
Herbicidas	3539,55	26,64
Fungicidas	489,18	3,68
Inseticidas	436,66	3,29
Energia elétrica	11,10	0,08
Depreciação de benfeitorias	44,45	0,33
Mão de obra	1,87	0,01
<b>Total</b>	<b>13286,97</b>	<b>100</b>

**Tabela 7.** Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T2). Primavera do Leste, MT – 2014.

Item	Entrada (MJ ha <sup>-1</sup> )	Participação (%)
Óleo diesel	1047,84	5,36
Máquinas e implementos	95,47	0,49
Nitrogênio	5854,08	29,93
Fósforo	2059,84	10,53
Potássio	844,20	4,32
Sementes	3751,8	19,18
Calcário	1256,00	6,42
Herbicidas	3539,55	18,10
Fungicidas	543,53	2,78
Inseticidas	509,44	2,60
Energia elétrica	11,10	0,06
Depreciação de benfeitorias	44,45	0,23
Mão de obra	2,41	0,01
<b>Total</b>	<b>19559,71</b>	<b>100</b>

Em valores absolutos, a entrada de energia referente ao potássio não se altera pois essa fertilização foi realizada a lanço com a mesma dose em todos os tratamentos. Quando se aumenta o uso de sementes, também aumenta a quantidade de fungicidas e inseticidas utilizados no tratamento de sementes, sendo estes valores levados em consideração, porém esses valores absolutos podem não ser percebidos em percentual, tendo em vista a maior demanda energética do sistema.

No Tratamento T3 (Tabela 8), houve uma diminuição significativa no consumo total de energia, sendo que os insumos responsáveis pelo maior consumo foram as sementes, os herbicidas e o nitrogênio, representando 65,5% de um total de 15602,75 MJ. Comparativamente com o sistema em linhas paralelas, o aumento de energia foi de aproximadamente 17%, ou em valores absolutos, 2315,78 MJ, sendo que o aumento do consumo pelo uso de sementes a mais foi de 1875,69 MJ, representando mais de 80% do aumento do consumo.

No Tratamento T4 (Tabela 9), o nitrogênio, os herbicidas, o fósforo e as sementes foram os insumos que consumiram a maior parte de toda a energia necessária, aproximadamente 76%, sendo que apenas o nitrogênio representa mais de 33% de toda a energia consumida.

**Tabela 8.** Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 200 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T3). Primavera do Leste, MT – 2014.

Item	Entrada (MJ ha <sup>-1</sup> )	Participação (%)
Óleo diesel	1047,84	6,72
Máquinas e implementos	95,47	0,61
Nitrogênio	2927,04	18,76
Fósforo	1029,92	6,60
Potássio	844,20	5,41
Sementes	3751,8	24,05
Calcário	1256,00	8,05
Herbicidas	3539,55	22,69
Fungicidas	543,53	3,48
Inseticidas	509,44	3,27
Energia elétrica	11,10	0,07
Depreciação de benfeitorias	44,45	0,28
Mão de obra	2,41	0,02
<b>Total</b>	<b>15602,75</b>	<b>100</b>

**Tabela 9.** Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T4). Primavera do Leste, MT – 2014.

Item	Entrada (MJ ha <sup>-1</sup> )	Participação (%)
Óleo diesel	1047,84	5,97
Máquinas e implementos	95,47	0,54
Nitrogênio	5854,08	33,34
Fósforo	2059,84	11,73
Potássio	844,20	4,81
Sementes	1875,69	10,68
Calcário	1256,00	7,15
Herbicidas	3539,55	20,16
Fungicidas	489,18	2,79
Inseticidas	436,66	2,49
Energia elétrica	11,10	0,06
Depreciação de benfeitorias	44,45	0,25
Mão de obra	2,41	0,01
<b>Total</b>	<b>17556,47</b>	<b>100</b>

**Tabela 10.** Entradas de energia referentes ao cultivo cruzado com 200 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T5). Primavera do Leste, MT – 2014.

Item	Entrada (MJ ha <sup>-1</sup> )	Participação (%)
Óleo diesel	1047,84	7,70
Máquinas e implementos	95,47	0,70
Nitrogênio	2927,04	21,52
Fósforo	1029,92	7,57
Potássio	844,20	6,21
Sementes	1875,69	13,79
Calcário	1256,00	9,24
Herbicidas	3539,55	26,03
Fungicidas	489,18	3,60
Inseticidas	436,66	3,21
Energia elétrica	11,10	0,08
Depreciação de benfeitorias	44,45	0,33
Mão de obra	2,41	0,02
<b>Total</b>	<b>13599,51</b>	<b>100</b>

No Tratamento T5 (Tabela 10), o consumo total de energia é muito semelhante ao Tratamento T1, havendo um aumento apenas no que se refere ao consumo de graxa, lubrificantes, óleo diesel e depreciação de máquinas referentes apenas à semeadura,

sendo que o maior aumento se deve ao consumo de óleo diesel necessário para realizar a semeadura.

Independentemente dos sistemas estudados, o consumo de energia para as aplicações de defensivos, distribuição de calcário, colheita e depreciação de benfeitorias foi o mesmo, pois as quantidades consumidas foram idênticas.

Em todos os sistemas estudados, o consumo de energia referente ao consumo de energia elétrica, depreciação de benfeitorias e mão de obra, não apresentaram valores significativos, representando aproximadamente 0,5% do total consumido, podendo os mesmos serem desconsiderados sem interferir significativamente no cálculo da eficiência energética. Os itens responsáveis pelas maiores demandas energéticas, em todos os sistemas foram nitrogênio, sementes e herbicidas.

Deve-se ressaltar que nesse estudo houve um consumo de combustível inferior à maioria dos estudos realizados anteriormente. Isso se deve ao fato de não serem computados o consumo referente à escarificação, transporte e de todos os demais veículos e tratores de apoio necessários para o cultivo.

Comparando a eficiência dos sistemas estudados (Tabela 11), observa-se que a maior eficiência energética foi obtida com o sistema de semeadura em linhas paralelas, seguida pela semeadura cruzada com mesma quantidade de adubo e sementes que o sistema em linhas paralelas, mostrando que o aumento da população de plantas ou de fertilizantes não foi positivo em relação à produtividade, resultando em uma menor relação saída/entrada, pois a menor relação foi obtida quando se realizou a semeadura cruzada com o dobro de sementes e adubo. Esse sistema foi o que obteve a maior saída de energia, porém consumiu aproximadamente 47% mais energia que o sistema de linhas paralelas.

**Tabela 11.** Entrada, saída e relação saída/entrada para um hectare nos diferentes tratamentos.

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Entrada (MJ)	13286,97	19559,71	15602,75	17556,47	13599,51
Saída (MJ)	69960,2	72968,1	68451,5	70014,1	69606,6
Saída/Entrada	5,3	3,7	4,4	4,0	5,1

No tratamento em linhas paralelas, para cada unidade de energia consumida foram obtidas 5,3 unidades. No sistema cruzado com duas vezes a quantidade de adubo e sementes esse valor cai para 3,7, mostrando a ineficiência desse tratamento.

Nos Tratamentos T1 e T5 foram utilizadas as mesmas quantidades de sementes e fertilizantes, sendo que o principal aumento do consumo energético se deu pelo combustível utilizado para a realização da semeadura, sendo o aumento do consumo referente à depreciação de máquinas, consumo de graxa e lubrificantes pouco significativos. Nesses tratamentos a relação saída/entrada foi semelhante, porém o sistema em linhas paralelas apresenta uma melhor relação, mostrando que esse é, ainda, o melhor sistema de semeadura.

Comparando o Tratamento T3 com o T4, nota-se que o aumento da dose do fertilizante resultou em um cultivo com menor relação saída/entrada, ou seja, é melhor utilizar uma quantidade maior de sementes ao invés de dobrar a quantidade de adubo.

A produtividade média da propriedade onde o estudo foi realizado ficou em torno de 50 sacas por hectare. Assim, comparado com sistema de semeadura paralela do ensaio, a relação saída/entrada seria de 4,8, valor semelhante ao obtido por Comitê (1990) quem constatou que a relação do cultivo da soja em Ribeirão Preto foi de 5,77.

Pimentel e Patzek (2005) obtiveram uma eficiência energética de 2,56, sendo o total de entrada de energia de 15683,75 MJ ha<sup>-1</sup> e uma saída total de energia de 40214,21 MJ. Há uma diferença significativa para a eficiência obtida neste estudo, porém a produtividade obtida pelos autores é inferior à deste estudo, 2668 kg ha<sup>-1</sup>. Além disso, o coeficiente utilizado para os grãos foi de 15,070 comparado com 16,838 desse estudo. O coeficiente para as sementes é semelhante, porém utilizou 13 kg a mais de semente por hectare que neste estudo.

Se a produtividade obtida nesse estudo (T1) for aplicada no estudo de Pimentel e Patzek (2005) e mantendo-se o coeficiente utilizado pelos mesmos, a saída total de energia seria de 62625,95 MJ ha<sup>-1</sup> o que resultaria em uma relação saída/entrada aproximadamente igual a 4, passando a ser mais semelhante a este estudo. Vale ressaltar que o uso de combustível foi muito superior ao deste estudo, com 38,8 L ha<sup>-1</sup> de óleo diesel e 35,7 L ha<sup>-1</sup> de gasolina, incluindo o transporte, comparado com 21,5 L ha<sup>-1</sup> de óleo diesel nesse estudo.



A Embrapa (2008) realizou um estudo da eficiência energética da produção de biodiesel de soja e girassol e constatou que a eficiência da fase agrícola é de 4,21, com um total de energia investida de 11570,00 MJ ha<sup>-1</sup> e uma saída de 47740,00 MJ ha<sup>-1</sup>. A produtividade utilizada para o cálculo de saída de energia foi de 2380 kg ha<sup>-1</sup> e o coeficiente para grãos de 20,48 MJ kg<sup>-1</sup>, mesmo utilizado para sementes. O consumo de combustível foi de 58 L ha<sup>-1</sup>, muito superior ao desse estudo.

Ambos os estudos tinham como objetivo a análise energética da produção de biodiesel de soja. No primeiro, para cada unidade de energia investida, foi obtido 0,68 unidades de energia, comparado com 0,98 do segundo estudo.

### **6.3 Análise Econômica**

Da mesma forma que na análise energética, os cálculos padrão foram realizados com o sistema de semeadura em linhas paralelas, e o aumento dos custos na semeadura cruzada realizado apenas relativo à operação de semeadura, sendo apresentados nas tabelas 12 a 17 apenas os resultados de cada operação.

No Tratamento T1, os fertilizantes representaram os itens de maior investimento, com aproximadamente 38% de todo o valor necessário, seguidos pelos defensivos com uma participação de aproximadamente 32% do total. Nota-se que itens que, na análise energética, representavam um percentual significativo de todo o gasto energético, apresentam um percentual menor na análise econômica, como o nitrogênio e as sementes.

Na Tabela 12 são apresentados os custos para o Tratamento T1, onde observa-se que os custos com os diferentes itens apresentam uma participação semelhante no investimento total, entre 10 e 15%, com exceção do óleo diesel, energia elétrica e depreciação de benfeitorias, os quais representaram baixa participação.

**Tabela 12.** Custos da produção em linhas paralelas (T1). Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Item</b>	<b>Custo (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Participação (%)</b>
Óleo diesel	56,75	3,36
Máquinas e implementos	224,09	13,26
Nitrogênio + Fósforo	204,00	12,07
Potássio	212,00	12,55
Sementes	196,00	11,60
Calcário	120,00	7,10
Herbicidas	193,16	11,43
Fungicidas	187,90	11,12
Inseticidas	151,90	8,99
Energia elétrica	5,91	0,35
Depreciação de benfeitorias	13,06	0,77
Mão de obra	124,80	7,39
<b>Total</b>	<b>1655,86</b>	<b>100</b>

No tratamento T2 (Tabela 13), há um aumento expressivo dos custos com fertilizantes e sementes, os quais somados representam aproximadamente 43% de todo o investimento ou R\$ 400,00 referente apenas ao formulado e às sementes. Esse valor é praticamente equivalente ao valor dos herbicidas, óleo diesel e mão de obra, que somaram R\$ 401,81 por hectare.

**Tabela 13.** Custos da produção no cultivo cruzado com 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T2). Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Item</b>	<b>Custo (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Participação (%)</b>
Óleo diesel	77,86	3,33
Máquinas e implementos	323,22	13,83
Nitrogênio + Fósforo	408,00	17,46
Potássio	212,00	9,07
Sementes	392,00	16,77
Calcário	120,00	5,13
Herbicidas	193,16	8,27
Fungicidas	242,25	10,37
Inseticidas	224,68	9,61
Energia elétrica	5,91	0,25
Depreciação de benfeitorias	13,06	0,56
Mão de obra	124,80	5,34
<b>Total</b>	<b>2336,94</b>	<b>100,0</b>

Nota-se que a participação referente ao potássio diminuiu. Isso se dá porque o potássio foi distribuído a lanço, na mesma quantidade para todos os tratamentos. Para efeito de cálculo, seria possível admitir o uso do mesmo em dobro, porém não se saberia se a produtividade seria a mesma que foi obtida, chegando-se assim a um valor não verdadeiro.

Em valores absolutos, comparando os dois sistemas, houve um acréscimo de R\$ 681,08 por hectare, o que implica em um aumento de mais de 40% do custo total de produção da semeadura em linhas paralelas. Este aumento é superior ao custo com máquinas e implementos, óleo diesel, fungicidas e inseticidas que juntos somaram R\$ 620,64.

Os custos com o Tratamento T3 (Tabela 14) e o Tratamento T4 (Tabela 15), apresentam um custo total de produção semelhante. No primeiro, as sementes responsáveis por quase 19% e os fertilizantes com 19,5% do custo total de produção, ao passo que no segundo as sementes representaram menos de 10% do custo total de produção e os fertilizantes representaram mais de 30% do custo total.

**Tabela 14.** Custos da produção no cultivo cruzado com 200 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 720000 sementes por hectare (T3). Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Item</b>	<b>Custo (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Participação (%)</b>
Óleo diesel	77,86	3,65
Máquinas e implementos	323,22	15,15
Nitrogênio + Fósforo	204,00	9,56
Potássio	212,00	9,94
Sementes	392,00	18,38
Calcário	120,00	5,63
Herbicidas	193,16	9,06
Fungicidas	242,25	11,36
Inseticidas	224,68	10,53
Energia elétrica	5,91	0,28
Depreciação de benfeitorias	13,06	0,61
Mão de obra	124,80	5,85
<b>Total</b>	<b>2132,94</b>	<b>100,0</b>

No Tratamento T3 (Tabela 14) o custo com defensivos representa aproximadamente 31% do total investido, comparado com pouco mais de 26% no Tratamento T4 (Tabela 15), observando-se que no segundo sistema os inseticidas apresentaram a menor

participação do total gasto com defensivos e no primeiro os inseticidas apresentavam a maior participação do total gasto com defensivos em função do aumento do uso para o tratamento de sementes.

Os dois sistemas apresentaram 28,8% e 21,6% para o tratamento 3 e para o tratamento 4, respectivamente, de aumento no custo de produção da semeadura em linhas paralelas. Em valores absolutos, o aumento do custo com sementes é suficiente para cobrir os custos com os herbicidas utilizados no sistema de cultivo em linhas paralelas e com o valor gasto com a adubação em dobro, poderia ser utilizado para pagar a mão de obra por mais de três meses, sem considerar os custos com a operação de semeadura.

**Tabela 15.** Custos da produção no cultivo cruzado com 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T4). Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Item</b>	<b>Custo (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Participação (%)</b>
Óleo diesel	77,86	3,87
Máquinas e implementos	323,22	16,05
Nitrogênio + Fósforo	408,00	20,26
Potássio	212,00	10,53
Sementes	196,00	9,73
Calcário	120,00	5,96
Herbicidas	193,16	9,59
Fungicidas	187,90	9,33
Inseticidas	151,90	7,54
Energia elétrica	5,91	0,29
Depreciação de benfeitorias	13,06	0,65
Mão de obra	124,80	6,20
<b>Total</b>	<b>2013,81</b>	<b>100,0</b>

No Tratamento T5 (Tabela 16), os valores gastos com insumos são exatamente os mesmos utilizados no sistema de semeadura em linhas paralelas, apenas aumentando os custos com máquinas e óleo diesel, o que resultou em um aumento de menos de 10% do custo total do sistema de linhas paralelas.

**Tabela 16.** Custos da produção no cultivo cruzado com 200 kg ha<sup>-1</sup> de adubo e 360000 sementes por hectare (T5). Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Item</b>	<b>Custo (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Participação (%)</b>
Óleo diesel	77,86	4,30
Máquinas e implementos	323,22	17,86
Nitrogênio + Fósforo	204,00	11,27
Potássio	212,00	11,71
Sementes	196,00	10,83
Calcário	120,00	6,63
Herbicidas	193,16	10,67
Fungicidas	187,90	10,38
Inseticidas	151,90	8,39
Energia elétrica	5,91	0,33
Depreciação de benfeitorias	13,06	0,72
Mão de obra	124,80	6,90
<b>Total</b>	<b>1809,81</b>	<b>100,0</b>

Na Tabela 17 estão os indicadores econômicos de todos os tratamentos estudados. Comparando os tratamentos T1 e T2, no tratamento T2 a receita foi superior em apenas R\$ 151,20, referente à produtividade superior em 2,8 sacas por hectare no Tratamento T2, o que resultou em um lucro total de R\$ 2080,9 no Tratamento T1 comparado com R\$ 1551,1 no Tratamento T2. Esses valores resultaram em uma margem bruta sobre de 55,7% e 39,9% para o Tratamento T1 e T2, ou seja de toda a receita obtida, o lucro foi de 55,7% e 39,9%, respectivamente.

**Tabela 17.** Indicadores econômicos obtidos com os diferentes tratamentos. Primavera do Leste, MT – 2014.

<b>Indicador</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
<b>Custo total (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	1655,86	2336,94	2132,94	2013,81	1809,81
<b>Receita Bruta (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	3736,8	3888,0	3661,2	3742,2	3720,6
<b>MB (%)</b>	55,7	39,9	41,7	46,2	51,4
<b>PN (Sacac ha<sup>-1</sup>)</b>	30,7	43,3	39,5	37,3	33,5
<b>L (R\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	2080,9	1551,1	1528,3	1728,4	1910,8

Analisando o ponto de nivelamento entre os Tratamentos T1 e T2, observa-se uma diferença de aproximadamente 13 sacas por hectare, ou seja, para cobrir os custos de produção do Tratamento T2 foram necessárias 43,3 sacas comparado com 30,7 sacas do Tratamento T1.

Quando os mesmos indicadores são comparados entre os Tratamentos T1 e T5 com mesma antidade de adubo e sementes, os valores entre ambos são semelhantes, com uma pequena vantagem para o Tratamento T1 em todos os indicadores.

Mesmo que esses valores fossem vantajosos para qualquer tratamento com semeadura cruzada, deve-se salientar que a semeadura cruzada requer o dobro do tempo para ser efetuada, o que reflete na necessidade de uma quantidade maior de conjuntos trator-semeadora ou de um maior tempo para sua realização. Se a opção for por aumentar a frota de máquinas, há um investimento elevado em função da realização da semeadura dentro da janela de semeadura adequada, sem um retorno financeiro por conta da produtividade de grãos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes autores utilizam diferentes coeficientes para os mesmos insumos, obtendo assim diferentes resultados, não ficando precisa a comparação apenas da eficiência energética entre sistemas, sem analisar os coeficientes utilizados. Portanto, a análise energética da forma como está sendo realizada é válida para comparações quando os coeficientes adotados são os mesmos, como a comparação de diferentes sistemas desse trabalho. Há a necessidade de padronizar os coeficientes para assim tornar possível a comparação de estudos em diferentes regiões ou países.

Para tal faz-se necessário a realização de trabalhos como o realizado por Mantoam (2011) que determinou o coeficiente energético de duas colhedoras automotrizes de cana e de Mendes Júnior (2011) que quantificou a participação da energia fóssil na produção dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na ureia.

Para a realização da semeadura cruzada, se não for aumentada a frota de maquinário, certamente o tempo necessário para a semeadura será duas vezes maior que o normal, implicando em semeadura das cultivares fora da época adequada, implicando em menor produtividade, diminuindo assim o lucro. Além do exposto, há um prejuízo no cultivo de milho em segunda safra, pois além do atraso na semeadura há uma perda de produtividade, podendo coincidir a fase de enchimento de grãos do milho com déficit hídrico, o que pode inviabilizar a implantação da cultura.

Segundo Cruz et al., (2010), o atraso na época de semeadura resulta em redução no ciclo da cultura e no rendimento de grãos. A época de semeadura afeta várias características da planta, ocorrendo um decréscimo mais acentuado no número de espigas por planta e no rendimento de grãos. Vários resultados da literatura mostram que o atraso na semeadura pode resultar em perdas que podem ser superiores a  $60 \text{ kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ . Essa tendência pode ser revertida se não houver déficit hídrico e, ocorrer uma redução na temperatura do ar.

Para a semeadura de grandes áreas dentro dos períodos indicados pelo zoneamento agrícola, o investimento em máquinas necessitaria ser intensificado, elevando, expressivamente, o capital imobilizado. Essa problemática se intensifica em regiões onde é realizado o cultivo de milho de segunda safra, onde atrasos na semeadura da soja podem inviabilizar ou elevar o risco da safrinha de milho (EMBRAPA, 2013).

Segundo a Embrapa (2013), a principal desvantagem do sistema de semeadura cruzada é o dispêndio de horas máquina para realizar a semeadura, que é duplicado, implicando em aumento de custos fixos e variáveis, como depreciação de tratores e semeadoras, combustível e mão-de-obra, problemas esses também obtidos nesse estudo.

Para os Tratamentos T3 e T4, todos os resultados dos indicadores econômicos, se mostram economicamente desvantajosos comparados com o Tratamento T1, inclusive para o Tratamento T5, porém comparado ao Tratamento T2, os indicadores são vantajosos, ou seja, a melhor maneira de se realizar a semeadura é em linhas paralelas e a maneira que resulta em menor retorno ao produtor é realizar a semeadura cruzada utilizando o dobro de sementes e o dobro de adubo.



## **8 CONCLUSÕES**

O sistema de semeadura cruzada não apresenta vantagens em termos energéticos, econômicos e agronômicos comparado com o sistema em linhas paralelas.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 310 p.

BALBINOT JUNIOR, A.A. et al., Avaliação do sistema de plantio cruzado da soja: cultivar de hábito determinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, 2012, Cuiabá. **Anais...**Brasília, DF: Embrapa, 2012. 4 p.

BANAEIAN, N.; ZANGENEH, M.; OMID, M. Energy use efficiency for walnut producers using data envelopment analysis (DEA). **Australian Journal of Crop Science**. v. 4, n. 5, p. 359-362, 2010.

BANAEIAN, N.; OMID, M.; AHMADI, H. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. **Energy Conversion and Management**, v. 52, n. 2, p. 1020-1025, 2011.

BIANCHI, M.A. et al. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 979-991, 2010. Número Especial.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BRAGAGNOLO, C. et al. Análise dos custos de produção da soja no Paraná, convencional x transgênica (RR). In: CONGRESSO DA SOBER, 45, 2007, Londrina. **Conhecimentos para a agricultura do futuro**. Londrina: UEL, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007. 1 CD-ROM.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional**. Brasília, DF, 2013. 284 p. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2013.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf). Acesso em: 05 ago. 2013.

CAETANO, M. L. et al., Semeadura cruzada: mitos e verdades. **Campo e Negócios**, Uberlândia, MG, n. 111, p. 40-42, maio 2012.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1977-1985, nov/dez, 2004.

CAMPOS, A. T. et al. Balanço econômico e energético na produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 10-20, 1998.

CAMPOS, A. T. et al. Análise energética da produção de soja em sistema plantio direto. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 2, n. 02, p. 38-44, maio/ago. 2009.

CARMO, M. S.; COMITRE, V. Evolução do balanço energético nas culturas de soja e milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29, 1991, Campinas. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1991. p. 131-50.

CASADO, G. G.; MOLINA, M. G.; GUZMÁN, E. S. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 540 p.

CASTRO, E. R. et al. Teoria dos Custos. In: SANTOS, Maurinho Luiz dos et al. **Microeconomia Aplicada**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009.

CERVINKA, V. Fuel and energy efficiency. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 15-22.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto - SP**. 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Planejamento Agropecuário) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de Produção Agrícola: A metodologia da Conab**. Brasília – DF, 2010. 60 p. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)> Acesso em: 28 Nov. 2012.

CONAB. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2011. **Acompanhamento da safra 2013/2014**. Quarto levantamento, jan./2014. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 13 jan. 2014.

CRUZ, J. C. et al., Cultivo do Milho. **Sistema de Produção 1**. Brasília, Set. 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>>. Acesso em: 28 jul.2014.

DOERING, O. C. Accounting for energy in farm machinery and building. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 9-14.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil**: 1993/1994. Londrina, 1993. 120 p. (Documentos, 64).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de produção da soja da Região Central do Brasil. **Sistemas de Produção 11**. Londrina, Set. 2006. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 30 set. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção da soja da Região Central do Brasil, 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 225 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Eficiência energética comparada das culturas de girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil. **Circular Técnica 25**. Seropédica, Nov. 2008. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 24 jun. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013. **Sistemas de produção 15**. Sete Lagoas. 1. ed. out. 2011. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Semeadura cruzada na cultura da soja. **Circular Técnica 98**. Londrina, Set 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90175/1/CT98.pdf>>. Acesso em: 22 jun.2014.

ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Soja**: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, 1996. p. 82-85. (Circular Técnica, 3).

ESENGUN, K.; ERDAL, G.; GUNDUZ, O.; ERDAL, H. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. **Renewable Energy**, v. 32, n., p. 1873-1881, 2007.

FAO. **El estado mundial de la agricultura y la alimentacion**. Roma: FAO, 1976. 158p.

FERNANDES, H. C. et al. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

FURLANETO, F. P. B. et al. Análise comparativa de estimativas de custo de produção e de rentabilidade entre as culturas de soja convencional e transgênica na região de Assis, Estado de São Paulo, safra 2006/2007. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 12, p. 07-16, dez. 2007.

GOMES, A. **Análise econômica da produção de feijão, milho e soja com e sem irrigação no município de Itaí-SP**. 2008. 61f. Dissertação (Mestrado em agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

HEIDARI, M. D.; OMID, M. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. **Energy**, Cleveland, v. 36 n. p. 220-225, 2011.

HESLES, J. B. S. **Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais, análise energética:** métodos e convenções. Rio de Janeiro: AIE-COPPE/UFRJ, 1981. 137p.

HÜLSBERGEN, K. J.; FEIL, B.; BIERMANN, S.; RATHKE, G. W.; KALK W. D.; DIEPENBROCK, W. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. v. 86, p. 303–321, 2001.

KERBER, B.K. **Avaliação do método do plantio cruzado na cultura da soja na região de Planaltina-GO.** 2013. 19f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2013.

KLAUS, W. **Soja:** Sua fantástica história. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2007, 463 p.

KNEBEL, J. L. et al. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 385-392, jul/set, 2006.

LOCKERETZ, W. Energy inputs for nitrogen, phosphorus, and potash fertilizers. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 23-26.

LUDWIG, M. P. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 305-313, mai/jun, 2011.

MACEDÔNIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura. v. 1. 1985.

MATSUNAGA, M. et al. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, p. 123-139, 1976.

MELLO, N. T. C. de et al. **Proposta de nova metodologia de custo de produção do Instituto de Economia Agrícola.** São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Instituto de Economia Agrícola, 1988, 13 p.

MELO, D. et al. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do Oeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 173-178, 2007.

MENDES JUNIOR, J. A. **Participação da energia fóssil na produção dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na uréia.** 2011. 43 f. Dissertação (Mestrado em

agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 22 set. 2013.

MIKKOLA, H. J.; AHOKAS, J. Indirect energy input of agricultural machinery in bioenergy production. **Renewable Energy**. United Kingdom, v.35, n. 1, p. 23-28, 2010.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. Trator e implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J.L.M. STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 409-436.

MOHAMMADI, A.; OMID, M. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*. v. 87, n. , p. 191-196, 2010.

OLIVEIRA, S. Soja cruzada eleva a produtividade. **Globo Rural**, Ed. 314, dez 2011.

OMID, M.; GHOJABEIGE, F.; DELSHAD, M.; AHMADI, H. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. **Energy Conversion Management**, v. 52, n. 1, p. 153-162, 2010.

OSAKI, M. Custos de produção e rentabilidade da soja. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja Cia**. Piracicaba: O coordenador, 2009. p. 124-136.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p. (Documentos).

PALMA, L. **Compatibilidade ente eficiência energética e eficiência econômica numa empresa rural**. 2001. 151p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

PIMENTEL, D. Energy inputs for the production formulation, packaging, and transport of various pesticides. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 45-48.

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, Washington, DC, v. 182, p. 443-449, 1973.

PIMENTEL, D. Industrial Agriculture, Energy Flows in. **Encyclopedia of Energy**. New York, v.3, 2004.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. W. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. **Natural Resources Research**, v. 14, n. 1, p. 65-76, 2005.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamiento fisiológico de genótipos de soya em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 33, n. 03, p. 405-411, maio/jun, 2003.

RAMEDANI, Z.; RAFIEE, S.; HEIDARI, M. D. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. **Energy**, v. 36, p. 6340-6344, 2011.

RATHKE, G. W. et al. Tillage and rotation effect on corn–soybean energy balances in eastern Nebraska. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 97, p. 60-70, 2007.

REZENDE, P. M. et al., Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 03, p. 499-504, maio/jun., 2004.

RICHETTI, A. Custo de produção de mandioca industrial, safra 2007. **Comunicado Técnico**, Dourados, n. 133, 2007. 5 p.

RICHETTI, A.; GUIDUCCI, R. C. N. Viabilidade econômica do sistema de produção soja-milho safrinha consorciado com braquiária. In: GUIDUCCI, R. C. N.; FILHO, J. R. L.; MOTA, M. M. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: Metodologia e estudos de caso**. Brasília – DF: Embrapa, 2012 p. 477-504.

SASKATCHEWAN. **Energy use efficiency indicator for agriculture**. Disponível em: <<http://www.usask.ca/agriculture/caedac/PDF/mcrae.PDF>>. Acesso em 27 Jul. 2013.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Trabalhador na administração rural**. Curitiba: SENAR, 2000.

SOTT, W. O.; KRUMMEL, J. Energy used in producing soybeans. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 117-121.  
THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos. In: \_\_\_\_\_. **Soja: Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 13-30.

TERHUNE, E. C. Energy used in United States for agricultural liming materials. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1980. p. 25-26.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, ago. 2002.

VASCONCELOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 1, n. 81, p. 44-48, 1993.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 755-756, 1991.

ZANGENEH, M.; OMID, M.; AKRAM, A. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. **Energy**. v. 35 n. , p. 2927-2933, 2010.



## 10 ANEXOS

**Tabela 18.** Custo horário com máquinas e implementos (R\$ h<sup>-1</sup>). Depreciação (D); Juros (J); Alojamento e seguro (AS); Lubrificante (L); Graxa (G); Reparos e manutenção (RM) e Combustível (C).

Item	D	J	AS	L	G	RM	C
Colhedora	62,88	51,58	19,65	1,81	0,5	78,60	142,56
MF 680	11,20	7,35	2,80	0,92	0,5	14,00	84,48
Ford 6600	7,60	4,99	1,90	0,52	0,5	9,50	29,04
Semeadora	112,00	36,75	14,00	-	0,5	112,00	-
Uniport	18,40	43,02	19,17	0,73	0,5	18,40	26,40
Hércules	53,33	17,50	6,67	-	0,5	53,33	-

**Tabela 19.** Custo operacional (CO) para um ha em linhas paralelas. Custo horário com máquinas (CM) e Capacidade de campo operacional (ha h<sup>-1</sup>), consumo energético referente ao combustível (MJ ha<sup>-1</sup>) e custo com combustível (R\$ ha<sup>-1</sup>)

Operação	CM (R\$ h <sup>-1</sup> )	CCO (ha h <sup>-1</sup> )	CO (R\$ ha <sup>-1</sup> )	C (MJ ha <sup>-1</sup> )	C (R\$ ha <sup>-1</sup> )
Colheita	357,58	6	59,60	319,68	23,76
Semeadura	396,50	4	99,13	284,16	21,11
Pulverização*	126,62	20	31,65	88,80	6,60
Calagem	185,38	5,5	33,71	71,04	5,28

\* Referente às quatro pulverizações em pós, mais a dessecação.

**Tabela 20.** Depreciação energética de máquinas e benfeitorias e depreciação econômica de benfeitorias para um ha em linhas paralelas.

Item	MJ ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
Colhedora	21,59	-*
MF 680	15,79	-
Ford 6600	4,69	-
Semeadora	12,06	-
Uniport**	11,02	-
Distribuidor de corretivos	2,48	-
Silo, moega e balança	20,14	9,39
Barracões	14,91	2,04
Casa	9,40	1,63

\* A depreciação econômica das máquinas e implementos foram calculadas com o custo da hora-máquina.

\*\* Referente às cinco pulverizações.

**Tabela 21.** Gasto energético e econômico com fertilizantes, corretivos e defensivos para 1ha em linhas paralelas.

<b>Insumos</b>	<b>Kg/L ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ ha<sup>-1</sup></b>	<b>R\$ ha<sup>-1</sup></b>
Ureia (45% N)	48,89	2927,04	204,00
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	82	1029,92	212,00
Potássio (K <sub>2</sub> O)	126	844,20	120,00
Calcário	1000	1256,00	196,00
Sementes	56	1875,69	158,40
Roundup WG	6,00	3478,44	29,92
Flumizin	0,08	21,50	4,84
Clorimuron Nortox	0,1	39,61	69,30
Talstar	0,9	327,49	10,00
Nomolt	0,1	36,39	72,60
Standak	0,2	72,78	182,40
Fox	1,6	434,83	54,35
Vitavax	0,2	54,35	5,50

**Tabela 22.** Gasto de energia elétrica em um ano em toda a propriedade.

<b>Período</b>	<b>Consumo total (kWh)</b>	<b>MJ ha<sup>-1</sup></b>	<b>R\$ ha<sup>-1</sup></b>
25/01/2013 a 28/01/2014	2271	11,10	5,91

**Tabela 23.** Mão de obra necessária em 1 ha em linhas paralelas.

<b>Operação</b>	<b>Horas trabalhadas ha<sup>-1</sup></b>	<b>MJ ha<sup>-1</sup></b>	<b>R\$ ha<sup>-1</sup></b>
Distribuição de corretivos	0,182	0,400	-
Semeadura	0,250	0,549	-
Pulverizações (5)	0,250	0,549	-
Colheita	0,167	0,367	-

**Tabela 24.** Saída de energia e receita bruta para os diferentes sistemas.

<b>Tratamentos</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MJ ha<sup>-1</sup></b>	<b>R\$ ha<sup>-1</sup></b>
1	4154,9	69,2	69960,2	3736,8
2	4317,5	72,0	72698,1	3888,0
3	4065,3	67,8	68451,5	3661,2
4	4158,1	69,3	70014,1	3742,2
5	4133,8	68,9	69606,6	3720,6