**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de
sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade**

Marcos Antonio Matos

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Máquinas Agrícolas**

**Piracicaba
2007**

Marcos Antonio Matos
Engenheiro Agrônomo

**Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas
mecanizados com a consideração da pontualidade**

Orientador:
Prof. Dr. MARCOS MILAN

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Máquinas Agrícolas**

Piracicaba
2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Matos, Marcos Antonio

Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade / Marcos Antonio Matos. - - Piracicaba, 2007.

88 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Custo econômico 2. Mecanização agrícola 3. Modernização da agricultura 4. Soja
I. Título

CDD 631.3

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

À minha querida esposa Marina, com quem há anos compartilho minha vida, por nossas alegrias, angústias, conquistas e por tudo aquilo que estamos construindo juntos. Agradeço pelo amor, companheirismo, compreensão e incentivo ao longo desses anos.

À minha mãe Maria Regina Mobrizi Matos e minhas irmãs Lucia, Sílvia e Márcia, pelo amor, carinho e bem querer. Aos meus avós e sobrinhos, pessoas amadas que sempre estarão em meu coração.

Aos meus queridos sogros Marcelo e Dag pelo companheirismo, carinho e o incentivo à vitória. Vocês são a minha fonte de inspiração e exemplo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, instituição pela qual me formei engenheiro agrônomo, profissão essa de que me orgulho. Agradeço a oportunidade de ter estudado em uma escola de tamanha história. Agradeço pelos anos de graduação e a oportunidade da realização do mestrado, por meio do **Departamento de Engenharia Rural**.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES** pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. **Marcos Milan**, pela orientação na realização desse trabalho. Agradeço o apoio e o incentivo durante o curso, que auxiliaram no meu desenvolvimento profissional.

Ao eng. agrônomo **José Vitor Salvi** pela parceria nos trabalhos realizados no mestrado e pela amizade que se iniciou em 1999 e continuará por longa data; e a sua companheira, eng. agrônoma **Cristiana Wu**, pela amizade.

Aos companheiros de graduação e eternos amigos: eng. agrônomos **Oscar Cesar Muller Queiroz** e **André Boldrin Beltrame** pela amizade e convívio. Ao analista de sistemas Adriano Araújo, pela valiosa ajuda no desenvolvimento do sistema.

Aos eng. agrônomos seniores **Leandro Gimenez**, **Thiago Romanelli** e **Gustavo Faulin**, pelo exemplo de dedicação e de profissionalismo e pela amizade. À família Vieira, **Pedro**, **Adriana** e **filhos**, pela amizade, convívio e por terem nos proporcionados momentos de alegria e muita descontração.

Aos amigos de programa de pós-graduação: **Adriano Barbosa**, **Gustavo Kazuo**, **Gustavo Fontana**, **Giuliano Senatore**, **Leonardo Mascarin**, **Cassiano Mota**, **Rubén Collantes**, **Flávia Frasson**, **Thiago Martins**, **Fabício Povh**, **Fernando Barros**, **Paulo Peloia**, **Ricardo Iglesias**, **Marcelo Coelho**, **Étore Reynaldo**, **Thiago Carletti**, **Daniel Pauli**.

Aos Professores do Departamento de Engenharia Rural: **José Paulo Molin**, **Tomaz Caetano C. Ripoli**, **Casimiro Dias Gadanha Junior**, pelos ensinamentos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural: **Áureo Oliveira**, **Juarez Amaral**, **José Geraldo Gomes**, **Francisco de Oliveira**, **Luiz Afonso da Costa**, **Dna Lurdes** e **Dna Vera**, por toda a atenção e o apoio sempre demonstrados durante a pós-graduação.

Às secretárias do Departamento de Engenharia Rural, **Fernanda B. N. Silva** e **Davilmar Collevatti** pela amizade, convivência e paciência com os pós-graduandos.

A todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Custos associados a máquinas agrícolas.....	11
2.2 Modelos de dimensionamento de máquinas agrícolas.....	12
2.3 Modelos de dimensionamento e a pontualidade nas operações agrícolas.....	18
2.3.1 Definição de pontualidade.....	19
2.3.2 Pontualidade na cultura da soja.....	20
2.3.2.1 Características da cultura e a influência do fotoperiodismo.....	23
2.3.2.2 Modelos associados à pontualidade na soja.....	25
2.4 Sistemas de produção.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Etapa 1: desenvolvimento do modelo.....	30
3.1.1 Receita bruta.....	30
3.1.1.1 Pontualidade e a produtividade nas operações mecanizadas.....	31
3.1.2 Custos dos insumos.....	31
3.1.3 Custos associados a sistemas mecanizados.....	32
3.1.3.1 Custo horário.....	32
3.1.3.2 Tempo disponível.....	34
3.1.3.3 Ritmo operacional.....	34
3.1.3.4 Número de conjuntos.....	35
3.1.4 Elaboração do algoritmo.....	35
3.1.5 Programa computacional.....	35
3.1.5.1 Verificação e validação.....	36
3.2 Etapa 2: aplicação do modelo.....	36
3.2.1 Produtividade da cultura.....	36
3.2.2 Sistemas de produção e cenário base proposto.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40

4.1 Etapa 1: desenvolvimento do modelo.....	40
4.1.1 Verificação.....	43
4.1.2 Validação.....	43
4.2 Etapa 2: aplicação do modelo.....	45
4.2.1 Produtividade das cultivares.....	46
4.2.2 Operações mecanizadas.....	47
4.2.3 Produtividade da cultura em função da época.....	48
4.2.4 Receita líquida para o cenário base.....	49
4.2.4.1 Mecanização.....	52
4.2.4.2 Semeadura.....	55
4.2.4.3 Colheita.....	59
4.2.5 Análise da área da propriedade como uma variável crítica.....	60
4.2.5.1 Mecanização.....	62
4.2.5.2 Semeadura.....	63
4.2.5.3 Colheita.....	66
5 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXOS.....	74

RESUMO

Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade

A mecanização é uma das etapas mais importantes dentro do processo produtivo, sendo responsável por viabilizar sistemas de produção e elevar a competitividade da agricultura nacional. Contudo, a utilização de máquinas agrícolas pode representar até 40% dos custos totais de produção, o que justifica a necessidade do seu planejamento, promovendo uma busca pela melhoria nos sistemas gerenciais por meio do aproveitamento dos recursos produtivos. O planejamento de sistemas mecanizados é considerado complexo devido aos diversos fatores que devem ser analisados para o suprimento das necessidades de uma propriedade agrícola. Dentre os fatores conhecidos, destaca-se a sensibilidade das culturas às épocas de realização das operações mecanizadas, pois os atrasos nas operações acarretam prejuízos na qualidade e/ou quantidade de produto produzido, conceito esse associado às perdas por pontualidade, pouco conhecido no Brasil. Por outro lado as características do sistema de produção adotado podem também influir na rentabilidade da atividade. O sistema de plantio direto além dos benefícios ambientais, por ser um sistema conservacionista, diminui a necessidade de máquinas agrícolas, pela redução do número de operações devido à ausência do preparo periódico do solo. Com a consolidação desse sistema, tornou-se indispensável o aprimoramento de técnicas que resultem em uma melhoria na eficiência das operações mecanizadas. Uma dessas técnicas é a antecipação da adubação que passa a ser realizada na cultura antecessora, normalmente um adubo verde, e pode estar associado à redução dos custos operacionais na agricultura. Considerando-se a importância econômica da mecanização, as características dos ambientes agrícolas e das culturas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo para o dimensionamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade e as suas influências na receita líquida do processo em sistemas de produção. O modelo apresentou-se consistente por meio da verificação e da validação, com relação à rotina de programação e aos resultados obtidos, podendo ser aplicado com a consideração da pontualidade nas operações agrícolas. As produtividades das cultivares de soja foram afetadas pela época de realização da semeadura, caracterizando-se a importância de se considerar a pontualidade nessa operação. O prolongamento do intervalo de semeadura da soja, visando obter uma redução no número de máquinas e maior número de horas de uso anual, influenciou o custo da mecanização da cultura. Contudo, a análise da pontualidade na semeadura com a consideração dos sistemas de produção, foi fator determinante para a elevação da receita líquida na cultura da soja. O sistema antecipação da adubação mostrou-se viável, por meio da redução do número de conjuntos, do custo operacional e total, o que possibilitou no aumento da receita líquida, quando comparado ao sistema tradicional, independentemente do período de semeadura. A análise da área da propriedade como uma variável crítica no dimensionamento de sistemas mecanizados mostrou que existem módulos ideais para a utilização de máquinas agrícolas, reduzindo o seu custo operacional devido ao maior aproveitamento do número de máquinas na propriedade, o que depende do sistema de produção adotado.

Palavras-chave: Soja; Modelo; Custos

ABSTRACT

Model program for the operational and economic planning of mechanized systems considering the timeliness

Mechanization is one of the most important stages inside the productive process, being responsible for making possible production systems and raising the competitiveness of national agriculture. However, the use of agricultural machinery can represent until 40% of the total production cost, what justifies the necessity of its planning, promoting a search for the improvement in the management systems, optimizing the productive resources. The planning of mechanized systems is considered complex due to lots of factors that must be analyzed for supplying the necessities of an agricultural property. Among these factors, the high sensitivity of the crops to the times of mechanized operations accomplishment, therefore the delays in the operations cause damages in the quality and/or amount of products, concept associated to the timeliness losses, little known in Brazil. On the other hand the characteristics of the adopted production system can also influence in the profit activity. No-tillage system beyond the environmental benefits, for being a conservationist system, has low necessity of agricultural machinery, because the reduction of the operations number due to absence of the periodic tillage system. With the consolidation of this system, the improvement of techniques became indispensable to get an improvement in the efficiency of the mechanized operations. One of these techniques is the pre-fertilization, carrying out on the previous crop, and can be associated to a reduction of operational costs in agriculture. Considering the mechanization economic importance, the characteristics of agricultural environments and the crops, the purpose of this work was to develop a model for the operational and economic planning to the mechanized systems. The model considered the timeliness and its influences in the crop profits in production systems. The model showed consistent data by verification and validation, regarded to programming routine and the results, being able to be applied considering the timeliness in the agricultural operations. The time of accomplishment of sowing period had affected the crops yield, characterizing its importance when considering the timeliness in this operation. The increase of the sowing period, aiming to get a reduction in the number of machines and greater number of annual hours of use, influenced the crop mechanization cost. However, the analysis of the timeliness in the sowing period considering the production system was an important factor to raise the profit in soybean crop. The pre-fertilization system showed viable, reducing the number of sets, the operational and total cost, what made possible to increase the profits, when compared with the traditional system, independently of the sowing period. Analyzing the size of the farm as a critical variable when the mechanized systems are planned, it was concluded that there are ideal modules for the agricultural machines use, reducing its operational cost due to a greater exploitation of the number of machines used, what depends on the production system adopted.

Keywords: Soybean; Model; Costs

1 INTRODUÇÃO

A agricultura apresenta relevante importância para a economia do Brasil, sendo responsável, nas últimas décadas, pelo superávit comercial em função das receitas obtidas com as exportações de produtos agrícolas. A política cambial e o comportamento dos preços agrícolas contribuíram para a consolidação do país no mercado internacional.

A inserção da agricultura nacional em uma economia globalizada exige a adaptação às dinâmicas e complexas realidades, sendo forçada a aumentar a eficiência em um ambiente de acirrada competitividade.

Dentre os recursos tecnológicos disponíveis, a mecanização, quando utilizada de forma racional, pode contribuir de forma significativa para elevar o desempenho da agricultura. Contudo, as máquinas agrícolas podem representar de 20% a 40% do custo total de produção das culturas. A elevação dos custos associados à utilização de máquinas agrícolas ocorre devido à inadequação no dimensionamento do sistema mecanizado, o que justifica a necessidade do seu planejamento, de modo que os seus desempenhos propiciem melhores retornos aos investimentos realizados.

Utilizar máquinas de porte e número acima do recomendado acarreta em um maior custo final, pela baixa utilização dos equipamentos. O contrário pode limitar a capacidade de execução das operações mecanizadas, além de causar prejuízos na qualidade e/ou quantidade de produto produzido, conceito esse associado às perdas por pontualidade, pouco conhecido no Brasil (MILAN, 2004). A sensibilidade das culturas às épocas de realização das operações mecanizadas afeta o planejamento de sistemas mecanizados, à medida que restringe o seu período de execução e eleva a necessidade de máquinas.

Por outro lado as características do sistema de produção adotado podem também influir na rentabilidade da atividade. O sistema de plantio direto além dos benefícios ambientais, por ser um sistema conservacionista, diminui a necessidade de máquinas agrícolas, pela redução do número de operações devido à ausência do preparo periódico do solo.

Com a consolidação do sistema de semeadura direta, tornou-se indispensável o aprimoramento de técnicas que resultem em uma melhoria na eficiência das operações mecanizadas. Uma dessas técnicas é a antecipação da adubação que passa a ser realizada na

cultura antecessora, normalmente um adubo verde, e pode estar associado à redução dos custos operacionais na agricultura.

Considerando-se a importância econômica da mecanização, as características dos ambientes agrícolas e das culturas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo para o dimensionamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade e as suas influências na receita líquida do processo em sistemas de produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O planejamento e o dimensionamento de sistemas mecanizados é uma das etapas mais importantes dentro do processo produtivo, considerada complexa devido aos diversos fatores que devem ser analisados para o suprimento das necessidades de uma propriedade agrícola (BAIO et al., 2002; TACHIBANA, 2000). Segundo Hunt (1977), o gerenciamento da maquinaria agrícola é a área que tem por interesse a otimização dos estágios mecanizados da produção, cujo princípio primordial de enfoque é a seleção, operação, manutenção e reposição da maquinaria. As operações que compõem os sistemas devem ser ajustadas de modo que os seus desempenhos propiciem melhores retornos aos investimentos realizados.

Segundo Milan (2004) “o planejamento de um sistema mecanizado envolve conhecimentos das áreas de biologia, engenharia e economia, o que demonstra as necessidades para a implantação, condução e retirada da cultura”. O autor mostrou que o planejamento deve considerar o dimensionamento e a seleção dos equipamentos, máquinas e implementos, bem como a análise dos custos que o sistema representará para a atividade agrícola.

2.1 Custos associados a máquinas agrícolas

Noronha (1981) define custo como o somatório dos insumos utilizados à realização de um serviço ou operação, avaliado monetariamente. As máquinas agrícolas representam a viabilização de sistemas de produção e uma parcela significativa na composição dos custos na atividade agrícola (MOLIN; MILAN, 2002; NORONHA; MIALHE; DUARTE, 1991). Segundo Veiga (2000) e Banchi et al., (1994) a utilização de máquinas agrícolas pode representar de 20,0 a 40,0% do custo total de produção das culturas.

Segundo American Society of Agricultural Engineers ASAE (1999) e Molin e Milan (2002) as máquinas agrícolas apresentam um custo horário, calculado pela somatória do custo fixo horário e variável. Milan (2004) define o custo operacional como a relação entre o custo horário do equipamento ou conjunto e a sua capacidade de trabalho. Segundo o autor, por meio desse indicador podem-se efetuar as comparações entre diferentes sistemas mecanizados.

Os custos resultantes do emprego de máquinas agrícolas são geralmente inseridos nos modelos de planejamento de máquinas, para o auxílio nas tomadas de decisão referentes à seleção e ao dimensionamento do sistema mecanizado (SILVA, 2004).

2.2 Modelos de dimensionamento de máquinas agrícolas

A utilização de rotinas computacionais ou semi-computacionais tem sido utilizados na elaboração de modelos para o planejamento de sistemas mecanizados em propriedades agrícolas ao longo dos anos. Muitos modelos foram desenvolvidos durante a década de 70, devido à disponibilidade de recursos computacionais surgidos nessa década. Considerando-se a complexidade das condições de operação dos sistemas mecanizados agrícolas, a utilização de modelos pode simplificar o processo de seleção e auxiliar o planejamento das atividades e a tomada de decisão (HUNT, 1973).

Nos Estados Unidos, a partir do início da década de 1970 e principalmente ao longo da década de 1980, os modelos de planejamento e seleção de sistemas mecanizados apresentaram um desenvolvimento elevado com o advento dos microcomputadores, o que pode ser atribuído à sua capacidade de processamento e à possibilidade de se estabelecer interações entre as variáveis envolvidas. Chancellor (1969) desenvolveu um programa computacional para a seleção de tratores e o cálculo do número de conjuntos mecanizados em diferentes tamanhos de áreas, com a consideração de aspectos econômicos. Concluiu que a utilização de apenas um conjunto mecanizado em pequenas propriedades agrícolas, com o uso de tratores de potência em torno de 74 kW, diminui os custos operacionais do sistema mecanizado.

Burrows e Siemens (1974) elaboraram um modelo computacional para determinar o custo mínimo das máquinas para propriedades agrícolas de milho e soja, com áreas variando entre 120 e 840 ha, na região produtora de milho nos EUA. Segundo os autores, o programa auxiliou os produtores na tomada de decisão na aquisição de máquinas agrícolas. Os dados de entrada foram as operações mecanizadas a serem efetuadas, as datas de início e término e a sua ordem de programação, o custo da mão-de-obra e a jornada de trabalho. Por meio de simulações sucessivas, foram realizadas comparações até se atingir a frota de máquinas de custo mínimo. Os custos calculados subdividiram-se em fixos e variáveis, englobando mão-de-obra e a pontualidade, devido à penalização por execução das operações fora do período adequado. Os autores

destacaram a inexistência de informações relativas ao custo da pontualidade nas operações agrícolas e a complexa determinação da capacidade real das máquinas devido às condições em que elas são utilizadas na propriedade.

Hughes e Holtman (1976) desenvolveram um modelo que efetua a seleção de sistemas mecanizados agrícola, incluindo tratores, implementos e máquinas autopropelidas. O trabalho foi dividido em cinco fases: determinação do requerimento de potência do sistema; seleção de tratores; seleção de conjuntos mecanizados; análise dos custos; consideração dos custos por unidade de área trabalhada. As máquinas agrícolas foram selecionadas segundo o menor custo operacional total.

Edwards e Boehlje (1980), por meio do uso da técnica de simulação, elaboraram um modelo para realização das operações agrícolas e calcular os custos de mecanização, considerando-se o custo da pontualidade em lavouras de milho e soja variando de 81 a 364 ha, em 180 propriedades agrícolas no estado de Iowa, EUA. Diversas características foram alteradas, dentre elas o porte das máquinas empregadas, com a finalidade de avaliar as suas influências nos resultados fornecidos pelo modelo. O fator com maior efeito sobre o dimensionamento dos conjuntos mecanizados necessários foi o aumento do tamanho da área cultivada. Todavia, o modelo não considerou, nas simulações, as variações de produtividades das lavouras devido às condições climáticas e agronômicas.

Parsons, Smith e Krutz (1981), por meio da utilização de um modelo de programação linear, analisaram alguns aspectos econômicos da relação entre a pontualidade e a confiabilidade, considerando duas hipóteses de investimento. A primeira hipótese refere-se a aquisição de uma máquina maior e com boa assistência técnica para diminuir o tempo consumido em reparos. A segunda, a aquisição de duas máquinas menores para reduzir os riscos de pontualidade. Os autores concluíram que o investimento em uma máquina maior funcionou como um seguro para reduzir as perdas de tempos consumidas em reparos. Por outro lado, o uso de duas máquinas menores ao invés de uma única unidade equivalente, mostrou-se mais confiável e rentável em áreas maiores, quando a disponibilidade de tempo foi crítica.

Rotz, Muhtar e Black (1983) desenvolveram um modelo para selecionar sistemas mecanizados com base no custo mínimo. As operações mecanizadas são programadas de acordo com o número de horas disponíveis, com prioridade para a colheita. Caso ocorra algum problema para completar as operações nos prazos definidos, o número de tratores é aumentado. O custo

anual, de propriedade e operacional, é calculado pelo modelo e uma comparação é realizada para verificar se um outro conjunto de máquinas agrícolas pode apresentar um custo menor. Os autores afirmam que dificilmente as propriedades agrícolas podem ter um sistema mecanizado ótimo. O ótimo é definido como um alvo dinâmico influenciado pelo nível tecnológico das máquinas e pelo custo da pontualidade.

Segundo Oskan e Edwards (1986) o investimento realizado em frotas agrícolas nas propriedades rurais, na região do Corn Belt (EUA), é superado apenas pelo valor do arrendamento ou aquisição das terras. O planejamento na seleção do sistema mecanizado pode viabilizar a atividade agrícola, com o aumento dos lucros dos produtores. Os autores desenvolveram um modelo computacional para auxiliar na tomada de decisão, por meio da descrição e comparação de sistemas mecanizados alternativos para fazendas que produzem soja e milho. O algoritmo inicia a leitura do banco de dados referente às características das culturas, do sistema mecanizado atual e das operações a serem realizadas. Posteriormente, ele estima as datas de início e fim para cada operação, com base no número de dias disponíveis, calculando o custo de propriedade e operacional de máquinas e implementos. O custo da pontualidade é estimado com base nas operações de semeadura e colheita. O programa calcula o retorno líquido, resultado da diferença do valor obtido com as culturas com o custo do sistema mecanizado. Os efeitos de mudanças nas máquinas, mão-de-obra e tamanho da propriedade no retorno líquido podem ser estimados através de comparações sucessivas dos resultados. Ainda segundo Oskan; Edwards (1986), uma das principais dificuldades para o desenvolvimento de modelos dessa natureza está na estimativa dos dias disponíveis de trabalho. A utilização de modelos interativos para encontrar o sistema de menor custo ou maior retorno é também uma atividade complexa devido ao elevado número de variáveis envolvidas no cálculo e o processo de seleção pode demandar um tempo considerável.

Com o objetivo de aprimorar a acurácia das estimativas de capacidade de campo e de consumo de combustível, Colvin, McConnell e Catus (1989) desenvolveram um modelo computacional interativo a ser utilizado em simulações de campo. O modelo utiliza equações empíricas para o cálculo da força de tração e do consumo de combustível. O algoritmo de cálculo de tempos operacionais interage com os dados obtidos das rotinas descritas às características de área, de formato e de declividade dos talhões. Segundo os autores, a validação das previsões

demonstrou elevado coeficiente de correlação dos resultados com os dados reais armazenados em diversos anos de operação da maquinaria agrícola.

Siemens, Hamburg e Tyrrel (1990) elaboraram um programa computacional para a seleção e a administração de máquinas agrícolas. Os dados de entrada do programa consistem de uma lista de operações mecanizadas a serem executadas com as respectivas datas de início e término, área da propriedade e jornada de trabalho. Outras informações de entrada incluem parâmetros econômicos, produtividade da cultura e coeficientes de oportunidade para a semeadura e colheita. O programa foi capaz de simular as operações agrícolas com diferentes conjuntos de máquinas, e gerar um relatório com os custos de máquinas e de pontualidade.

Lal et al. (1991) desenvolveram um modelo para simular as operações mecanizadas em sistemas de produção policulturais, calculando-se o trabalho diário com base na precipitação esperada e nos recursos de frotas agrícolas e mão-de-obra disponível. O modelo foi ajustado para avaliar diversos cenários, de propriedade altamente mecanizada à propriedade baseada na utilização intensiva de mão de obra com pouca ou nenhuma mecanização. O modelo indicou as operações que não foram realizadas no prazo definido devido à escassez de mão-de-obra ou falta de capacidade da máquina agrícola, mas não calculou o custo da pontualidade. Os mesmos autores elaboraram um modelo de seleção de máquinas agrícolas em sistemas policulturais, em que foi mensurado perdas de produção por dia de atraso nas operações mecanizadas (LAL et al., 1992). Utilizando-se dados de clima, máquinas, mão-de-obra e informações gerenciais da propriedade, o sistema computacional avaliou o comportamento operacional de um sistema agrícola, estimando a produtividade agrícola, a renda bruta e a rentabilidade da propriedade. A limitação do programa, entretanto, foi a impossibilidade de utilizá-lo em áreas menores e sistemas de produção agropecuários, para torná-lo mais versátil e abrangente.

Milan (1992) modelou o sistema típico de produção de cana-de-açúcar, com base em seus subsistemas e suas interações, como ilustra a Figura 1. O objetivo do autor foi identificar os fatores críticos e as estratégias relacionadas com os equipamentos utilizados. As análises de sensibilidade realizadas em três cenários distintos mostraram que a capacidade de carga dos caminhões foram os fatores que mais influenciaram o custo da produção.

Figura 1 - Os subsistemas envolvidos na produção de cana-de-açúcar e as suas interações (MILAN, 1992)

Como o planejamento das atividades agrícolas se torna cada vez mais complexo devido à consideração dos processos dinâmicos envolvidos, Parmar, McClendon e Potter (1996) utilizaram algoritmos genéticos (GA) para a seleção de máquinas agrícolas, para se atingir a otimização plena a longo prazo. No programa os bits se comportam como cromossomos, de acordo com os mecanismos de funcionamento da seleção natural e genética, utilizados para resolver problemas de otimização. O princípio básico do funcionamento do GA é a existência de um critério para a seleção, fazendo com que, depois de muitas gerações, o conjunto inicial gere cromossomos mais aptos. A seleção natural garante que os cromossomos mais bem adaptados se propaguem para as futuras populações, sendo procurados por meio de dois operadores genéticos: mutação e recombinação. Dessa forma, a frota de conjuntos mecanizados se adapta a diferentes condições até atingir o equilíbrio, obtendo-se a frota mínima durante um longo período para a cultura.

Edwards (2001) analisou a influência do custo da utilização das máquinas agrícolas, em função do tamanho dos equipamentos, considerando o conceito da pontualidade, como mostra a Figura 2. Essa análise foi realizada de acordo com a capacidade das máquinas de efetuarem as operações e as perdas associadas a atrasos.

Figura 2 - Efeito do porte das máquinas agrícolas nos custos totais de mecanização (EDWARDS, 2001)

De acordo com a Figura 2, os equipamentos menores apresentam um custo fixo inferior, mas os custos totais podem ser superiores devido às perdas ocasionadas pelo atraso nas operações. Por um outro lado, os equipamentos maiores permitem reduzir os custos associados à pontualidade, porém, o custo total pode ser superior devido aos custos fixos. O ponto de custos mínimos é determinado pela análise conjunta das variáveis que compõem o sistema da propriedade, relacionadas com o tamanho dos equipamentos e com a pontualidade na realização das operações agrícolas.

No Brasil, uma avaliação das bibliografias voltadas para o desenvolvimento de modelos mostrou que não houve uma preocupação acentuada com a técnica de seleção de sistemas mecanizados quando comparado ao que ocorreu nos Estados Unidos (MILAN, 2004). A grande maioria dos trabalhos foi realizada a partir da década de 90. Banchi (1989) realizou um planejamento da utilização de uma frota de máquinas agrícolas em exploração policultural, com o objetivo de determinar a solução de mínimo custo com o auxílio de programação linear. De acordo com o autor, o modelo desenvolvido permitiu determinar os períodos de inatividade das máquinas agrícolas, facultando decisões relacionadas ao aluguel dos mesmos ou a sua utilização em outras explorações agrícolas.

Lopes e Milan (1998) analisaram os parâmetros de maior influência sobre o custo do carregamento, reboque e transporte de cana-de-açúcar, por meio da elaboração de um modelo em planilha eletrônica. Os autores concluíram que o modelo foi capaz de avaliar as variáveis envolvidas e o fator mão-de-obra representou preponderância no aumento dos custos do sistema de transporte e a carga útil dos veículos foi aquele cujo aumento mais o reduz.

Tachibana, Milan e Mourão Filho (1999) avaliaram sistemas mecanizados para a cultura do limão siciliano, por meio de um modelo empírico de simulação em planilha eletrônica, para a análise do desempenho operacional e econômico dos conjuntos mecanizados. Os autores buscaram identificar os fatores que mais influenciaram o custo operacional, possibilitando o estabelecimento de estratégias de trabalho que visaram à redução de custos. Concluíram que a elevação da capacidade do tanque dos pulverizadores aumenta a capacidade potencial, reduzindo o custo operacional e o número de máquinas na propriedade.

Tachibana e Milan (2002) desenvolveram um sistema informatizado para modelar a operação mecanizada de aplicação de defensivos em culturas perenes, por meio da técnica de simulação. Segundo os autores, o modelo informatizado se mostrou adequado para auxiliar os produtores na tomada de decisão nas operações de pulverização. Concluíram que os fatores de maior relevância no custo do sistema mecanizado foram o volume de calda, a velocidade de aplicação e o valor de aquisição dos equipamentos.

Por meio da técnica de programação linear aplicada em um sistema agrícola, Fey et al. (2002) buscaram otimizar a rentabilidade da produção. Além do maior retorno econômico propiciado pelo planejamento e dimensionamento do sistema mecanizado e ao consórcio de culturas, os autores obtiveram ainda os benefícios inerentes ao planejamento adequado da rotação de manejo das culturas.

2.3 Modelos de dimensionamento e a pontualidade nas operações agrícolas

A otimização no gerenciamento da maquinaria ocorre quando a rentabilidade de toda a produção tiver sido maximizada, logo, a minimização do custo das operações não deve ser necessariamente o objetivo econômico a ser atingido. Um dos fatores importantes e pouco considerados são os custos referentes à pontualidade (HUNT, 1977).

2.3.1 Definição de pontualidade

A inadequação da capacidade das máquinas em realizar a operação dentro dos prazos está associada ao conceito de pontualidade definido por Balastreire (1987). Segundo o autor, a pontualidade é a capacidade de efetuar as operações na época em que a qualidade e/ou quantidade de um produto são otimizadas.

Segundo Witney (1988) a pontualidade, também conhecida como custo indireto, é definida como sendo as perdas financeiras devido ao planejamento inadequado da maquinaria agrícola. O levantamento das perdas por prazo de operação é extremamente útil para selecionar o número e o tamanho do maquinário agrícola necessário, sem que haja o super-dimensionamento ou a sobrecarga de trabalho. De acordo com o autor, a pontualidade está associada principalmente com a semeadura, colheita e aplicação de produtos fitossanitários, sendo de fundamental importância a adequação da capacidade dos sistemas mecanizados em realizar as operações com a consideração das condições impostas pela cultura e clima.

A representação generalizada de uma curva de perdas em relação ao tempo ideal (T_0) para se obter prejuízos mínimos na operação é apresentada na Figura 3. Destaca-se que existem diferenças nas perdas se o evento ocorrer antes ou após a data ótima.

Figura 3 - Forma generalizada de uma curva de perda de produtividade em função da data ótima (T_0) de realização da operação agrícola (MILAN, 2004)

Segundo Milan (2004) “é de importância vital a adequação da capacidade dos sistemas sabendo-se a princípio que um número de máquinas super-dimensionado acarreta em prejuízos devido ao custo fixo e que o sub-dimensionamento aumenta os riscos de perdas”.

2.3.2 Pontualidade na cultura da soja

Atualmente o Brasil ocupa o segundo lugar na produção mundial de soja, com uma safra estimada em 53 milhões de toneladas para 2005/06, em uma área total de 22,7 milhões de hectares. A produção brasileira apresentou um crescimento constante, de acordo com a Figura 4, destacando-se a região Centro Oeste que triplicou a sua produção nos últimos dez anos e é atualmente responsável por 56,0% do total produzido no país (IBGE, 2007).

Figura 4 - Produção de soja no Brasil entre 1995 e 2005 (IBGE, 2007)

Em relação à produção mundial de soja, há uma concentração em apenas quatro países: Brasil, Argentina, China e Estados Unidos. Esses países são responsáveis por aproximadamente 90,0% da produção total e 85,0% das exportações (ABIOVE, 2005). Na Tabela 1, observa-se que o Brasil apresentou o maior ritmo de crescimento no período analisado, com uma produção

variando de 39,0 a 66,0 milhões de toneladas. No mesmo período, os Estados Unidos, maior produtor mundial, apresentou estabilidade na sua produção, com um crescimento de três milhões de toneladas de soja.

Tabela 1 - Produção mundial de soja em função da safra agrícola (mil toneladas métricas)

<i>Países</i>	Produção (mil toneladas) nas safras agrícolas				
	<i>2000/01</i>	<i>2001/02</i>	<i>2002/03</i>	<i>2003/04</i>	<i>2004/05</i>
Estados Unidos	75.055	78.672	75.010	65.796	78.289
Brasil	39.043	43.500	52.500	52.600	66.000
Argentina	27.800	30.000	35.500	34.000	39.000
China	15.400	15.410	16.510	16.000	17.500
Índia	5.250	5.400	4.000	6.800	5.700
União Européia	1.188	1.312	888	734	840
Outros	11.495	10.613	12.906	13.190	15.512
Total	175.231	184.907	197.314	189.120	222.841

Fonte: ABIOVE (2005)

A China vem se destacando nos últimos anos em relação ao mercado importador de soja, devido à sua alta taxa de crescimento econômico gerando um aumento do consumo da proteína. O país superou os volumes de importação da União Européia que, como os demais países, apresentaram estabilidade nos volumes importados (Tabela 2).

Tabela 2 - Importação mundial de soja em função da safra agrícola (mil toneladas métricas)

<i>Países</i>	Produção (mil toneladas) nas safras agrícolas				
	<i>2000/01</i>	<i>2001/02</i>	<i>2002/03</i>	<i>2003/04</i>	<i>2004/05</i>
China	13.245	10.385	21.417	16.900	23.000
União Européia	17.448	18.369	16.824	15.591	16.159
Japão	4.767	5.023	5.087	4.900	5.000
México	4.381	4.510	4.230	4.000	4.600
Taiwan	2.330	2.578	2.351	2.300	2.410
Coréia do Sul	1.389	1.434	1.516	1.450	1.550
Outros	9.562	11.962	11.369	10.451	11.765
Total	53.122	54.261	62.794	55.592	64.484

Fonte: FNP (2006)

As exportações mundiais de soja apresentaram crescimento ao longo do período e isso se deve principalmente as exportações brasileiras que atingiram aproximadamente 23,0 milhões de toneladas na safra 2004/05. Quanto aos Estados Unidos, os maiores exportadores mundiais, não foram observados crescimento expressivo em sua exportação nas safras analisadas, como apresenta a Tabela 3, (FNP, 2006).

Tabela 3 - Exportação mundial de soja em função da safra agrícola (mil toneladas métricas)

<i>Países</i>	Produção (mil toneladas) nas safras agrícolas				
	<i>2000/01</i>	<i>2001/02</i>	<i>2002/03</i>	<i>2003/04</i>	<i>2004/05</i>
Estados Unidos	27.103	28.948	28.442	24.222	28.032
Brasil	15.470	15.000	20.129	19.500	23.069
Argentina	7.415	6.005	8.713	8.000	8.266
Paraguai	2.509	2.386	3.200	2.465	2.950
Canadá	747	495	700	700	800
Uruguai	14	48	155	470	790
Outros	541	712	736	1.064	901
Total	53.799	53.594	62.075	56.421	64.808

Fonte: FNP (2006)

Em relação às projeções do aumento do consumo mundial, destaca-se o mercado chinês comparando-se aos tradicionais, conforme a Tabela 4. O aumento da demanda no mercado chinês pode demonstrar a possibilidade de incremento adicional do comércio internacional que será intensificada pela sua maior abertura (MELLO; CAIXETA FILHO; BACHA, 2003).

Tabela 4 - Consumo de soja e suas projeções (mil toneladas métricas) nos principais mercados mundiais

<i>Países</i>	Produção (mil toneladas) nas safras agrícolas			Taxa crescimento (%)	
	2000	2010	2030	2000-10	2010-30
Estados Unidos	76.320	89.194	120.131	1,6	1,5
União Européia	17.687	18.041	19.155	0,2	0,3
Brasil	24.690	34.177	66.703	3,3	3,4
Argentina	19.600	27.656	49.950	3,5	3,0
China	26.470	57.426	158.279	8,1	5,2

Fonte: Mello; Caixeta Filho; Bacha (2003)

Em relação à importância da cultura para o Brasil, o complexo soja foi responsável por uma significativa parcela da receita cambial, movimentando aproximadamente 23,00 bilhões de reais em 2005 (CONAB, 2006). O processamento da soja na indústria dá origem a outros dois produtos: o óleo e o farelo. O óleo é utilizado para o consumo humano e tem 90% da sua produção absorvida pelo mercado interno e o farelo é utilizado principalmente na nutrição animal como suplemento rico em proteínas. A soja em grão tem participação crescente na pauta de exportações, representando 57,0% da receita cambial obtida, o que pode ser explicado pela lei Kandir que reduz o ICMS para exportação de matérias primas (ABIOVE, 2005). Destaca-se ainda que, do ponto de vista econômico, a cultura no Brasil é líder na utilização de insumos básicos para a sua produção, como as sementes, os defensivos agrícolas e os fertilizantes (FNP, 2006).

A importância mundial da cultura da soja e a sua relevante influência na economia brasileira tornam necessários estudos sobre os fatores que diminuem a sua produtividade, a fim de elevar a competitividade do país no mercado internacional. Um dos pontos principais está relacionado ao sistema de produção da cultura e às suas características de ser uma planta termo e fotossensível e deiscente. A primeira influencia na produtividade (VEIGA; MILAN, 2000; MATOS; SALVI; MILAN, 2005) e a segunda, nas perdas de colheita (BORGES, 2004).

2.3.2.1 Características da cultura e a influência do fotoperiodismo

A soja é uma planta sensível ao fotoperiodismo e, em resposta às suas variações no ambiente, ocorre uma mudança da fase vegetativa para a reprodutiva. A análise do desempenho da soja em relação às variações do fotoperíodo, determinadas pelas mudanças de época de semeadura em uma mesma localidade, é apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Representação do desempenho fenológico de uma cultivar de soja em sua região de produção, adaptado de Câmara (2000)

Segundo Câmara (2000), a adaptação de cultivares de soja ocorre em função da curva fotoperiódica ambiental parcial, identificada como **Fa**, mostrada na Figura 5. De acordo com o autor a curva fotoperiódica ambiental esquematizada é parcial, pois representa apenas seis meses do ano em que a duração do fotoperíodo, horas de brilho solar, é superior ao do nictoperíodo, horas de noite, cortando o eixo das abscissas em dois tempos ou épocas de equilíbrio entre a duração do dia e da noite: no mês de setembro, quando ocorre o equinócio de primavera e, no mês de março, o equinócio de outono, em relação ao hemisfério Sul. O momento máximo de horas de brilho solar ocorre no solstício de verão, no mês de dezembro, de acordo com a seta demonstrativa na linha **Fa**. A cultivar de soja apresenta um valor fotoperiódico crítico, linha **FCA**, e os segmentos dessa linha **A**, **B**, **C** e **D**, correspondem ao ciclo fenológico da cultivar quando semeada na segunda quinzena do mês de outubro (Figura 5). O segmento **A** representa o período entre a semeadura e a emergência, o **B**, o período juvenil, o **C**, o período de vegetação e o **D**, o período de indução floral e o florescimento. O segmento **E** mostra a fase reprodutiva da cultivar e a sua evolução para o final do ciclo.

A linha vertical e pontilhada número 1 identifica o momento em que terminou o período juvenil da cultivar, e o seu prolongamento, linha 2, visualiza a comparação entre o valor de **FCA** com o **Fa**, notando-se a relação **Fa** maior que **FCA**. Dessa forma, a soja continua a vegetar, linha **C**, até encontrar um dia em que o **Fa** seja igual ou inferior a **FCA**, o que ocorre na segunda

quinzena de fevereiro, caracterizada pelo cruzamento entre **Fa** e **FCA**, obtendo a relação **Fa** igual a **FCA**, linha 2. A partir desse momento, os valores de **Fa** se apresentam inferiores a **FCA**, induzindo a cultivar de soja ao florescimento (Figura 5).

Os atrasos na operação de semeadura resultam na redução do período de vegetação e da produtividade, porque, à medida que ocorre o atraso na instalação da cultura, o final do período juvenil aproxima-se da data de ocorrência daquele dia em que, na região de adaptação, a planta se encontra apta para a fase reprodutiva, com **Fa** maior que **FCA**. O fenômeno é aplicado à totalidade das cultivares de soja (CÂMARA, 2000).

2.3.2.2 Modelos associados à pontualidade na soja

A soja é uma das culturas oleaginosas mais importantes do mundo e o Brasil se transformou no segundo maior produtor mundial, devido à abertura de fronteiras agrícolas. Atualmente a cultura se encontra distribuída em praticamente todas as regiões do território brasileiro, o que lhe conferiu relevante importância na economia nacional, pelo valor da produção, volume exportado e significativa demanda por insumos no processo produtivo.

A cultura é uma das primeiras a ser totalmente mecanizada e, associado ao sistema de plantio direto predominante no Brasil, a participação do custo envolvendo as máquinas agrícolas atingiu 25,5% do total na safra 2004/05, conforme é apresentado na Tabela 5 (FNP, 2006).

Tabela 5 - Custos de produção de soja no Brasil em semeadura direta para uma produtividade de três toneladas por hectare

Itens Levantados	Custo de Produção	Participação	Custo de Produção	Participação
	(R\$)	%	(R\$)	%
	Safr 2003/2004		Safr 2004/2005	
Mecanização (R\$.ha ⁻¹)	280,10	21,40	351,50	25,50
Insumos (R\$.ha ⁻¹)	901,70	64,70	841,80	61,10
Administração (R\$.ha ⁻¹)	98,90	7,10	90,40	6,60
Pós Colheita (R\$.ha ⁻¹)	95,20	6,80	94,10	6,80
Custo Total (R\$.ha ⁻¹)	1375,90	100,00	1377,80	100,00
Receita (R\$.ha ⁻¹)	2018,00	-	1026,70	-
Preço da saca (R\$)	41,50	-	22,00	-
Resultado (R\$.ha ⁻¹)	642,00	-	-351,10	-

Fonte: FNP (2006)

A soja é uma planta termo e fotossensível e os atrasos na operação mecanizada de semeadura podem ocasionar redução na produtividade. Dessa forma, Milan (2004) ressalta a importância da pontualidade no dimensionamento de máquinas, devido a relevante influência dos custos da mecanização na cultura e a ausência de trabalhos que associam as perdas de produção em função de atrasos nas operações agrícolas. Quando se considera a pontualidade na semeadura da soja, também conhecido como custo indireto, deve-se buscar associar o custo da mecanização às perdas advindas da pontualidade, encontrando-se o ponto que fornece o maior retorno.

A utilização de modelos com a consideração da pontualidade na operação de semeadura da soja foi demonstrada por Veiga (2000). Os autores analisaram o custo direto e indireto da mecanização na soja para a região de Piracicaba (SP). Observaram que os custos diretos referentes ao uso de máquinas agrícolas para a cultura foram estimados em 27,0% do total de produção e que os indiretos, eram pouco conhecidos no Brasil. Dessa forma, os autores desenvolveram um modelo para avaliar a influência da época de semeadura da soja nas perdas associadas à pontualidade e calcular o retorno econômico da atividade. Concluíram que a diferença no custo da mecanização e no retorno econômico obtido, de acordo com o período de semeadura, demonstra a importância de analisar a pontualidade no dimensionamento e os custos das máquinas (Figura 6).

Figura 6 - Retorno econômico da soja em função do número de semanas de plantio para um dado cenário (VEIGA, 2000)

Matos, Salvi e Milan (2005) avaliaram a pontualidade na semeadura da soja para a região noroeste do estado de Mato Grosso, por meio do desenvolvimento de um modelo empírico de

simulação em planilha automatizada, demonstrando os fatores críticos que reduzem a eficiência da operação de implantação da cultura.

Segundo os autores, os elevados volumes de adubo normalmente utilizados na semeadura reduzem a capacidade de campo operacional da semeadora-adubadora, ocasionando um incremento de tempo para o abastecimento de insumos nas máquinas. Propuseram a utilização de técnicas que melhorem a eficiência da operação de semeadura, como a antecipação da adubação, o que foi fator determinante para a diminuição do custo operacional e total e o aumento da renda líquida da cultura.

Borges (2004) estudou as perdas de produtividades da soja em função dos atrasos na operação de colheita no estado do Paraná por meio do desenvolvimento de um modelo computacional, tendo-se como indicador a receita líquida da operação. Relatou sobre a ausência de trabalhos que consideram os atrasos na colheita e concluiu que o prolongamento do prazo da operação promove um aumento das perdas na cultura, porém, somente uma análise conjunta dos custos da colheita mecanizada, pode representar ganhos na receita líquida, o que depende das condições climáticas e das características genéticas das cultivares (Figura 7).

Figura 7 - Perdas na produtividade por atrasos na colheita para as cultivares FT Cometa (A) e BRS 133 (B), extraído de Borges (2004)

As recomendações oficiais para a cultura da soja, nas diversas regiões produtoras do Brasil, levam em consideração a influência do fotoperiodismo e destacam a utilização de sistemas de produção conservacionista (EMBRAPA, 2001).

2.4 Sistemas de produção agrícola

Os sistemas de produção agrícola consistem em um conjunto de operações realizadas com o objetivo de se obter condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por um tempo indeterminado. Para que esses objetivos sejam atingidos, é imprescindível a adoção de diversas práticas, dando-se prioridade aos sistemas conservacionistas (EMBRAPA, 2001).

O sistema de produção convencional é definido pela utilização de equipamentos para o preparo periódico do solo, que resultam em grandes alterações na estrutura e rugosidade do mesmo, formando camadas compactadas e encrostamento superficial. Dessa forma, a cobertura vegetal é reduzida, o que pode incrementar o processo erosivo por meio da redução na taxa de infiltração de água e do volume de solo disponível para as raízes, além das perdas de nutrientes, aumento nos custos de produção e na susceptibilidade à ocorrência de veranicos (CARVALHO FILHO, 2004).

O plantio direto¹ é um sistema de semeadura no qual a semente e o adubo são colocados diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas apropriadas. Um sulco somente é aberto, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo. O sistema prepara no máximo 25,0% a 30,0% da superfície do solo, o que pode favorecer o desenvolvimento e a sobrevivência de algumas pragas. O controle de plantas daninhas, operação fundamental no sistema, é geralmente feito com herbicidas aplicados antes ou depois da instalação da cultura. Esse sistema ganhou importância e notoriedade no estado do Paraná, no início dos anos 70 (TREVISAN; RODRIGUES, 1985).

Segundo Muzilli (1981), as razões para a acentuada adoção do sistema de plantio direto são: controle da erosão; ganho de tempo para o plantio; economia de combustível; melhor estabelecimento da cultura; maior retenção de água no solo; economia de mão-de-obra e em máquinas e implementos. A utilização da técnica de semeadura direta, para determinadas condições de solo, clima e culturas, pode resultar em produtividades semelhantes e, em alguns casos, até superiores, quando comparados aos usos de métodos tradicionais de preparo do solo e de semeadura. De qualquer forma, o preparo periódico continuará a ser realizado para as

¹ De acordo com Francisco (2002) e Muzilli (1981) o termo plantio direto é utilizado, comumente, como sinônimo de sistema de semeadura direta.

condições onde não existe a possibilidade de utilização de técnicas de semeadura direta (BALASTREIRE, 1987).

A cultura da soja é semeada principalmente sob o sistema de semeadura direta no Brasil e, considerando-se a consolidação desse sistema, tornou-se indispensável o aprimoramento de métodos de adubação, a fim de acompanhar a necessidade de constante crescimento da produtividade. Francisco (2003) avaliou a antecipação da adubação da soja que passou a ser realizada na cultura antecessora, utilizada normalmente como adubo verde, prática essa que, segundo o autor, não interfere com a produtividade. O autor analisou a produtividade da cultura por meio da antecipação de sua adubação, realizada na cultura de *Eleusine coracana* (L.) Gaertn., a lavoura e cultivado na primavera em sistema de plantio direto. A antecipação promoveu um aumento da produção de matéria seca, acúmulo de fósforo e cálcio no adubo verde e, em relação à soja, não interferiu na produtividade.

Segatelli (2004) avaliou a produtividade agrícola da cultura da soja em sistema de semeadura direta com a antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura antecessora de *Eleusine Coracana* (L.) Gaertn. O objetivo do autor foi de comprovar a hipótese de que a produtividade da soja não é reduzida devido à antecipação da adubação de base. A antecipação parcial ou total das adubações, fosfatada e potássica, para a semeadura de *Eleusine Coracana* (L.) Gaertn., nas condições em que foi instalado o experimento, não reduziu a produtividade agrícola de soja.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista a influência das características das culturas e do sistema de produção no planejamento de sistemas mecanizados, optou-se por desenvolver um modelo que permita avaliar essas variáveis e suas inter-relações. Para tanto, o trabalho foi elaborado em duas etapas, denominadas de etapa 1 e etapa 2. A primeira etapa refere-se ao desenvolvimento e a validação do modelo e a segunda consiste na aplicação do modelo no dimensionamento de sistemas mecanizados.

3.1 Etapa 1: desenvolvimento do modelo

O modelo foi desenvolvido tendo como fundamento o conceito de receita líquida (RL), calculada como a diferença entre a receita bruta, (RB), e os custos do sistema, subdivididos em àqueles associados aos insumos (CI) e à mecanização (CO). A receita líquida é definida na eq. (1).

$$RL = RB - \sum_{i=1}^n (CI_i + CO_i) \quad (1)$$

em que,

RL: receita líquida dos produtos agrícolas (R\$.ha⁻¹);

RB: receita bruta obtida de acordo com a época da operação agrícola (R\$.ha⁻¹);

n: operações mecanizadas realizadas;

CI_i: custos dos insumos utilizados na operação i (R\$.ha⁻¹);

CO_i: custos operacionais do sistema mecanizado na operação i (R\$.ha⁻¹).

3.1.1 Receita bruta

A receita bruta, RB, é determinada por meio da produção obtida e do valor do produto. Desataca-se que a produção é uma função da produtividade esperada, considerando-se a influência do intervalo de tempo disponível para a realização da operação mecanizada, analisada segundo o conceito da pontualidade, eq. (2).

$$RB = \left[\sum_{i=1}^n (A_i * Pd_i) \right] * \left(\frac{Ps}{60} \right) \quad (2)$$

em que,

RB: receita bruta obtida de acordo com a época da operação agrícola (R\$.ha⁻¹);

n: semanas de realização;

A_i: área trabalhada na semana i (ha);

Pd_i: produtividade esperada na semana i (kg.ha⁻¹);

Ps: preço da saca do produto agrícola (R\$. sc de 60 kg⁻¹).

3.1.1.1 Pontualidade e a produtividade nas operações mecanizadas

A produtividade esperada das culturas foi avaliada em função da inserção de equações empíricas, a partir de dados bibliográficos, que predizem a influência da época de realização da operação agrícola na produtividade final.

Para a obtenção dessas equações realizou-se a análise de regressão, com a inclusão de testes para a identificação e a exclusão de dados discrepantes. Calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson da variável produtividade em função da data da operação mecanizada, verificando a correlação entre os dados por meio do teste t de Student. Após a quantificação do grau de associação entre as variáveis, obtiveram-se equações de regressão, com a análise de variância pelo teste F, teste das hipóteses em nível de significância de 1 e 5% e cálculo do coeficiente de determinação. As equações obtidas são utilizadas para a análise da pontualidade nas operações agrícolas e suas influências na receita líquida do processo produtivo.

3.1.2 Custos dos insumos

Os insumos utilizados no processo produtivo, como adubos, inseticidas, herbicidas, fungicidas e sementes, e seu custo total de uso (CI) foram obtidos com base no valor de revenda (FNP, 2006; IEA, 2006) e na dosagem utilizada nas operações agrícolas. O somatório dos custos dos insumos por área fornece o seu custo total previsto.

3.1.3 Custos associados a sistemas mecanizados

Os custos dos sistemas mecanizados foram calculados relacionando-se o desempenho operacional e econômico de acordo com a metodologia proposta por Mialhe (1974) e Molin e Milan (2002). O custo operacional é definido como a relação entre o custo horário do equipamento ou conjunto e a sua capacidade de trabalho, eq. (3).

$$C O p = \frac{C H T}{C c O} \quad (3)$$

em que:

COp: custo operacional (R\$.ha⁻¹);

CHT: custo horário total das máquinas agrícolas (R\$.h⁻¹);

CcO: capacidade de campo operacional das máquinas agrícolas (ha.h⁻¹).

3.1.3.1 Custo horário

O custo horário, CHT, dividido em fixo e variável, é calculado de acordo com a eq. (4).

$$C H T = C F h + C V h \quad (4)$$

em que:

CHT: custo horário (R\$.h⁻¹);

CFh: custo fixo horário (R\$.h⁻¹);

CVh: custo variável horário (R\$.h⁻¹).

O custo fixo horário, CFh, das máquinas agrícolas é determinado através da eq. (5).

$$C F h = \frac{V i * \left[(1 - V f) + \left(\frac{1 + V f}{2} \right) * i + A S T \right]}{\left(\frac{V u h}{V u a} \right)} \quad (5)$$

em que:

CFh: custo fixo horário (R\$.h⁻¹);

Vi: valor inicial do sistema mecanizado (R\$);

Vf: valor final do sistema mecanizado, em decimal;

i: taxa de juros, em decimal;

AST: alojamento, seguros e taxas, em decimal;

Vuh: vida útil do sistema mecanizado (h);

Vua: vida útil do sistema mecanizado, em anos.

O custo variável horário, CVh, é calculado de acordo com a eq. (6).

$$CVh = CHC + \left[FRM * \left(\frac{Vi}{Vuh} \right) \right] \quad (6)$$

em que:

CVh: custo variável horário (R\$.h⁻¹);

CHC: custo horário do combustível (R\$.h⁻¹);

FRM: fator de reparos e manutenção, em decimal;

Vi: valor inicial do sistema mecanizado (R\$);

Vuh: vida útil do sistema mecanizado (h).

De acordo com Molin e Milan (2002), em se tratando de motores do ciclo Diesel empregados na maquinaria agrícola, um coeficiente de consumo de combustível é obtido com base em dados médios com a finalidade de se prever o custo, visualizado nas eq. (7) e eq. (8).

$$Ccb = 0,163 * PM \quad (7)$$

em que:

Ccb: consumo de combustível (L.h⁻¹);

0,163: fator para motores diesel (L.kW⁻¹ .h⁻¹);

PM: potência líquida do motor (kW).

Com base no consumo, calcula-se o custo horário do combustível, eq. (8).

$$CHC = Ccb * PL \quad (8)$$

em que:

CHC: custo horário do combustível (R\$.h⁻¹);

PL: preço do combustível (R\$.L⁻¹).

3.1.3.2 Tempo disponível

O cálculo do tempo disponível, apresentado por Mialhe (1974) e adaptado por Milan (2004), é apresentado na eq. (9).

$$TD = \{[Nt - (Ndf + Ndui)] * (Jt * Eg)\} \quad (9)$$

em que:

TD: tempo disponível em cada operação agrícola (h);

Nt: número de dias contido no período determinado para a realização da operação, em unidades;

Ndf: número de domingos e feriados, quando respeitados, existentes no período, em unidades;

Ndui: número de dias úteis impróprios ao trabalho das máquinas, em unidades;

Jt: jornada de trabalho na propriedade (h);

Eg: eficiência de gerenciamento ou administrativa, em decimal.

3.1.3.3 Ritmo operacional

O ritmo operacional é obtido através da razão entre a área a ser trabalhada e o tempo disponível para a realização da operação, eq. (10).

$$RO = \frac{At}{TD} \quad (10)$$

em que:

RO: ritmo operacional (ha.h⁻¹);

At: área da propriedade agrícola (ha);

TD: tempo disponível para a realização da operação agrícola (h).

3.1.3.4 Número de conjuntos

O cálculo do número de conjuntos é mostrado na eq. (11), de acordo com a razão entre o ritmo operacional e a capacidade de campo operacional das máquinas agrícolas.

$$NC = \frac{RO}{CcO} \quad (11)$$

NC: número de conjuntos/máquinas, em unidades;

CcO: capacidade de campo operacional das máquinas agrícolas (ha.h⁻¹);

RO: ritmo operacional (ha.h⁻¹).

3.1.4 Elaboração do algoritmo

Com base nas relações referentes ao dimensionamento de sistemas mecanizados e na simbologia proposta por Oakland (1994), desenvolveu-se o algoritmo, levando-se em conta as inter-relações entre as variáveis. Utilizou-se a metodologia originalmente apresentada por Mialhe (1974) e adaptada por Milan (2004).

A estruturação do algoritmo foi realizada em etapas interligadas para a obtenção da receita líquida do processo, com a consideração da pontualidade nas operações agrícolas.

3.1.5 Programa computacional

Com base no algoritmo desenvolveu-se o modelo para o planejamento e o dimensionamento, operacional e econômico, de sistemas mecanizados. Devido ao elevado número de variáveis e suas inter-relações, optou-se por um modelo computacional, elaborado por

meio de bancos de dados correlacionados em Structured Query Language - SQL Server Management Studio Express®, utilizando uma linguagem de programação orientada ao objeto Borland® Delphi 7.0 para a interface com o usuário do sistema.

3.1.5.1 Verificação e validação

O modelo foi avaliado quanto a possíveis erros de rotina. A validação dos resultados foi efetuada em pontos estratégicos, por meio da comparação entre o valor obtido pelo modelo e os dados bibliográficos, para o custo horário e operacional de: tratores; pulverizadores; colhedoras.

3.2 Etapa 2: aplicação do modelo

O modelo foi utilizado para o planejamento e o dimensionamento de um sistema mecanizado para a cultura da soja, pois é uma das culturas oleaginosas mais importantes do mundo e apresenta relevante importância na economia nacional. A soja é considerada a primeira cultura a ser totalmente mecanizada, fato esse responsável por sua expansão no país e grande importância econômica para a região centro-oeste, sendo o estado de Mato Grosso o maior produtor.

A soja é uma planta sensível ao fotoperiodismo e os atrasos na operação de semeadura resultam na redução da produtividade. Estratégias de gerenciamento que visem uma melhoria na eficiência na semeadura, como a pontualidade e a antecipação da adubação, podem resultar no aumento da receita líquida.

3.2.1 Produtividade da cultura

Realizou-se um estudo de caso por meio da utilização de dados de produtividades a partir de ensaios realizados por Prado et al. (2001), conduzidos na unidade experimental da Embrapa Soja e Arroz, localizada na chapada Parecis, que engloba as regiões noroeste do estado de Mato Grosso e sul de Rondônia. Os testes foram realizados para três cultivares, pertencentes a diferentes grupos de maturação: BRSMT Uirapuru, MT/BR 51 Xingu e MT/BR 45.

A análise de regressão foi elaborada a partir dos dados de produtividade, utilizando-se o pacote estatístico SAS - Statistical Analysis System (SAS INSTITUTE, 2001). As equações das cultivares analisadas foram cadastradas no modelo computacional e utilizadas no cálculo da receita líquida da soja.

3.2.2 Sistemas de produção e cenário base proposto

Para avaliar a utilização de técnicas que melhorem a eficiência da operação de semeadura da soja, foram propostos dois sistemas de produção. No primeiro sistema, denominado de *tradicional* (TR), a adubação é realizada em conjunto com a semeadura. No segundo, denominado de *antecipação da adubação* (AA), a adubação é realizada na cultura do adubo verde semeada no final do inverno, antes da soja.

O sistema TR engloba as operações de semeadura e dessecamento do adubo verde, semeadura da soja (semente e adubo), aplicação de inseticida de final de ciclo, aplicação de herbicida pós-emergente, aplicação de fungicida, preventivo e curativo, e colheita. O sistema AA difere do TR por incluir a operação de adubação potássica a lanço e da aplicação do fósforo no sulco de plantio na cultura de inverno. Dessa forma, a operação de semeadura da soja passa ser realizada com a utilização de apenas sementes, não sendo necessário a utilização do adubo por já ter sido aplicado na cultura anterior.

Para a análise do custo operacional de semeadura da soja no sistema AA foram considerados a retirada de sistemas sulcadores tipo haste para a aplicação do fertilizante, pois não existe a necessidade de sua utilização. A redução de potência pela semeadora-adubadora inserida no estudo e sugerida como valor de referência a ser utilizado pelo usuário, quando se simula o sistema AA, foi baseado em Cepik, Trein e Levien (2005) que determinou a exigência de potência de um mecanismo sulcador de adubo tipo haste em uma semeadora-adubadora de precisão em sistema de plantio direto. Em condições de solo seco, velocidade de 6,5 km.h⁻¹ e uma profundidade de 6,0 cm, os autores obtiveram uma exigência de força na barra de tração do trator de 399,0 N, o que corresponde a uma demanda de 4,9 kW de potência por haste.

Estabeleceu-se um cenário base para a análise comparativa dos sistemas de produção, de acordo com aquele proposto por Matos, Salvi e Milan (2005). O cenário é caracterizado por uma propriedade de 1.500 hectares e um sistema mecanizado constituído de tratores 4x2 Tração

Dianteira Auxiliar (TDA) selecionados para a realização das operações agrícolas conforme é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Características dos tratores 4x2 Tração Dianteira Auxiliar (TDA) selecionados no modelo e que compõem o cenário base

Operação	Sistema	Potência (kW)	Valor Inicial (R\$)
Antecipação Potássica	AA	55,2	63.577,80
Semeadura do Adubo Verde	AA e TR	55,2	63.577,80
Semeadura da Soja	AA e TR	89,8* - 127,3**	96.879,00* - 169.540,00**
Aplicação de Produtos Fitossanitários	AA e TR	55,2	63.577,80

Nota: * Sistema AA;
 ** Sistema TR

As máquinas e implementos agrícolas e as suas respectivas características que compõem o cenário base são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Máquinas e implementos agrícolas selecionados no modelo e que compõem o cenário base

Operação	Máquina Selecionada	Largura Efetiva (m)	Reservatório (L)	Valor Inicial (R\$)
Antecipação Potássica	Adubadora Volumétrica Centrífuga a Lanço	18,0	2.300,0	10.901,00
Semeadura do Adubo Verde	Semeadora-Adubadora Fluxo Contínuo	3,2	845,0* - 2.779,0**	40.205,00
Semeadura da Soja	Semeadora-Adubadora Precisão	6,0	393,0* - 539,0**	151.375,00
Aplicação de Produtos	Pulverizador de Arrasto	25,0	3.000,0	76.788,00
Colheita	Colhedora Autopropelida	7,6	5.000,0	524.770,00

Nota: * Reservatório de sementes: Sistema AA;
 ** Reservatório de Adubo: Sistema TR

A Tabela 8 apresenta a descrição e os valores das variáveis utilizadas para o cálculo do custo horário e operacional das máquinas e implementos agrícolas consideradas na simulação.

Tabela 8 - Variáveis utilizadas para o cálculo do custo horário das máquinas e implementos agrícolas

Valores para o cálculo do custo horário					
	Equipamentos				
	Tratores	Semeadoras	Adubadoras	Pulverizadores	Colhedoras
Valor Inicial (VI)	Valores obtidos em Revendas; FNP (2006); IEA (2006)				
Valor Final	25	25	25	25	35
VF (% de VI)					
Vida Útil (Anos)	10	10	10	10	8
Juros (%)			10,75		
AST* (% de VI)			1,5%		
RM** (% de VI)	100,0	80,0	60,0	60,0	100,0

Nota * Alojamento, Seguros e Taxas

** Fator de Reparos e Manutenção

Foi realizada a análise econômica na cultura da soja, com a definição dos sistemas de produção e do cenário base, considerando-se dois valores da saca colhida (R\$26,00 e R\$30,00) e a utilização das cultivares MT/BR 51 Xingu, BRSMT Uirapuru e MT/BR 45. Analisou-se também a influência da área da propriedade no desempenho operacional e econômico do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item os resultados são apresentados em duas etapas distintas, referentes ao desenvolvimento do modelo e a sua utilização na cultura da soja, com a consideração do custo da pontualidade e da antecipação da adubação.

4.1 Etapa 1: desenvolvimento do modelo

O modelo foi desenvolvido para possibilitar a inclusão de características das culturas e dos sistemas de produção que influem no planejamento e no dimensionamento de máquinas agrícolas. O resultado final obtido através da análise da receita líquida reflete os efeitos da pontualidade na produtividade e do sistema mecanizado adotado.

A base do modelo é visualizada no algoritmo, desenvolvido de forma a permitir a análise dos sistemas como um processo completo, demonstrando a seqüência lógica utilizada para a realização do planejamento dos sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade nas operações agrícolas (Figura 8).

Figura 8 - Fluxograma geral do modelo desenvolvido

O algoritmo se inicia com as entradas de dados referentes à seleção das culturas agrícolas (1) a serem exploradas na atividade, de acordo com o planejamento inicial simulado. Posteriormente, as respectivas cultivares/variedades são inseridas no banco de dados denominado de cultivares (2). Nesse cadastro, as equações empíricas podem ser associadas às culturas agrícolas e às suas respectivas cultivares/variedades, quando analisadas segundo o conceito de pontualidade.

O cadastro da mecanização (7) é feito pela definição dos tipos de fatores envolvidos no processo (8), a partir daqueles previamente apresentados e divididos em: máquinas motoras; máquinas e implementos; insumos. A partir desse cadastro, os bancos devem ser preenchidos com os equipamentos disponíveis no mercado e as suas principais características dimensionais, como: valor inicial; taxa de depreciação; valor de sucata; potência requerida/disponível; volume de reservatório; largura de trabalho.

Posteriormente, o usuário deve selecionar os tipos de operações mecanizadas (9) a serem realizadas na atividade agrícola, como adubação de cobertura, semeadura, colheita, aplicação de produtos fitossanitários, relacionados com o planejamento inicial desejado.

A partir dessa programação, um cronograma deve ser realizado pelo usuário por meio do cadastro de operações agrícolas (14), constituindo o sistema mecanizado. Através do cadastro de eficiências (10), o usuário seleciona as eficiências de gerenciamento (11) e de campo (12) de acordo com a região, propriedade ou talhão cadastrado e utilizado na simulação (13). Destaca-se que as eficiências podem ser estudadas, individualmente, em cada região, propriedade ou talhão cadastrado, o que depende da especificidade da avaliação desejada.

As perdas por pontualidade são analisadas nas operações quando se associam as cultivares/variedades e as suas respectivas equações empíricas, de acordo com o cadastro realizado em (2). As equações inseridas definem a produtividade esperada (4) em função de suas datas de início e término de ocorrência (3) na operação mecanizada selecionada. Através da associação do valor da saca de produto obtido (5), obtém-se a receita bruta da cultura (6).

Com a escolha das operações e os respectivos prazos para a execução (14) e os dias trabalhados (15), obtém-se o tempo disponível (16) por meio da inserção da jornada de trabalho. Através da seleção das máquinas motoras (18) e máquinas e implementos (19) em cada operação agrícola (14), o modelo calcula a capacidade de campo operacional (23), com a consideração da inserção prévia da eficiência de campo (12), e o custo horário (22). A partir do custo horário (22)

e da capacidade de campo operacional (23), o modelo apresenta o custo operacional do sistema mecanizado (26).

O ritmo operacional (24) é calculado pelo modelo através da divisão entre a área da região, propriedade ou talhão selecionado (13) e o tempo disponível (16). O número de conjuntos requeridos (25) é obtido com a consideração do ritmo operacional e da capacidade de campo operacional do conjunto (23). O usuário seleciona os insumos no processo produtivo (17) e os seus custos são inseridos na rotina (21) em função da dosagem utilizada do fator por hectare (20).

A receita líquida (27) é apresentada pelo modelo a partir da diferença obtida entre a receita bruta (6) e a somatória dos custos operacionais (23) e de insumos (21) no processo.

4.1.1 Verificação

A rotina do modelo foi verificada quanto a erros nas etapas intermediárias do processo de programação. A verificação em cada etapa foi efetuada por meio da análise comparativa dos resultados atingidos pelo modelo com cálculos manuais. Para esta avaliação, realizou-se também a verificação do modelo com aquele apresentado por Matos, Salvi e Milan (2005).

4.1.2 Validação

A validação do modelo foi realizada por meio da comparação dos resultados obtidos com a bibliografia especializada. Avaliou-se a sua consistência em relação aos custos mostrados pelo sistema mecanizado, utilizando-se os custos horários e operacionais das máquinas agrícolas como os indicadores comparativos na análise.

A Figura 9 apresenta a análise comparativa do custo horário de dois tratores, considerando-se uma utilização anual de 1.000 horas, para a validação do modelo.

Figura 9 - Análise comparativa do custo horário (R\$.h⁻¹) do trator MF 680 (A) e do trator MF 297 (B) para a validação do modelo

A avaliação comparativa do custo horário do trator MF 680 4x2 TDA, apresentada na Figura 9A, mostra que o modelo obteve um custo de R\$90,10 por hora máquina trabalhada, superior em 7,6% e 5,6% para as referências Gimenez (2005) e FNP (2006), respectivamente.

A análise do custo horário do trator MF 297 4x2 TDA, apresentada na Figura 9B, comparando-se quatro referências bibliográficas, mostra que FNP (2006) visualiza um custo de R\$41,64 por hora máquina trabalhada, superior em 13,3%, 13,4% e 20,8% em relação às referências Gimenez (2005), modelo e Silva (2004).

A diferença observada nos valores de custos horários dos tratores pode estar relacionada aos seus valores iniciais, em cada referência utilizada na validação.

A Figura 10 apresenta a análise comparativa do custo horário de dois pulverizadores, de barras e de arrasto, com uma utilização anual de 500 e 1.000 horas, e duas colhedoras combinadas, com 200 e 600 horas anuais respectivamente, para a validação do modelo.

O custo horário apresentado em FNP (2006) para dois pulverizadores de barras, Columbia e Advance vórtex, ambos com um reservatório de capacidade total de 3.000 litros de calda, mostraram-se superiores em relação ao modelo.

Em relação ao pulverizador Columbia, o custo horário obtido em FNP (2006) foi superior em 16,2% para 500 horas trabalhadas anuais e em 26,7% para 1.000 horas trabalhadas anuais e, para o pulverizador Advance vórtex, a diferença foi de superior em 16,8% e em 41,2%. O aumento das horas trabalhadas resultou em elevações nas diferenças observadas nos custos horários dos pulverizadores, Figura 10A.

Figura 10 - Análise do custo horário (R\$.h⁻¹) para dois pulverizadores de barras e de arrasto (A) e duas colhedoras combinadas (B), em função da utilização anual, na validação do modelo

O custo horário apresentado pelo modelo para duas colhedoras autopropelidas marca New Holland, modelos TC 55 e TC 57, mostraram-se superiores em relação ao mostrado em FNP (2006) para uma utilização anual de 200 horas das máquinas. Porém, quando se considera um total de 600 horas anualmente trabalhadas, os custos horários das colhedoras no modelo foram reduzidos em 18,7% e 22,1%, quando comparado a FNP (2006), Figura 10B.

O modelo apresentou-se consistente no cálculo do custo horário e operacional de máquinas agrícolas. Contudo, a diferença observada no processo de validação pode ser explicada pela discrepância nos valores iniciais das máquinas agrícolas analisadas, devido a sua variação em função da região e da época de levantamento das informações. Destaca-se que FNP (2006) não informa parâmetros como taxas de juros, vida útil e os coeficientes de reparos e manutenção.

O detalhamento do funcionamento do programa computacional e os bancos de dados correlacionados podem ser visualizados no Anexo A.

4.2 Etapa 2: Aplicação do modelo

O modelo foi aplicado à cultura da soja com a consideração do custo da pontualidade na semeadura e da antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura. Para o estudo em questão, utilizaram-se as configurações apresentadas no cenário base.

4.2.1 Produtividade das cultivares

As cultivares de soja apresentaram diferença estatística na produtividade sobre as datas de semeadura, Tabela 9. As cultivares MT/BR 51 Xingu e BRSMT Uirapuru apresentaram significância em nível de 1% de probabilidade e a cultivar MT/BR 45, significância de 5%. O desempenho das cultivares em função das datas pode ser representado por modelo polinomial de até quarto grau, porém o modelo que melhor representa a resposta a épocas de semeadura das cultivares BRSMT Uirapuru e MT/BR 45 é a equação de primeiro grau e, para a cultivar MT/BR 51 Xingu, é a equação de segundo grau.

Tabela 9 - Análise de regressão polinomial para dados aleatórios com aplicação do teste F

Análise Regressão	MT/BR 51 Xingu	BRSMT Uirapuru	MT/BR 45
Valor F	3572,49	86,87	28,47
Pr > F	< 0,0001	0,0004	0,0034
R - Quadrado	0,99972	0,98862	0,966063
Pr > F	MT/BR 51 Xingu	BRSMT Uirapuru	MT/BR 45
x	< 0,0001	< 0,0001	0,0005
x ²	0,0243	0,0783	0,0717
x ³	0,3078	0,1698	0,3236
x ⁴	0,3413	0,557	0,1311
Estimativa	MT/BR 51 Xingu	BRSMT Uirapuru	MT/BR 45
Intercepto	3411,364458	3818,256983	3021,52615
x	-16,016379	-30,314312	-30,44224
x ²	0,136445	-0,057137	-4,244746
x ³	-0,00387	0,015522	0,113852
x ⁴	0,000039	-0,000195	-0,000924
Significância	**	**	*

* Significativo em nível de 5% de probabilidade

** Significativo em nível de 1% de probabilidade

As análises dos dados de produtividade em função das datas de semeadura demonstram a sensibilidade da cultura ao fotoperiodismo e as perdas de produção devido aos atrasos na implantação da cultura. O comportamento das cultivares em função das épocas de semeadura pode ser representado por modelos lineares e polinomiais de segundo grau, eq. (12) a (14).

$$y = (-30,314x + 3818,257)$$

$$y = (0,136x^2 - 16,016x + 3411,364)$$

$$y = (-30,442x + 3021,526)$$

$$\text{BRSMT Uirapuru} \quad (12)$$

$$\text{MT/BR 51 Xingu} \quad (13)$$

$$\text{MT/BR 45} \quad (14)$$

em que:

y: produtividade média da cultura da soja em kg.ha^{-1} ;

x: dias após a primeira data de semeadura.

A obtenção da receita líquida do processo produtivo pode ser realizada com a utilização das equações, inserindo-as no modelo como dados de entradas. O usuário cadastra as operações agrícolas e a pontualidade na operação de semeadura é considerada por meio da estimativa da produtividade da cultura em função de prazos pré-determinados.

4.2.2 Operações mecanizadas

Na Figura 11 apresenta-se a seqüência de operações mecanizadas adotada no cenário base, com a consideração da realização da semeadura entre os dias 05/11 e 31/12. Destaca-se a necessidade de se respeitar, previamente, as exigências fitotécnicas da soja e a sua fenologia.

Figura 11 - Gráfico de Gantt para o cadastro de operações mecanizadas

Ressalta-se que apenas a semeadura considera o conceito de pontualidade. As demais operações mecanizadas são analisadas em função da janela disponível de tempo, definidas nas datas de início e término assumidas. Dessa forma, não há custos associados à realização dessas operações mecanizadas fora do prazo considerado adequado, o que é uma limitação do estudo. Segundo Witney (1988) a pontualidade está associada principalmente às operações de semeadura, aplicação de produtos fitossanitários e colheita da cultura. Optou-se por tal simplificação pela ausência de dados disponíveis na bibliografia para a avaliação das perdas por atrasos nas demais operações.

A partir da definição dos intervalos para a realização das operações agrícolas, utilizaram-se os dados obtidos por Godinho, Utumi e Silva (2004), visualizados no Anexo B, para a inserção de dias secos trabalhados, de acordo com o regime pluviométrico ao longo dos dias do ano para a região noroeste de Mato Grosso e sul de Rondônia, na análise do tempo disponível das operações.

4.2.3 Produtividade da cultura em função da época

Para a avaliação da influência da pontualidade na semeadura da soja, delimitaram-se oito épocas de semeadura que representam os intervalos regulares para a sua realização, por meio da interpolação de dados e a utilização dos modelos de regressão obtidos, definindo a produtividade da cultura. A Tabela 10 apresenta os intervalos descritos e a avaliação da influência da pontualidade na produtividade das cultivares.

Tabela 10 - Períodos de semeadura, para definir a pontualidade na operação de semeadura

Épocas de Semeadura (Semanas)	Intervalo de Realização		Produtividade Esperada (kg.ha ⁻¹)		
	Início	Fim	BRSMT Uirapuru	MT/BR 51 Xing	MT/BR 45
1	5/11	12/11	3.681,8	3.342,8	2.884,5
2	5/11	19/11	3.575,8	3.294,5	2.778,0
3	5/11	26/11	3.469,7	3.250,7	2.671,4
4	5/11	3/12	3.363,5	3.211,4	2.564,9
5	5/11	10/12	3.257,5	3.176,5	2.458,3
6	5/11	17/12	3.151,4	3.146,1	2.351,8
7	5/11	24/12	3.045,2	3.120,1	2.245,3
8	5/11	31/12	2.939,1	3.098,6	2.138,7

O prolongamento do prazo de semeadura resultou em decréscimos nas produtividades das cultivares de soja. A cultivar MT/BR 45 apresentou valores menores de produtividade em relação

às demais analisadas, independente do período de semeadura. A maior produtividade calculada pelo modelo foi de 3.681,84 kg.ha⁻¹ para a cultivar BRSMT Uirapuru semeada no período de uma semana (05/11 a 12/11), diferença de 9,21% quando comparado a MT/BR 51 Xingu semeada no mesmo intervalo. Embora as cultivares tenham mostrado decréscimos em suas produtividades com o aumento do intervalo de semeadura, a cultivar MT/BR 51 apresentou maior estabilidade em seu rendimento, o que pode observado no intervalo de semeadura de 05/11 a 24/12 em que se nota a superação desta cultivar em relação à BRSMT Uirapuru, tornando-se a mais produtiva a partir desse período.

Quando se compara o primeiro intervalo de semeadura (05/11 a 12/11) com o último (05/11 a 31/12), as cultivares apresentaram decréscimos de 20,2%, 7,3% e 25,9% respectivamente para as cultivares BRSMT Uirapuru, MT/BR 51 Xingu e MT/BR 45, Tabela 10.

4.2.4 Receita líquida para o cenário base

A receita líquida na cultura da soja foi analisada considerando-se as produtividades calculadas pelo modelo em função da época de planejamento da operação de semeadura. Realizou-se a análise de sensibilidade para o preço da saca da soja, com a definição de dois valores, de acordo com a análise de mercado realizada por FNP (2006) nas safras 2005/06 e 2006/07.

A análise da receita líquida na cultura, para um valor de R\$30,00 da saca de 60 kg de soja, com a consideração das cultivares e dos sistemas adotados em função dos intervalos de realização da operação de semeadura, é mostrada na Figura 12.

Figura 12 - Comparação da receita líquida na cultura da soja em função do sistema, cultivar e do período de plantio para o valor de R\$30,00 por saca produzida

O prolongamento do intervalo de semeadura tende a elevar a receita líquida da cultura devido à maior utilização anual das máquinas agrícolas, contudo, o sétimo intervalo de semeadura (05/11 a 24/12) apresentou uma receita líquida superior quando comparado ao oitavo período (05/11 a 31/12). Para o valor de R\$30,00 a saca de 60 kg da soja, o sistema AA apresentou receita líquida positiva a partir do terceiro período de planejamento da semeadura (05/11 a 26/11) para as cultivares BRSMT Uirapuru e MT/BR 51 Xingu e, para a cultivar MT/BR 45, apenas o sétimo intervalo apresentou receita líquida positiva. Em relação ao sistema TR, a receita líquida foi positiva a partir do sétimo intervalo de planejamento da semeadura (05/11 a 24/12) para a cultivar MT/BR 51 Xingu e, para a cultivar BRSMT Uirapuru, a receita foi positiva apenas no sétimo intervalo. Para a cultivar MT/BR 45 a receita líquida foi negativa, independentemente da época de semeadura.

As receitas líquidas previstas por hectare para a semeadura realizada na primeira semana foram negativas com um valor de R\$2.043,00, R\$2.212,54 e R\$2.441,66, por hectare, respectivamente para as cultivares BRSMT Uirapuru, MT/BR 51 Xingu e MT/BR 45, no sistema TR. No sistema AA as receitas foram negativas com um valor de R\$1.032,56, R\$1.202,09 e

R\$1.431,21 respectivamente para as cultivares BRSMT Uirapuru, MT/BR 51 Xingu e MT/BR 45. Destaca-se que o sistema AA apresentou melhor retorno, independentemente da cultivar e do período de semeadura quando comparado ao TR.

As maiores receitas líquidas obtidas pelo modelo por hectare foram de R\$438,84 para a cultivar MT/BR 51 Xingu com a realização da semeadura no intervalo de sete semanas (05/11 a 24/12) e de R\$429,02 para a mesma cultivar e a semeadura realizada no oitavo período (05/11 a 31/12), ambos no sistema AA, diferença de 2,2% na receita, Figura 12.

A Figura 13 visualiza a receita líquida na cultura da soja em função do sistema adotado, cultivares e intervalos de realização da operação de semeadura com a consideração do valor da saca da soja de R\$26,00.

Figura 13 - Comparação da Receita líquida na cultura da soja em função do sistema, cultivar e do período de plantio para o valor de R\$26,00 por saca produzida

As receitas líquidas foram negativas no sistema TR, independentemente da época de implantação da cultura da soja e, na cultivar MT/BR 45, foi negativa independentemente do sistema adotado e da época. A diminuição do período de realização da semeadura resulta em

elevações nos prejuízos, fator que está associado ao maior número de conjuntos necessários para atender a demanda.

As maiores receitas líquidas obtidas por hectare foram de R\$230,83 para a cultivar MT/BR 51 Xingu com a realização da semeadura no intervalo de sete semanas (05/11 a 24/12) e de R\$222,45 para a mesma cultivar e a semeadura realizada no oitavo período (05/11 a 31/12), ambos no sistema AA, redução de 3,6% na receita, Figura 13.

Ressalta-se a importância da utilização do sistema AA com a consideração do valor de R\$26,00 por saca de 60 kg de soja produzida na avaliação da viabilidade da cultura da soja. Com a redução no valor da saca, Figuras 12 e 13, fato associado ao cenário da safra de 2005/06 no Brasil, o gerenciamento do sistema mecanizado, pela maior utilização da frota e a análise da pontualidade na semeadura e a seleção de cultivares proporcionou reduções nos prejuízos advindos de tal momento, dentro das condições do estudo.

Foi realizada a avaliação do dimensionamento do sistema mecanizado com a consideração do intervalo de implantação da cultura e do sistema adotado, com o detalhamento dos custos da mecanização, da operação de semeadura e de colheita.

4.2.4.1 Mecanização

A análise do custo operacional da mecanização e total na cultura da soja é de fundamental importância para o gerenciamento da atividade. A Figura 14 apresenta a avaliação comparativa do custo total e operacional obtido entre os sistemas, em função do período de semeadura.

Ressalta-se que os custos operacionais são relativos às operações cadastradas no modelo para a mecanização da cultura, e os custos totais referem-se também aos custos dos insumos utilizados em cada operação, como fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas, de acordo com o cenário base proposto.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 14 - Comparação do custo operacional da mecanização (COP) e do custo total (CT) na semeadura em função do sistema e do período de plantio

Os custos totais e operacionais elevam-se com a diminuição no período de semeadura. O sistema AA apresentou menores custos em relação ao TR, independentemente do intervalo de implantação da cultura. Para a semeadura realizada durante o intervalo de oito semanas, obteve-se um custo total e operacional de R\$1.510,20 e R\$553,87 por hectare respectivamente para o sistema TR e de R\$1.120,26 e R\$389,75 no AA. Os valores encontrados nos custos equivalem a uma diferença de 25,8 e 29,8% nos totais e operacionais da mecanização, Figura 14.

Em relação à semeadura realizada no período de uma semana, o sistema TR tem um custo total por hectare de R\$3.883,92 contra R\$2.873,48 do AA, diferença de 26,0%. Em relação aos custos operacionais da mecanização para esse período, a diferença entre os sistemas foi de 26,8%.

O custo total de R\$1.449,46 apresentado por Fundação ABC (2007) foi 4,0% inferior ao sistema TR e 22,7% superior quando comparado ao sistema AA no oitavo intervalo de semeadura (05/11 a 31/12), o que demonstra uma similaridade entre o sistema TR, normalmente utilizada entre os produtores nas regiões produtoras de soja no Brasil. Em relação ao custo

operacional da mecanização, os dados mostrados por Fundação ABC (2007) foram 16,2% inferior ao sistema TR e, 15,8% superior ao sistema AA, Figura 14.

A discrepância observada entre os sistemas AA e TR também se deve ao custo diferencial dos fertilizantes, com a consideração de que o sistema AA utiliza-se de matérias primas com a aplicação dos nutrientes em separado e o sistema TR, formulação pronta e a utilização conjunta de fósforo e de potássio. A Figura 15 apresenta o valor de mercado dos nutrientes considerados no cenário base, como a formulação 00-20-20 inserida no sistema TR e as matérias-primas cloreto de potássio (KcL) e fosfato monoamônico (MAP) fontes de potássio e de fósforo, respectivamente, no sistema AA (IEA, 2006).

Figura 15 - Valor de mercado comparativo dos nutrientes fósforo e potássio considerando-se formulação pronta e matérias primas (IEA, 2006)

Em relação ao fósforo, observa-se uma redução de 65,9% por quilograma adquirido de nutriente e, analisando-se o potássio, essa diferença atinge 74,4%. Destaca-se que, embora a utilização de formulações prontas apresente-se como mais práticas e difundida entre os produtores, pela aplicação conjunta em uma única operação, a aplicação dos nutrientes em separado, com a aquisição de suas respectivas matérias-primas, deve ser analisada com mais critério em função dos valores atuais de mercado (Figura 15). Isso pode ser explicado devido às

maiores concentrações dos nutrientes nas matérias primas, o que reduz custo de transporte e aplicação, quando se analisa o custo por quilograma de cada elemento essencial adquirido.

4.2.4.2 Semeadura

De acordo com o rendimento esperado da soja em função dos intervalos de semeadura, a análise do desempenho operacional e econômica da operação de implantação da cultura pode estabelecer o planejamento adequado para que a produção seja viável. A Figura 16 visualiza o requerimento de número de conjuntos, trator-semeadora, e o custo operacional na operação de semeadura em função do intervalo de plantio.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 16 - Comparação do número de conjuntos (NC) e o custo operacional (COP) na semeadura em função do sistema e do período de plantio

O número de conjuntos trator-semeadora aumenta de acordo com a redução do período de semeadura, devido ao menor tempo para a realização da operação. A adubação antecipada, sistema AA, requer um menor número de conjuntos, independentemente do período de semeadura em relação ao sistema Tradicional, TR. Na semeadura realizada durante o período de uma semana (05/11 a 12/11) o sistema TR registrou 23 conjuntos, já o sistema AA, 17, diferença

de 26,1%. Analisando a operação realizada durante o período de oito semanas (05/11 a 31/12), o modelo calculou para o sistema TR, 4 conjuntos e para o sistema AA, 3. Em ambos os casos, o sistema AA reduziu o número de conjuntos e, quando se comparam os períodos de uma e oito semanas, a redução chegou a 82,4% (Figura 16).

O custo operacional se eleva conforme é reduzido o período da operação de semeadura. O maior custo operacional obtido ocorreu na semeadura realizada no intervalo de uma semana, primeira época, independentemente do sistema adotado. Para este período, o sistema TR apresentou um custo de R\$1.198,51 e o sistema AA, R\$676,74 por hectare, uma redução de 43,5% nos custos operacionais. Os menores custos operacionais ocorreram na semeadura realizada no intervalo de oito semanas, com um custo por hectare de R\$220,70 para o sistema TR e R\$125,71 para o sistema AA, redução de 43,0%, Figura 16.

A redução dos custos operacionais no sistema AA, observados na Figura 16, deve-se ao fato da menor exigência de tração das semeadoras, reduzindo a potência necessária dos tratores e, conseqüentemente, os seus custos horários devido ao menor valor inicial de aquisição. Outra razão para a diferença obtida entre os sistemas é a participação dos tempos operacionais na semeadura da soja. A Figura 17 apresenta os tempos totais das máquinas para os dois sistemas propostos.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 17 - Tempos totais na operação de semeadura da soja para o sistema AA (A) e TR (B)

Os tempos totais de abastecimento e de deslocamento do conjunto mecanizado se apresentam mais dispendioso no sistema TR quando comparado ao AA, o que proporciona elevações nos tempos produtivos desse sistema em contraste com àquele, apresentados na Figura

17. A análise foi realizada considerando-se os tempos gastos pelas máquinas obtidos a campo por Matos, Salvi e Milan (2005), considerando-se constantes as configurações visualizadas no cenário base proposto.

A diferença observada nos tempos de abastecimentos se deve à utilização de elevados volumes de fertilizantes usualmente aplicados no processo de implantação da cultura da soja, no sistema TR. Quando se considera a aplicação de 450 kg.ha^{-1} de fertilizante no sistema TR, o tempo total de abastecimento representou 13,8% dos tempos totais, Figura 17B. Para o sistema AA, com a utilização de 55 kg.ha^{-1} de semente e a adubação completamente antecipada, o tempo total de abastecimento representou apenas 1,7% do tempo total disponível, Figura 17A.

A Figura 18 visualiza a influência das doses de fertilizante no número e tempo total de abastecimento e no número de conjunto trator-semeadora e custo operacional de semeadura para o sistema TR.

TR: Sistema *tradicional*

Figura 18 - Números e tempos totais de abastecimentos (A) e custo operacional e número de conjuntos requeridos (B) na operação de semeadura da soja para o sistema TR no oitavo intervalo de semeadura (05/11 a 31/12)

Para o período de semeadura em análise, o sistema TR apresentou uma elevação de 66,70% no tempo total de abastecimento quando se alterou de 200 para 600 kg.ha^{-1} a quantidade de fertilizante utilizado, Figura 18A, o que resultou no aumento da necessidade de 3,0 para 5,0 conjuntos trator-semeadora e elevações no custo operacional para a realização da operação nos prazos determinados, Figura 18B.

A Figura 19 apresenta a análise comparativa entre os sistemas para o consumo de combustível obtido na operação de semeadura da soja e total da propriedade.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 19 - Comparação do consumo de combustível na operação de semeadura (Cb Semeadura) e total (Cb Total) em função do sistema no oitavo intervalo de plantio (05/11 a 31/12)

De acordo com a Figura 19, o sistema AA apresentou uma demanda por combustíveis na semeadura de 6,4 mil litros, o que representou uma redução no consumo de 49,2% quando comparado ao sistema TR.

Em relação ao consumo total de combustível do sistema mecanizado, a redução observada no sistema AA foi de 4,3%, considerando-se o oitavo intervalo de semeadura (05/11 a 31/12). A redução da diferença mostrada entre os sistemas pode ser explicada pela existência de uma operação adicional para a aplicação do potássio a lanço e a utilização de fósforo no sulco de plantio na operação de semeadura do adubo verde no sistema AA.

A participação do consumo de combustível na operação de implantação da cultura, em relação ao total demandado no processo produtivo, foi de 26,5% e 48,0% no sistema AA e TR, respectivamente.

4.2.4.3 Colheita

As análises operacional e econômica da operação de colheita, por meio da avaliação do requerimento de máquinas e de seu custo operacional em função do intervalo de implantação da cultura, são visualizadas na Figura 20.

Figura 20 - Análise do custo operacional e número de colhedoras por tonelada colhida em função do intervalo de planejamento da semeadura para a cultivar BRSMT Uirapuru

O prolongamento do prazo de realização da semeadura da soja resulta em elevações nos prazos de colheita, devido às características fitotécnicas da cultura em que a ela atinge o estágio ideal de colheita mecanizada. As elevações nos prazos resultam em decréscimos no requerimento de colhedoras e, conseqüentemente, na redução dos seus custos operacionais (Figura 20).

O primeiro intervalo de realização da semeadura (05/11 a 12/11) resultou em reduções no período de colheita, acarretando um custo operacional de R\$ 368,56 por tonelada de soja colhida, 83,7% superior quando comparado ao intervalo de oito semanas (05/11 a 31/12). Comparando-se os mesmos intervalos na análise do número de colhedoras, houve uma diferença de 86,7% no requerimento de máquinas, Figura 20.

4.2.5 Análise da área da propriedade como uma variável crítica

A avaliação da viabilidade da cultura da soja considerando-se o sistema a ser adotado, as cultivares BRSMT Uirapuru e MT/BR 51 Xingu e a área da propriedade, para o valor de R\$30,00 por saca de soja de 60 kg produzidos, é apresentada na Figura 21. Destaca-se que foi fixada a sétima época de semeadura (05/11 a 24/12) devido às maiores receitas líquidas associadas a esse intervalo.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 21 - Análise da receita líquida em função do sistema e da área da propriedade e o valor de R\$30,00 por saca de soja de 60 kg

O sistema AA apresentou receitas líquidas por hectare superiores em comparação com o sistema TR, independentemente da área da propriedade, o que evidencia a viabilidade de se antecipar a adubação nas condições propostas. As receitas líquidas, para o sistema AA, tornam-se positivas a partir de uma área de 300 ha independentemente da cultivar. Para o sistema TR, as receitas são positivas a partir de uma área de 1.000 ha, para a cultivar MT/BR 51 Xingu.

As maiores receitas líquidas por hectare atingidas foram de R\$504,05 e R\$487,10 para as áreas de 850 e 1.000 ha respectivamente, ambas obtidas para a cultivar MT/BR 51 Xingu e com a utilização do sistema AA, Figura 21.

A avaliação da viabilidade da cultura da soja considerando-se o sistema a ser adotado, as cultivares BRSMT Uirapuru e MT/BR 51 Xingu e a área da propriedade, para o valor de R\$26,00 por saca de soja de 60 kg produzidos, é apresentada na Figura 22.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 22 - Análise da receita líquida em função do sistema e da área da propriedade para o valor de R\$26,00 por saca de soja de 60 kg

O sistema TR apresentou receitas líquidas negativas por hectare independentemente da cultivar simulada e da área da propriedade, o que representou cenário da safra 2005/06 de soja nas diversas regiões produtoras do país. Quando se considera o valor de R\$26,00 por saca de soja, evidencia-se a importância do planejamento da propriedade pela escolha de cultivares e pela antecipação da adubação.

As receitas líquidas da atividade foram positivas apenas no sistema AA. Nestas condições, a maior receita por hectare foi de R\$296,04 e R\$279,09 em uma área de 850 e 1.000 ha, respectivamente (Figura 22).

A análise operacional foi realizada com a consideração da área da propriedade e do sistema foi obtida por simulações sucessivas, alterando em módulos de 100 hectares a área a ser trabalhada na propriedade, mantendo-se constantes as demais configurações.

4.2.5.1 Mecanização

A influência da área da propriedade no custo operacional é apresentada na Figura 23, em que se observa a participação dos custos operacionais de semeadura, colheita e total da mecanização.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*

Figura 23 - Custo operacional de semeadura, colheita e operacional total para o sistema AA (A) e TR (B) em função da área da propriedade

O aumento da área da propriedade resultou em variações no custo da mecanização, independente do sistema adotado. O sistema AA apresentou custos da mecanização inferiores em relação ao TR. Dessa forma, o menor custo obtido nesse sistema foi de R\$325,48 em uma área semeada de 850 ha, segundo as condições simuladas, Figura 23A. Para o sistema TR, o menor custo foi de R\$452,07 em uma área de 800 ha, Figura 23B.

Observa-se que no sistema TR é visualizado preponderância do custo operacional de semeadura em relação ao de colheita, para os intervalos de 550 a 1.050 ha, de 1.250 a 1.700 ha e de 1.950 a 2.200 ha, o que pode ser explicado requerimento de conjuntos mecanizados, trator-semeadora, nesse sistema, Figura 23B.

A Figura 24 apresenta o custo total e operacional da mecanização, com a consideração da área cultivada da propriedade e do sistema adotado.

Figura 24 - Custo Operacional e Total em função do sistema e da área da propriedade

O sistema AA apresentou menores custos totais e da mecanização, independentemente da área cultivada da propriedade, quando comparado ao sistema TR. Analisando a mecanização, o sistema AA mostrou um custo de R\$342,43 em uma área de 1.000 ha e, o sistema TR, R\$584,06, diferença de 41,4%. Considerando-se o custo total para o mesmo tamanho de área, o sistema AA apresentou um custo de R\$1.072,94 e o sistema TR, R\$1.540,79 diferença de 30,4%, Figura 24.

O gerenciamento do sistema mecanizado e a racionalização dos insumos na propriedade, pelo aprimoramento de técnicas de adubação, visualizado no sistema AA, promoveram reduções nos custos totais e operacionais da mecanização.

4.2.5.2 Semeadura

A avaliação da influência da área da propriedade no custo operacional e número de conjuntos na operação de semeadura são apresentados na Figura 25.

AA: Sistema *antecipação da adubação*; TR: Sistema *tradicional*
 Figura 25 - Custo operacional de semeadura (A) e números de conjuntos, trator-semeadora, (B) em função do sistema

O custo operacional se mostrou superior para menores áreas, devido à menor utilização das máquinas na propriedade ao longo do ano. Porém, o custo operacional apresentou um padrão de redução não contínuo, com o acréscimo da área a ser trabalhada, Figura 25A, reduzindo os custos operacionais de semeadura progressivamente até o momento em que um conjunto mecanizado trator-semeadora não é mais suficiente para que a operação de implantação da cultura seja realizada no prazo estabelecido. Dessa forma, a aquisição de um novo conjunto mecanizado é requerida, Figura 25B. O número de conjuntos mecanizados, trator-semeadora, eleva-se e ambas têm suas horas de utilização anual reduzidas, o que onera os custos fixos das máquinas e, por consequência, o custo operacional para a implantação da cultura.

Observa-se que o sistema AA apresentou um menor custo operacional devido à maior utilização das máquinas e a redução da necessidade de conjuntos em relação ao sistema TR.

A avaliação do consumo de combustível na operação de semeadura e total da mecanização na cultura da soja, com a consideração do tamanho da área da propriedade agrícola e o sistema adotado, é mostrada na Figura 26.

Figura 26 - Consumo de combustível na operação de semeadura e total das operações mecanizadas em função do sistema e da área da propriedade

De acordo com a Figura 26, o aumento da área a ser trabalhada eleva o consumo de combustível ao longo da safra agrícola. Em relação à demanda por combustível na operação de semeadura, o sistema AA apresentou um menor consumo quando se comparado com o sistema TR, independentemente da área da propriedade, sendo que, para uma área de 2.200 ha, a redução mostrada pelo o sistema AA foi de 45,3%.

Em relação ao total de combustível, o sistema AA apresentou um menor consumo a partir de uma área trabalhada de 600 ha, o que pode ser explicado pela redução do número de conjuntos mecanizados e da potência requerida pela semeadora na operação de implantação da cultura, mesmo considerando a existência de uma operação adicional de aplicação a lanço de potássio, no sistema AA. Considerando-se uma área cultivada de 2.200 ha, a redução mostrada pelo o sistema AA foi de 5,1%.

4.2.5.3 Colheita

A Figura 27 apresenta a análise do custo operacional de colheita e o número de colhedoras necessárias para se realizar a operação em função do tamanho da área da propriedade.

O custo operacional de colheita da soja se apresentou superior em menores áreas, devido à menor utilização anual das máquinas na propriedade (Figura 27). Porém, o comportamento do custo operacional apresentou um padrão de redução não contínuo, com o acréscimo da área da propriedade, o que corrobora com os dados apresentados por Silva (2004) na análise de custos operacionais para a colheita de cereais.

Figura 27 - Análise do custo operacional e número de colhedoras por tonelada colhida em função da área da propriedade

Observa-se uma redução progressiva dos custos operacionais de colheita até o momento em que uma colhedora não é mais suficiente para que a operação de colheita seja realizada, requerendo a adição de uma outra máquina. Dessa forma, o número de colhedoras é acrescido de uma unidade e ambas têm suas horas de utilização anual reduzidas, o que onera os custos fixos

das máquinas e, por consequência, o custo operacional. O menor custo de colheita foi de R\$46,38 por tonelada de soja colhida, em uma área de 1.000 ha (Figura 27).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e para as condições propostas, concluiu-se que:

O modelo apresentou-se consistente por meio da verificação e da validação, com relação à rotina de programação e aos resultados obtidos, podendo ser aplicado com a consideração da pontualidade nas operações agrícolas.

As produtividades das cultivares de soja foram afetadas pela época de realização da semeadura, caracterizando-se a importância de se considerar a pontualidade nessa operação.

O prolongamento do intervalo de semeadura da soja, visando obter uma redução no número de máquinas e maior número de horas de uso anual, influenciou o custo da mecanização da cultura.

Contudo, a análise da pontualidade na semeadura com a consideração dos sistemas de produção, foi fator determinante para a elevação da receita líquida na cultura da soja. O sistema antecipação da adubação mostrou-se viável, por meio da redução do número de conjuntos, do custo operacional e total, o que possibilitou o aumento da receita líquida, quando comparado ao sistema tradicional, independentemente do período de semeadura.

A análise da área da propriedade como uma variável crítica no dimensionamento de sistemas mecanizados mostrou que existem módulos ideais para a utilização de máquinas agrícolas, reduzindo o seu custo operacional devido ao maior aproveitamento do número de máquinas na propriedade, o que depende do sistema de produção adotado.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Perspectivas de mercado para a soja**. Disponível em: < <http://www.abiove.com.br>>. Acesso em: 15 mar. 2005.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE standardas**. St. Joseph: ASAE, 1999, p.353-358: Agricultural Machinery Management ASAE EP496.2.
- BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R.; BALASTREIRE, L.A.; CAIXETA FILHO, J.V. Modelo de programação linear para seleção de pulverizadores agrícolas de barras. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.9, p. 38-52, 2004.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.
- BANCHI, A.D.; PINTO, R.S.A.; LOPES, J.R.; GONÇALVES, N.H.; LIMA, E.B. Máquinas agrícolas: gerenciamento através de suas eficiências de utilização. **ÁLCOOL & ACÚCAR**, São Paulo, v. 18, n. 73, p. 18-21, abr. maio 1994.
- BANCHI, A.D. **Planejamento da utilização de uma frota de máquinas agrícolas em exploração policultural, determinando a solução de mínimo custo com o auxílio de programação linear**. 1989. 214 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- BORGES, I.O. **Desenvolvimento de um programa computacional para o dimensionamento de colhedoras, considerando a pontualidade na colheita**. 2004. 300 p. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- BURROWS, W.C.; SIEMENS, J.C. Determination of optimum machinery for corn - soybean farm. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph: ASAE, v. 17, n. 12, p. 1130-1135, 1974.
- CÂMARA, G.M.S. Fisiologia, ambiente e rendimento. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.) **Soja: Tecnologia da Produção II**. Piracicaba, SP: ESALQ, Depto. Produção Vegetal. 2000. p. 81-120.
- CARVALHO FILHO, A. **Alterações em Latossolo Vermelho e na Cultura da Soja em Função de Sistemas de Preparo**. 2004. 93 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.
- CEPIK, C.T.C.; TREIN, C.R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 447-457, 2005.
- CHANCELLOR, W.J. Selecting the optimum-sized tractor. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph: ASAE, v. 12, n. 2, p. 411-414, 1969.

COLVIN, S.T.; McCONNELL, K.L.; CATUS, B.J. "TERMS": a computer model for field simulation. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph: ASAE, v. 32, n. 2, p. 391-396, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Atualidades para o mercado de soja e derivados**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br.html>>. Acesso em: 15 ago. 2006.

EDWARDS, W. **Machinery Management - Farm Machinery Selection**. Ames: Iowa State University Extension - Iowa State University. PM. 952, 2001.

EDWARDS, W.; BOEJLHE, M. Machinery selection considering timeliness losses. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, Michigan: v. 23, n. 4, p. 810-815, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Centro Nacional de Pesquisa de Soja: **Recomendações técnicas para a Cultura da Soja na Região Central do Brasil**, 2001. Londrina, 2001. 267 p. (Documentos, 167.).

FEY, E.; CATARINA, A.S.; SANTOS, S.R.; PEREIRA, J. O. Planejamento de um sistema agrícola utilizando programação linear: estudo de caso. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 368-377, 2002.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2006**: Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo, 2006. 544 p.

FRANCISCO, E. A. B. **Antecipação da adubação da soja na cultura de *Eleusine coracana* (L.) Gaertn., em sistema de plantio direto**. 2003. 58 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FUNDAÇÃO ABC. **Custos da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.fundacaoabc.br>>. Acesso em: 2 fev. 2007.

GIMENEZ, L.M. **Custo da mecanização agrícola**. Castro: FUNDAÇÃO ABC, 2005. 2 p. (Circular Técnica, 32).

GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; SILVA, M.J.G. **Relatório de chuvas e dados mensais de dias chuvosos e secos 1971/2003**. Vilhena: EMBRAPA, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico).

HUGHES, H.A.; HOLTMAN, J.B. Machinery complement selection based on time constrains. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph: ASAE, v. 19, n. 5, p. 812-814, 1976.

HUNT, D.R. **Farm power and machinery management**. 9th. ed. Ames: Iowa University Press, 1977. 365 p.

HUNT, D.R. **Farm power and machinery management**. 6th. ed. Ames: Iowa University Press, 1973. 315 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de soja nos estados brasileiros**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia>>. Acesso em: 10 jan. 2007.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Consulta aos banco de dados.** Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em: 13 nov. 2006.

LAL, H.; PEART, R.M.; JONES, J.W.; SHOUP, W.D. An objected oriented field operations simulator in PROLOG. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph: ASAE, v. 34, n. 3, p.1031-1039, 1991.

LAL, H.; PEART, R.M.; JONES, J.W.; SHOUP, W.D. FARMSYS - A whole-farm machinery management decision system. **Agricultural Systems**, Essex, v. 38, n. 3, p.257-273, 1992.

LOPES, M.B.; MILAN, M. Simulation of a sugar cane loading and transport system. In: International Conference on Computers in Agriculture, 1998, Orlando. **Proceedings...** Orlando: ASAE, p.124-130, 1998.

MATOS, M.A.; SALVI, J.V.; M. MILAN, M. A. Avaliação do Custo Indireto da Pontualidade na Semeadura Direta da Soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) Através da Antecipação da Adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34, 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: SBEA, 2005.1 CD-ROM.

MELLO, P.C.; CAIXETA FILHO, J.V.; BACHA, C.J.C. **Impacto econômico e espacial do desenvolvimento do centro-oeste brasileiro e abertura de um eixo de comércio exterior com o pacífico.** São Paulo: BM&F, 2003. 140 p.

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

MILAN, M. **Improving operational management of harvest, transport and mechanization for sugar-cane in Brasil.** Silsoe, 1992. 226p. Ph.D. (Thesis) - Silsoe College, Cranfield Institute of Technology.

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas.** 2004. 100 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. Trator-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. cap.13, p.409-436.

MOTTA, I.S.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; INOUE, M.H.; ÁVILA, M.R.; BRACCINI, M.C.L. Épocas de semeadura em cinco cultivares de soja: efeitos nas características agronômicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p.1275-1280, 2002.

MUZILLI, O. Desenvolvimento e produtividade das culturas. In: Plantio direto no Paraná. Londrina: IAPAR, 1981. p.199-203. (IAPAR, Circular técnica, 23).

NORONHA, J.F.; MIALHE, L.G.; DUARTE, L.P. Custos dos sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 1991, Campinas. **Anais...** Brasília: Sober, 1991. p.13-33.

NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica.** São Paulo: Atlas, 1981. 274 p.

OAKLAND, J.S. **Gerenciamento da qualidade total.** São Paulo: NOBEL, 1994. 459 p.

OSKAN, H.E.; EDWARDS, W.M. A farmer oriented machinery comparison model. **Transactions of the ASAE.** St. Joseph: ASAE, v. 29, n. 3, p. 672-677, 1986.

PARMAR, R.S.; McCLENDON, R.W.; POTTER, W.D. Farm machinery selection using simulation and genetic algorithms. **Transactions of the ASAE.** St. Joseph: ASAE, v. 39, n. 5, p.1905-1909, 1996.

PARSONS, S.D.; SMITH, T.W.; KRUTZ, G.W. Machinery downtime costs. **Transactions of the ASAE.** St. Joseph: ASAE, v. 23, n. 2, p. 541-548, 1981.

PRADO, E.E.; HIROMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M.; RAMALHO, A.R. Adaptabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 36, n. 4, p.625-635, 2001.

ROTZ, C.A.; MUHTAR, H.A.; BLACK, R.A multiple crop machinery selection algorithm. **Transactions of the ASAE.** St. Joseph: ASAE, v. 26, n. 6, p. 1644-1649, 1983.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT Guide for personal computers. 8th.ed. Cary, 2001. 943 p.

SEGATELLI, C.R. **Produtividade da soja em semeadura direta com a antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura de *Eleusine coracana* (L.) Gaertn.** 2004. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SILVA, S.S.S. **Logística aplicada à colheita mecanizada de cereais.** 2004. 162 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SIEMENS, J.; HAMBURG, K.; TYRREL, T. A farmer machinery selection and management program. **Journal of Production Agriculture,** Surrey, v. 3, n. 2, p. 212-219, 1990.

TACHIBANA, A.; MILAN, M. Modelo para avaliação de sistemas mecanizados para a aplicação de defensivos em culturas perenes. **Revista Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v. 22, n. 1, p.101-109, 2002.

TACHIBANA, A. **Um modelo para avaliar sistemas mecanizados para aplicação de defensivos em culturas perenes.** 2000. 86 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

TACHIBANA, A.; MILAN, M.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Modelo para avaliar um sistema mecanizado para a cultura do limão siciliano (citrus limon, Brum.). **Revista Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v. 18, n. 3, p. 34-43, 1999.

TREVISAN, W.L.; RODRIGUES, D.D. A importância do milho em programas de rotação de culturas em plantio direto. In: **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação CARGILL, 1985. p.261-272.

VEIGA, M.G. **Modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja considerando a pontualidade na semeadura**. 2000. 75 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

VEIGA, C.M.; MILAN, M. Desenvolvimento de um modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja considerando o custo da pontualidade na semeadura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

WITNEY, B.D. **Choosing and using farm machines**. Edinburg: Land Technology, 1988. 412 p.

ANEXOS

ANEXO A - Manual de utilização do programa computacional

A apresentação do funcionamento do modelo foi dividida em três etapas: descrição e lógica dos bancos de dados correlacionados; apresentação dos formulários; saída de dados.

1 Banco de dados correlacionados

Os bancos de dados foram construídos de forma a obter o relacionamento das variáveis, para atingir os objetivos do estudo, com a consistência esperada pelo modelo. A Figura 28 apresenta o diagrama básico do sistema computacional e as tabelas utilizadas que mostram a sequência lógica para a análise do planejamento de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade.

Figura 28 - Bancos de dados estruturados e respectivas tabelas na consistência do modelo

2 Apresentação dos formulários

Os formulários do modelo referem-se ao cadastro de eficiências, fatores de produção, unidades, propriedades e talhões e operações mecanizadas a serem realizadas pelo usuário do sistema. A Figura 29 apresenta a tela inicial do sistema computacional, denominado de GFROTA - Gerenciamento de Frotas Agrícolas.

Figura 29 - Tela inicial do modelo computacional

A sequência de programação a ser realizada pelo usuário nos formulários do sistema é mostrada na Figura 30.

Figura 30 - Tela inicial do modelo e a apresentação dos formulários destinados ao cadastro do sistema

O cadastro dos produtos a serem obtidos na propriedade e o seu respectivo valor de mercado, com a consideração do preço da saca de 60 kg, é mostrado na Figura 31. Destaca-se que o modelo pode ser utilizado como uma ferramenta de planejamento e dimensionamento agrícola para diversas culturas, sendo necessário apenas o cadastro do respectivo produto.

Cód. Produto	Produto	Valor Saca
1	Soja	28

Figura 31 - Formulário para o cadastro de produtos no modelo e o seu respectivo valor de mercado

De acordo com os produtos cadastrados e apresentados na Figura 31, as cultivares a serem utilizadas são inseridas no formulário visualizado na Figura 32. A produtividade da cultivar é obtida de acordo com a equação inserida nos campos A, B e C, que representam parâmetros de equações polinomiais de segundo grau, $Ax^2 + Bx + C$, em que “x” são os dias para a realização da semeadura da soja.

Cultivar	Sigla	A	B	C
BRSMT Uirapuru	BRSMT1	0	-30,314	3818,257
MT/BR51 Xingu	MT51_1	0,1364	16,0164	3411,3645
MT/BR 45	MT45_1	0	-30,442	3021,5262
FT Estrela	FT_1	0	-30,2026	3012,6456

Figura 32 - Formulário para o cadastro de cultivares no processo produtivo

Utilizou-se o tipo de equação polinomial, de primeiro e segundo grau, devido às respostas nas produtividades apresentadas pelas cultivares de soja em função da época de semeadura, obtidas em experimentos realizados no Brasil e apresentados na bibliografia especializada (PRADO et al., 2001; VEIGA; MILAN, 2000; MATOS; SALVI; MILAN, 2006; CÂMARA, 2000; MOTTA et al., 2000).

A eficiência de gerenciamento é cadastrada no modelo, visualizada na Figura 33, de acordo com o fator de correção para a jornada de trabalho, em função das perdas de tempos relativas à falhas administrativas.

Eficiência Gerencial

Cód. Efic. Gerencial: 6 Eficiência Gerencial: Eficiência de Gerenciamento Sigla: EFG Valor Eficiência: 80

Cód. Efic. Gerencial	Eficiência Gerencial	Sigla	Valor Eficiência
6	Eficiência de Gerenciamento	EFG	80

Figura 33 - Formulário para o cadastro da eficiência de gerenciamento no modelo e o seu respectivo valor, em porcentagem

A Figura 34 apresenta o cadastro da eficiência de campo, relacionada com as perdas de tempo das máquinas agrícolas devido às manobras em função dos formatos de talhões, tempos de deslocamentos e abastecimentos na realização de determinada operação agrícola.

Eficiências de Campo

Cód. Eficiência: 4 Formato Eficiência: Eficiência Campo TR Valor Eficiência: 75 Unidade: %

Cód. Efic. Ger: 6 Eficiência Gerencial: EFG

Cód. Eficiência	Formato Eficiência	Valor Eficiência	Unidade	Cód. Efic. Gerencial	Efic. Geren	
4	Eficiência Campo TR	75	%	6	EFG	
5	Eficiência Campo AA	85	%	6	EFG	
6	Eficiência de Campo	80	%	6	EFG	

Figura 34 - Formulário para o cadastro da eficiência de campo e o seu respectivo valor, em porcentagem

O formulário denominado tipo de fator é referente ao cadastro dos fatores utilizados no processo produtivo, de acordo com as seguintes classes: máquinas motoras; máquinas e implementos; insumos (Figura 35). Destaca-se que para as classes máquinas motoras e máquinas e implementos são inseridas as taxa de depreciação, referente ao valor do equipamento no final de sua vida útil, calculados por uma porcentagem em relação ao valor inicial.

Cadastro de Tipos de Fatores

Cód. Tipo Fator: 7

Descrição do Tipo Fator: Colhedora

Maq / Ins / Imp: MAQ

Percentual depreciação: 35 %

	Descrição do Tipo Fator	Maq / Ins / Imp	Percentual depreciação
7	Colhedora	MAQ	35
8	Trator	MAQ	25
10	Pulverizador arrasto	IMP	25
11	Semeadora precisão	IMP	25
12	Adubadora a lança	IMP	25

Figura 35 - Formulário para o cadastro de tipos de fatores e a sua respectiva taxa de depreciação, em porcentagem do valor inicial das máquinas e implementos

A Figura 36 apresenta o cadastro de máquinas motoras, por meio da seleção da marca comercial, seu valor inicial, em reais, a potência do motor em kW, o reservatório e a largura de trabalho, quando forem necessários.

Cód. Fator	Cód. Tipo Fator	Tipo Fator (Máquina)	Desc. Fator	Sigla	Valor	Potência
11	7	Colhedora	John Deere 1550	COL01	520000	1
12	7	Colhedora	John Deere 3760 STS	COL02	890000	2
13	7	Colhedora	John Deere 9660 STS	COL03	670000	1
14	7	Colhedora	John Deere 1175	COL04	275000	12

Figura 36 - Formulário para o cadastro de máquinas motoras e as suas respectivas características dimensionais

A Figura 37 mostra o cadastro de máquinas e implementos agrícolas, por meio da seleção da marca comercial, seu valor inicial, em reais, a potência requerida para a tração em kW, o reservatório e a largura de trabalho, quando forem necessários.

Cód. Tipo Fator	Tipo Fator (Implemento)	Cód. Fator	Desc. Fator	Sigla	Valor	Potência
12	Adubadora a lanço	49	DCA MC 10500 Marchesan	AD105	15000	
12	Adubadora a lanço	50	DCF 3000 Baldan	ADCB3	9070	
12	Adubadora a lanço	51	DCF 6000 Baldan	ADCB6	11394	
10	Pulverizador arrasto	52	CRUZADOR 3000	PCRZ3	76092	

Figura 37 - Formulário para o cadastro de máquinas e implementos e as suas respectivas características dimensionais

Observa-se a existência de dois reservatórios que são relativos às caixas de adubos (Reservatório) e de sementes (Reservatório 2) das semeadoras-adubadoras. Logo, ambas devem ser preenchidas quando essas máquinas são cadastradas pelo usuário.

O formulário denominado cadastro de insumos se refere à inserção de fatores de produção que podem ser selecionados pelo usuário no planejamento das operações agrícolas, Figura 38. Os insumos são constituídos de defensivos agrícolas (inseticidas, herbicidas e fungicidas), adubos (fórmulas prontas e matérias primas), sementes e inoculantes e os seus cadastros são feitos através da definição do valor de mercado e da respectiva unidade de medida.

Cód. Fator	Tipo Fator (Insumo)	Desc.Insumo	Sigla	Valor	Unidade	
65	Herbicida	Round' up 'wG Dessecante	HROwG	30	Kg	
66	Herbicida	Glis Dessecante	HGlis	14	L	
67	Herbicida	Classic Chorimuron Ethil	HClas	577	Kg	
68	Herbicida	Nortox Chorimuron Ethil	HNort	750	Kg	
69	Herbicida	Cobra Lactofen	HCobr	80	L	

Figura 38 - Formulário para o cadastro de insumos no processo produtivo

A Figura 39 visualiza o cadastro dos indicadores da mecanização, sendo necessário a inserção de dados relativos à vida útil, em anos, juros, em porcentagem e fator de reparos e manutenção, FRM, em porcentagem do valor inicial da máquina agrícola. O preço do combustível, em reais por litro, deve ser inserido quando se cadastrar máquinas motoras de tração e colhedoras combinadas. O modelo calcula o valor final, em reais, das máquinas ou implementos inseridos no banco de dados do modelo.

Cadastro de Indicadores

Cód. Indicador: 3

Cód. Fator: 11, Fator: COL01, Valor Final: 182000

Vida Útil: 10, Juros: 10,75, ALST: 1, FRM: 100, Preço do Combustível: 1,8

	Cód. Indicador	Cód. Fator	Fator	Valor Final	Vida Útil	Juros	ALST	FRM	Preço do Combustível
▶	3	11	COL01	182000	10	10,75	1	100	
	6	12	COL02	311500	10	10,75	1	100	
	10	13	COL03	234500	10	10,75	1	100	
	11	14	COL04	96250	10	10,75	1	100	
	12	18	COL05	122500	10	10,75	1	100	
	13	19	COL06	185500	10	10,75	1	100	

Figura 39 - Formulário para o cadastro de indicadores relativos às máquinas e implementos agrícolas

As unidades de medidas devem ser cadastradas pelo usuário do sistema, associando a respectiva sigla, que representa a unidade padrão a ser adotada no modelo (Figura 40). As unidades representam as variáveis a serem utilizadas e analisadas na avaliação do desempenho operacional e econômico do sistema mecanizado.

Unidades de Medida

Cód. Unidade: 1, Descrição Unidade: Hectares, Sigla: ha

	Cód. Unidade	Descrição Unidade	Sigla
▶	1	Hectares	ha
	2	Tonelada	t
	3	Kilometros	Km
	4	Horas	h
	5	Litro	L

Figura 40 - Formulário para o cadastro de unidades e sua respectiva unidade

A Figura 41 mostra o cadastro de regiões no modelo, caracterizado pela representação de uma ou mais propriedades agrícolas. O usuário deve selecionar as áreas de trabalho das regiões ou propriedades, em hectares, e selecionar a sua eficiência de campo correspondente.

Região	Desc. Região	Área da Região	Cód. Eficiência	Eficiência
PRP01	Propriedade Cenário Base	1500	6	Eficiência de Campo
PRP02	Simulação 02	1500	4	Eficiência Campo
PRP03	Simulação 03	2500	4	Eficiência Campo

Figura 41 - Formulário para o cadastro de regiões e sua respectiva área, em hectares

A Figura 42 visualiza o formulário relativo ao cadastro de talhões no modelo, de acordo com o cadastro de regiões realizados na Figura 41. Destaca-se que o usuário pode utilizar as simulações para determinados talhões dentro de uma propriedade referenciada, inserindo a sua área de trabalho, em hectares, e a sua respectiva eficiência de campo, em porcentagem.

Região	Talhão	Área	Cód. Eficiência	Eficiência
PRP02	A002	235	4	Eficiência Campo
PRP02	A003	210	4	Eficiência Campo
PRP02	A004	170	4	Eficiência Campo
PRP02	A005	185	4	Eficiência Campo
PRP02	A006	180	4	Eficiência Campo
PRP02	A007	195	6	Eficiência de Cam

Figura 42 - Formulário para o cadastro de talhões e sua respectiva área, em hectares

O cadastro das operações mecanizadas é realizado pelo usuário do sistema de acordo com a Figura 43. A obtenção do produto agrícola é relativa àqueles cadastrados na Figura 31, segundo as *commodities* agrícolas que serão produzidas na região, propriedade ou talhão selecionado.

Cód. Operação	Operação	Produto
3	Semeadura da Soja	Soja
5	Colheita da soja	
6	Adubação a Lanço	
7	Semeadura do Adubo Verde	
8	Dessecamento do Adubo Verde	

Figura 43 - Formulário para o cadastro de tipos de operações mecanizadas

A análise do desempenho operacional do sistema mecanizado é realizada no formulário cadastro de operações, Figura 44.

Figura 44 - Formulário para o cadastro de operações mecanizadas no planejamento operacional e econômico

De acordo com a Figura 44, o usuário deve selecionar, para cada operação, as datas de início e término de realização, a região, a propriedade ou o talhão a ser trabalhado, as máquinas e insumos a serem utilizados e a velocidade de trabalho do sistema mecanizado. O modelo calcula o tempo disponível, o ritmo operacional e, para a operação agrícola analisada segundo o conceito da pontualidade, produtividade esperada. Observa-se que o campo denominado de redução de potência, em kW, é inserido quando se simula o sistema Antecipação da Adubação, AA, pois, nesse sistema, as hastes sulcadoras do adubo são retiradas da semeadora-adubadora, promovendo uma redução na exigência de potência de 4,9 kW por haste nas mesmas (CEPIK; TREIN; LEVIEN, 2005).

3 Saída de dados

O gerenciamento do sistema produtivo é realizado por meio da apresentação do relatório gerencial, visualizando-se os custos e as receitas esperadas na atividade, Figura 45.

GFROTA - Gerenciamento de Frotas Agrícolas

Cód. Operação	33	Data de:	5/11/2007	a	31/12/2007				
Semeadura		CF	CV	CH	COP	RB	RL		
Máquina	AGCO MF 680	25,57	55,07	80,63	27,69				
Implemento	Landmaster 11/13	41,09	21,60	62,69	21,53				
		66,6581	76,6664	143,3245	49,22	975,50	348,86		

Cód. Operação	34	Data de:	5/11/2007	a	31/12/2007				
Semeadura		CF	CV	CH	COP	RB	RL		
Máquina	AGCO MF 680	25,57	55,07	80,63	36,31				
Implemento	Landmaster 11/13	41,09	21,60	62,69	28,23				
		66,6581	76,6664	143,3245	64,55	975,50	427,39		

Cód. Operação	35	Data de:	5/11/2007	a	31/12/2007				
Semeadura		CF	CV	CH	COP	RB	RL		
Máquina	AGCO 297 4X4	14,61	36,59	51,20	14,48				
Implemento	Landmaster 11/13	41,09	21,60	62,69	17,73				
		55,7006	58,1939	113,8945	32,21	1.372,74	1.270,81		

Figura 45 - Relatório gerencial do modelo para o planejamento e o controle econômico

O relatório gerencial apresenta a análise operacional e econômica em cada operação mecanizada simulada, de acordo com o código gerado pelo programa. São visualizados os custos fixos, variáveis, horários e operacionais das máquinas selecionadas.

A receita bruta é calculada para as operações agrícolas analisadas sob a óptica da pontualidade, devido às influências na produtividade esperada em função das suas datas de início e termino de realização. Obtêm-se a receita líquida do sistema, subtraindo da receita bruta os custos do processo produtivo, Figura 45.

Para a aplicação do modelo GFROTA - Gerenciamento de Frotas nas empresas agrícolas, bem como para maiores esclarecimentos sobre o sistema, o seguinte contato pode ser utilizado:

Eng. Agrº Marcos Antonio Matos

e-mail: gfrota.software@gmail.com

ANEXO B - Dias secos trabalhados

O modelo foi aplicado à região noroeste de Mato Grosso, devido à existência de dados bibliográficos que analisaram o comportamento da produtividade de cultivares de soja em função da época de semeadura. Para esse cenário, os dias secos trabalhados utilizados no planejamento do sistema mecanizado foram extraídos de Godinho, Utumi e Silva (2004) de acordo com os relatórios de chuvas mensais e os dias secos esperados coletados no período compreendido entre 1971 a 2003. Desataca-se que os dados climáticos inseridos no estudo foram obtidos para a mesma região de análise das cultivares de soja, Tabela 11.

Tabela 11 - Dias secos trabalhados, segundo o relatório de chuvas mensais obtidos entre 1971 - 2003, região noroeste de Mato Grosso e sul de Rondônia (GODINHO; UTUMI; SILVA, 2004)

Meses	Dias secos esperados
Janeiro	8
Fevereiro	7
Março	9
Abril	14
Maio	23
Junho	28
Julho	29
Agosto	27
Setembro	23
Outubro	16
Novembro	15
Dezembro	8
Total	207

Estação EMBRAPA (Latitude 12° 47' 12"; Longitude 60° 03' 39")