

CLAUDIA BRITO SILVA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA AGRICULTURA DE
PRECISÃO: UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586v
2005

Silva, Claudia Brito, 1979-

Viabilidade econômica do uso da agricultura de pre-
sição : um estudo de caso / Claudia Brito Silva.

– Viçosa : UFV, 2005.

xiii, 72f. : il. ; 29cm.

Orientador: Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 70-72.

1. Produtos agrícolas - Produção - Aspectos econô-
micos - Mato Grosso do Sul. 2. Economia agrícola.
3. Milho - Aspectos econômicos. 4. Soja - Aspectos
econômicos. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 338.173098171

CLAUDIA BRITO SILVA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA AGRICULTURA DE
PRECISÃO: UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 21 de novembro de 2005.

Antônio Carlos Moretto

Suely de Fátima Ramos Silveira

Brício dos Santos Reis

Francisco de Assis de Carvalho Pinto
(Conselheiro)

Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale
(Orientadora)

Ao meu pai Joaquim e à minha mãe Maria Auxiliadora, pelo tesouro da vida;
aos meus irmãos Elisa, Marina e Saulo,
por tudo que simbolizam em laços que nos unem ao antes, ao agora e ao depois.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. De modo especial quero manifestar minha gratidão:

À orientadora, Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale, que durante todo trajeto, mostrou seu apoio, estímulo e amizade, tornando possível esta realização.

Ao professor de Engenharia Agrícola e conselheiro, Francisco de Assis de Carvalho Pinto, sempre disposto a prestar seu apoio e incentivo permanente durante o percurso deste trabalho.

Ao administrador da empresa agrícola analisada, Jaime, por sua contribuição decisiva e fundamental, indispensável à elaboração da dissertação.

Ao amigo e doutorando, Carlos André da Silva Müller, pelas tantas horas gastas me ajudando com as análises de risco, utilizando-se de todo o seu conhecimento e informações, importantes para a realização deste trabalho. Minha admiração e gratidão.

Aos colegas do mestrado, em especial às amigas Diana e Venússia, que compartilharam comigo as preocupações e me incentivaram sempre.

BIOGRAFIA

CLAUDIA BRITO SILVA, filha de Joaquim Silva Filho e Maria Auxiliadora Brito Silva, nasceu em 15 de agosto de 1979, em Iturama, Minas Gerais, onde viveu a infância e a adolescência.

Em 1993, mudou-se para Ribeirão Preto, São Paulo, onde iniciou o colegial. Em 1996, fez intercâmbio cultural para os Estados Unidos, cursando o último ano do segundo grau. De 1999 a 2003, cursou Ciências Econômicas na Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

Em 2004, iniciou o curso de pós-graduação, em nível de mestrado, em Economia Aplicada no Departamento de Economia Rural, na Universidade Federal de Viçosa, tendo submetido à defesa de tese em novembro de 2005.

Em dezembro de 2005, aprovada na seleção para o doutorado em Economia Aplicada na Esalq/USP.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. O problema e sua importância	1
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo geral	7
1.2.2. Objetivos específicos	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1. Tomada de decisão	9
2.2. Sistema de informação	13
2.3. Custo de produção	16

	Página
2.4. Avaliação econômica de projetos	21
2.5. Análise de risco	26
3. METODOLOGIA	30
3.1. Custo de produção	30
3.2. Indicadores de rentabilidade	31
3.3. Indicadores de viabilidade	33
3.4. Análise de risco	35
3.5. Fonte de dados	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Características do uso da agricultura de precisão na empresa agrícola analisada	38
4.2. Custo de produção	42
4.3. Indicadores de rentabilidade	47
4.4. Indicadores de viabilidade	54
4.5. Análise de risco	59
4.5.1. Análise de sensibilidade	59
4.5.2. Simulação de Monte Carlo	62
5. RESUMO E CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

LISTA DE TABELAS

	Página
1	Esquema básico do fluxo de caixa usado na pesquisa 34
2	Custo operacional efetivo da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 42
3	Custo operacional efetivo da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 43
4	Custo operacional total da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 44
5	Custo operacional total da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 45
6	Média das despesas da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 46
7	Média das despesas da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05 ... 46

8	Produtividade (sc/ha), preço de venda (R\$/sc) e receita por hectare (R\$) da cultura de milho por tipo de sistema de produção, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05	48
9	Produtividade (sc/ha), preço de venda (R\$/sc) e receita por hectare (R\$) da cultura da soja por tipo de sistema de produção, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05	48
10	Indicadores de rentabilidade da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, média das safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05	50
11	Indicadores de rentabilidade da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, média das safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05	52
12	Fluxo de caixa das culturas de milho e soja no sistema de precisão, em Chapadão do Sul, MS (valores em R\$ milhões)	55
13	Fluxo de caixa das culturas de milho e soja no sistema convencional, em Chapadão do Sul, MS (valores em R\$ milhões)	56
14	Valor presente líquido e taxa interna de retorno em cada um dos sistemas analisados	57
15	Análise de sensibilidade da taxa interna de retorno da cultura de milho em cada sistema produtivo	60
16	Análise de sensibilidade da taxa interna de retorno da cultura da soja em cada sistema produtivo	61
17	Resultados da simulação do VPL em cada sistema produtivo (milhões R\$)	63

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Mapa de produtividade da cultura de feijão	3
2	Gráficos com os indicadores de rentabilidade da cultura de milho no sistema de precisão e convencional	53
3	Gráficos com os indicadores de rentabilidade da cultura da soja no sistema de precisão e convencional	53
4	Distribuição de probabilidade acumulada do VPL obtido mediante Simulação de Monte Carlo para o sistema de precisão	64
5	Distribuição de probabilidade acumulada do VPL obtido mediante Simulação de Monte Carlo para o sistema convencional ..	65

RESUMO

SILVA, Claudia Brito, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2005. **Viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão: um estudo de caso.** Orientadora: Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale. Conselheiros: Altair Dias de Moura e Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

O objetivo deste trabalho foi realizar a análise comparativa dos custos e dos indicadores de rentabilidade e viabilidade econômica nos sistemas de precisão e convencional da cultura de milho e soja no Estado do Mato Grosso do Sul, sob condições de risco. Após a identificação dos custos de produção, realizou-se a análise econômica em duas etapas, incluindo análise dos indicadores de rentabilidade e análise dos indicadores de viabilidade. Na primeira, os indicadores de rentabilidade calculados, tais como receita bruta, margem bruta, ponto de equilíbrio, lucro operacional e índice de lucratividade apresentaram melhores resultados econômicos no sistema de precisão. Na segunda etapa da análise econômica, os dois sistemas produtivos analisados, tanto pelo método do valor presente líquido quanto pelo da taxa interna de retorno, mostraram menor atratividade de investimento para o sistema convencional, quando comparado ao sistema de precisão, embora com pequena diferença de valores. Para analisar o risco dos investimentos utilizou-se o método

de Monte Carlo. A seleção das variáveis para serem simuladas foi baseada nos resultados da análise de sensibilidade, tais como produtividade, preço de venda, preço dos insumos e preço do dólar. Dos resultados obtidos pela simulação, conclui-se que são baixos os riscos para os dois sistemas produtivos analisados.

ABSTRACT

SILVA, Claudia Brito, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2005.
Economical feasibility of precision agriculture: a case study. Adviser:
Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale. Committee Members: Altair Dias de
Moura and Francisco de Assis de Carvalho Pinto.

The objective of this study was to carry out a comparative analysis of the costs and economic profitability and viability indicators involved in implementing precision and conventional farming practices using maize and soybean crops in the state of Mato Grosso do Sul, under risk conditions. After identifying the production costs, analyses of the profitability indicators and viability indicators were carried out. The profitability indicators calculated (gross revenue, gross margin, break-even point, operational profit, and profitability index), presented better economic results under the precision system. For the analysis of the viability indicators, the net present value method and the internal rate of return method were used to analyze the two productive systems, showing smaller investment attractiveness for the conventional farming system, compared to the precision system, though with a small difference in values. The Monte Carlo method was applied to evaluate investment risk. The selection of the variables to be simulated was based on the sensitivity analysis results, such as

production, sale price, input price, and dollar. The results obtained through simulation led to the conclusion that the risks are low for the two productive systems analyzed.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e sua importância

O atual cenário agrícola caracteriza-se pela globalização dos mercados, pelo crescente uso de novas tecnologias e pela democratização da informação e do conhecimento, obrigando o setor agrícola nacional a utilizar novos conceitos, métodos e técnicas, a fim de atender às necessidades dos consumidores finais, fornecendo produtos com qualidade superior, preços mais acessíveis e possibilitando maior competitividade aos produtos no mercado mundial. Esse cenário agrícola demanda do produtor rural um caráter empresarial que visa otimizar a alocação de recursos e a redução de custos. Portanto, o desafio central do produtor rural é atender às necessidades dos consumidores finais, por meio da eficiência gerencial e da permanente adaptação do sistema produtivo.

Apesar de a agricultura brasileira ser uma das mais avançadas do mundo, o fenômeno da globalização da economia a obriga buscar a utilização de tecnologias de ponta para fazer frente aos grandes concorrentes no mercado mundial. Um espaço no mercado mundial para os produtos agropecuários só pode ser obtido por meio da disponibilização de tecnologias que possibilitem que os produtos brasileiros sejam competitivos em preço e qualidade.

Nesse contexto é que surge a agricultura de precisão como um conjunto de tecnologias avançadas que possibilita o gerenciamento localizado das culturas, com o objetivo de possibilitar o uso dos insumos agrícolas e preservação ambiental. A agricultura de precisão envolve tecnologia que compreende o uso de sistemas de posicionamento global (GPS), sistemas informatizados de coleta de dados e programas para tratamento e mapeamento de dados (sistemas de informações geográficas – SIG). Dessa forma, necessita de investimento, tais como, *softwares*, GPS, maquinários com sensores de produtividade e implementos para aplicação a taxa variável de insumos.

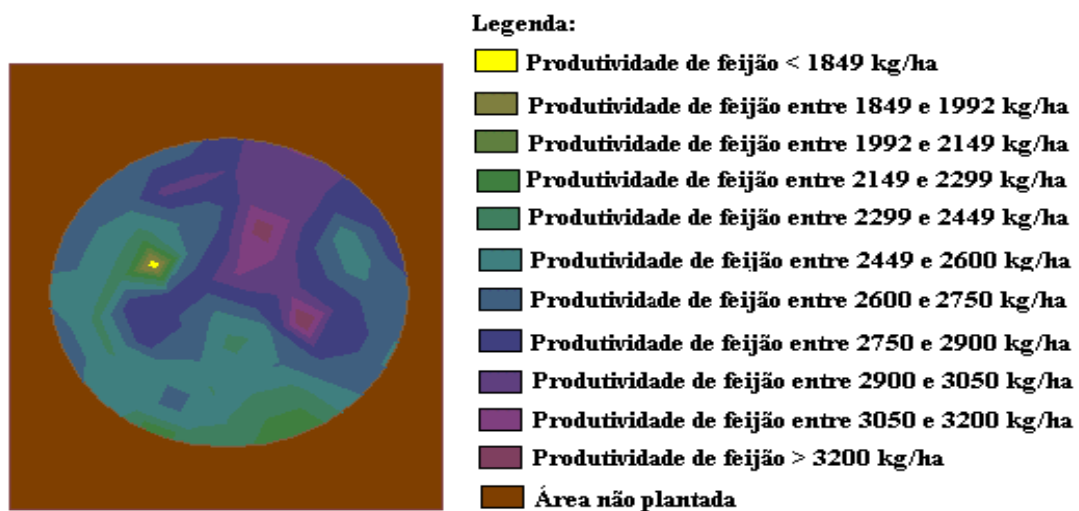
A agricultura convencional é considerada uma agricultura “pela média”, uma vez que todo o controle de entradas e saídas na propriedade é feito com base em uma média. Ou seja, com base em apenas um resultado, define-se a quantidade a ser aplicada de insumos na propriedade como um todo (MOLIN, 2001).

Assim, na agricultura convencional, as aplicações de fertilizantes significam aplicações excessivas em algumas áreas do campo e insuficientes em outras, pois uma área nunca é totalmente uniforme, por menor que seja. A heterogeneidade do solo, principalmente quanto à fertilidade e propriedades físicas, tem sido considerada como uma das principais causas da variabilidade espacial no rendimento das culturas. O manejo uniforme de áreas heterogêneas, como na agricultura convencional, conduz à perda de eficiência no sistema produtivo (FRANÇA, 2001).

A agricultura de precisão, por outro lado, leva em consideração a variabilidade espacial dos fatores de produção, como os tipos de solos, fertilidade, doenças e pragas, umidade, entre outros, o que permite a utilização de insumos agrícolas de forma a reduzir a quantidade necessária para determinado nível de produtividade (BALASTREIRE, 2000). Consiste, então, em aplicar, no local correto e no momento adequado, as quantidades de insumos necessários à produção agrícola.

De acordo com o mapa elaborado pelo Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa, conforme se pode

visualizar na Figura 1, observa-se um exemplo de mapa de produtividade. Ele apresenta informações valiosas sobre a produtividade em cada ponto da lavoura. No entanto, a sua interpretação é uma tarefa pouco automatizada. Os resultados finais devem ser correlacionados com uma série de outras observações feitas na área, como os mapas de fertilidade do solo, textura, compactação e outros (MOLIN, 2002).



Fonte: QUEIROZ e PINTO (2002).

Figura 1 – Mapa de produtividade da cultura de feijão.

Além de visar à otimização do uso de insumos agrícolas, a agricultura de precisão visa também à diminuição dos problemas ambientais. Isso porque a aplicação localizada de fertilizantes, defensivos agrícolas etc., poderá reduzir o impacto ambiental e a quantidade de insumo, uma vez que, se for realizada de acordo com a necessidade em cada ponto do talhão, pode ser evitada nos pontos onde a necessidade de insumos é menor.

Segundo BALASTREIRE (2000), um dos mais importantes benefícios da agricultura de precisão é o gerenciamento localizado dos talhões e a geração de um número grande de informações que, sem dúvida, servirão para a tomada de decisões, significando ganhos não mensurados ou contabilizados até então. Em

vista disso, a agricultura de precisão é, acima de tudo, um sistema de gestão ou gerenciamento da produção agrícola.

Há alguns anos, ela vem sendo adotada em nações tecnologicamente mais desenvolvidas como os Estados Unidos, Canadá e países europeus. Os Estados Unidos são os que mais utilizam essa tecnologia e há mais tempo. Sua adoção já é uma realidade para os americanos.

O estudo pioneiro sobre viabilidade econômica da agricultura de precisão foi apresentado por Wollenhaupt e Buchholz, na primeira conferência internacional de agricultura de precisão, realizado em Minneapolis, nos Estados Unidos, em 1992. O estudo foi realizado na região Centro-Oeste dos Estados Unidos, tendo como objetivo verificar a viabilidade econômica da aplicação em taxa variável de fertilizante (ROBERT, 2002).

Estudo realizado nos Estados Unidos por LAMBERT e LOWENBERG-DEBOER (2000) sobre a viabilidade econômica da agricultura de precisão, a partir de 108 casos, mostrou uma tendência positiva de lucratividade na aplicação dessas técnicas. Esse estudo econômico indicou que 63% deles obtiveram lucros e retornos positivos com a adoção desta tecnologia, 26% resultados incertos e 11% resultados negativos.

No estudo acima referido, LAMBERT e LOWENBERG-DEBOER (2000) realizaram uma revisão ampla em jornais científicos ou similares e em revistas, visando a organizar e sintetizar com que frequência eram encontrados estudos sobre a viabilidade econômica da agricultura de precisão.

A revisão de literatura das 108 publicações indicou também que mais de 50% dos estudos apresentaram benefícios com o uso de combinações de tecnologia de agricultura de precisão. Aproximadamente 60% dos estudos apresentaram lucro com a tecnologia de aplicação em taxas variáveis de nitrogênio ou nitrogênio-fósforo-potássio. Artigos elaborados por economistas indicaram retornos positivos da agricultura de precisão em 73% das vezes, resultados incertos em 16% e resultados negativos em 11%. Artigos de autores da área agrícola mostraram resultados similares aos encontrados pelos autores economistas. Assim, 63% dos resultados foram positivos, 26% incertos e 11%

negativos com o uso da tecnologia de precisão, sendo que as culturas de milho, soja e beterraba apresentaram lucro em dois terços dos estudos. A cultura de trigo indicou retorno positivo em aproximadamente 42% dos casos e resultados incertos em 25%.

ROBERT (2002) menciona que os resultados de estudos sobre viabilidade econômica da agricultura de precisão são variáveis por muitas razões, tais como, diferentes condições naturais, distintas situações de produção, diferentes metodologias de análises econômicas, dificuldades em mensurar os benefícios da tecnologia da informação e de melhoria da proteção ambiental. O autor conclui que a agricultura de precisão está ainda muito incipiente e muitos aspectos encontram-se em desenvolvimento.

O supracitado autor ressalta que as principais questões quando se analisam os benefícios da agricultura de precisão são: como podem ser usados a informação e o conhecimento para melhorar a lucratividade na empresa rural? Qual a nova oportunidade de gerenciamento que a tecnologia oferece?

Destaca ainda ROBERT (2002) que é essencial não olhar somente para os novos custos criados pela agricultura de precisão, como fazem frequentemente os agricultores, mas também para os benefícios gerados por ela. Afirma que é preciso fazer uma análise custo-benefício, identificando os custos e os benefícios para quantificá-los na busca de resposta para os seguintes questionamentos: qual é o valor por hectare? Quantos hectares vão abranger? Qual a extensão dos custos e benefícios da tecnologia de precisão ao longo do tempo? O que se espera, então, é que os benefícios superem os custos.

Knorr (2000), citado por ROBERT (2002) apontou os custos e os benefícios da técnica por meio de pesquisa realizada com 530 proprietários rurais que utilizavam a agricultura de precisão nos Estados Unidos. Os benefícios obtidos foram os seguintes: melhoria na drenagem (20%), maior precisão na seleção de híbridos (20%), otimização do uso de fertilizantes (15%), aumento do lucro por hectare (8%), redução da compactação (7%), aumento da produção (6%), diminuição do custo da produção (6%), menos gastos com substâncias químicas (3%) e acordos de aluguéis mais justos (3%). Os custos foram:

transformar os dados de produção em recomendações úteis (52%), colocar o equipamento para funcionar (35%), transportar os dados coletados para o computador (19%), encontrar consultores capacitados para ajudar com a tecnologia (15%), entre outros.

No Brasil, a agricultura de precisão já vem sendo adotada. Existem empresas brasileiras que fazem aplicação variada de calcário e adubo a lanço em larga escala. Também, algumas máquinas de pequeno porte estão sendo importadas para esse tipo de aplicação, existindo um pulverizador nacional com controle automático para aplicação variada de líquidos (MOLIN, 2002).

A região Centro-Sul¹ do país caracteriza-se pelo crescente e inovador sistema de produção agrícola, com extensas áreas cultivadas de milho e soja, onde a agricultura de precisão vem sendo utilizada. Isso exige do produtor rural um contínuo processo de transformações, visando a otimizar a alocação de recursos e diminuição dos problemas ambientais.

Segundo dados do INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA (2005), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com cerca de 20% da produção global. Os três maiores produtores de soja – EUA, Brasil e Argentina – são responsáveis por 80% da produção de soja, 90% do comércio de sementes e 76% do comércio de farelo. Quanto ao milho, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com uma safra na faixa de 35 milhões de toneladas, de acordo com a média dos três últimos anos.

A produção de grãos na região Centro-Oeste corresponde a 40% da produção nacional. A área cultivada da soja e milho nesta região em 2004 foi de 10,8 e 2,2 milhões de hectares, respectivamente. No mesmo ano, a produção da soja e milho atingiu 28,3 e 2,2 milhões de toneladas, respectivamente (EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE, 2005). Aí a agricultura de precisão já vem sendo adotada principalmente para as mencionadas culturas.

Questionamentos sobre aspectos econômicos da nova tecnologia continuarão, até que seja sanada a incipiência das informações disponíveis. Os

¹ A região Centro-Sul do Brasil é constituída pelos Estados que compõem as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

resultados sugerem que a agricultura de precisão será uma técnica sem grandes generalizações, exigindo estudo detalhado de cada caso, tanto na tomada de decisões para a aplicação localizada de insumos, como na interpretação dos resultados financeiros (MOLIN, 2001).

Os benefícios da agricultura de precisão são pouco estudados, dentro e fora da propriedade, com escassas informações disponíveis sobre custos e benefícios econômicos resultantes de sua adoção. Apesar de estar sendo adotada no Brasil, não existem ainda estudos de análise econômica para ela. Ora, obter informação sobre sua viabilidade econômica é essencial para que os agricultores possam adotá-la. Ela envolve um conjunto de ferramentas modernas disponíveis para a racionalização dos processos de produção agrícola, que já faz parte do cotidiano das atividades agrícolas brasileiras. No entanto, há ainda muito o que pesquisar sobre seus aspectos econômicos. Na realidade, a análise econômica é fundamental para que seja adotada no Brasil. E a pergunta a ser feita é se é possível obter um aumento da rentabilidade econômica com o uso da agricultura de precisão. Mobilizadora do interesse para a obtenção de respostas, isso justifica a realização de pesquisa, que direciona este trabalho.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é verificar a viabilidade econômica do uso da agricultura de precisão na cultura de milho e soja no Mato Grosso do Sul, servindo de subsídio à tomada de decisões pelos agricultores.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar o uso da agricultura de precisão na empresa agrícola analisada;
- b) Estimar os custos de produção envolvidos nos sistemas de precisão e convencional nas culturas de milho e soja;

- c) Analisar os indicadores de rentabilidade e viabilidade dos dois sistemas produtivos nas duas culturas; e
- d) Analisar a viabilidade econômica do sistema de precisão e convencional, sob condições de risco.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica desta pesquisa consiste no processo de tomada de decisão, no sistema de informação, no custo de produção, na avaliação econômica de projetos e na análise de risco, embasando a interpretação dos dados coletados.

2.1. Tomada de decisão

As organizações gerenciadas nos moldes taylorianos estão cada vez mais cedendo espaço a novas formas de gestão. O foco nos bens tangíveis cede lugar a outros bens, os intangíveis, tais como, o dado, a informação e o conhecimento – subsídios essenciais à tomada de decisão. Para que as decisões organizacionais sejam tomadas com rapidez e qualidade, é importante que as organizações disponham de um sistema de comunicação eficiente, que permita a rápida circulação da informação e do conhecimento, sendo, para isso, indispensável o suporte da tecnologia (ANGELONI, 2003).

De acordo com ANGELONI (2003), os dados são elementos brutos, sem significado, ou seja, eles constituem a matéria-prima da informação.

As informações são dados com significado, podendo ser consideradas como dados processados e contextualizados, ou seja, dotados de relevância e

propósito. O conhecimento é a informação mais valiosa, uma vez que alguém deu a ela um contexto, um significado ou uma interpretação, podendo ser considerado como a informação processada pelos indivíduos.

O dado, a informação e o conhecimento são elementos essenciais à tomada de decisão. Não devem ficar confinados na cabeça dos indivíduos organizacionais, mas compartilhados mediante um sistema de informação bem estabelecido.

Menciona ainda ANGELONI (2003) que não adianta a organização dispor de dados, informações e conhecimentos, se nela persistir a cultura de que os mesmos dados, informações e conhecimentos constituem poder. As informações e os conhecimentos devem circular interna e externamente à organização, por meio de um eficiente sistema de informação, envolvendo a instalação de uma infra-estrutura tecnológica adequada. Só assim a organização disporá dos elementos necessários (dados, informações e conhecimentos) de qualidade e em tempo hábil para dar suporte à tomada de decisão.

MACHADO (2002) discute as limitações no uso da informação como ferramenta de apoio à tomada de decisões. Conforme o autor, apesar da importância dos sistemas de informação no apoio às decisões estratégicas, os resultados obtidos pelo uso da informação nos processos decisórios não têm sido satisfatórios. Pesquisas indicam que existem problemas na forma pela qual os usuários percebem e utilizam a informação.

Gonçalves Júnior e Leitão (1996), citados por MACHADO (2002), mencionam que a crítica fundamental à maioria dos sistemas de informação para o apoio à decisão é a sua construção com base em um processo linear de causa e efeito, funcionalista, que obedece a um raciocínio analítico. Aspectos como fenômenos cognitivos e afetivos inerentes ao decisor e presentes no processo decisório são ignorados nas atuais metodologias de desenvolvimento de sistemas de informação.

Os autores conceituam a decisão estratégica como um processo não-linear, não programável, fundamentalmente qualitativo e multidimensional. Multidimensional porque a decisão é fruto de uma rede de relações entre diversos

fatores influenciadores do processo, em que a informação deve ser entendida como um deles.

GONTIJO e MAIA (2004) desenvolveram um estudo teórico para explicar o processo de tomada de decisões, focalizando os tipos de decisão, a natureza do processo, suas fases e variáveis relevantes. Discute-se no estudo a racionalidade e o comportamento na tomada de decisão, o modelo político de decisão e o viés do poder e a amálgama científica, econômica e comportamental proposta por respeitáveis autores.

Estudadas por eles, tais abordagens apresentaram enfoque e níveis explicativos diferenciados, reflexões sobre aspectos e variáveis relevantes do processo de tomada de decisão, possibilitando aplicações práticas e teóricas do conhecimento sobre a decisão e os processos decisórios. Os conhecimentos desenvolvidos por GONTIJO e MAIA (2004) oferecem grandes benefícios às organizações, sejam elas empresa, comércio ou serviços, públicas ou privadas.

Os autores destacam que a figura do tomador de decisão é central, cujo comportamento acaba por definir variações no processo de decisão. Essas variações se apresentam relacionadas tanto a limitações cognitivas quanto a condicionantes de natureza ideológica e de valores próprios ou de outros indivíduos. A comunicação e a articulação entre esses agentes são fundamentais. Assim, tanto a perspectiva comportamental quanto a política devem ser consideradas nos processos decisórios.

Segundo GONTIJO e MAIA (2004), tomar decisões é algo crucial para as organizações. Essa atividade acontece todo o tempo, em todos os níveis, influenciando diretamente a performance da organização. Sua importância é bastante clara e pode ser percebida empiricamente, ao analisá-la. De fato, é impossível pensar a organização sem considerar a ocorrência constante do processo decisório.

A conclusão a que chegam os autores é que as organizações, além de adotarem técnicas que auxiliam na tomada de decisão, devem ser consideradas como insuficientes para a obtenção de resultados satisfatórios. É importante destacar que, atualmente, o domínio da teoria e do processo de tomada de decisão

é crucial para as organizações e gestores, pois a complexidade dos negócios é crescente e exige respostas mais rápidas.

SIQUEIRA (2004) questiona a possibilidade de manter a racionalidade em qualquer tomada de decisão. Para ele, à medida que aumenta o número de variáveis – objeto de escolha –, eleva-se o número de critérios pelos quais elas são avaliadas, aumentando rapidamente a dificuldade dos indivíduos para manter a racionalidade. Assim, a tomada de decisão, muitas vezes, não atende plenamente aos requisitos da racionalidade, seja porque não foram considerados fatores importantes, ou porque eram desconhecidos no momento da decisão, ou porque foram simplesmente ignorados, isto é, percebidos como irrelevantes.

Conclui o autor que, embora toda tomada de decisão seja difícil, os esforços para se alcançar a racionalidade devem ser permanentes em qualquer situação, tendo mostrado que o método de análise hierárquica é um instrumento que contribui para a manutenção da racionalidade nas tomadas de decisões.

As várias situações tratadas no estudo mostraram que a análise hierárquica contribuiu para uma melhor organização do processo de decisão, por meio da definição do objetivo principal e dos critérios relevantes de avaliação.

VALE (1995) ressalta que os sistemas de informações são recursos organizacionais essenciais que precisam ser bem administrados para o sucesso da tomada de decisão administrativa, além de destacar que o processo administrativo é um processo decisório. Menciona que o primeiro passo para se tomar uma decisão efetiva é definir os objetivos relevantes para solucionar determinado problema. Além disso, para que o processo de decisão seja o mais eficiente possível, o administrador necessita de adequado sistema de informação. Isso porque a informação fornece a ligação entre o decisor, a automação e o mundo, em cada nível dos fatores que influenciam o processo administrativo.

VALE (1995) conclui assim que o processo de tomada de decisão é o centro do processo administrativo e que a compreensão de seu funcionamento e a consciência de sua complexidade auxiliam a atingir objetivos. Nesse sentido, o sistema de informação é um ingrediente básico que precisa ser estudado e

compreendido, para que possa realmente contribuir para os procedimentos administrativos.

A agricultura de precisão é uma ferramenta adicional para ajudar o produtor rural na tomada de decisão, permitindo o gerenciamento localizado das lavouras e a geração de um grande número de informações. No Brasil, ela começa a amadurecer e a se transformar em uma ferramenta importante para o gerenciamento da produção.

2.2. Sistema de informação

A revolução da informação, ou seja, aplicação de novas tecnologias e de novas idéias, vem afetando as organizações, exigindo mudanças organizacionais e produtivas significativas por parte das empresas, na busca da modernização que possibilite a competição dentro e fora do país. Para tanto, cada vez mais as empresas implementam sistemas de informação que captam dados externos e internos à empresa e os transformam em informações relevantes para a tomada de decisões.

Dentro desse contexto, surge a agricultura de precisão como um conjunto de tecnologias avançadas que demanda o uso de instrumentação eletrônica associada ao conhecimento agrônomo do sistema de produção, possibilitando interpretação eficaz para dados coletados. A tecnologia de precisão exige, portanto, a montagem do sistema de informação para a tomada de decisão. Nesse sentido, são utilizados recursos de informática para a geração das informações, armazenamento de dados e geração dos vários mapas. Para isso, além do computador, é necessário um bom *software*, Sistema de Informação Geográfica ou SIG (MOLIN, 2002).

O sistema de informação pode ser definido como um conjunto de elementos inter-relacionados que coletam, manipulam, processam e disseminam dados e informações. Ressalta-se que está crescendo rapidamente, a partir do desenvolvimento de novas tecnologias e de expansão daquelas já existentes, abrangendo os aspectos das atividades organizacionais (VALE, 1995).

BORGES (1995) argumenta que as empresas hoje se vêem obrigadas a se inter-relacionar com o ambiente, a concorrência, o cliente e o fornecedor, de forma integrada, para tornarem-se eficazes no acompanhamento das mudanças, que levam à evolução do mercado. Para que isso se viabilize, torna-se necessário obter a informação relevante, transformando-a em instrumento coeso de trabalho, uma vez que a competitividade de uma empresa é diretamente proporcional à sua capacidade de obter informação, processá-la e disponibilizá-la de forma rápida e segura.

A importância da informação para as organizações é universalmente aceita, constituindo, senão o mais importante, pelo menos um dos recursos cuja gestão e aproveitamento estão diretamente relacionados com o sucesso desejado. A informação também é considerada e utilizada em muitas organizações como um fator estruturante e um instrumento de gestão. Portanto, a gestão efetiva de uma organização requer a percepção objetiva e precisa do sistema de informação e dos valores da informação (MORESI, 2000).

FERREIRA (2002) enumera três fatores que afetam o valor da informação: (1) a oportunidade, relacionada ao seu tempo de existência ou ao momento que a informação é necessária; (2) a precisão; e (3) a apresentação.

MORESI (2000) questiona se a informação possui um valor econômico, concluindo que terá valor econômico quando proporcionar a satisfação. Ou seja, a informação terá valor econômico para uma organização, se ela gerar lucros ou for alavancadora de vantagem competitiva.

De acordo com o autor, um sistema de informação, para oferecer valor superior, deverá disponibilizar aos seus clientes qualidade dos serviços e produtos fornecidos. A qualidade é um conjunto de propriedades a serem atendidas, de modo que o sistema satisfaça as necessidades de seus usuários. Destaca que os custos relativos à implantação e ao custeio dos sistemas de informação precisam ser avaliados pelos seus usuários. Destaca ainda que é importante também que os benefícios sejam quantificados, permitindo identificar a contribuição global em relação às estratégias da organização, ou seja, a

efetividade do sistema. Caso contrário, o sistema deverá ser revisto e modificado, de modo a atender às expectativas da organização.

É importante lembrar que a informação é condição essencial para as funções administrativas como a tomada de decisão, o planejamento, entre outras. A probabilidade do acerto de uma decisão sem uma base em informações é praticamente nula. Pode-se perguntar: como tomar uma decisão sem conhecer informações sobre o assunto? É por meio de informações que a empresa viabiliza suas decisões de forma mais rápida e, muito provavelmente, mais acertada, gerando assim mais lucro, mais crescimento, mais emprego, possibilidade de maiores salários etc. (CAVALCANTI, 1995).

MORESI (2000) analisa aspectos relativos à cadeia de valor de um sistema de informação. A cadeia de valor pode ser definida como um conjunto de atividades executadas em sistema de informação com a finalidade de produzir e transferir a informação, proporcionando sustentação ao processo decisório de uma organização. Ou seja, é um instrumento básico para diagnosticar e determinar o uso da informação em apoio às decisões e ações no âmbito de uma organização.

Vale a pena assinalar que a cadeia de valor do sistema é uma consequência natural do planejamento realizado. O planejamento e desenvolvimento do sistema de informação de uma organização devem resultar de uma análise que proporcione obter uma estimativa prévia sobre as seguintes dimensões: estratégica, organizacional, econômica e capacitação da organização. Assim, o sistema deverá atender aos objetivos previstos, proporcionando melhoria e otimização do processo decisório, vantagem competitiva, aumento da lucratividade, melhor posicionamento no ambiente externo, melhor eficiência no gerenciamento da organização etc. Importante ressaltar, então, que a obtenção e manutenção desses aspectos é atualmente uma necessidade para a sobrevivência das organizações (MORESI, 2000).

Nota-se que os tomadores de decisão, como processadores de informação, atuam limitados pelo volume, pela qualidade de dados disponíveis, por sua habilidade para acessá-los e capacidade de analisá-los. O sucesso de um

gerente pode ser medido pela qualidade e quantidade de suas decisões, que dependem de sua eficiência para utilizar informações. Nesse sentido, a chave para o sucesso é obter informações úteis e exatas disponíveis, no momento certo (BORGES, 1995).

BORGES (1995) menciona que antes de planejar e implementar sistemas de informação é fundamental conscientizar o usuário, o tomador de decisão, de que, para que tais ferramentas atendam às suas necessidades informacionais, cabe a ele explicitá-las. Para tanto, torna-se imperativo saber definir com clareza as suas atividades, reconhecendo que elas fazem parte de um contexto organizacional amplo e complexo, cujos objetivos devem ser atingidos em função do mercado, da concorrência, do cliente, do fornecedor.

Estudo como o de VALE (1995) trata de diferentes modelos de sistemas de informação agrícola propostos na literatura. Tal estudo apresenta uma revisão do que tem sido feito em alguns países, permitindo compreender melhor o processo de implementação dos sistemas que auxiliam os tomadores de decisão.

Importante assinalar que a falta de um sistema de informação eficiente e, conseqüentemente, a dificuldade da empresa rural analisar os dados disponíveis sobre suas atividades tornam as tarefas gerenciais pouco produtivas. Dessa forma, a agricultura de precisão é de grande importância, uma vez que fornece à empresa rural um sistema de informações precisas e em tempo certo.

2.3. Custo de produção

Para determinar a viabilidade econômica de sistemas de produção agrícola, antes, deve-se saber como as empresas organizam tecnicamente sua produção e qual é o comportamento dos custos no processo produtivo, uma vez que à medida que ocorrem alterações nos níveis de produção, tais custos são afetados.

O custo total de produção (CT) é composto por custo fixo (CF), que independe da quantidade produzida, e custo variável (CV), que sofre variações de acordo com o incremento da produção. Os custos fixos incluem gastos com

depreciação, impostos, despesas financeiras etc. Já em relação à produção agrícola, os custos variáveis incluem os gastos com mão-de-obra, insumos, despesas operacionais, entre outros.

Segundo LEFTWICH (1973), para analisar os custos de produção é necessário fazer-se uma distinção entre o curto e o longo prazo. No curto prazo, os recursos utilizados pela firma são classificados em fixos e variáveis. Os custos fixos e os custos variáveis para diferentes quantidades de produto são as partes componentes dos custos totais. Nota-se que no longo prazo todos os recursos podem variar, por isso, todos os custos são variáveis.

O custo médio é composto pelo custo variável médio e custo fixo médio. Este sempre diminui com a produção, enquanto o custo variável médio tende a aumentar. O resultado líquido é uma curva de custo médio em forma de “U” (VARIAN, 1999).

Mais detalhadamente, LEFTWICH (1973) menciona que a curva de custo médio no curto prazo mostra o menor custo unitário para produzir diferentes quantidades de um produto, com dado tamanho da firma. A produção em que o custo médio no curto prazo é mínimo chama-se o nível ótimo de produção, para determinado tamanho da firma. A curva de custo médio de longo prazo mostra o menor custo unitário para produzir diferentes quantidades do produto, quando a firma pode variar o seu tamanho até aquele desejado. Ou seja, é a curva envelope das curvas de custo médio no curto prazo para todos os tamanhos desejados.

O custo marginal pode ser definido como o aumento do custo ocasionado pela produção de uma unidade extra do produto. Ele é importante, pois define a condição de maximização de lucros de uma empresa em um mercado extremamente competitivo, ou seja, a empresa atinge o lucro máximo quando o custo marginal se iguala à receita também marginal (preço) (PINDYCK e RUBINFELD, 1994).

BAÍDYA et al. (1999) analisam a maximização do lucro como premissa básica do proprietário da empresa, supondo que o proprietário conheça o

comportamento da função lucro, que é a diferença entre a receita bruta e o custo total de produção, ou seja:

$$p = R - C, \quad (1)$$

em que R é a receita bruta e C é o custo total. Além disso, supõe-se que o empresário venda sua produção, qualquer que seja o nível, a um preço fixo, tendo-se, então:

$$R = p \times q. \quad (2)$$

Nesse caso, a firma é tomadora de preços, uma vez que o preço é definido competitivamente pelas forças de oferta e demanda. Ou seja, o mercado é competitivo.

De acordo com os autores acima referidos, a condição de primeira ordem para a maximização do lucro é:

$$p' = \frac{\partial p}{\partial q} = \frac{\partial R}{\partial q} - \frac{\partial C}{\partial q} = 0. \quad (3)$$

O primeiro membro da Equação 03 é o lucro marginal. O termo $\frac{\partial R}{\partial q}$ é definido como a receita marginal e o termo $\frac{\partial C}{\partial q}$ é o custo marginal. O custo marginal significa o quanto varia o custo total ou variável quando ocorre o acréscimo de uma unidade no produto final. Da mesma forma, a receita marginal é definida como a variação na receita total em virtude da variação de uma unidade na quantidade vendida.

De acordo com BAÍDYA et al. (1999), pode-se escrever a equação (3) da seguinte forma:

$$\frac{\partial R}{\partial q} = \frac{\partial C}{\partial q} . \quad (4)$$

Isso significa que se a função p possui um máximo, que ocorrerá em um ponto no qual a receita marginal deve ser igual ao custo marginal. Ou seja, a receita advinda da produção de uma unidade a mais do produto final deve ser igual ao custo adicional devido a essa unidade. Como o preço p é admitido como constante no mercado competitivo, a receita marginal será:

$$\frac{\partial R}{\partial q} = p . \quad (5)$$

Portanto,

$$p = CMg . \quad (6)$$

em que CMg é o custo marginal, isto é:

$$CMg = \frac{\partial C}{\partial q} . \quad (7)$$

VARIAN (1999) menciona que a curva de custo marginal localiza-se abaixo da curva de custo médio, quando os custos médios diminuem e, acima, quando crescem. Portanto, os custos marginais têm de ser iguais aos custos médios no ponto de custo médio mínimo.

HOFFMANN et al. (1987) definiram o termo custo, para fins de análise econômica, como a compensação que os donos dos fatores de produção, utilizados por uma firma para produzir determinado bem, devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à mesma. Salientaram, também, que as determinações de custo são feitas, tendo em vista várias finalidades. Servem como elemento auxiliar da administração do proprietário agrícola para escolha

das culturas, criações e, principalmente, das tecnologias agrícolas a serem implantadas.

De acordo com os autores acima referidos, para possibilitar o cálculo dos custos de produção, é necessário fazer-se o inventário da propriedade no início e no fim do ano agrícola e, também, manter um registro da distribuição diária do trabalho não só dos assalariados como também dos membros da família, dos animais e da maquinaria nas diferentes culturas.

Ainda segundo os mesmos autores, o objetivo mais importante dos registros agrícolas é a avaliação financeira da empresa rural e a determinação de seus lucros ou prejuízos durante um determinado período, fornecendo, assim, a base exigida para diagnóstico da empresa e um planejamento mais eficaz. Mencionam que tais registros devem proporcionar pelo menos todas as informações necessárias para o cálculo do lucro da empresa, como dados sobre quantidade e valor dos ativos existentes, as fontes e os montantes das entradas e saídas, em dinheiro ou em espécie etc.

MARTIN et al. (1998) afirmam que, para se estimar os custos das atividades agropecuárias, é necessário um conjunto de informações a serem obtidas, sem as quais a tarefa fica praticamente impossível. Os autores ressaltam que, à medida que a agricultura vem se tornando cada vez mais competitiva, o custo de produção constitui informação importante no processo de decisão. Assim, se, por um lado, os custos de produção vêm aumentando sua importância na administração rural e no planejamento de empresas, por outro, as dificuldades de estimá-los, só recentemente, começaram a ser reduzidas, dado o aumento na adoção da informática na gestão das empresas agropecuárias.

A receita bruta pode ser definida como a receita esperada para determinado rendimento por hectare, para um preço de venda pré-definido. Margem bruta em relação ao custo operacional efetivo (MBCOE) refere-se à margem em relação ao custo operacional efetivo. O custo operacional efetivo (COE) constitui a somatória dos resultados de despesas por hectares obtidos com mão-de-obra, operações de máquinas e equipamentos e insumos consumidos ao longo do processo produtivo (MARTIN et al., 1998).

Além desses conceitos, MARTIN et al. (1998) definem outros indicadores, tais como ponto de equilíbrio, lucro operacional e índice de lucratividade. O primeiro conceito significa, para um determinado nível de custo de produção, qual a produção mínima necessária para cobrir esse custo, dado o preço de venda unitário para o produto. O lucro operacional constitui a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total. Este é a somatória do COE e dos outros custos operacionais como, por exemplo, a depreciação, as despesas financeiras, os impostos etc. O índice de lucratividade mostra a relação entre o lucro operacional e a receita bruta, em percentagem.

2.4. Avaliação econômica de projetos

Para a tomada de decisão sobre um investimento, quer se trate de um projeto para organização de um grande número de empresas rurais, ou de um projeto de implantação de determinada tecnologia em empresa já organizada, a análise econômica de projetos constitui um instrumento de grande valia para a tecnologia de precisão.

BUARQUE (1991) discute três tipos de avaliação de projetos: a financeira, a econômica e a social. A avaliação financeira indica a rentabilidade do projeto tomando do ponto de vista do empresário; a avaliação econômica incorpora as conseqüências do projeto para o conjunto da sociedade, vista como um todo, e define assim o mérito econômico do projeto; e a avaliação social analisa o impacto sobre a distribuição dos benefícios e dos custos entre as diferentes camadas sociais menos favorecidas.

NORONHA (1987) conceitua um projeto de investimento como uma entidade de vida limitada, cujos objetivos têm de ser definidos claramente e sua duração e tamanho predeterminados, devendo ter uma data de início e outra de término das atividades que o definem. Menciona que os projetos de investimento são propostas que implicam comprometer parte dos recursos da empresa rural no presente, com ou sem a participação de alguns recursos externos, tendo em vista produzir outros bens (produtos ou serviços) por um período definido.

Do ponto de vista de um empresário rural, pode-se considerar que a avaliação financeira e econômica consiste na observação de certos parâmetros que indiquem o resultado do projeto de investimento em comparação com os seus custos e com outras alternativas (outros projetos) disponíveis. A partir dessa avaliação, é possível conhecer se o projeto representa uma boa alternativa para os recursos a serem utilizados (BUARQUE, 1991).

A importância da análise e avaliação de projetos de investimento ultrapassa os limites da empresa rural. De fato, a avaliação de projetos é de fundamental interesse em vários níveis e tomada de decisão, desde os projetos de desenvolvimento de comunidade até os planos de desenvolvimento econômico do País (NORONHA, 1987).

Na literatura econômica estão disponíveis diversos métodos de análise de investimento. De acordo com WOILER e MATHIAS (1996), é evidente que o processo de análise pode ser mais sofisticado em função das hipóteses adotadas, sobretudo, da importância da decisão para a empresa.

A elaboração do processo de cálculo dos fluxos de caixa é importante para a análise financeira dos projetos de investimento. Segundo BUARQUE (1991), o quadro de orçamento de custos do projeto toma os custos e as receitas em termos anuais e, além disso, o orçamento de receita e custo deixa de considerar o investimento, que é tomado como um estoque global. Ou seja, essa visão estática não dá um conhecimento real do projeto, considerando suas evoluções, tanto no que se refere aos níveis de produção e, conseqüentemente, requerimento de insumos, como também nos preços dos produtos e dos insumos. Logo, é para incorporar essas mudanças, que se elaboram os fluxos de caixa dos projetos.

Ainda segundo o autor, para construir o fluxo de caixa deve-se considerar as diferentes evoluções que, ano a ano, ocorrerão em todos os fluxos de entrada e saída financeira do projeto, inclusive o último ingresso de renda derivado da venda do valor residual. Ou seja, para elaborar o fluxo de caixa é necessário conhecer: o nível de investimento a ser realizado, ano a ano, durante a fase de execução do projeto; a vida útil do projeto; a evolução da receita, ano a

ano, esperada para o projeto, durante toda sua vida útil; a evolução dos custos fixos e variáveis em função da produção prevista para cada ano; e o valor de recuperação que se espera obter graças à venda dos resíduos do projeto, ao final de sua vida útil.

Segundo NORONHA (1987), fluxos de caixa são valores em reais que refletem as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo que forma uma proposta de investimento. Tem por finalidade refletir o fluxo de recursos, por unidade de tempo, de determinada unidade administrativa (representada pelo projeto) dentro da empresa rural. Ressalta o referido autor que as decisões de investimento em determinado projeto podem afetar a estrutura de capital da empresa no futuro. Isso porque é bem provável que a capacidade da empresa para contrair novos empréstimos fique prejudicada por algum tempo. Além disso, após a liquidação do projeto e a confirmação do seu sucesso, o patrimônio líquido da empresa aumenta, gerando maiores recursos próprios e, conseqüentemente, maior capacidade de obtenção de novos créditos.

Quanto ao fluxo de saída compõe-se fundamentalmente de despesas de investimento e despesas operacionais. Nas primeiras enquadram-se os gastos com bens de capital, inclusive despesas cujo valor é incorporado ao dos bens de capital na fase de construção ou implantação do projeto. Já nas despesas operacionais enquadram-se gastos com mão-de-obra, insumos, impostos etc., ou seja, despesas realizadas após a implantação do projeto, necessárias para colocá-lo em pleno funcionamento.

Resumindo, os fluxos de caixa são valores monetários que representam as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo e que compõem um projeto de investimento. São formados por fluxos de entrada (receitas efetivas) e fluxos de saída (dispêndios efetivos), cujo diferencial é denominado fluxo líquido. No processo de avaliação, consideram-se os fluxos de receitas e de custos ocorridos ao longo de um horizonte pré-definido de tempo. O confronto entre esses dois fluxos possibilita a determinação dos retornos de investimentos.

De acordo com BUARQUE (1991), o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) estão baseados no conceito de atualização e são os dois melhores instrumentos para determinar a rentabilidade privada de um projeto.

O VPL indica o resultado final de todas as entradas e saídas do projeto, depois de considerado o custo de oportunidade do capital. Este custo pode ser definido como a taxa de rentabilidade que o capital pode ganhar na melhor alternativa de utilização, além do projeto.

Segundo BUARQUE (1991), o VPL é uma boa referência para a determinação do mérito do projeto, uma vez que tal critério representa, em valores atuais, o total de recursos que permanecem em mãos da empresa ao final de toda a sua vida útil². Em outras palavras, o VPL representa o retorno líquido atualizado gerado pelo projeto. Entretanto, o VPL não é tomado, de uma maneira geral, como o critério básico para a determinação do mérito do projeto, devido às dificuldades em determinar o valor exato da taxa de desconto a ser aplicada para a atualização.

É importante, para a análise financeira de projetos, a escolha de uma taxa de desconto apropriada, uma vez que o projeto será viável se seu valor presente calculado à taxa de desconto igual ao custo de oportunidade do capital for maior que zero. Assim se, sempre que o VPL, estimado a uma taxa de desconto correspondente ao custo de oportunidade de capital, for superior a zero, o projeto apresenta um mérito positivo. Logo, na comparação entre duas alternativas de um mesmo projeto, por exemplo, adotar o sistema de precisão em substituição ao convencional, em princípio, o melhor é aquele com maior VPL.

Vale destacar que o fundamental é que a taxa de desconto seja calculada com base no custo de oportunidade do capital a ser aplicado no projeto. Segundo BUARQUE (1991), o custo de oportunidade do capital pode ser definido como a maior rentabilidade que poderá ter o capital, caso não seja investido no projeto

² Refere-se ao número de anos em que se prevê que o projeto funcionará sem necessidade de grandes gastos de substituição de equipamentos que justifiquem um outro projeto.

em questão; ou, em outras palavras, como a melhor rentabilidade de investimento do capital requerido pelo projeto, fora do próprio projeto.

O VPL é uma função decrescente da taxa de desconto. NORONHA (1987) deixa claro que quanto maior o custo do capital, menos atrativo se torna um mesmo projeto, independente da capacidade de pagamento da empresa rural. Ou seja, a seleção do projeto depende não apenas da capacidade de pagamento da empresa, mas também e, sobretudo, do custo de capital. Este, por sua vez, depende das fontes de recursos financeiros utilizados pelo empresário.

O outro indicador, descrito aqui, é a Taxa Interna de Retorno (TIR). Por definição, ela é a taxa de desconto que iguala a zero o valor presente líquido de um projeto. Logo, é a taxa de desconto que iguala o valor presente dos benefícios de um projeto ao valor presente dos seus custos:

$$I - \sum_{t=1}^n (B_t - C_t) / (1 + K)^t = 0; \quad (8)$$

em que I investimento de capital na data zero; K é a TIR; B_t é o benefício do projeto em unidades monetária no ano t ; C_t é o custo do projeto em unidades monetária no ano t ; e n é a vida útil do projeto.

De acordo com CONTADOR (1988), esse indicador é um dos mais utilizados como parâmetro de decisão. O critério adotado diz que um projeto é viável e deve ser considerado como alternativa para execução se a sua taxa interna de retorno é maior que o custo de oportunidade dos recursos para sua implantação. Quanto maior a TIR, maior a atratividade do projeto. Ainda para o autor, a grande vantagem da TIR como indicador de decisão é que prescinde de informações externas ao projeto. Dessa forma, tudo que o analista necessita é conhecer o perfil do projeto e alguma idéia da magnitude da taxa de juros ou do custo de oportunidade do capital.

Para NORONHA (1987) a principal vantagem da TIR é que ela pode ser comparada diretamente com o custo do capital ou com as alternativas de aplicação no mercado financeiro.

De acordo com BUARQUE (1991), a TIR apresenta algumas desvantagens que não lhe permitem ser o instrumento absoluto na seleção e classificação de projetos, uma vez que: (1) no caso de projetos com grandes diferenças entre os valores dos investimentos, podem ocorrer contradições entre os critérios de TIR e de VPL. Isso ocorre porque um pequeno projeto (baixo investimento) pode apresentar uma alta taxa interna de retorno, mas ainda assim ter um reduzido valor atual; e (2) a expressão matemática que permite a determinação da TIR leva em certos casos a soluções múltiplas e sem sentido, o que não é compatível com o objetivo de definir o mérito e classificar o projeto. Entretanto, para análise entre alternativas de um mesmo projeto e entre projetos sem grandes diferenças de investimento, a TIR é geralmente aceita como o melhor instrumento na determinação do mérito comparativo de projetos.

2.5. Análise de risco

Ao abordar os métodos de avaliação acima, não se levou em conta o grau de risco dos investimentos envolvidos em um projeto. Mas é certo que esse aspecto é de grande importância no processo de avaliação, uma vez que a incorporação do risco nas análises pode reduzir a margem de erro quando da tomada de decisão pelos produtores, facilitando o planejamento econômico e financeiro da propriedade.

De acordo com BUARQUE (1991), em qualquer das etapas, todas as conclusões de um projeto, por exemplo, mercado, receitas e custos, referem-se ao futuro, próximo ou distante, sendo natural que os coeficientes calculados com base nessas conclusões estejam submetidos a certo grau de incerteza. Dessa forma, é necessário reconhecer a incerteza intrínseca ao projeto e utilizar instrumentos de análise que permitam estimar o grau de incerteza e de risco do investimento, tais como a análise de sensibilidade e o método de simulação de Monte Carlo.

A análise de sensibilidade consiste em deixar variar a estimativa dos parâmetros mais susceptíveis às incertezas, numa certa faixa e, então, analisar o comportamento da rentabilidade do projeto (CONTADOR, 1988).

Conforme afirma BUARQUE (1991), é por meio da análise de sensibilidade que se determina em que medida um erro ou modificação de uma das variáveis incide nos resultados finais do projeto. Dessa maneira, pode-se determinar quais desses elementos devem ser estudados mais profundamente, ou seja, as variáveis com maior impacto sobre os indicadores econômicos (a produtividade, o preço de venda dos produtos, os preços dos insumos e o preço do dólar). O autor ressalta que a análise de sensibilidade é um instrumento de grande utilidade na administração futura, uma vez que permite conhecer a importância de cada variável sobre o desempenho da empresa. A análise de sensibilidade consiste, então, em definir a rentabilidade do projeto em função de cada uma de suas variáveis, observando a variação que ocorrerá na rentabilidade para cada alteração nas variáveis.

Vale a pena dizer que, como regra geral, aplica-se uma variação de 10% em cada variável, sempre no sentido desfavorável para a rentabilidade, supondo as demais como constantes. Segundo WOILER e MATHIAS (1996), fazer uma análise de sensibilidade é medir em que magnitude uma alteração prefixada em um ou mais fatores do projeto altera o resultado final. Ou seja, faz-se o teste de projeção para se procurar determinar quais os elementos relevantes (críticos) para a decisão de investimento analisado.

Ainda a respeito da análise de sensibilidade, vale a pena apresentar o resumo do procedimento prático para realizar esse tipo de análise. Assim, deve-se (1) escolher o coeficiente a sensibilizar, por exemplo, a rentabilidade em relação à TIR; (2) escolhido o indicador a ser sensibilizado, determina-se a sua expressão em função dos parâmetros e variáveis escolhidas; (3) prepara-se um programa de computação que permita a obtenção dos resultados a partir da introdução dos valores dos parâmetros da expressão do indicador; (4) dessa forma, podem-se introduzir variações num ou mais parâmetros e verificar de que forma e em que proporções essas variações afetam os resultados finais; (5) como

ponto de referência, devem-se tomar os valores normais determinados no estudo do projeto.

Em uma análise de projeto de investimento, por exemplo, testa-se o que acontece com a TIR se os gastos de investimentos forem 10% mais elevados. Procedendo-se desse modo com os diversos parâmetros do projeto (investimento, custos, vendas etc.), será possível selecionar aqueles mais sensíveis quanto à influência na análise. Tais parâmetros, cujas influências são mais notórias, devem merecer um estudo cuidadoso, merecedor de mais atenção durante o funcionamento futuro da empresa (WOILER e MATHIAS, 1996).

Por fim, a análise de sensibilidade, como instrumento de análise de risco, é limitada por duas razões: (1) na busca da redução do risco deforma o resultado real e (2) as rentabilidades, assim determinadas, não passam de valores com certa probabilidade de que se verifiquem no futuro (BUARQUE, 1991). Portanto, a análise de risco, associada à tomada de decisões, pode ser melhorada com o uso da técnica de simulação, conhecida também como método de Monte Carlo.

Segundo NORONHA (1987), o método de Monte Carlo é o procedimento mais simples, do ponto de vista prático. Vem sendo mais utilizado na avaliação dos projetos agropecuários, à medida que fornece uma idéia das probabilidades de ocorrência de situações adversas, bem como suas conseqüências sobre os resultados do projeto. Exemplos de utilização dessa técnica para a abordagem do risco em atividades agrícolas podem ser encontrados em vários trabalhos, como os de LOPES (1992), BISERRA (1994), PONCIANO et al. (2004) e ESPERANCINI e PAES (2005).

De acordo com BISERRA (1994), o método consiste em construir e simular modelos matemáticos-estatísticos, por meio de recursos estatísticos e computacionais. Nesse sentido, o processo de simulação baseia-se no fato de que a frequência relativa de ocorrência do acontecimento de certo fenômeno ou indicador (lucro, por exemplo) tende a aproximar-se da probabilidade matemática de ocorrência do mesmo fenômeno, quando a experiência é repetida um grande número de vezes e assume valores aleatórios dentro dos limites estabelecidos (Hertz, 1964, citado por PONCIANO et al., 2004).

NORONHA (1987) resumiu o processo de simulação na seguinte seqüência: (1) identifica-se a distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis relevantes do fluxo de caixa do projeto; (2) seleciona-se ao acaso um valor de cada variável, a partir de sua distribuição de probabilidade; (3) calcula-se o valor do indicador de escolha cada vez que for feito o sorteio indicado no item 2; (4) repete-se o processo até que se obtenha uma confirmação adequada da distribuição de freqüência do indicador de escolha. Tal distribuição servirá de base para a tomada de decisão.

WOILER e MATHIAS (1996) detalham algumas considerações sobre o processo de se fazer a simulação de uma alternativa de investimento. Em primeiro lugar, vem a determinação das distribuições de probabilidade que serão associadas a cada variável. A distribuição triangular é comumente utilizada, devido à dificuldade na identificação das distribuições de probabilidade de cada uma das variáveis mais relevantes. Não se deve esquecer de que a distribuição triangular é definida pelo nível médio mais provável ou moda, por um nível mínimo e um nível máximo, o que é importante quando não se dispõe de conhecimento suficiente sobre as variáveis.

Ainda a respeito das considerações sobre o processo de simulação, os autores WOILER e MATHIAS (1996) afirmam que, em segundo lugar, tem-se o problema de como associar um número ao acaso à distribuição de probabilidade de cada variável. Isto é feito facilmente desde que os números sejam gerados segundo uma distribuição uniforme no intervalo fechado entre zero e um (0, 1). Então, o valor da variável é determinado pela função de densidade de probabilidade acumulada.

Um dos métodos básicos para a geração de valores, por meio de distribuições de probabilidade, é o método de Monte Carlo. Cada número aleatório (x) gerado encontra um valor z que será o novo coeficiente técnico. Cada vez que esse processo for repetido, novos coeficientes técnicos são gerados, dando origem a novos valores, que vão compor o fluxo de caixa e, desse modo, gerar uma nova taxa de retorno (LOPES, 1992).

3. METODOLOGIA

Este capítulo trata dos métodos utilizados para a obtenção dos custos de produção, dos indicadores de rentabilidade econômica, dos indicadores para determinar a viabilidade econômica, da análise de risco e dos levantamentos de dados nos dois sistemas em análise da cultura de milho e soja. O primeiro sistema em análise refere-se ao sistema de precisão adotado na empresa agrícola analisada em que se utilizam as práticas de agricultura de precisão. O segundo é o sistema convencional. Neste trabalho, utilizou-se o termo convencional para se referir ao sistema de plantio direto predominante no Mato Grosso do Sul.

É importante assinalar que em ambos os sistemas se utilizam as práticas de plantio direto. A diferença é que, além do uso do plantio direto, o primeiro sistema faz uso das práticas de agricultura de precisão. Esta pesquisa embasou-se em empresa agrícola rural localizada no Mato Grosso do Sul, cuja área total é de 21 mil hectares (ha), dos quais aproximadamente 9 mil ha são cultivados com milho e o restante com soja.

3.1. Custo de produção

A determinação dos custos e dos indicadores de rentabilidade empregados nesta pesquisa tem por base os conceitos utilizados por Martin et al.,

(1998) no desenvolvimento do sistema integrado de custos agropecuários (CUSTAGRI), pesquisa feita em cooperação entre o Instituto de Economia Agrícola (IEA), em parceria com o Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura (CNPTIA-Embrapa). Utilizou-se tal metodologia de custo de produção e análise, uma vez que procura reunir os componentes de custos, agregando-os de tal forma a permitir uma análise detalhada desses custos e de sua rentabilidade.

Cabe destacar que a estrutura de custos considerada no sistema de precisão e convencional foi a seguinte:

- Custo operacional efetivo (COE) é o dispêndio efetivo (desembolso) por hectare realizado pelo produtor para produzir determinada quantidade de um dado produto, tais como, as despesas com insumo consumido, despesas com operações etc. Vale a pena assinalar que os insumos referem-se às sementes, fertilizantes, herbicidas e inseticidas. E as despesas operacionais referem-se às aplicações de herbicida, aplicações de inseticida, adubação de cobertura, semeadura e colheita.
- Custo operacional total (COT) é o COE acrescido das depreciações, das despesas financeiras, Fundersul (fundo rodoviário) e impostos. Os impostos referem-se ao PIS, COFINS, Previdência, entre outros. É importante assinalar que o imposto de renda não foi considerado nesta análise e, sim, apenas os encargos diretos sobre os custos operacionais. Por fim, as despesas financeiras referem-se aos juros de empréstimo para custeio, compra de máquinas etc.

3.2. Indicadores de rentabilidade

Os indicadores de análise de resultados utilizados neste trabalho foram os seguintes:

- Receita bruta (RB) é a receita esperada para determinado rendimento por hectare, para um preço pré-definido ou efetivamente recebido:

$$RB = R \times P_u, \quad (9)$$

em que R é o rendimento da atividade por hectare e Pu é o preço unitário do produto da atividade.

- Margem bruta em relação ao custo operacional efetivo (MBCOE), ou seja, o resultado obtido depois de o produtor arcar com o COE e em relação a esse mesmo custo (em percentagem), considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade:

$$MBCOE = \frac{(RB - COE)}{COE} \times 100, \quad (10)$$

em que RB é a receita bruta e COE é o custo operacional efetivo.

- Margem bruta em relação ao custo operacional total (MBCOT) é definida de forma análoga à MBCOE para o custo operacional total.

$$MBCOT = \frac{(RB - COT)}{COT} \times 100, \quad (11)$$

em que COT é o custo operacional total.

Cabe ressaltar que essa margem indica qual a disponibilidade para cobrir o risco e a capacidade empresarial do proprietário, uma vez que os demais itens de custeio estão sendo considerados no COT.

- Ponto de equilíbrio indica o grau em que um erro nas vendas não gera perdas efetivas à empresa. Assim, é o nível mínimo de produção e venda em que uma empresa pode funcionar “autonomamente”, ou seja, sem perdas (Buarque, 1991):

$$\text{Ponto de equilíbrio (COE)} = \frac{COE}{Pu}, \quad (12)$$

$$\text{Ponto de equilíbrio (COT)} = \frac{COT}{Pu}, \quad (13)$$

- Lucro operacional (LO) constitui a diferença entre a RB e o COT por hectare:

$$LO = RB - COT . \quad (14)$$

Dessa maneira, o LO mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade.

- Índice de lucratividade (IL) mostra a relação entre o LO e a RB, em percentagem. Vale a pena ressaltar que essa é uma medida importante de rentabilidade da atividade agropecuária, uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade após pagamento de todos os custos operacionais, impostos, depreciações, entre outros (MARTIN et al., 1998):

$$IL = \frac{LO}{RB} \times 100 . \quad (15)$$

3.3. Indicadores de viabilidade

De posse dos custos de produção e da renda dos sistemas de precisão e convencional, foram construídos os fluxos de caixa para os dois sistemas produtivos para um horizonte de 10 anos que, uma vez obtidos, possibilitaram o cálculo dos indicadores de viabilidade.

Considerou-se o período de 10 anos para o desenvolvimento do projeto, levando-se em conta que esse espaço de tempo é o da vida útil das máquinas e equipamentos e, conseqüentemente, a depreciação dos bens. Nota-se que, pela legislação tributária, uma empresa qualquer que adquira um bem de capital lança anualmente o valor da depreciação contábil (dada pela vida útil), evitando, no ano de aquisição do bem, que a empresa apresente um grande prejuízo e um lucro superestimado nos anos seguintes. Assim, lançando a depreciação anualmente e não o valor de aquisição num só ano, o valor da sucata das máquinas e equipamentos passa a ser igual a zero. Desta forma, omitiu-se a depreciação do fluxo de caixa desta análise.

Na formulação do fluxo de caixa para o sistema de precisão, foram considerados como despesas de investimento, os gastos com colhedoras autopropelidas equipadas de sensores de produtividade, *software* e GPS e aproximadamente 400 análises de solo adicionais por ano.

Para os propósitos deste trabalho, adotou-se o modelo de fluxo de caixa representado na Tabela 1.

Tabela 1 – Esquema básico do fluxo de caixa usado na pesquisa

Discriminação	Ano do projeto				
	0	1	...	9	10
A – Entradas (benefícios)					
- Produção (RB)	RB ₀	RB ₁	...	RB ₉	RB ₁₀
- Valor residual (VR)					VR
B – Saídas (custos)					
- Investimentos (I)	I ₀				
- Custos operacionais (CO)	CO ₀	CO ₁	...	CO ₉	CO ₁₀
Fluxo líquido (A-B)	FL ₀	FL ₁	...	FL ₉	FL ₁₀

Fonte: Elaboração da autora.

Na pesquisa em questão, os indicadores utilizados para avaliar a viabilidade econômica nos dois sistemas produtivos analisados foram o valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR), que são indicadores de resultado econômico, tendo como vantagem o fato de considerarem o efeito da dimensão tempo dos valores monetários:

- VPL consiste em transferir, para o instante atual, todas as variações de caixa esperadas, descontá-las a determinada taxa de juros, e somá-las algebricamente:

$$VPL = -I + \sum_{i=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}, \quad (16)$$

em que VPL é o valor presente líquido; I é o investimento de capital na data zero; FC_t é o retorno na data t do fluxo de caixa; n é o prazo de análise do projeto; e K é o custo de capital do projeto de investimento.

É importante notar que a rejeição de um projeto por meio do VPL dá-se quando o mesmo é menor do que zero. Portanto, o mesmo projeto se torna menos atrativo quanto maior for o custo do capital (taxa de desconto).

- TIR é a taxa que torna nulo o VPL do fluxo de caixa do investimento. É aquela que torna o valor presente dos lucros futuros equivalentes aos dos gastos realizados com o projeto, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido:

$$0 = -I + \sum_{i=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t}. \quad (17)$$

Vale a pena ressaltar que um projeto será economicamente viável quando o valor da sua TIR for superior ao custo de oportunidade do capital.

3.4. Análise de risco

Quando se considera o risco, não se tem certeza absoluta sobre o valor da variável, sendo este representado por distribuições de probabilidade da sua ocorrência. Vale a pena assinalar que a avaliação do grau de risco dos investimentos tem a intenção de facilitar a tomada de decisão pelos agentes investidores.

Dessa forma, para analisar o risco foi utilizado o método de Monte Carlo, por envolver elementos aleatórios, referentes aos riscos de preço e produtividade. Os resultados foram obtidos com o auxílio do *software @risk* que permite analisar o grau de risco dos investimentos.

Para identificação das variáveis aleatórias com maior impacto sobre os indicadores econômicos, ou seja, as variáveis consideradas como fonte de risco, utilizou-se a análise de sensibilidade. Neste estudo, foram consideradas como aleatórias a produtividade, o preço de venda dos produtos, os preços dos insumos e o preço do dólar. As demais variáveis foram agregadas e permaneceram nas rotinas de cálculo dos indicadores de forma determinista, ou seja, como se fossem conhecidas com certeza.

A partir dessas variáveis aleatórias, identificaram-se suas respectivas distribuições de probabilidade. Neste estudo, utilizou-se a distribuição triangular para as variáveis consideradas aleatórias por ser conveniente quando não se dispõe de conhecimento suficiente sobre as variáveis, ou seja, na ausência de maiores informações sobre as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias. Ela é definida pelo nível médio mais provável, e pelos valores mínimo e máximo assumidos pela variável x .

Visando simular os valores aleatórios, utilizou-se o programa @risk para gerar, ao acaso, um valor para cada variável, a partir das distribuições de probabilidade identificadas anteriormente. Assim, selecionando um valor para cada variável aleatória, conforme etapa anterior, foi possível estimar os indicadores de viabilidade desejados. Nota-se que, para cada conjunto de dados simulados, corresponderam novas estimativas para os indicadores de viabilidade.

Por fim, simulando-se os valores aleatórios e calculando-se os indicadores de viabilidade algumas centenas de vezes, gerou-se igual número de valores para os indicadores de viabilidade, a partir dos quais estimou-se a distribuição cumulativa de probabilidade para cada indicador econômico.

Neste estudo, foram efetuadas 50.000 simulações para cada sistema produtivo. Vale a pena assinalar que o *software* @risk tem capacidade de geração de milhares de interações. Assim sendo, quanto maior o número de simulações, melhor a aproximação dos resultados.

3.5. Fonte de dados

Para a coleta dos dados, considerou-se uma propriedade agrícola tradicional no cultivo do milho e soja, situada em Chapadão do Sul, no Mato Grosso do Sul, selecionada por adotar, há mais de seis anos, a agricultura de precisão nas suas lavouras.

O levantamento dos dados relativos aos custos de produção e produtividade no sistema de precisão deu-se mediante consulta direta ao administrador da empresa agrícola, considerando-se todos os custos envolvidos no sistema de precisão.

O valor do capital investido, quantidade de mão-de-obra e insumo, depreciação de máquinas, entre outras informações necessárias para elaboração das planilhas de custos de produção e análise foram fornecidas pela empresa agrícola.

Utilizando dados da EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE (2005) de estimativa do custo de produção de milho e soja, no sistema convencional, em Chapadão do Sul, MS, para as safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05, realizou-se a análise comparativa dos custos e dos indicadores de rentabilidade e de viabilidade econômica nos dois sistemas produtivos: de precisão e convencional.

Os dados deste trabalho referem-se às safras de 2002/03, 2003/04 e 2004/05 das culturas de milho e soja. No sistema de precisão, a produtividade média esperada utilizada para o cálculo da receita bruta foi fornecida pela empresa agrícola em questão. No sistema convencional, tal produtividade média foi obtida da Embrapa Agropecuária Oeste. O preço de venda utilizado para o cálculo da receita bruta foi a média dos preços mensais recebidos pelos produtores por saca de 60 kg de milho e soja, no período de 2002 a 2005, coletado junto ao banco de dados – preços médios recebidos pelos produtores do IEA e deflacionados pelo IGP-M, com base em maio de 2005, período de coleta de dados junto ao administrador (IEA, 2005).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentam-se em cinco etapas: (1) o resultado da entrevista realizada com o administrador, indicando as características do sistema de precisão na empresa agrícola analisada; (2) os resultados para o custo de produção em unidade de área (R\$/ha), detalhado para os principais itens de agregação de custos (COE e COT); (3) os indicadores de rentabilidade para as culturas de milho e soja; (4) os resultados dos indicadores de viabilidade avaliados também para as duas culturas; (5) os resultados para análise de risco.

4.1. Características do uso da agricultura de precisão na empresa agrícola analisada

Esta pesquisa embasou-se em empresa rural localizada na região de Chapadão do Sul, no Mato Grosso do Sul, cuja área total é de 21 mil hectares (ha), dos quais aproximadamente 9 mil ha são cultivados com milho e o restante com soja. A produtividade média do milho e soja dos últimos três anos foi de aproximadamente 145 sc/ha e 57 sc/ha, respectivamente.

É importante enfatizar que apenas em 8 mil ha adota-se a agricultura de precisão, que se constitui numa base de dados e sua interpretação, ou seja, a partir dos mapas de produtividade e de fertilidade e de suas análises, busca-se

correlacionar causas e efeitos para as áreas de alta ou baixa produtividade. Para tanto, são utilizadas colhedoras autopropelidas equipadas de sensores de produtividade, *software* e GPS. As informações obtidas nos 8 mil ha servem de base para toda a área da propriedade. A interpretação dos mapas de produtividade e de fertilidade permite correlacionar as causas e os efeitos a partir das análises e, então, expandir tal informação para propriedade toda. Importante também enfatizar que os cálculos foram feitos para os 21 mil ha, ou seja, para toda a área da propriedade.

As manchas apontadas nos mapas de produtividade abaixo da média são denominadas “problema” e as manchas com produtividade acima da média denominadas “oportunidade”.

É conveniente destacar que o que se tem feito é uma extrapolação das oportunidades. O milho é a cultura que serve de exemplo concreto de benefício dessas análises, ou seja, de oportunidade, uma vez que o uso da ferramenta tem permitido o aumento consistente ano após ano de produtividade dessa cultura.

Para exemplificar, supõe-se que determinado mapa de produtividade se correlaciona com o mapa de fertilidade no que diz respeito à predominância de alto nível de fósforo nas manchas de alta produtividade. Dessa forma, extrapola-se tal informação, uma vez que se descobriu o porquê de estar produzindo mais naquela área (devido ao alto teor de fósforo) e então, aplica-se mais fósforo nas áreas, buscando expandir essa alta produção nas lavouras. Então, quando a informação é confiável, a experiência será válida para todas as áreas, ou seja, o fósforo passa assim ser aplicado em parte ou mesmo em toda a propriedade.

Em relação à soja, constatou-se que não se pode dizer o mesmo, porque ela não apresentou aumento consistente, como acontecia com o milho, ano após ano de produtividade. Uma explicação possível para tal fato é o erro no diagnóstico ou no tratamento daquela cultura.

Conforme mencionou o administrador da empresa, como ilustração, o mapa de produtividade pode ser comparado a uma tomografia ou a um exame médico. O mapa de produtividade é uma ferramenta valiosa assim como o exame médico. No entanto, depende do diagnóstico e do tratamento adequado ao

problema. Às vezes faz-se o diagnóstico correto, mas não se acerta no tratamento do paciente. É o que acontece com a agricultura de precisão, cujos resultados dependem da competência de quem faz uso da ferramenta. Então, não se pode dizer que tomografia computadorizada, por si só, é eficaz.

No que diz respeito às manchas de baixa produtividade (de problema) é por meio delas, apontadas nos mapas de produtividade, que se podem quantificar os erros operacionais. A falha de plantio pode ser provocada pelo plantio com excesso de umidade, pelo plantio com solo muito seco numa determinada parte da área etc. Logo, o mapa de produtividade é o que permite mostrar o fator da causa do problema. A causa se torna visível, sendo importante ir-se a campo logo após a colheita, ou seja, rapidamente depois de se fazer o mapa de produtividade.

Em alguns casos, não se consegue entender com a simples observação visual, citada acima, o motivo das manchas de baixa produtividade. Nesse sentido, faz-se a análise de solo para desvendar a causa da baixa produtividade em determinada área. Entretanto, não se consegue suspeitar de uma causa lógica para tudo o que acontece, ou seja, a análise ainda, às vezes, não explica a baixa produtividade. Então, espera-se o ano seguinte para observar novamente se o problema ocorrerá ou não. Caso ocorra, procede-se da mesma maneira, na tentativa de identificação do problema. Mas são poucos esses casos. Na maioria das vezes, a observação visual já é suficiente para identificação do problema.

O diagnóstico de áreas de baixa produtividade e tratamento adequado dependerá de cada fazenda, de cada ano, de cada caso, ou seja, não existe uma regra.

O administrador foi bastante incisivo em afirmar que a agricultura de precisão é a ferramenta que tem auxiliado no gerenciamento da empresa. Ressaltou por várias vezes a necessidade do estudo particular de cada caso, ou seja, análise dos problemas particulares de cada empresa agrícola, destacando a facilidade em resolvê-los, quando se tem como ferramenta a agricultura de precisão.

Ele mencionou que, ao observar a lavoura, imaginava que estava mais ou menos uniforme. No entanto, isso não era verdade. Ao ir a campo, o que se

notava era a uniformidade, mas não era o que ocorria ao se observarem os mapas de produtividade e de fertilidade do solo, que apontavam claramente a variabilidade.

Toda variabilidade, segundo ele, é algo animador, uma vez que, ao encontrar variações nas lavouras, é sinal de que é preciso haver algum tipo de interferência. Quando não se encontra mais variabilidade, a ferramenta se esgota, mas enquanto existe variabilidade, aí sim, a ferramenta é eficaz.

Enfatizou que a empresa agrícola administrada tem interesse em continuar investindo na agricultura de precisão, visando a um retorno cada vez melhor. A primeira meta é possuir mapa de produtividade de toda a propriedade para poder ter maior abrangência dos dados coletados. A segunda é adquirir máquinas agrícolas para aplicação localizada dos insumos, que levem a taxas variáveis de insumos. Isso é um plano para o futuro, pois não existe a previsão para investimento imediato. A possibilidade é a da compra de sensores de produtividade (conjunto de sensores, *software* e GPS), colocando-os nas próprias máquinas já em uso. Isso não tinha sido viabilizado, já que o que era feito nos 8 mil ha eram significativos, ou seja, os mapas de produtividade e de fertilidade das zonas de manejo permitiam correlacionar as causas e os efeitos das análises e, assim, expandir a informação para toda a propriedade. No entanto, a intenção era a de objetivar cada vez mais os recursos para uso das novas tecnologias. Nos próximos anos, com a aquisição do conjunto de equipamentos para as máquinas, tornar-se-ia possível expandir, para mais algumas áreas, o uso de máquinas com o conjunto de sensores, *software* e GPS.

Afirmou o entrevistado que todo agricultor que deseja aumentar sua eficiência, precisa ter esse tipo de informação do mapa de produtividade, pois pode obter vantagens no uso da ferramenta, que possibilita informação sobre o que é variável na produção. Trata-se de uma tarefa difícil, especialmente, quando não há clareza quanto à leitura dos mapas, a fim de obter vantagens viabilizadas por eles. Ao se olhar as pesquisas agrônômicas, os resultados de providências tomadas a partir dos mapas de produtividade são inconclusivas para a maioria dos casos, o que não é o caso da propriedade em questão.

4.2. Custo de produção

Visando realizar a análise comparativa entre o sistema de precisão e convencional, foram utilizados os custos de produção do sistema de precisão, obtidos mediante consulta direta ao administrador da empresa rural e dados de estimativa do custo de produção do sistema convencional, em Chapadão do Sul, MS, fornecidos pela Embrapa Agropecuária Oeste. A coleta e sistematização dos custos de produção de três anos safra consecutivos (2002/03, 2003/04 e 2004/05) resultou na possibilidade de visualização detalhada dos itens de despesas nos dois sistemas produtivos.

A seguir, detalham-se os custos operacionais efetivos (COE) das culturas de milho e soja nos sistemas de precisão e convencional. Para realizar a análise das culturas de milho e soja elaborou-se uma média simples do COE para os dois sistemas produtivos nas três últimas safras.

Quanto ao milho, conforme mostra a Tabela 2, tanto o sistema de precisão quanto o sistema convencional apresentam maiores custos com insumos quando comparado aos demais itens (despesas operacionais e outros gastos). Ou seja, o item insumo é o mais oneroso. O item outros gastos refere-se às despesas com mão-de-obra, assistência técnica, entre outros.

Tabela 2 – Custo operacional efetivo da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Safra 2002/03		Safra 2003/04		Safra 2004/05	
	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional
Insumos	789,91	816,99	1.194,99	1.143,24	1.645,17	1.558,25
Desp. operacionais	207,17	250,37	288,33	289,21	221,64	278,39
Outros gastos	297,75	189,20	315,15	261,41	427,62	260,68
COE	1.294,83	1.256,56	1.798,47	1.693,86	2.294,43	2.097,32

Fonte: Dados de pesquisa.

O incremento nos custos com insumos nas três últimas safras nos dois sistemas produtivos pode ser explicado principalmente pelo aumento de doenças nas lavouras de milho, a exigir maior aplicação de fungicidas e fertilizantes. A elevação dos preços de insumos é outra razão que justifica o aumento nos custos com insumos.

No sistema de precisão, o COE médio atingiu R\$ 1.795,91/ha principalmente em função do aumento do uso de insumos, conforme mencionado anteriormente, elevando substancialmente as despesas com esse item. No caso do sistema convencional, o COE médio foi de R\$ 1.682,58/ha.

Pode-se dizer que o sistema de precisão apresenta maior COE que o sistema convencional, devido aos outros gastos gerados pela prática de precisão, como por exemplo, mão-de-obra, assistência técnica, manutenção etc. No sistema de precisão, tais gastos são superiores ao sistema convencional, uma vez que a técnica de agricultura de precisão exige maior qualificação da mão-de-obra, além de elevados gastos com assistência técnica e manutenção dos equipamentos necessários (sensores de produtividade, *software* e GPS).

Em se tratando da soja, demonstrado na Tabela 3, tanto o sistema de precisão quanto o sistema convencional, apresentam custos superiores com os insumos em relação aos demais itens (despesas operacionais e outros gastos).

Tabela 3 – Custo operacional efetivo da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Safr 2002/03		Safr 2003/04		Safr 2004/05	
	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional
Insumos	481,59	486,54	886,86	738,21	1.094,07	1.050,65
Desp. operacionais	207,17	274,64	211,44	282,35	221,64	270,81
Outros gastos	151,76	147,65	292,65	173,06	281,88	216,24
COE	840,52	908,83	1.390,95	1.193,62	1.597,59	1.537,70

Fonte: Dados de pesquisa.

O custo operacional total (COT) foi obtido ao serem agregadas ao COE as despesas com depreciações, despesas financeiras, fundersul e impostos.

A Tabela 4, a seguir, contém o COE juntamente com o COT para a cultura de milho nos dois sistemas produtivos. Nota-se que o COE do sistema de precisão foi 3,05% maior que o COE do sistema convencional na safra 2002/03, tendo esta diferença aumentado para 6,18% na safra 2003/04 e para 9,40% na safra 2004/05. Já o COT do sistema de precisão foi 13,96% mais elevado que o do sistema convencional na safra 2002/03, tendo esta diferença caído para 10,3% na safra 2003/04 e para 6,5% na safra 2004/05. Estes resultados refletem o expressivo incremento nas despesas geradas pela prática de precisão.

Tabela 4 – Custo operacional total da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Safr 2002/03		Safr 2003/04		Safr 2004/05	
	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional
Depreciações	107,59	38,60	120,03	106,91	118,98	119,27
Desp. financeiras	19,00	18,88	5,10	58,50	26,52	99,05
Fundersul	7,20	9,44	9,21	11,76	13,77	13,00
Impostos	111,34	27,83	180,39	44,88	76,56	47,39
COE	1.294,83	1.256,56	1.798,48	1.693,86	2.294,43	2.097,32
COT	1.539,96	1.351,31	2.113,20	1.915,91	2.530,26	2.376,03

Fonte: Dados de pesquisa.

Na Tabela 5 encontra o COE juntamente com o COT para cultura da soja nos sistemas de precisão e convencional. Verificou-se que o COE do sistema de precisão foi 7,52% menor que o COE do sistema convencional na safra 2002/03. Para a safra 2003/04 o COE do sistema de precisão foi 16,53% maior que o COE do sistema convencional, tendo esta diferença caído para 3,89,% na safra 2004/05. Já o COT do sistema de precisão foi 0,11% mais elevado que o do sistema convencional na safra 2002/03, tendo esta diferença aumentado para

22,36% na safra 2003/04. Para a safra 2004/05 o COT do sistema de precisão foi 2,96% menor que o COT do sistema convencional.

Vale assinalar que houve um expressivo incremento nas despesas para os dois sistemas produtivos. Ou seja, o COE e o COT para a cultura de milho e soja tiveram aumento significativo quando comparado às safras anteriores.

Tabela 5 – Custo operacional total da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, em Chapadão do Sul, MS, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Safra 2002/03		Safra 2003/04		Safra 2004/05	
	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional	Sistema precisão	Sistema convencional
Depreciações	53,81	35,55	120,03	75,74	88,20	138,62
Desp. financeiras	19,00	28,10	3,72	38,88	26,52	88,38
Fundersul	7,02	8,21	9,21	9,85	6,96	12,60
Impostos	90,01	28,60	127,26	31,35	58,92	55,08
COE	840,52	908,83	1.390,95	1.193,62	1.597,59	1.537,70
COT	1.010,36	1.009,29	1.651,17	1.349,44	1.778,19	1.832,38

Fonte: Dados de pesquisa.

Visando obter uma análise global das atividades econômicas analisadas elaborou-se uma média simples das despesas para os dois sistemas produtivos nas três últimas safras. No caso do milho, conforme a Tabela 6, no sistema de precisão o COT médio atingiu R\$ 2.061,14, tendo o COE contribuído com 87,13%. O sistema convencional apresentou COT médio de R\$ 1.881,08, mas com distribuição percentual bastante similar ao caso anterior (89,45% com o COE).

Tabela 6 – Média das despesas da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Sistema de precisão		Sistema convencional	
	Valor (R\$/ha)	%	Valor (R\$/ha)	%
COE	1.795,91	87,13	1.682,58	89,45
COT	2.061,14	100,00	1.881,08	100,00

Fonte: Dados de pesquisa.

Como se pode ver na Tabela 7, analogamente, obtiveram-se as mesmas informações para a cultura da soja. Nota-se que ambos os sistemas, de precisão e convencional, apresentaram menores níveis de COE e COT quando comparados à cultura de milho. O sistema de precisão apresentou COT médio de R\$ 1.479,90, sendo que o COE contribuiu com 86,24%. No sistema convencional COT médio abrangeu R\$ 1.397,04, tendo o COE contribuído com 83,26%, em média.

Tabela 7 – Média das despesas da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, em R\$/ha, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Sistema de precisão		Sistema convencional	
	Valor (R\$/ha)	%	Valor (R\$/ha)	%
COE	1.276,35	86,24	1.213,38	83,26
COT	1.479,90	100,00	1.397,04	100,00

Fonte: Dados de pesquisa.

Antes de terminar essa seção é importante ressaltar que, para a cultura da soja, o sistema de precisão apresentou custos ligeiramente maiores por hectare (COE, 5,2%; COT, 5,93%) que o sistema convencional, devido aos gastos gerados pela prática de precisão, como por exemplo, mão-de-obra, assistência técnica, manutenção de equipamentos, entre outros.

O mais importante a ser destacado é o custo por unidade produzida. Os custos por saca de 60 kg para o sistema de precisão são inferiores aos custos por saca para o sistema convencional. Isto pode ser explicado pelas produtividades médias.

Por exemplo, no caso do milho, conforme será visto a seguir, a produtividade média foi de 145,38 sc/ha para o sistema de precisão e de 121,66 sc/ha para o sistema convencional. Enquanto que o COT médio foi de R\$ 2.061,14/ha para o sistema de precisão e de R\$ 1.881,08/ha para o sistema convencional. Ou seja, o custo por saca foi de R\$ 14,18/sc para o sistema de precisão e de R\$ 15,46/sc para o sistema convencional. Dessa forma, pode-se dizer que apesar do COT do sistema de precisão ser maior, o custo por saca foi menor, devido a maior produtividade.

Verificou-se, assim, que a produtividade do sistema de precisão foi 19,5% maior que a do sistema convencional no período analisado, enquanto que o COT do sistema de precisão foi 9,6% maior que o sistema convencional. Portanto, mais que compensa os custos totais (COT) ligeiramente mais elevados em relação ao convencional. Ou seja, o custo por unidade produzida do sistema de precisão foi 8,28% menor do que o do sistema convencional, apresentando uma economia por unidade produzida de R\$ 1,28.

4.3. Indicadores de rentabilidade

Nessa seção foram calculados os indicadores de rentabilidade econômica dos sistemas de precisão e convencional, fornecendo subsídios ao produtor rural quanto à tomada de decisão.

Nas Tabelas 8 e 9 são apresentados os valores de produção, preço de venda e os valores auferidos em cada sistema de produção analisado para a cultura de milho e soja, respectivamente.

Tabela 8 – Produtividade (sc/ha), preço de venda (R\$/sc)* e receita por hectare (R\$/ha) da cultura de milho por tipo de sistema de produção, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Sistema	Safr 2002/03			Safr 2002/04			Safr 2004/05		
	Prod.	Preço	Valor	Prod.	Preço	Valor	Prod.	Preço	Valor
Precisão	113,04	22,89	3.045,28	148,48	22,28	3.308,13	154,63	18,75	2.899,31
Convencional	115,00	22,89	2.632,35	120,00	22,28	2.673,60	130,00	18,75	2.437,50

Fonte: Dados de pesquisa.

* Média dos preços mensais recebidos pelos produtores por saca de 60 kg, no período de 2002 a 2005, coletado junto ao banco de dados do IEA e deflacionados pelo IGP-M.

Tabela 9 – Produtividade (sc/ha), preço de venda (R\$/sc)* e receita por hectare (R\$/ha) da cultura da soja por tipo de sistema de produção, safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Sistema	Safr 2002/03			Safr 2002/04			Safr 2004/05		
	Prod.	Preço	Valor	Prod.	Preço	Valor	Prod.	Preço	Valor
Precisão	58,81	41,63	2.448,26	57,14	43,20	2.468,44	54,56	54,75	2.987,16
Convencional	50,00	41,63	2.081,50	50,00	43,20	2.160,00	60,00	54,75	3.285,00

Fonte: Dados de pesquisa.

* Média dos preços mensais recebidos pelos produtores por saca de 60 kg, no período de 2002 a 2005, coletado junto ao banco de dados do IEA e deflacionados pelo IGP-M.

Percebe-se, pelas tabelas, que a média da produtividade e do valor das duas culturas para as safras analisadas mostraram-se superiores no sistema de precisão, quando comparados ao sistema convencional.

É importante também mencionar que diversos fatores, além do nível tecnológico, interferem na produtividade das culturas de milho e soja, seja ele cultivado sob sistema convencional ou de precisão. O incremento da produtividade depende também de outros fatores internos à produção agrícola, tais como a capacidade gerencial do produtor, a escala de produção, a disponibilidade de recursos, entre outros. Além disso, as condições edafoclimáticas são fundamentais na escolha de áreas aptas ao cultivo dessas atividades, influenciando na produtividade.

As Tabelas 10 e 11 mostram o sumário dos indicadores de rentabilidade dos dois sistemas produtivos para a cultura de milho e soja, respectivamente.

No caso do milho, de acordo com a Tabela 10, observou-se que o sistema de precisão auferiu maior receita bruta, quando comparado ao sistema convencional (R\$ 3.096,59/ha contra R\$ 2.591,35/ha). Nota-se que a receita bruta do sistema de precisão foi maior, uma vez que possui maior estimativa de produção. Caber ressaltar que a produtividade média desse sistema foi obtida com base nos dados fornecidos pelo administrador da empresa agrícola analisada. Já a produtividade média do sistema convencional foi calculada de acordo com os dados da Embrapa Agropecuária Oeste.

A Tabela 10 mostra ainda o sumário das margens brutas e ponto de equilíbrio calculados. No sistema de precisão, a margem bruta em relação ao custo operacional total é de 50,23%, indicando que após pagarem-se os COT's, a empresa agrícola possui uma margem bruta de 50,23%, ou seja, do total de vendas após serem pagos os COT's, restam para a empresa 50,23% da receita bruta (R\$ 1.555,42/ha).

Esse montante poderia ser utilizado para cobrir a remuneração ao capital, a capacidade empresarial do proprietário e outros riscos da atividade. Para o sistema convencional, essa margem é de 37,76%.

Tabela 10 – Indicadores de rentabilidade da cultura de milho, nos sistemas de precisão e convencional, média das safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Item	Unidade	Sistema precisão	Sistema convencional
Receita*	R\$/ha	3.096,59	2.591,35
Margem bruta (MBCOE)	%	72,42	54,01
Margem bruta (MBCOT)	%	50,23	37,76
Ponto de equilíbrio (COE)	sc	84,31	78,99
Ponto de equilíbrio (COT)	sc	96,76	88,31
Lucro operacional	R\$/ha	1.035,45	710,27
Índice de lucratividade	%	33,43	27,41

Fonte: Dados de pesquisa.

* Considerou-se a produtividade média de 145,38 sc/ha para o sistema de precisão e de 121,66 sc/ha para o sistema convencional e o preço médio de 21,30 R\$/sc.

O ponto de equilíbrio em relação ao COE no sistema de precisão foi de 84,31 sacas e no sistema convencional foi de 78,99 sacas. Por exemplo, no sistema convencional, esse resultado significa que são necessárias cerca de 79 sacas de milho para se pagarem os custos operacionais efetivos.

Em outras palavras, no sistema convencional, a produtividade média foi de 121,66 sc/ha, então, verificando-se, pelo ponto de equilíbrio, que os custos operacional efetivo e total foram totalmente cobertos, uma vez que, para remunerar esses custos, seria necessário produzir 78,99 sc/ha e 88,31 sc/ha respectivamente.

O ponto de equilíbrio em relação ao COT no sistema de precisão foi de 96,76 sacas. No sistema convencional, o ponto de equilíbrio (COT) foi de 88,31 sacas. As produtividades médias dos dois sistemas foram 145,38 sc/ha para o sistema de precisão e de 121,66 sc/ha para o sistema convencional. Dessa forma, verificou-se que os pontos de equilíbrio no sistema de precisão são maiores do que no sistema convencional e, conseqüentemente, a produção necessária para

cobrir os custos é superior neste sistema comparado ao convencional. Ou seja, a margem de segurança (noção de risco) para o sistema convencional correspondeu a 27,42%, enquanto, que no sistema de precisão esta margem foi de 33,44%.

O lucro operacional (LO), que corresponde à diferença entre a receita bruta (RB) e o custo operacional total (COT), no caso do sistema de precisão correspondeu a R\$ 1.035,45/ha, e no sistema convencional o valor correspondente foi de R\$ 710,27/ha.

Os índices de lucratividade (IL) foram, respectivamente, 33,43% e 27,41%, nos sistemas de precisão e convencional. Tais valores mostraram que o cultivo de milho foi uma atividade mais rentável e que proporcionou alta lucratividade para os dois sistemas produtivos. É importante lembrar que os dados coletados referiram-se às três últimas safras (2002/03, 2003/04 e 2004/05).

No caso da soja, conforme mostra a Tabela 11, o sistema de precisão auferiu maior receita bruta média, quando comparado com o sistema convencional (R\$ 2.643,73/ha contra R\$ 2.480,91/ha).

Nos dois sistemas produtivos a receita bruta alcançada foi suficiente para cobrir os dois níveis de custos calculados para a cultura. A produtividade obtida também foi suficiente para cobrir tais custos, alcançando ponto de equilíbrio para o COT igual a 31,81 sc/ha no sistema de precisão. Considerando a produtividade média obtida de 56,83 sc/ha para o sistema de precisão, restam em cada hectare produzido cerca de 25 sacas para cobrir despesas como a de remuneração do empresário (auto atribuído) e outros riscos intrínsecos à atividade.

No sistema convencional, a produtividade média foi de 53,33 sc/ha, verificando-se, então, pelo ponto de equilíbrio, que os custos operacional efetivo e total foram totalmente cobertos, uma vez que, para remunerar esses custos, seria necessário produzir 26,08 sc/ha e 30,03 sc/ha, respectivamente.

Os valores positivos obtidos em relação ao lucro operacional e o índice de lucratividade, nos dois sistemas produtivos, apontam que o cultivo da soja foi uma atividade rentável, proporcionando alta lucratividade no curto prazo.

Tabela 11 – Indicadores de rentabilidade da cultura da soja, nos sistemas de precisão e convencional, média das safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05

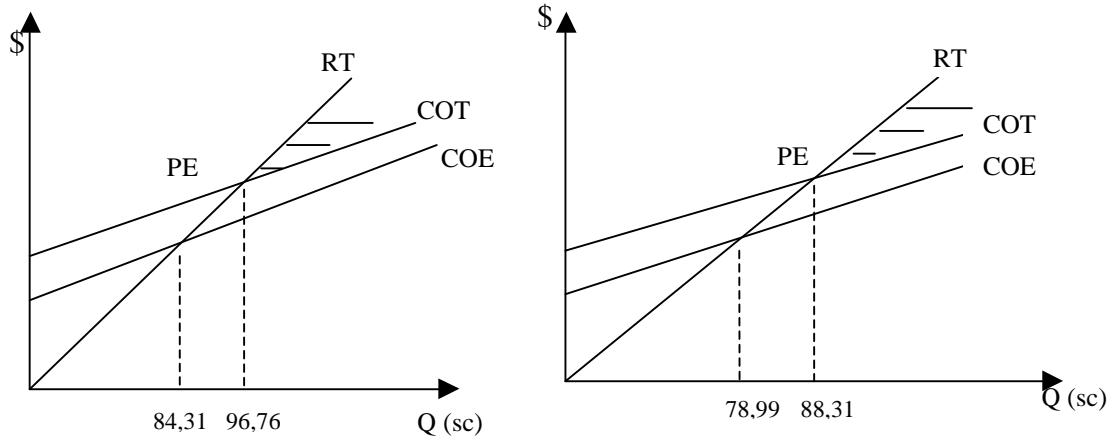
Item	Unidade	Sistema precisão	Sistema convencional
Receita*	R\$/ha	2.643,73	2.480,91
Margem bruta (MBCOE)	%	107,13	104,46
Margem bruta (MBCOT)	%	78,64	77,58
Ponto de equilíbrio (COE)	sc	27,43	26,08
Ponto de equilíbrio (COT)	sc	31,81	30,03
Lucro operacional	R\$/ha	1.163,83	1.083,87
Índice de lucratividade	%	44,02	43,69

Fonte: Dados de pesquisa.

* Considerou-se a produtividade média de 56,83 sc/ha para o sistema de precisão e de 53,33 sc/ha para o sistema convencional e o preço médio de 46,52 R\$/sc.

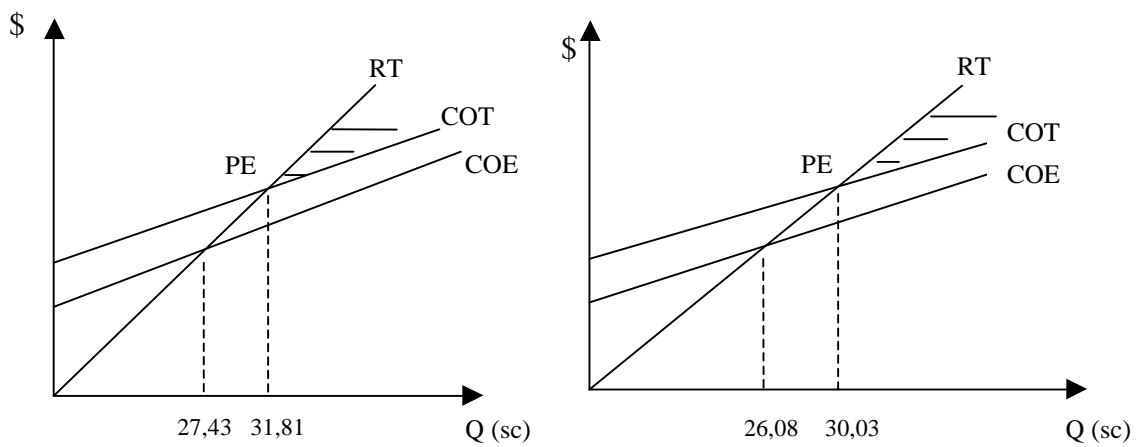
As Figuras 2 e 3 mostram graficamente os indicadores de rentabilidade do milho e soja, respectivamente, nos dois sistemas de produção. O primeiro gráfico ilustra o sistema de precisão e o segundo, o sistema convencional. A área destacada nos gráficos representa o lucro operacional.

Para finalizar essa seção, vale a pena destacar que para as duas culturas analisadas, os indicadores de rentabilidade calculados, tais como receita e margem bruta, lucro operacional e índice de lucratividade apresentaram melhores resultados econômicos no sistema de precisão.



Fonte: Dados de pesquisa.

Figura 2 – Gráficos dos indicadores de rentabilidade da cultura de milho nos sistemas de precisão e convencional.



Fonte: Dados de pesquisa.

Figura 3 – Gráficos dos indicadores de rentabilidade da cultura da soja nos sistemas de precisão e convencional.

4.4. Indicadores de viabilidade

Nessa seção foram realizadas as análises de projetos mutuamente excludentes e a análise do fluxo diferencial, ou seja, o projeto do sistema de precisão, em substituição ao sistema convencional. De acordo com os fluxos de caixa dos dois sistemas produtivos e do fluxo diferencial, o VPL foi estimado para determinada taxa de desconto (8%), determinando-se, também, a TIR para cada sistema analisado.

Considerou-se a taxa de juros de 8% ao ano, obtida com base na aplicação mais segura, a caderneta de poupança. Além disso, esta taxa a ser utilizada para cálculo do VPL e comparação com a TIR é a que mais se aproxima da rentabilidade de uma aplicação alternativa de risco semelhante à atividade analisada. Ou seja, esta taxa é uma boa medida do custo de capital do investidor em agricultura de precisão.

As Tabelas 12 e 13 mostram que a estrutura dos fluxos de caixa para os dois sistemas produtivos foram semelhantes.

No que diz respeito ao investimento, nota-se que o custo da terra foi considerado na fase inicial do projeto (ano 0), uma vez que o produtor interessado na atividade necessita da terra para implantar o empreendimento e, dessa maneira, iniciar a atividade. Esse custo entra como benefício no final do projeto (ano 10), uma vez que a terra não é um bem depreciável, podendo o produtor realizar sua venda, caso queira interromper a atividade.

Além disso, é relevante apontar que as despesas totais de investimentos diferem entre os dois sistemas produtivos. Essa diferença está no *kit* de agricultura de precisão, necessário na implantação do sistema de precisão, nas 400 análises de solo adicionais que deve ser feita a cada três anos e no tipo de maquinário utilizado.

Tabela 12 – Fluxo de caixa das culturas de milho e soja no sistema de precisão, em Chapadão do Sul, MS (valores em R\$ milhões)

Ano do projeto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
– Investimentos											
Maquinário	1,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kit de agricultura de precisão	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terra	223,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	223,11
Mapeamento e análise do solo	0,24	-	-	0,24	-	-	0,24	-	-	0,24	-
A – Total do investimento	225,11	-	-	0,24	-	-	0,24	-	-	0,24	223,11
ENTRADAS (BENEFÍCIOS)											
– Produção											
Milho	-	31,23	31,23	31,23	31,23	31,23	31,23	31,23	31,23	31,23	31,23
Soja	-	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25	24,25
B – Total de entradas	-	55,47	55,47	55,47	55,47	55,47	55,47	55,47	55,47	55,47	55,47
SAÍDAS (CUSTOS)											
– Custo operacional efetivo											
Insumos	-	16,84	16,84	16,84	16,84	16,84	16,84	16,84	16,84	16,84	16,84
Despesas operacionais	-	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67
Outros gastos	-	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23	7,23
Total do COE	-	28,74	28,74	28,74	28,74	28,74	28,74	28,74	28,74	28,74	28,74
– Custo operacional total											
Fundersul	-	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Impostos	-	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Total do COT	-	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
C – Total de saídas	-	30,34	30,34	30,34	30,34	30,34	30,34	30,34	30,34	30,34	30,34
FLUXO LÍQUIDO (-A + B - C)	-225,11	25,13	25,13	24,89	25,13	25,13	24,89	25,13	25,13	24,89	248,24

Fonte: Dados de pesquisa.

* Considerou-se o valor da terra como entrada (benefício) no final do projeto (ano 10).

Tabela 13 – Fluxo de caixa das culturas de milho e soja no sistema convencional, em Chapadão do Sul, MS (valores em R\$ milhões)

Ano do projeto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
– Investimentos											
Maquinário	1,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Terra	223,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	223,11
A – Total do investimento	224,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	223,11
ENTRADAS (BENEFÍCIOS)											
– Produção											
Milho	-	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25
Soja	-	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66
B – Total de entradas	-	52,92	52,92	52,92	52,92	52,92	52,92	52,92	52,92	52,92	52,92
SAÍDAS (CUSTOS)											
– Custo operacional efetivo											
Insumos	-	16,24	16,24	16,24	16,24	16,24	16,24	16,24	16,24	16,24	16,24
Despesas operacionais	-	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76
Outros gastos	-	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94
Total do COE	-	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93
– Custo operacional total											
Fundersul	-	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Impostos	-	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Total do COT	-	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
C – Total de saídas	-	28,29	28,29	28,29	28,29	28,29	28,29	28,29	28,29	28,29	28,29
FLUXO LÍQUIDO (-A + B - C)	-224,19	24,63	24,63	24,63	24,63	24,63	24,63	24,63	24,63	24,63	247,73

Fonte: Dados de pesquisa.

* Considerou-se o valor da terra como entrada (benefício) no final do projeto (ano 10).

O investimento inicial requerido pelo sistema de precisão na empresa agrícola analisada equivale a R\$ 225,11 milhões, ao passo que o sistema convencional requer R\$ 224,10 milhões. Assim, o primeiro sistema requer um investimento adicional de menos de 0,5%, quando comparado ao segundo, no caso analisado. Isso porque, para implantar a tecnologia de precisão, a empresa agrícola realizou modificações parciais, uma vez que já utilizava o sistema convencional.

O horizonte de análise considerado foi de 10 anos. Omitiu-se a depreciação do fluxo de caixa desta análise, porque o valor de sucata das máquinas e equipamentos foi igual a zero, ficando, portanto, excluído o valor residual dos bens duráveis nos fluxos de caixa.

O preço utilizado na determinação dos benefícios teve como base o preço médio recebido pelos produtores por saca de 60 kg, no período de 2002 a 2005, coletado junto ao banco de dados do IEA e deflacionados pelo IGP-M. As receitas foram calculadas multiplicando o preço médio pela produtividade média para os 21 mil ha, ou seja, para toda a área da propriedade.

Na Tabela 14 são apresentados o VPL e a TIR para cada sistema de produção analisado, juntamente com o fluxo diferencial.

Tabela 14 – Valor presente líquido e taxa interna de retorno em cada um dos sistemas produtivos analisados

Sistema	Indicadores de viabilidade	
	VPL (8%) (milhões R\$)	TIR (%)
Precisão	50,47	11,35
Convencional	40,34	10,69
Fluxo diferencial	10,13	47,58

Fonte: Dados de pesquisa.

Os resultados obtidos mostraram que os indicadores de atratividade dos investimentos no sistema de precisão e convencional na região de Chapadão do Sul, MS, são bastante favoráveis. Tanto o VPL foi positivo como a TIR foi superior ao custo de oportunidade do capital (8%), indicando, desta forma, a viabilidade financeira dos dois sistemas produtivos. Em outras palavras, quando a taxa de juros de mercado for de 8% ao ano, os dois sistemas produtivos, aqui analisados, são considerados viáveis economicamente, pois seus VPL's são maiores do que zero. Além disso, se a TIR for comparada com o custo de oportunidade do capital utilizado para o cálculo do VPL, constata-se que os dois sistemas produtivos são viáveis, pois os valores da TIR são superiores ao custo de oportunidade do capital.

O VPL demonstrou maior atratividade dos investimentos, no sistema de precisão, quando comparado com o sistema convencional (R\$ 50,47 milhões contra R\$ 40,34 milhões).

Em relação à TIR, quanto maior o seu valor, maior a atratividade dos investimentos. Conforme mostra a Tabela 14, no sistema de precisão a TIR foi de 11,35%, indicando que o investimento foi economicamente viável, pois seu valor foi superior ao custo de oportunidade do capital. Para o sistema convencional, a TIR foi de 10,69%, ou seja, também se apresentou superior à taxa mínima de atratividade (8%).

Além disso, se a TIR for comparada com o custo de oportunidade do capital utilizado para o cálculo do VPL do fluxo diferencial, constata-se que o sistema de precisão é viável, comparativamente ao sistema de plantio direto, pois o valor da TIR (47,58%) é demasiadamente superior ao custo de oportunidade do capital.

Nota-se que, para o sistema convencional, os indicadores mostraram menor atratividade de investimento, quando comparado ao sistema de precisão, embora com pequena diferença de valores.

É importante assinalar que a empresa em questão ainda não faz a aplicação de taxas variáveis de insumos. Ou seja, a empresa rural não executa o ciclo completo da tecnologia de precisão. Se, a propriedade agrícola utilizasse tal

ferramenta, possibilitando a aplicação localizada de insumos, é possível que os resultados econômicos do sistema de precisão fossem ainda superiores aos observados no sistema convencional, aumentando, assim, a diferença de valores entre os dois sistemas.

Importante também a ser destacado é o fluxo diferencial, uma vez que seu resultado aponta a real diferença entre os dois sistemas produtivos aqui analisados. Ou seja, o fluxo diferencial indica quanto o sistema de precisão aumenta em lucratividade comparativamente ao sistema convencional.

Pelos valores apresentados na Tabela 14, pode-se ver que o VPL do fluxo diferencial foi de R\$ 10,13 milhões, ou seja, a contribuição adicional que a tecnologia de precisão proporcionou à empresa foi de R\$ 10,13 milhões, quando comparado ao sistema convencional. Em outras palavras, a substituição do sistema convencional para o sistema de precisão analisado (10 anos) resultará no ganho adicional de R\$ 10,13 milhões, no horizonte, para empresa.

Os resultados apontam que, se houver disponibilidade de capital para implantar o sistema de precisão, torna-se mais compensador, do ponto de vista econômico, utilizá-lo em função da maior produtividade resultante das técnicas de precisão.

4.5. Análise de risco

4.5.1. Análise de sensibilidade

Pela análise de sensibilidade, as variáveis com maior impacto na TIR foram o preço de venda do produto, a produtividade, os preços dos insumos: fertilizante e semente e o preço do dólar.

A Tabela 15 apresenta os resultados da análise de sensibilidade dos dois sistemas produtivos para cultura de milho, mostrando o efeito, sobre a TIR, advindo de uma variação de 1% em cada variável.

Tabela 15 – Análise de sensibilidade da TIR da cultura de milho em cada sistema produtivo

Variáveis	Condições na variação*	Sistema (variação %)	
		Precisão	Convencional
Preço/produktividade	1%	1,10	1,02
Preço do fertilizante	1%	-0,10	-0,11
Preço da semente	1%	-0,02	-0,03
Preço do dólar	1%	-0,55	-0,51

Fonte: Dados de pesquisa.

* Considerou-se a condição na variação de 1%, uma vez que se refere à elasticidade de ponto, indicando o quanto varia a TIR quando ocorre a variação de 1% em cada variável.

De acordo com a Tabela 15, observou-se que, para os dois sistemas analisados, o preço do produto ou a produtividade foi a variável de maior impacto sobre a TIR. Assim, para uma variação de 1% no preço recebido pelo agricultor ou na produtividade, ocorreria um aumento da TIR de 1,10% para o sistema de precisão e 1,02% para o sistema convencional.

Por outro lado, a TIR caiu de 0,10% e 0,11%, quando o preço do fertilizante variou de 1% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente). Para o preço da semente, uma variação de 1% em seu preço reduziria a TIR de 0,02% e 0,03% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente), resultando numa variação menos que proporcional.

No que se refere à variação no preço do dólar, a redução de 1% no valor dessa moeda faria com que a TIR elevasse 0,55% e 0,51% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente).

Para o sistema de precisão, constatou-se maior sensibilidade da TIR às variações no preço de venda ou na produtividade, quando comparados ao sistema convencional.

Como se pode ver na Tabela 16, analogamente, foram obtidas essas informações para cultura da soja.

Tabela 16 – Análise de sensibilidade da taxa interna de retorno da cultura da soja em cada sistema produtivo

Variáveis	Condições na variação*	Sistema (variação %)	
		Precisão	Convencional
Preço/produktividade	1%	1,12	1,18
Preço do fertilizante	1%	-0,14	-0,15
Preço da semente	1%	-0,04	-0,05
Preço do dólar	1%	-0,56	-0,59

Fonte: Dados da pesquisa.

* Considerou-se a condição na variação de 1%, uma vez que se refere à elasticidade de ponto, indicando o quanto varia a TIR quando ocorre a variação de 1% em cada variável.

Constatou-se que, para os dois sistemas produtivos, a variável com maior impacto sobre TIR foi o preço do produto ou a produtividade. Neste sentido, a variação de 1% tanto do preço desse produto quanto da produtividade, elevaria a TIR de 1,12% e 1,18% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente).

No que se refere à variação no preço do fertilizante, a redução de 1% no preço desse insumo faria com que a TIR elevasse 0,14% e 0,15% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente). Para o preço da semente, uma variação de 1% no preço desse insumo reduziria a TIR de 0,04% e 0,05% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente), resultado menos que proporcional a essa variação.

Para o preço do dólar, uma variação de 1% em seu valor reduziria a TIR de 0,56% e 0,59% (para o sistema de precisão e convencional, respectivamente).

Pode-se dizer que o produtor rural convive, freqüentemente, com a incerteza. Uma das finalidades da avaliação econômica de projeto, portanto, é diminuir o grande risco assumido nas decisões, fornecendo-lhe margem de segurança dos resultados da análise, antes da tomada de uma decisão final. A avaliação econômica baseada nos indicadores e na análise de sensibilidade é necessária, porém, insuficiente para uma decisão segura, cabendo assim, acrescentar a simulação de Monte Carlo para oferecer uma estimativa quantitativa.

4.5.2. Simulação de Monte Carlo

As informações usadas na avaliação de projetos são sempre projeções para o futuro dos valores das variáveis que formam o fluxo de caixa e, portanto, são estimativas sujeitas a erros. A simulação de Monte Carlo possibilita oferecer probabilidades, como a de que o projeto possa reduzir determinados valores. Neste trabalho, foram feitas 50.000 simulações para cada sistema produtivo analisado, buscando uma melhor aproximação dos resultados.

A seleção das variáveis simuladas baseou-se nos resultados da análise de sensibilidade, tais como produtividade, preço de venda do produto, preço dos insumos: fertilizante e semente e preço do dólar.

A Tabela 17 mostra os resultados dos valores mínimos, médios, máximos e o desvio padrão do VPL para os dois sistemas produtivos, juntamente com o fluxo diferencial.

Tabela 17 – Resultados da simulação do VPL, em cada sistema produtivo (milhões R\$)

Sistema	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo	Desvio-padrão	Coefficiente de variação
Precisão	-44,59	50,46	157,36	31,39	0,62
Convencional	-46,38	40,28	141,69	29,39	0,72
Fluxo diferencial	-153,68	10,19	165,47	43,03	4,22

Fonte: Dados de pesquisa.

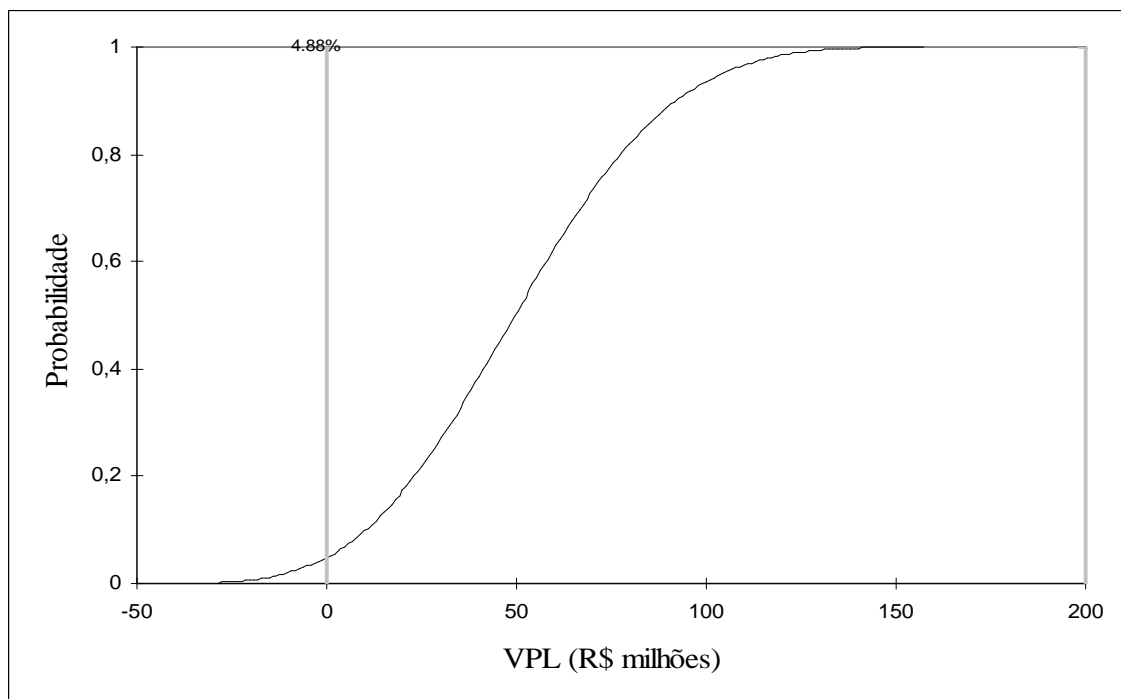
De acordo com a Tabela 17, os riscos de inviabilidade econômica, inerentes à implantação dos sistemas produtivos, aqui analisados, aparecem nas três situações consideradas. No sistema de precisão o valor mínimo do VPL atingiu R\$ -44,59 milhões. O sistema convencional apresentou o valor mínimo de R\$ -46,38 milhões. Considerando que o desvio padrão é uma medida de risco, verificou-se que a maior variabilidade foi apresentada pelo VPL do sistema de precisão, sendo esta alternativa a mais arriscada. No entanto, observando o coeficiente de variação verificou-se que o sistema de precisão permanece como a alternativa mais viável, também quando se considera o risco. Vale lembrar que o coeficiente de variação é uma medida de risco padronizada por unidade de retorno.

Por outro lado, o sistema de precisão apresentou maior atratividade do investimento. Isso porque possui valor médio superior ao sistema convencional (R\$ 50,46 milhões contra R\$ 40,28 milhões).

Merece destaque o fluxo diferencial, ou seja, o fluxo resultante da substituição do sistema convencional pelo sistema de precisão. Os resultados do fluxo diferencial apontam que o sistema de precisão aumenta a lucratividade da empresa agrícola em um valor médio de R\$ 10,19 milhões, comparativamente ao sistema convencional (Tabela 17). Ou seja, se houver disponibilidade de capital para implantar o sistema de precisão, torna-se mais compensador, do ponto de

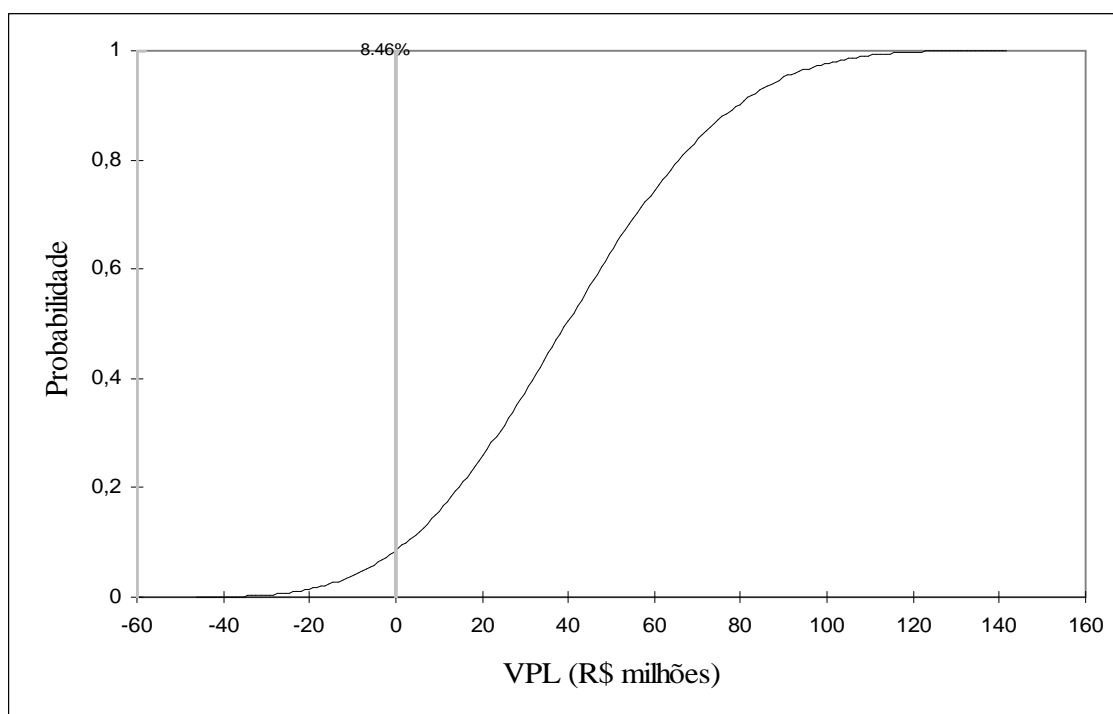
vista econômico, utilizar o sistema de precisão, uma vez que o ganho adicional médio por se adotar esse sistema é de R\$ 10,19 milhões, quando comparado ao sistema convencional.

As Figuras 4 e 5 mostram a distribuição de probabilidade acumulada do VPL obtida mediante simulação de Monte Carlo para o sistema de precisão e convencional, respectivamente.



Fonte: Dados de pesquisa.

Figura 4 – Distribuição de probabilidade acumulada do VPL obtido mediante simulação de Monte Carlo para o sistema de precisão.



Fonte: Dados de pesquisa.

Figura 5 – Distribuição de probabilidade acumulada do VPL obtido mediante simulação de Monte Carlo para o sistema convencional.

Para o sistema de precisão verificou-se uma probabilidade de 4,88% do $VPL < 0$. O sistema convencional apresentou uma probabilidade de 8,46% do $VPL < 0$. Portanto, a probabilidade do produtor obter VPL negativo para o sistema de precisão foi menor, quando comparado ao sistema convencional, indicando que o retorno esperado (valor médio) mais do que compensa o risco (desvio padrão) incorrido na implantação do sistema de precisão. Há, portanto, 95,12% e 91,54% de probabilidade do $VPL > 0$, para o sistema de precisão e convencional, respectivamente, o que demonstra a viabilidade dos dois sistemas produtivos analisados.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho, analisou-se a viabilidade econômica do sistema de precisão e convencional. Para tanto, tomou-se como caso de estudo uma empresa agrícola situada no Estado do Mato Grosso do Sul, onde a agricultura de precisão já vem sendo utilizada há mais de seis anos.

A análise econômica foi realizada em duas etapas: análise dos indicadores de rentabilidade e análise dos indicadores de viabilidade. Na primeira, por meio do cálculo de indicadores de rentabilidade, tais como, receita bruta, margem bruta, ponto de equilíbrio, lucro operacional e índice de lucratividade. Os resultados favoráveis demonstraram que a produção de milho e soja são atividades rentáveis para os dois sistemas produtivos analisados. No sistema de precisão, a lucratividade foi maior do que no sistema convencional, fato que pode ser atribuído à maior produtividade obtida pela tecnologia de precisão. Entretanto, deve-se ressaltar que os custos operacionais totais são inferiores no sistema convencional.

Na segunda etapa da análise econômica, os dois sistemas produtivos analisados, tanto pelo método do valor presente líquido (VPL) quanto pelo da taxa interna de retorno (TIR), são considerados viáveis economicamente para o custo de oportunidade de 8% ao ano.

Em duas etapas realizou-se a análise de risco.: a análise de sensibilidade e a simulação de Monte Carlo.

A análise de sensibilidade revelou que, nos sistemas analisados, o preço ou a produtividade foi a variável cuja mudança tem maiores impactos sobre a TIR. Revelou, ainda, a importância dos preços do fertilizante e da semente no impacto sobre a TIR. Com isso, pela análise econômica, ratificou-se a importância dos investimentos em pesquisa para incentivar a tecnologia de precisão, ferramenta que permite o aumento da produtividade e a otimização do uso dos insumos.

Dos resultados obtidos pela simulação de Monte Carlo, para um investidor propenso ao risco, pode-se concluir que são baixas as probabilidades (4,88% e 8,46%) de obterem valores presentes líquidos negativos para os sistemas de precisão e convencional, respectivamente.

É importante ressaltar que o efeito da inflação não foi considerado neste trabalho, uma vez que os preços de cada insumo e produto foram mantidos constantes ao longo de todo o horizonte desta análise.

Importante aspecto a ser considerado no processo de adoção da agricultura de precisão refere-se ao treinamento e à mão-de-obra. Na implementação dessa tecnologia, algumas considerações são necessárias. Deve ser previsto um custo para o treinamento da mão-de-obra. Difícil mensuração, quando se leva em conta a capacitação de elementos humanos para utilização de tecnologias cada vez mais sofisticadas.

Os resultados apresentados fornecem subsídios ao investidor quanto à tomada de decisão. Pode-se dizer que os resultados indicam que a adoção do sistema de precisão é uma boa alternativa, embora se verifique a necessidade da capitalização do produtor e a disponibilidade de mão-de-obra qualificada, pois os custos são maiores. No entanto, a adoção da tecnologia de precisão pode garantir maior produtividade, o que diminuiria seu custo unitário e, conseqüentemente, tornaria o sistema mais compensador a longo prazo.

Em outras palavras, uma vez disponível o capital, torna-se compensador para o produtor, nas condições econômicas e edafoclimáticas da região, adotar o

sistema de precisão, uma vez que os retornos são maiores, em função da maior produtividade.

Deve-se levar em conta que a rentabilidade não é o único fator considerado nas tomadas de decisão pelos produtores. Acredita-se que nos próximos anos o sistema de precisão será uma necessidade, por dois motivos: a exigência de maior qualidade do produto e uma legislação ambiental mais rígida.

É uma realidade que o setor agrícola brasileiro tem-se deparado com o aumento nos custos dos insumos e a queda nos preços da *commodity* da soja no mercado internacional, devido à valorização da taxa de câmbio. O real valorizado dificulta os avanços em novos mercados e retira a competitividade da produção brasileira nas regiões de fronteira, ocasionando a redução na rentabilidade do produtor.

O sistema de precisão pode ser considerada ferramenta estratégica para atuar na redução dos custos, pois possibilita o aumento da produtividade e, conseqüentemente, evita redução na rentabilidade.

Como qualquer outro empresário, o produtor rural tem por objetivo o lucro. Dessa forma, é fundamental a utilização de novas técnicas para a produção agrícola, dentre elas, a prática da agricultura de precisão, a fim de maximizar a rentabilidade.

Espera-se que esses resultados possam subsidiar, notadamente, produtores rurais, alertando-os para a importância de ferramentas na minimização dos impactos ambientais e no aumento da produtividade, tornando, então mais competitivo o agronegócio brasileiro. Inegável que há muito o que fazer em pesquisas nacionais no campo da agricultura, especialmente, para a implementação da prática da agricultura de precisão. Acredita-se que seja um dos caminhos para resultados positivos no agronegócio brasileiro.

Quando o assunto envolve questões ambientais, a agricultura de precisão é uma ferramenta que visa reduzir o impacto ambiental. A tecnologia permite a aplicação de insumos de forma localizada, evitando que o excesso de fertilizantes gere impacto negativo na qualidade das águas subterrâneas, sem implicar redução

no lucro, quando a falta nas suas aplicações possa restringir a produtividade e a qualidade da cultura.

É indiscutível que o uso de alta tecnologia na produção agrícola brasileira tornar-se-á ferramenta indispensável nos próximos anos para incrementar o gerenciamento e o planejamento das empresas agrícolas brasileiras. À medida que a agricultura de precisão é utilizada, as análises de custos passam a se constituir informação relevante em processos de decisão, facilitando o fornecimento de dados, com a informática na gestão das empresas agrícolas.

Não se pode deixar de ressaltar que a pesquisa em questão foi baseada em um único estudo de caso. Entretanto, é fundamental que sejam realizados outros levantamentos, em outras propriedades agrícolas onde a tecnologia é adotada. Só assim, será possível obter resultados mais efetivos, ainda que não levem a conclusões e a generalizações. O importante é reconhecer que, a cada estudo de caso deve seguir-se uma nova análise, de acordo com as particularidades que lhe são inerentes. Não se pode, portanto, pretender qualquer análise visando a resultados aplicáveis genericamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELONI, M.T. Elementos intervenientes na tomada de decisão. **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 17-22, 2003.

BAÍDYA, T.K.N. et al. **Introdução à microeconomia**. São Paulo: Atlas, 1999. 313 p.

BALASTREIRE, L.A. Potencial do uso da agricultura de precisão no Brasil. In: ENCONTRO PAULISTA DE SOJA, 2, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, 2000. p. 176-217.

BISERRA, J.V. Rentabilidade da irrigação pública no Nordeste, sob condições de risco: o caso do perímetro Morada Nova. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 32, n. 3, p. 289-303, 1994.

BORGES, M.E.N. A informação como recurso gerencial das organizações na sociedade do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 24, n. 2, p. 181-188, 1995.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 226 p.

CAVALCANTI, E.P. Revolução da informação: algumas reflexões. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 1, 1995.

CONTADOR, C.R. **Avaliação social de projetos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1988.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Custo de produção**. Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br>>. Acesso em: 22 jun. 2005.

ESPERANCINI, M.S.T., PAES, A.R. Análise de investimentos da produção de café nos sistemas irrigados e convencional, na região de Botucatu, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 4, 2005.

FERREIRA, M.A.N. **Manual de sistemas de informação gerencial de microfinanças**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002.

FRANÇA, G.E. Análise da variabilidade de atributos do solo e altitude dentro de zonas de manejo. In: BALASTREIRE, L.A. **Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999/2001**. Piracicaba, 2001. p. 82-89.

GONTIJO, A.C.; MAIA, C.S.C. Tomada de decisão, do modelo racional ao comportamental: uma síntese teórica. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 13-30, 2004.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E.M. et al. **Administração da empresa rural**. São Paulo: Pioneira, 1987. 325 p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Banco de dados: preços médios recebidos pelos produtores – 1996-2004**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/ibcoiea.php>>. Acesso em: 29 maio 2005.

LAMBERT, D.; LOWENBERG-DEBOER, J. **Precision agriculture profitability review**. Purdue: Purdue University/Site Specific Management Center School of Agriculture, 2000.

LEFTWICH, R.H. **O sistema de preços e a alocação de recursos**. São Paulo: Pioneira, 1973. 452 p.

LOPES, F.E.P. **Análise econômica de contratos de integração usados no complexo avícola brasileiro**. 1992. 62 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MACHADO, F.B. Limitações e deficiências no uso da informação para tomada de decisões. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 59-63, 2002.

MARTIN, N.B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2001. 83 p.

MOLIN, J.P. Fatores restritivos à adoção da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002.

MORESI, E.A.D. Delineando o valor do sistema de informação de uma organização. **Ciência da Informação**, v. 29, n. 1, p. 14-24, 2000.

NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários**: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. São Paulo: Makron Books, 1994.

PONCIANO, N.J. et al. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte fluminense. **Revista de Economia Rural**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 4, p. 615-635, 2004.

QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C. Agricultura de precisão – situação atual e perspectivas. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002.

ROBERT, P.C. The economical feasibility of precision agriculture. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3, 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier, 2002.

SIQUEIRA, T.V. Será que é possível manter a racionalidade em qualquer tomada de decisão? **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 21, p. 177-208, 2004.

VALE, S.M.L.R. **Avaliação de sistemas de informação para produtores rurais: metodologias e um estudo de caso**. 1995. 139 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VARIAN, H.R. **Microeconomia**: princípios básicos. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

WOILER, S.; MATHIAS, W.F. **Projetos**: planejamento, elaboração, análise. São Paulo: Atlas, 1996.