

LEANDRO MAIA FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO FINANCEIRO E RISCO DE INVESTIMENTO  
DA CULTURA DO MILHO IRRIGADO NO TRIÂNGULO MINEIRO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2001

LEANDRO MAIA FERNANDES

**AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO FINANCEIRO E RISCO DE INVESTIMENTO  
DA CULTURA DO MILHO IRRIGADO NO TRIÂNGULO MINEIRO**

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

APROVADA: 13 de junho de 2001.

---

Carlos Arthur Barbosa da Silva

---

Marília Fernandes Maciel Gomes

---

Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale

---

Heleno do Nascimento Santos  
(Conselheiro)

---

Carlos Antônio Moreira Leite  
(Orientador)

*“Sei que meu trabalho é apenas uma gota no oceano,  
mas também sei que sem essa gota o oceano seria menor”.*

(Madre Teresa de Calcutá)

A Elsira, minha mãe.

A Jurandir, meu pai.

A Gleissy, minha irmã.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, mestre supremo.

Aos meus pais, Jurandir e Elsira, por compartilhar todos os bons e maus momentos enfrentados no decorrer do curso.

À minha querida irmã, Gleissy, pelo computador e pelas palavras de apoio.

À Viçosa, pela acolhida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Economia Rural, pela oportunidade de realização do Programa.

A todos os colegas de curso, pelos momentos passados.

Agradecimento especial aos grandes amigos: José Baptista Fernando do Rosário, Ricardo Francischini, Cynara Magalhães Pinto Godói Quintão, Sílvia Parreira Tannus, Ramão Honório Serpa Marques, Wildson Justiniano Pinto e Guilherme Thomaz, pela convivência diária.

Aos meus amigos de Divinópolis: Alexandre Gomes de Oliveira, Rodrigo Gomes de Oliveira, Marco Paulo Karazza, Juliano César Ferreira, Helder Camargos, Wendel Camargos e Reinaldo Silvestre, pelos momentos de descontração.

Aos grandes amigos Manoel Messias de Souza Júnior, Regis Costa Santos e Alfredo Duarte, pela amizade, irmandade e pelos momentos de sonhos e realizações vividos ao longo de todos esses anos na querida Viçosa.

À Jomara, pelas palavras de incentivo e apoio.

Aos professores Heleno do Nascimento Santos e Everardo Chartuni Mantovani, pelos conselhos e pelas sugestões, fundamentais para a concretização deste trabalho.

Ao professor Carlos Antônio Moreira Leite, pelas sugestões e orientação do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa.

A todos funcionários do DER, pelo apoio direto e indireto, em todos os momentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

LEANDRO MAIA FERNANDES, filho de Jurandir Fernandes e Elsira de Faria Maia Fernandes, nasceu em Belo Horizonte, no dia 26 de fevereiro de 1974.

Em março de 1994, iniciou o curso de graduação em Ciências Econômicas na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em março de 1999.

Em abril de 1999, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em junho de 2001.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Considerações gerais .....	1
1.1.1. A importância da irrigação para a agricultura .....	5
1.2. O problema e sua importância .....	8
1.3. Objetivos .....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1. O emprego da simulação para análise em risco em projetos agrícolas .....	9
2.2. Conceitos de risco e incerteza .....	11
2.3. A função de distribuição de probabilidade .....	14
2.3.1. As distribuições de probabilidades discretas .....	14
2.3.2. As distribuições contínuas .....	16
3. METODOLOGIA .....	22

	Página
3.1. A caracterização dos fluxos de caixa .....	23
3.2. Avaliação financeira .....	26
3.3. Análise de sensibilidade .....	27
3.4. Análise de probabilidades .....	30
3.4.1. Método de simulação .....	30
3.4.2. Identificação das distribuições de probabilidade .....	32
3.4.3. Identificação das variáveis correlacionadas .....	33
3.4.4. Simulação dos valores aleatórios .....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1. Resultados do fluxo de caixa para o projeto da cultura de milho não irrigado .....	36
4.2. Resultados do fluxo de caixa para o projeto da cultura de milho irrigado .....	37
4.3. Avaliação financeira dos projetos .....	38
4.4. Análise de sensibilidade .....	40
4.4.1. Análise de sensibilidade da produção do milho no sequeiro .....	40
4.4.2. Análise de sensibilidade para produção do milho com irrigação.....	42
4.5. Análise de risco .....	43
4.5.1. Análise de risco para o projeto da cultura do milho no sequeiro .....	43
4.5.2. Análise de risco para o projeto da cultura do milho irrigado .....	46
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
APÊNDICE .....	57

## RESUMO

FERNANDES, Leandro Maia, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001.  
**Avaliação do rendimento financeiro e risco de investimento da cultura do milho irrigado no Triângulo Mineiro.** Orientador: Carlos Antônio Moreira Leite.  
Conselheiros: Everardo Chartuni Mantovani e Heleno do Nascimento Santos.

A irrigação é uma atividade que tem contribuído de forma significativa para o aumento da produtividade das principais culturas no Brasil. Em algumas regiões, a sua utilização tem apresentado incrementos superiores a 200% nos níveis de produtividade do milho. Conseqüentemente a irrigação torna-se um fator atenuante dos riscos advindos das oscilações climáticas inerentes à agricultura. Entretanto os altos investimentos requeridos para implantação de um sistema de irrigação do tipo Pivô Central e os altos custos com a sua operacionalização tornam a produção do milho irrigado passível aos riscos financeiros, caso não haja um bom dimensionamento do sistema de irrigação. Assim, neste trabalho objetivou-se analisar os retornos financeiros e os risco de implementação da produção da cultura do milho irrigado no Triângulo Mineiro e compará-los com os resultados da cultura do milho não irrigado na mesma região. Como metodologia, primeiramente, foram formulados os fluxos de caixa dos investimentos na cultura do milho irrigado e não irrigado. Posteriormente, com base nos resultados dos fluxos de caixa, utilizou-se as técnicas de desconto para a análise dos coeficientes de rentabilidade financeira de cada

um dos projetos. Para analisar os riscos financeiros do projeto utilizou-se duas opções. A primeira, mais expedita, consiste na análise de sensibilidade do projeto à variações nos parâmetros e variáveis do fluxo de caixa do projeto de irrigação do tipo Pivô Central. A outra alternativa, consiste na utilização da análise de probabilidade. Por conseguinte, explicou-se o funcionamento do processo de simulação utilizando-se da técnica de Monte Carlo, que é a metodologia básica de análise de risco empregada nesta pesquisa. Em linhas gerais pôde-se concluir, por meio dos coeficientes de análise financeira, VPL, TIR e do período de retorno do capital, que o projeto sem irrigação é inviável financeiramente e que o projeto irrigado apresenta-se amplamente viável para o período em questão. Tal comportamento pode ser explicado pelos diferenciais nos níveis de produtividade existentes entre a cultura irrigada e não irrigada. Na análise de sensibilidade pôde-se concluir que as variáveis preço do milho e o custo do adubo são as variáveis que mais influenciam nos resultados do projeto sem investimento na irrigação. Na análise para o projeto irrigado as variáveis mais passíveis de risco foram: preço do milho, preço do Pivô Central, energia elétrica e adubo, respectivamente. A exemplo do projeto sem irrigação, notou-se que o preço de mercado do milho também é a variável mais sensível no projeto irrigado. Pela análise de risco pôde-se observar que o empreendimento que envolve a produção de milho sem irrigação aparece como sendo o projeto de maior risco financeiro, pois não apresenta probabilidades de sua TIR ser igual ou superior a taxa de desconto do mercado. Por outro lado o projeto irrigado apresentou significativas probabilidades da TIR ser igual ou maior a taxa de desconto de mercado.

## ABSTRACT

FERNANDES, Leandro Maia, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2001.  
**Evaluation of the financial returns and the risk of the investment on the irrigated maize in Triângulo Mineiro**. Adviser: Carlos Antônio Moreira Leite.  
Committee Members: Everardo Chartuni Mantovani and Heleno do Nascimento Santos.

Irrigation is an activity that has significantly contributed to the increase in the productivity of the main cultures in Brazil. In some regions, its utilization has presented increments higher than 200% (two hundred percent) at maize productivity levels. Consequently, irrigation becomes an attenuating factor in the risks originated from the weather oscillations inherent to agriculture. However, the high investments required for the implantation of an irrigation system like Central Pivot and the costs with its operation turn the production of the irrigated maize subject to the financial risks, in case there is not a good measurement of the irrigation system. This way, in this research, the object was to analyze the financial returns and risks of the implementation of the production of the irrigated maize in Triângulo Mineiro and compare them with the results of the non-irrigated maize culture in the same region. As a methodology, firstly, the cash flows of the investments on irrigated and non-irrigated maize were formulated. Afterwards, based on the results of the cash flows, discount techniques were used. The first, more expeditious, consists in the analysis of

the sensibility of the project to the variations of the parameters and variables of the cash flows of the irrigation project like Central Pivot. The other alternative, consists on the utilization of the probability of the analysis. Consequently, the simulation process work was explained, using the Monte Carlo technique, which is the basic methodology to analyze the risk, applied to this research. On a general basis, it was possible to conclude, through the financial analyzing coefficient, LPV, RTI and the period of capital return, that the project without irrigation is not economically viable and that the irrigated project is completely viable for the period in question. Such behavior can be explained by the differences at the productivity levels existing between the irrigated and non-irrigated culture. In the sensibility analysis it was possible to conclude that the variables on the price of the maize and the cost of fertilizer are the variables that most influence on the results of the project without investment on irrigation. In the analysis of the irrigated project the variables which are more subject to risk were: the price of the maize, price of central Pivot, electric energy and fertilizer, respectively. As the irrigation project exemplifies, it was noted that the market price of the maize is also the most sensible variable in the irrigated project. Through the risk analysis it was possible to observe that the enterprise which involves the maize production without irrigation appears as being the biggest financial risk project, because there are not probabilities of its RIT be equal or higher than the market discount rate. On the other hand the irrigated project presented significant probability of its RIT being equal or higher than the market discount rate.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Considerações gerais

#### 1.1.1. A importância da irrigação para a agricultura

A agricultura é a atividade econômica que mais consome água em seu processo produtivo. O uso da água na agricultura representa cerca de 70% de toda a água utilizada de rios, lagos e mananciais, enquanto a indústria consome 23% e os 7% restantes vão para o consumo humano. Estima-se que o volume global de água utilizado anualmente é da ordem de 3000 a 3.500 km<sup>3</sup>, dos quais cerca de 2.500 km<sup>3</sup> são usados na irrigação, 500 km<sup>3</sup> na indústria e 200 km<sup>3</sup> em outros usos, dentre eles o doméstico.

Atualmente, a área irrigada no mundo aproxima-se de 260 milhões de hectares, que correspondem a 17% do total agricultável, sendo responsável por 40% da produção total de alimentos, outro ponto relevante reside no fato de que 60% do total irrigado no mundo ocorre em países em desenvolvimento (SANTOS, 1998).

A média per capita mundial de suprimento de água é cerca de 7.000 m<sup>3</sup>, porém, em regiões como o Oriente Médio e o Norte da África, essa média cai para 1.000 m<sup>3</sup>. O mesmo autor afirma que a população mundial era de 5,3 bilhões em 1993 e o potencial de terras agricultáveis, era de 3,2 bilhões de hectares. Isso equivale a uma média de 0,6 hectare por pessoa.

Jensen (1993), citado pela EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (2000), indicou que essa média cairá

progressivamente para 0,23 hectares no ano 2000 para 0,15 hectares no ano 2050 e 0,14 em 2100, quando se estima que a população mundial se estabilizará. E estima-se que será necessário cerca de 0,5 hectare para alimentar uma pessoa. Isso dá a idéia sobre a gravidade que o problema pode alcançar, principalmente porque a água é um recurso renovável finito, enquanto a população mundial cresce a uma taxa média de 1,7% ao ano. Neste ponto, observa-se que uma das saídas para tal situação reside no aumento da eficiência dos meios de produção e da produtividade na agricultura, e a irrigação situa-se como fator preponderante para que isso aconteça.

No Brasil, a área irrigada se aproxima de 1% do total mundial, e o potencial irrigável representa cerca de 20 vezes o valor atual, mesmo assim existem diversas zonas em que há escassez de água para a irrigação, não só no semi-árido, como em algumas áreas do Centro-Sul, onde as fontes já estão sendo utilizadas na sua totalidade.

Por meio do Quadro 1, pode-se notar que o país possui cerca de 52 milhões de hectares plantados, dos quais aproximadamente 2,8 milhões são irrigados, o que equivale a 5,6% do total de área plantada, correspondendo a 16% da produção agrícola total. O Sul é a região que apresenta a maior área irrigada, seguida pela região Sudeste, com o total de 890.974 hectares irrigados, sendo o estado com maior área irrigada São Paulo, com 455.000 hectares (CHRISTOFIDIS,1999).

Minas Gerais possui a segunda maior área irrigada da região Sudeste, com cerca de 300.000 hectares irrigados, sendo 72.450 hectares irrigados pelo método de aspersão convencional, 104.470 hectares por sistema de irrigação de superfície, 31.000 hectares por sistema localizado e 85.420 hectares por pivô central (CHRISTOFIDIS, 1999).

As tecnologias de irrigação têm exercido importante papel na agricultura nos últimos anos, sendo um dos principais instrumentos para a modernização da agricultura brasileira, o que tem trazido enormes benefícios para o setor.

Quadro 1 - Área irrigada por estado e tipo de irrigação no Brasil, em 1000 ha

Local	1998				
	Localizada	Aspersão convencional	Pivô central	Localizada	Total
Brasil	1.707.831	502.744	550.262	182.307	2.870.204

Sudeste	235.930	238.266	349.830	66.948	890.974
Minas Gerais	104.470	72.450	85.420	31.060	293.400
Espírito Santo	12.180	35.300	12.100	6.194	65.774
Rio de Janeiro	42.440	29.646	210	4.504	76.800
São Paulo	76.840	100.870	252.100	25.190	455.000

---

Fonte: CHRISTOFIDIS (1999).

O incremento de produtividade na ordem de 300% para algumas culturas, a redução do custo unitário de produção, a utilização do solo durante todo o ano com até três culturas por ano, a utilização intensiva de máquinas, implementos e mão-de-obra ao longo de todo o ano, proporcionando oferta de alimentos e outros produtos agrícolas com regularidade durante o ano e preços mais favoráveis para o produtor rural, podem ser considerados reflexos positivos da implementação da irrigação (MENDES, 1998).

Com a irrigação, o Brasil pode incorporar novas áreas no Cerrado e Semi-árido, viabilizando a implementação de agroindústrias, maior qualidade e padronização dos produtos, permitindo a abertura de novos mercados, inclusive no exterior. Pode-se elevar a produção de culturas economicamente importantes, como: tomate, fruticultura para exportação e sementes, aumentando a renda do produtor rural, uma vez que a irrigação vem demonstrando ser um fator de maior garantia de colheita para o produtor pois contribui para significativa redução do risco causado por problemas climáticos desfavoráveis (MENDES, 1998).

A irrigação também contribui para a redução da sazonalidade da oferta de empregos, pois permite o cultivo durante todo o ano e gera empregos diretos e indiretos, fixando o homem no campo e, por consequência evitando o seu êxodo para as metrópoles. A irrigação também força a modernização dos sistemas de produção, o que contribui para diminuir a utilização de formas arcaicas de produção, estimulando a introdução de novas tecnologias, como a quimicação, plantio direto com sementes selecionadas e conservação do solo e da água.

Especificamente para a cultura do milho, a irrigação tem conseguido eliminar, na maioria das vezes, o seu principal problema, que é o baixo nível de produtividade. O milho, no Brasil, apresenta níveis de produtividade muito heterogêneos, e em algumas regiões não passa de duas toneladas por hectare, enquanto que em outras, quando

irrigadas, sua produtividade pode ser superior a 11 toneladas por hectare. Entretanto, a média nacional da produtividade do milho irrigado ainda é muito baixa. O milho, quando irrigado, apresenta rendimento médio de aproximadamente 5 toneladas por hectare.

Quadro 2 - Rendimento médio do milho irrigado por regiões no Brasil

Região	Irrigação (t/ha)
Nordeste	4,0 – 4,2
Sul	4,5 – 5,0
Sudeste	4,2 – 5,0
Centro-Oeste	3,2 – 5,5
<b>Brasil</b>	<b>4,8</b>

Fonte: EMBRAPA (2000).

A região Sul, devido às suas vantagens relativas ao clima e ao solo, apresenta as maiores produtividades para o milho irrigado, variando de 4,5 a 5,0 toneladas por hectare. A região Nordeste tem produtividade abaixo das médias nacionais, com médias de produtividade entre 4,0 e 4,2 toneladas por hectare e a região Sudeste apresenta-se com significativas produtividades, variando de 4,2 a 5,0 toneladas.

Em Minas Gerais, o Triângulo Mineiro é uma das regiões que apresentam os maiores níveis médios de produtividade para a cultura do milho, com rendimento de aproximadamente 4 toneladas por hectare, podendo chegar a 11 toneladas por hectare com a introdução da irrigação. Tais características fazem com que essa região seja responsável por aproximadamente 30% da produção total do estado, caracterizando-se como a principal região produtora de milho de Minas Gerais.

Uma vez que o país tem apresentado crescimento do consumo do milho enquanto que a oferta cresce à taxas menores que o consumo interno, o incentivo à prática da irrigação, com estabelecimento de estratégias de plantio

e perfeito dimensionamento da irrigação em regiões iguais ao Triângulo Mineiro, pode contribuir para o aumento de culturas economicamente mais rentáveis e, conseqüentemente, contribuir para o aumento da eficiência na produção do milho no país.

## **1.2. O problema e sua importância**

A agricultura é uma atividade produtiva que possui algumas peculiaridades que a diferenciam das demais atividades econômicas. Dentro dessas peculiaridades residem os fatores de incerteza que fazem da agricultura uma atividade de risco, e, dentre eles, alguns são menos ou mais previsíveis do que outros. Da mesma forma, existem meios eficientes de proteção contra alguns fatores, enquanto, em face de outros, o produtor fica sendo, em última instância, o tomador exclusivo do risco. Nesse sentido, o entendimento do que é risco e de seus diferentes efeitos sobre a rentabilidade e rendimento da atividade agrícola constitui-se num aspecto de grande importância na tomada de decisões dos produtores.

Desse modo, na administração de uma atividade agrícola se deve-se considerar os principais tipos de riscos. Os riscos mais comuns são: risco institucional, risco financeiro, risco de produção e risco de mercado.

O risco institucional ou político afeta o setor agrícola como um todo, através de mudanças de regulamentos e leis, que provocam a alteração dos custos de produção e das facilidades de comercialização ou da aceitação de determinado produto pelo consumidor. Tal risco pode ocorrer por meio das alterações nas políticas tributária e econômica do país.

O risco financeiro é o tipo mais visível de risco numa economia na qual as normas dificilmente permanecem inalteradas de um ano para outro, e os recursos de financiamentos oriundos de fontes oficiais permanecem escassos. Os efeitos de um risco financeiro podem-se refletir no grau de endividamento com base nas taxas de juros praticadas pelo país.

O risco relacionado com a oscilação da produtividade agrícola é o risco de produção. Os principais fatores responsáveis pelo risco de produção são os problemas

climáticos, as pragas e doenças e a disponibilidade de fatores de produção, que podem alterar o nível de produção dos diversos empreendimentos.

O risco de mercado refere-se à variação da renda do produtor, em consequência das variações nos preços de mercado dos produtos, os quais se modificam com relativa frequência no ano agrícola. Como a produção agrícola não é instantânea, é comum ocorrerem alterações nas expectativas de preços e, conseqüentemente, no retorno financeiro da atividade.

De acordo com estudos feitos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), os produtores de grãos daquele país citaram os riscos de produção e de mercado como os mais importantes no trato da lavoura. Mantidas as proporções, o mesmo raciocínio é válido para a realidade brasileira. Entretanto, no caso brasileiro, os produtores também têm que enfrentar incertezas quanto a fonte de financiamento e mudanças de regras nos contratos agrícolas

Os preços dos produtos do setor agrícola, ao contrário do que acontece com os preços dos produtos de outros setores da economia, sofrem variação acentuada de janeiro a dezembro de cada ano. Nas variações dentro de um mesmo ano, o fator preponderante é definido como estacionalidade, e duas fases são bem definidas: safra e entressafra. As variações estacionais de preços agrícolas têm origem nas condições climáticas e biológicas pelo lado da oferta do produto, ao passo que variações culturais e sociais o têm pelo lado da procura.

As variações originadas pelas condições climáticas passaram a ser amenizadas com o melhoramento técnico dos implementos agrícolas, e um fator fundamental para que isso ocorresse foi o desenvolvimento dos sistemas de irrigação. A irrigação, juntamente com boas práticas de manejo, tem potencial para estabelecer a produção em altos níveis de produtividade. Pode-se, assim, reduzir o risco associado às flutuações de produção, garantindo maior produtividade, diminuindo as oscilações de oferta e atuando, de forma positiva, para uma maior estabilidade dos preços. Nesse contexto, muitas culturas obtiveram grandes benefícios, entre elas o milho, que, dada a sua composição química, apresenta grande incremento de produtividade quando irrigado. O milho, quando não irrigado, tem em média, produtividade de 1.985 kg/há, quando irrigado, apresenta produtividade média de 4.800 kg/ha, o que equivale a um incremento de 177% (MENDES, 1998).

A irrigação do milho, entretanto, introduz altos custos variáveis relacionados à mão-de-obra, à energia, à água e ao financiamento, bem como custos fixos adicionais para equipamentos e construção civil, contribuindo, de forma significativa, para aumento no custo total da produção. Conseqüentemente, a irrigação tem potencial para aumentar o risco financeiro na obtenção de lucros, em razão dos custos dos equipamentos, da manutenção, do mau dimensionamento e do alto custo de manutenção dos equipamentos de irrigação.

Assim, na produção sob irrigação o produtor deve estar sempre atento para realizar um dimensionamento exato do projeto e adotar métodos de irrigação mais adequados para a sua cultura. Além disso, o manejo eficiente do sistema de irrigação, que vai desde o ajuste do sistema de irrigação até a utilização de informações climáticas e previsões de produtividade, nunca deve ser desconsiderado, pois contribui para o aumento da produtividade e otimização do uso de mão-de-obra, energia elétrica, nutrientes e outros insumos, diminuindo, por conseguinte os riscos da atividade. Desse modo, diante dos riscos, o produtor de milho, como qualquer outro empreendedor, preocupa-se com o rendimento de sua produção e busca os investimentos que apresentam os melhores desempenhos tanto em termos de produtividade quanto de rendimentos financeiros. Portanto, é de grande relevância para os agricultores e o governo a verificação do retorno do sistema de irrigação de uma cultura tão importante para o Estado de Minas Gerais e para o país como o milho. Por meio dessa verificação, torna-se possível a elaboração de futuras estratégias de irrigação e plantio, abrangendo questões como: onde, quando e quanto investir em irrigação da cultura do milho no estado. Essas estratégias podem servir de suporte para estudos tanto do lado privado quanto do governamental.

Do lado privado, a avaliação do risco e do retorno financeiro, dada pelo retorno positivo ou negativo dos empreendimentos, permite ao produtor rural selecionar os seus empreendimentos, dimensionar sua produção e suas vendas e diminuir as incertezas e os riscos de sua atividade. Do lado do governo, tal análise contribui para tratamento adequado dos aspectos de desenvolvimento agrícola das áreas irrigadas, adequando-se os créditos de investimento e custeio às especificidades da agricultura irrigada e

incentivando aquelas culturas irrigadas que apresentarem as maiores produtividades e melhores rentabilidades.

Esse tipo de estudo também pode servir de suporte, no sentido de reconverter os sistemas de irrigação de baixa eficiência econômica e transformá-los em métodos mais bem adaptados a culturas mais produtivas e de maiores retornos econômicos, bem como dar subsídios para determinação de seguros agrícolas baseados nos retornos apresentados pelas culturas irrigadas.

### **1.3. Objetivos**

O presente estudo objetivou, em geral, analisar e comparar as estimativas dos indicadores de rentabilidade financeira e o nível de risco de implantação da cultura do milho irrigado com a cultura do milho sem irrigação na região do Triângulo Mineiro.

Especificamente, pretendeu-se o seguinte:

- a) Analisar os indicadores financeiros da produção do milho no sistema de sequeiro.
- b) Analisar os indicadores financeiros do sistema de irrigação do tipo pivô central movido a energia elétrica na produção do milho.
- c) Verificar a sensibilidade das principais variáveis no sistema de produção da cultura do milho em relação ao valor presente líquido.
- d) Verificar as distribuições de frequência da taxa interna de retorno, bem como determinar as curvas de distribuição acumuladas da produção do milho sem irrigação e com irrigação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

## 2.1. O emprego de simulação para análise de risco em projetos agrícolas

A função primordial de um projeto de irrigação é suprir a água necessária às plantas, em quantidade e no momento adequado, de forma a eliminar ou minimizar os efeitos climáticos .

Para BERNARDO (1989), o planejamento e a operação de um projeto de irrigação devem ser baseados nos conhecimentos das inter-relações do sistema água-solo-planta-atmosfera e no manejo racional da irrigação, devendo ainda considerar os seus efeitos sobre os aspectos sociais e financeiros de cada região.

Para Ritchie (1990), citado por GEDANKEN (1998), num empreendimento irrigado a maioria das decisões a serem tomadas pelo produtor apresenta uma série de incertezas de ordem natural e econômica, principalmente com relação às informações relativas ao clima de cada região e aos preços de mercado do produto. Na maioria das vezes, as informações disponíveis para auxiliar o produtor na execução de tais decisões, são provenientes, principalmente, de experimentos acadêmicos voltados para o planejamento e operação de sistemas de irrigação.

Em tais condições, o uso de modelos de simulação tem apresentado um papel relevante, permitindo baixos custos e maior agilidade na elaboração de estudos que têm a finalidade de otimizar o uso da irrigação e melhorar o rendimento das culturas (GEDANKEN, 1998).

JONES e RITCHIE (1990) afirmam que os modelos de simulação que envolvem objetivos relacionados tanto com a parte de fisiologia quanto aspectos econômico-financeiros, são ferramentas importantes no estudo da cultura do milho irrigado. Os mesmos autores relatam que um modelo matemático e estatístico incorporado a um programa computacional de fácil utilização é uma excelente maneira de disponibilizar o conhecimento no sentido de direcionar e facilitar ações multidisciplinares. Com os modelos de simulação pode-se modificar estratégias de irrigação para prever mudanças no rendimento financeiro e em outras variáveis das culturas analisadas.

Utilizando um modelo de simulação, GEDANKEN (1998) determinou, entre outras coisas, o rendimento financeiro da cultura do milho, em três épocas diferentes de plantio, para duas regiões do Estado de Minas, Sete Lagoas e Janaúba. Utilizando a curva acumulativa de probabilidades, observou que, apesar da irrigação ter elevada

participação nos custos de produção do milho, existem probabilidades do retorno financeiro ser positivo para determinada época de plantio. GEDANKEN (1998) também afirma que os resultados encontrados comprovam a importância da utilização de modelos de simulação como ferramenta complementar à experimentação convencional, servindo de base para estudos futuros que envolvam assuntos relacionados ao retorno financeiro da cultura do milho irrigado.

FRANKE e DORFMAN (1998) elaboraram um trabalho, por meio de simulação, com o objetivo de estimar a viabilidade econômica, sob condições de risco, da irrigação por aspersão na cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Os autores concluíram que a irrigação, para as condições do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, é economicamente viável, entretanto fatores como a água e a energia elétrica podem aumentar o risco financeiro, quando apresentarem escassez.

BISERRA (1994) utilizou o modelo de simulação com a metodologia de Monte Carlo para estimar as distribuições acumulativas de probabilidade dos indicadores financeiros do sistema de irrigação do milho na região de Morada Nova no Estado do Ceará. Os resultados do estudo indicaram que a agricultura irrigada na região é altamente rentável, e que o preço médio de mercado aparece como a variável mais sensível do projeto. O mesmo autor, ressalta que a importância da irrigação para a agricultura brasileira nunca pode ser colocada em dúvida. Contudo, afirma que são poucas as pesquisas realizadas que consideram o risco associado às atividades agrícolas irrigadas.

PEREIRA (1999) também utilizou o recurso da simulação para determinar as curvas de probabilidade acumulativas dos indicadores financeiros do sistema de irrigação do projeto Jaíba, no norte de Minas Gerais. O autor utilizou o software @Risk para fazer as simulações, utilizando o método de Monte Carlo com distribuição de probabilidades estratificadas, chamado de Latin Hypercube. Concluiu que o projeto possui pequeno risco financeiro e que a variável preço de mercado das fruticulturas é a variável de maior risco para os rendimentos financeiros do projeto. O autor ressalta a importância de se elaborar estudos com simulação envolvendo análise de risco que possam contribuir para melhoramento da eficiência dos sistemas de irrigação no país.

Outros autores como ALMEIDA (1981), AZEVEDO FILHO (1988), NEVES (1984), NEVES et al. (1990) e CLARK e LOW (1993) também utilizaram a análise de risco por meio de distribuições de probabilidades em seus trabalhos, ressaltando a

necessidade e importância de pesquisas que usam simulação para análise de risco de empreendimentos agrícolas.

## **2.2. Conceitos de risco e incerteza**

Ao planejar um investimento, a empresa rural tem que decidir sobre as várias alternativas econômicas e financeiras, considerando quatro fatores básicos: recursos disponíveis, tempo, rentabilidade e risco. SHAPE (1978) considera que o empresário deve observar a posição da empresa como um todo diante das condições de riscos e incertezas. Tal posição serve para orientar os investidores no sentido de eliminar alternativas arriscadas a partir da fase de estudos preliminares ou de previsibilidade.

A situação de risco pressupõe o conhecimento de um número suficiente de valores observados dos dados, flutuando à volta de um valor médio central, o que possibilita uma estimativa de probabilidade de ocorrência desse valor central entre limites calculados. Essa distribuição probabilística pode ser conhecida por estudos empíricos ou por estudos subjetivos. A situação de incerteza se caracteriza pela inexistência de valores observados em número suficiente ou pela excessiva amplitude das flutuações em torno do valor central, não sendo permitida a estimativa pelo emprego das probabilidades (MOREIRA, 1980). Em resumo, pode-se dizer que a situação de risco é mensurável e a de incerteza não o é. Contudo, ESTÁCIO (1961) afirma que os limites entre as situações de risco e de incerteza são difíceis de definir, uma vez que não se pode deixar de admitir diferentes níveis de aproximação quanto ao conhecimento da distribuição de probabilidades.

Os agricultores têm noções definidas de que alguns empreendimentos envolvem maior risco ou incerteza que outros. A maneira pela qual eles interpretam o grau de risco ou incerteza é difícil de verificar. Contudo, a magnitude da variação na produção ou no preço pode servir de base para a análise. Outra base de verificação seria a própria perda da produção (MOREIRA, 1980). Deste modo, empreendimentos que resultam em freqüentes perdas são vistos como sendo mais arriscados que os que freqüentemente resultam em pequenas perdas. Há a evidência de que o passado constitui o

alicerce sobre o qual os agricultores formam suas expectativas em relação ao futuro (ESTÁCIO, 1961).

SHAPE (1978) define o risco como a distribuição de probabilidades dos futuros retornos do investimento. Risco é a variabilidade do retorno, ou instabilidade dos possíveis retornos de um investimento, sendo que o grau de risco é função do valor econômico e da produtividade da cultura.

Na elaboração de seu estudo, CROCOMO (1979) relata que, quando o conhecimento sobre eventuais resultados apresenta-se como adequado para realizar uma decisão, pode-se dizer que se trata de uma situação de risco e quando não se tem especificações para a tomada de decisões, diz-se que se trata de incerteza.

Não obstante, a situação de absoluta ignorância não é estritamente aplicável como o destacado por PACHECO (1985), sugerindo que existe algum conhecimento prévio das conseqüências, já que admite-se que invariavelmente são formuladas distribuições subjetivas de probabilidade. O ponto importante a ser considerado é que a escolha de alternativas sob condições de risco depende das preferências dos indivíduos. Deste modo, para a realização de análises envolvendo risco são necessários dois tipos de informações:

- a) a probabilidade de ocorrência de cada evento que se está estudando.
- b) a avaliação das conseqüências relacionadas com a ocorrência desse eventos.

Na teoria da decisão, o risco pode estar baseado em expectativas de um tomador de decisões ou em medidas objetivas computadas por dados históricos.

O termo probabilidade subjetiva refere-se à obtenção de medidas de probabilidades a partir da decisão que é inteiramente da responsabilidade de cada indivíduo, a qual é influenciada por fatores psicológicos, representados pelos juízos subjetivos das probabilidades de ocorrência dos eventos (PACHECO, 1985). Não obstante, na sua decisão, os indivíduos podem usar probabilidades objetivas como um input na formação de suas expectativas (YOUNG, 1984). Neste sentido, DILLON et al. (1975) comentam que tais juízos das probabilidades amadurecem à medida em que os conhecimentos dos indivíduos aumentam. Conseqüentemente, existindo um relato mais completo da produção, da estação do ano, como também dos resultados médios obtidos

em experiências multianuais, a combinação desses dados com o próprio juízo do agricultor, torna este último mais habilitado para julgar a probabilidade subjetiva do risco com que se defronta.

Para MOREIRA (1980), os parâmetros de distribuição de probabilidade esperada ou subjetiva podem servir como importantes medidas da incerteza, embora essa não possa ser considerada uma estrutura empírica, mas subjetiva ou imaginária.

Uma medida de incerteza para uma distribuição de probabilidade é a dispersão das expectativas. Num contexto estatístico, a dispersão pode ser representada pela variância, pelo desvio-padrão ou pela frequência dos valores esperados. Se numa situação a variância ou o desvio-padrão de preços for zero, por exemplo, o empresário estará certo sobre sua estimativa de preços. Se a dispersão dos resultados esperados for muito grande, as expectativas serão multivaloradas e o grau de incerteza na mente do empresário será grande.

A simetria da distribuição pode também refletir o grau de incerteza ou as perspectivas de perdas (PACHECO, 1985).

O risco pode ser considerado como uma situação onde os eventuais resultados obedecem a uma distribuição de probabilidade conhecida, e incerteza como uma situação na qual nada se conhece de forma de ocorrência de resultados. Por isso, o conhecimento e estudo dos conceitos de distribuição de probabilidade é de fundamental importância para a análise de risco (MARCHETTI, 1995).

Na avaliação de um empreendimento agrícola, dado os vários tipos de risco existentes, a abordagem probabilística produz, como resultado, uma distribuição de probabilidades das medidas de méritos, quantificando o risco de todo o investimento, produzindo um único valor para as medidas de decisão.

### **2.3. A função de distribuição de probabilidade**

As variáveis econômicas são, por sua própria natureza, aleatórias, pois não se sabe quais serão seus valores senão após observá-las. Desta forma a probabilidade torna-se uma maneira útil de expressar as previsões sobre eventos e resultados econômicos (HILL et al., 1999).

A definição de probabilidade deve fazer uso de todas as informações disponíveis. Como estas variam de caso para caso, foram estabelecidos vários formatos ou perfis de distribuições, os quais se adequam à maximização do uso das informações sobre a variável que está sendo objeto de análise.

A primeira distinção entre as distribuições de probabilidades é aquela que divide as variáveis aleatórias em discretas e contínuas.

### **2.3.1. As distribuições de probabilidades discretas**

Segundo POULIQUEN (1970), a forma mais simplificada de uma distribuição de probabilidade aleatória é a distribuição discreta. A cada valor da variável aleatória é atribuída uma probabilidade de ocorrência. Esta distribuição é útil quando a variável aleatória pode assumir um pequeno número de resultados.

Seja  $X$  uma variável aleatória discreta assumindo valores distintos  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . Então, a função  $f(x) = P(X = x)$  para  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  chama-se função de densidade de probabilidade discreta de  $X$ , em que  $P(X = x_i)$  significa a probabilidade de a variável aleatória discreta assumir o valor de  $x_i$  (GUJARATI, 2000).

Uma das principais distribuições discretas e geradora de várias outras distribuições é a distribuição binomial. Ela é utilizada quando determinado experimento só pode gerar dois possíveis resultados: sucesso, com probabilidade  $p$ , e fracasso com probabilidade  $q = 1 - p$ . O experimento é repetido inúmeras vezes e as probabilidades  $p$  e  $q$  permanecem as mesmas. A variável aleatória  $X$  será o número de sucessos ocorridos nos  $n$  experimentos (PEREIRA, 1999).

A função de probabilidade será  $P(X = k) = \binom{n}{k} p^k \cdot q^{n-k}$ , com média  $n \cdot p$  e variância  $n \cdot p \cdot q$ . A distribuição de probabilidade binomial é útil quando se quer saber situações em que a probabilidade permaneça constante durante a experimentação e só haja dois resultados possíveis.

A distribuição de probabilidade hipergeométrica é outra importante distribuição de probabilidade derivada da distribuição binomial. Ela é aplicável quando um conjunto de  $N$  elementos,  $r$  elementos possuem certa

característica e  $N - r$  não possuírem. Deste conjunto, é retirada uma amostra com  $n$  elementos  $n \leq N$ , sem reposição. A variável aleatória  $X$  será o número de elementos da amostra com a referida característica. Se houvesse reposição, cada elemento da amostra teria a mesma probabilidade de ter a característica e neste caso, ter-se-ia a distribuição binomial (PEREIRA, 1999).

Sua função de probabilidade é dada por:

$$P(X = k) = \frac{\binom{r}{k} \binom{N-r}{n-k}}{\binom{N}{n}}, \text{ com } E(X) = np \text{ e } \sigma^2(X) = npq \frac{N-n}{N-1}$$

em que  $p = r/N$  e  $q = 1-p$ .

### 2.3.2. As distribuições contínuas

As variáveis aleatórias contínuas possuem infinitos valores em um intervalo contínuo. Assim, não é possível atribuir probabilidades a cada valor particular de  $X$ , pois os valores não são numeráveis e a soma das probabilidades de todos os valores deve ser um. Deste modo, a distribuição de probabilidade da distribuição contínua é caracterizada por uma função densidade de probabilidade que deve satisfazer as seguintes pressuposições:

- A)  $f(x) \geq 0$ , para todo  $x$ ,
- B)  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$ ,
- C)  $\int_a^b f(x) dx = P(a \leq x \leq b)$ , para  $a < b$ .

A primeira condição estabelece a não negatividade das probabilidades, a segunda diz que a probabilidade, dada pela área abaixo da curva, é unitária

no intervalo  $-\infty$  a  $+\infty$ , isto é, para todos os valores possíveis de  $x_i$ , a terceira condição estabelece que a probabilidade de um valor de  $X_i$  ficar entre os pontos  $a$  e  $b$  é dada pela área abaixo da curva de função de densidade de probabilidade delimitada pelos pontos  $a$  e  $b$  (MEYER, 1983).

Outra distribuição contínua é a distribuição uniforme, usada quando uma variável aleatória  $x$  assume todos os possíveis valores num intervalo  $(a, b)$ , sendo que a variável possui a mesma probabilidade de cair em quaisquer dos subintervalos de mesmo comprimento (FREEMAN, 1962).

A distribuição é dada por:

$$F(X) = \frac{x-a}{b-a},$$

em que  $a$  e  $b$  são parâmetros, com média é igual a  $\frac{a+b}{2}$  e variâncias  $\frac{(b-a)^2}{12}$ .

A f.d.p. da distribuição uniforme é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \text{ para } a \leq x \leq b$$

$F(x) = 0$  para qualquer outro valor.

Outro formato de distribuição é a distribuição de histograma. Para se chegar a esta distribuição, define-se o valor mínimo e máximo que a variável pode assumir. A probabilidade do valor da variável ficar entre estes dois pontos será 1, ou seja, 100%. A seguir, segundo a experiência do analista ou a disposição dos dados, divide-se este intervalo em dois subintervalos, atribuindo-se a cada um deles uma probabilidade. O resultado final é um conjunto de subintervalos, cada qual com uma probabilidade de ocorrência. Cada valor dentro do intervalo tem a mesma probabilidade. A distribuição de histograma oferece a vantagem de tornar fácil o processo de geração de números aleatórios na fase de simulação (NORONHA, 1987).

Caso o analista não disponha de informações suficientes para derivar uma distribuição de histograma, usa-se a distribuição triangular para as variáveis aleatórias para permitir uma boa flexibilidade quanto ao grau de

assimetria, o que pode permitir uma característica positiva para a estimação subjetiva da distribuição. Esta é definida por três parâmetros: o valor mínimo da variável X (a), o valor mais provável (b) e o valor máximo (c) (DILLON e HARDAKER, 1980; NEVES, 1984; AZEVEDO FILHO, 1988).

Uma vez estabelecido a função de densidade de probabilidade f(x), para cada variável aleatória, deve-se obter sua respectiva função de distribuição, denotada por F(x), que representa a probabilidade da variável assumir um valor igual ou menor que X.

A função densidade de probabilidade da distribuição triangular é dada por:

$$f(x) = \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} \text{ se } a \leq x \leq b$$

$$f(x) = \frac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} \text{ se } b < x \leq c$$

A média da distribuição triangular é  $E(X) = \frac{a+b+c}{3}$  e a variância é dada por:

$$\sigma^2(X) = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18}.$$

Quando há inúmeras variáveis empíricas distribuídas segundo um modelo normal e suas distribuições são simétricas em relação à média, temos a chamada distribuição normal. O Teorema do Limite Central diz que esta distribuição é caracterizada pelo fato de haver uma variável aleatória formada por n variáveis independentes terá uma distribuição normal quando o n for muito grande. A distribuição normal talvez seja a mais conhecida de todas as distribuições de probabilidade teóricas, cujo desenho em forma de sino é familiar a qualquer um que conheça estatística (GUJARATI, 2000).

A função de distribuição normal serve de base para a definição de outras distribuições importantes como a distribuição de Qui-quadrado, a distribuição t de Student e a distribuição F (CARMO, 2000).

Uma variável aleatória contínua X se distribui normalmente se sua função de densidade de probabilidade tiver a seguinte forma:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-1\frac{1}{2\sigma}(x-\mu)\right], -\infty < x < +\infty$$

em que  $x$  são os valores assumidos pela v.a.  $X$ ;  $\sigma$  é o desvio-padrão de  $X$ ;  $\sigma^2$  é a variância de  $X$ ;  $\mu$  é a média de  $X$ ; e  $\pi = 3,1416$ .

A distribuição de probabilidade normal assume as seguintes propriedades: a) é simétrica em torno de seu valor médio; b) aproximadamente 68% da área sob a curva normal se encontra entre os valores de  $\mu \pm \sigma$  e cerca de 95% da área se encontra entre  $\mu \pm 2\sigma$ ; E c) a distribuição normal depende de dois parâmetros,  $\mu$  e  $\sigma^2$ , de modo que, uma vez que estes estejam especificados, pode-se achar a probabilidade de  $X$  se encontrar dentro de um certo intervalo usando a FDP da distribuição normal (GUJARATI, 2000).

Um resultado importante para muitas aplicações de distribuições normais é que, se duas ou mais variáveis são normalmente distribuídas com médias e variâncias iguais, qualquer soma ponderada dessas variáveis também terá distribuição normal (CARMO, 2000).

Quando o objetivo do estudo é testar variâncias de variáveis aleatórias a distribuição de Qui-quadrado é muito utilizada. Se  $X_1, X_2, \dots, X_N$  são variáveis normalmente distribuídas com média zero e variância 1,  $Y = \sum_{i=1}^n X_i^2$  tem uma distribuição de  $\chi^2$  com  $n$  graus de liberdade, ou seja:  $Y \sim \chi_n^2$ .

A distribuição de Qui-quadrado parte da origem dos eixos e tem assimetria positiva, com a cauda da direita tendendo para infinito, sendo que seu formato depende do número de graus de liberdade.

Quando se utilizam amostras não se conhece, em geral, a variância que também é estimada. Nesses casos, é utilizada a distribuição  $t$  que tem formato similar ao da normal. A distribuição  $t$  tende à distribuição normal, à medida que aumenta o número de graus de liberdade (CARMO, 2000).

Dadas duas variáveis aleatórias independentes  $Z$  e  $Y$ ,  $Z \sim N(0,1)$  e  $Y \sim \chi_n^2$ , a variável  $X = \frac{Z}{\sqrt{\frac{Y}{n}}}$  tem uma distribuição  $t$  com  $n$  graus de liberdade. Ou

seja,  $X \sim t_n$  é obtida como resultado do quociente entre uma normal - padrão e

a raiz quadrada de uma Qui-quadrado dividida, por sua vez, pelo número de graus de liberdade.

A distribuição F é utilizada, em geral, quando o objetivo é testar uma hipótese envolvendo dois ou mais parâmetros, como é o caso de modelos de regressão múltipla. Essa distribuição, tal como a de Qui-quadrado, varia de zero a infinito e tem cauda estendida para a direita (CARMO, 2000).

Dadas duas variáveis aleatórias independentes  $Y_1, Y_2$ , que têm distribuições de  $\chi^2$ :  $Y_1 \sim \chi^2_{n_1}$  e  $Y_2 \sim \chi^2_{n_2}$  então o quociente  $F = \frac{\left(\frac{Y_1}{N_1}\right)}{\left(\frac{Y_2}{N_2}\right)}$  tem

distribuição F com  $N_1$  e  $N_2$  graus de liberdade.

Quando uma variável aleatória não assumir valores negativos, produzira uma distribuição assimétrica tendendo para a direita. Neste caso, estas variáveis aleatórias poderão ser modeladas com uma distribuição gamma (MEYER, 1983).

A geração deste tipo de distribuição é bastante complexa, podendo ser aplicada em situações como tempo para completar determinada tarefa, como por exemplo a construção de prédio ou tempo de atendimento de um pedido (LAW e KELTON, 1991).

A média da distribuição gamma é dada por  $E(X) = \alpha\beta$  e a variância por  $\sigma^2(X) = \alpha\beta^2$ . Esta distribuição é utilizada quando se tem a variável aleatória tempo, que não pode assumir valores negativos. A distribuição gamma, dependendo dos valores dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , pode ter uma distribuição semelhante à distribuição normal mas sem a simetria observada na normal (LAW e KELTON, 1991).

A função de densidade de distribuição gamma é dada por:

$$f(x) = \frac{\beta^{-\alpha} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}}{\Gamma(\alpha)} \text{ quando } x \geq 0$$

Existem duas variantes da distribuição gamma. A primeira, já discutida anteriormente, é a Qui-quadrado e a segunda é a distribuição exponencial, quando  $\alpha = 1$ . É utilizada para vida útil de objetos que não se desgastam com o

tempo, isto é, a probabilidade de falha não se altera após o objeto entrar em uso.

A distribuição do tipo exponencial é muito usada quando se necessita analisar tempo entre eventos, como por exemplo em filas e logística, está relacionada com tempo de espera. Também é aplicada sobre vida útil de equipamentos com probabilidade constante de falha (LAW e KELTON, 1991).

A função densidade de probabilidade da distribuição exponencial é dada por

$$f(x) = \frac{e^{-x/b}}{\beta} \text{ para } X \geq 0$$
$$f(x) = 0 \text{ para } X < 0$$

A distribuição exponencial possui média  $E(X) = \beta$  e variância  $\sigma^2(X) = \beta^2$  (PALISADE COMPANY, 1995).

A distribuição Weibull tem como parâmetros  $\alpha > 0$  e  $\beta > 0$ , é aplicada na análise de vida útil de um equipamento e estudos de confiabilidade, também é muito empregada em estudos de qualidade total.

A f.d.p é representada pela seguinte fórmula:

$$f(x) = \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} \exp(-x/\beta)^\alpha$$

O domínio é dado por  $x \geq 0$  e a média é  $\frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$  (PALISADE COMPANY, 1995).

### 3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, os dados foram obtidos das seguintes instituições: Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa), Empresa Mineira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-MG), Abmaq (Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos), empresas especializadas em sistemas de irrigação (Consir) e revistas especializados em agropecuária entre os quais encontram-se a Agrianual e Agroanlisis.

A metodologia utilizada, refere-se primeiramente às técnicas de desconto para o estudo de viabilidade. Os fluxos de caixa dos investimentos na cultura do milho irrigado e não irrigado foram formulados para determinar o valor presente líquido e a taxa interna de retorno tempo de retorno de cada projeto.

Para analisar os riscos financeiros do projeto utilizaram-se dois métodos alternativos. O primeiro, mais expedito, consiste na análise de sensibilidade do projeto à variações nos parâmetros e às variáveis do fluxo de caixa do projeto de irrigação do tipo Pivô Central. A outra alternativa, consiste na utilização da análise de probabilidade.

Por conseguinte, explicou-se o funcionamento do processo de simulação utilizando-se da técnica de Monte Carlo, que é a metodologia básica empregada nesta pesquisa. A utilização de métodos de simulação como este permite testar o grau de probabilidade de sucesso ou fracasso do investimento na cultura do milho no sequeiro ou irrigado.

### **3.1. A caracterização dos fluxos de caixa**

Fluxos de caixa são valores que refletem as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo que formam uma proposta de investimento. Sua formação só é possível se todas as especificações técnicas dos recursos necessários, bem como de produtos a serem produzidos, forem conhecidos. Para NORONHA (1987), é com base nos dados técnicos oferecidos pela engenharia dos projetos que se inicia o processo de formação dos fluxos de caixa.

Segundo o mesmo autor, não existe fórmula única que caracterize todos os tipos de projetos. Existem, sim, algumas normas e princípios que são comuns na análise de projetos, mas sua utilização em casos específicos é uma questão de criatividade, refletindo no final o fluxo de recursos, por unidade de tempo, da unidade administrativa, representada pelo projeto dentro da empresa rural.

Todo projeto apresenta fluxos de entrada e saída de recursos e a diferença entre estes recursos é chamado de fluxo líquido, sobre o qual são aplicadas as técnicas de desconto para o cálculo da rentabilidade dos investimentos.

Para a formulação dos fluxos de entrada, os valores monetários são obtidos das seguintes fontes: venda de produtos do projeto, venda de produtos secundários ou subprodutos, valor residual de todos os bens de capital que ultrapassem o horizonte do projeto, subsídios governamentais e recursos financeiros externos oriundos de financiamento.

Considera-se como subproduto a parte do produto final que é aproveitada para aumentar a receita do empreendimento como: esterco, bagaço da cana ou bezerros recém nascidos. O valor residual representa todos os bens de capital que ultrapassam o horizonte do projeto. Por exemplo, as construções de alvenaria, estoque de rebanhos existentes no final do projeto, terra e outras benfeitorias.

Com relação aos fluxos de saídas, existem dois tipos: despesas de investimentos e despesas operacionais. As despesas de investimentos são todos os gastos com bens de capital, inclusive despesas cujo valor se incorpora aos bens de capital na fase de construção ou implantação do projeto, ou seja, além dos gastos feitos no ato da compra de máquinas, equipamentos, materiais de construção, as despesas

adicionais necessárias na fase de implantação do projeto são incorporadas aos bens sob a forma de investimentos.

As despesas operacionais são aquelas despesas necessárias para o pleno funcionamento do empreendimento, ou seja, são despesas da fase posterior à fase de implantação do projeto. São despesas operacionais: mão-de-obra, assistências técnicas, vacinas, gastos com sementes, energia e combustível.

A caracterização, detalhamento e complexidade dos fluxos de caixa vão depender do tipo e tamanho de projeto a ser realizado; dependem, também, do tipo de análise que se tem em vista e a disponibilidade de informações.

No presente trabalho foram montados dois fluxos de caixa onde foram consideradas entradas, saídas e os fluxos líquidos como sendo a diferença entrada as saídas. No item de entrada, foi considerado apenas o valor da produção, sendo esta dada pela multiplicação entre quantidade produzida pela média mensal do preço do milho pago ao produtor no município de Uberlândia de 1996 a 2000. No item saídas, foram considerados os investimentos iniciais para a implantação do sistema irrigação e custos com manutenção e operação da cultura do milho irrigado. Os itens que compõem as saídas são: investimentos em máquinas, implementos, infra-estrutura e sistema de irrigação, custos operacionais com os sistemas de irrigação, custos operacionais referentes a recuperação e conservação do solo, custo com o preparo do solo e plantio, custo com tratamentos culturais e colheita e custo com insumos como fertilizantes, sementes, e defensivos agrícolas, herbicidas e inseticidas. O fluxo de caixa também é composto por custos de pós-colheita, como custos de transportes, secagem, descargas, armazenagem e pesagem. Outros custos considerados foram custos com administração que referem-se a custos com mão-de-obra administrativa, escritório, contabilidade, viagens e taxas.

Para determinação do custo da hora de Pivô Central de 100 ha, consideram-se os custos fixos e variáveis. Os componentes dos custos fixos são energia demandada e manutenção preventiva, os custos variáveis são energia de consumo e reparos e manutenção.

O orçamento relativo ao item Pivô Central engloba os custos de um sistema de 11 torres acionadoras e o custo de captação e bombeamento,

composto dos seguintes itens: conjunto de moto-bomba, demais materiais elétricos, ligação de pressão, adutora e ligação do pivô.

A vida útil do Pivô Central foi estabelecida considerando uma expectativa de 15 anos, funcionando, em média, quatro meses por ano, durante um período de 21,6 horas por dia, irrigando uma área de 100 hectares. Esses meses referem-se a três meses de funcionamento para irrigar a cultura plantada no período seco e um mês de irrigação suplementar para a cultura plantada no período de chuvas.

Os valores de energia demandada referem-se ao número de quilowatts consumidos para funcionamento do sistema de irrigação. Os valores referentes a tarifa convencional B2 por hectare: com uma lâmina de 150 mm foi de R\$ 70,00 por hectare, a tarifa verde cobrada por hectare com uma lâmina de 150 mm custava R\$ 35,00 e a tarifa convencional A4 custava R\$ 58,00 por hectare.

A quantidade de energia consumida foi 126,11 kw/h, o valor do Kw por hora igual a 0,448 reais, sendo que o custo da energia consumida refere-se ao número de quilowatts consumidos para o funcionamento do sistema multiplicado pelo preço do quilowatt .

A lâmina líquida do Pivô Central utilizada foi considerada igual a 600 (mm), área total de 100 hectares, eficiência de irrigação de 0,75, potência do motor elétrico de 100 cv, e rendimento da bomba de 75% e volume em metros cúbicos 370, 37.

### **3.2. Avaliação financeira**

A avaliação financeira de projetos consiste em utilizar métodos de seleção com a finalidade de colocar a disposição dos administradores rurais e demais profissionais das mais diversas áreas, mais um instrumento de tomada de decisão.

CONTADOR (1981), NORONHA (1987) e BUARQUE (1991), entre outros, relatam que as existem vários métodos de análise de investimentos.

Dentre essas técnicas existem aquelas que consideram a dimensão do tempo sobre os valores monetários. São elas: o valor presente dos fluxos líquidos do projeto (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

No presente estudo utilizam-se os critérios da TIR, o VPL, além do tempo de retorno do capital.

O valor presente líquido de um projeto é definido pela seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=0}^N \frac{L_t}{(1 + \rho)^t}$$

em que  $L_t$  = benefício líquido;  $\rho$  = taxa de juros do mercado; e  $t = 1, 2, 3, \dots n$  anos.

O termo VPL, às vezes, é usado com o intuito de chamar a atenção para o fato de que os fluxos monetários medem as diferenças entre as receitas operacionais líquidas e os investimentos adicionais feitos com o projeto.

Se o projeto for avaliado independente de outras alternativas de investimentos, o critério de decisão consiste em aceitá-lo se o  $VPL > 0$ . Ou seja, deve-se aceitar o projeto pois o seu valor hoje, calculado com base nas taxas de juros do mercado, é maior do que seu valor de investimento inicial (NORONHA, 1987).

A TIR é uma taxa de desconto que faz com que o valor presente dos projetos seja igual a zero.

Ou seja, se

$$TIR = \sum_{t=0}^N \frac{L_t}{(1 + \rho)^t} = 0$$

em que  $N$  = horizonte do projeto;  $t$  = anos; e  $\rho$  = taxa de juros do mercado.

O critério da TIR, consiste em aceitar os projetos que tenham TIR superior à taxa de juros do mercado. Então a uma dada taxa de juros do mercado, o projeto é aceito se apresentar uma TIR igual ou maior que os juros vigentes.

O analista deve se ater, quando optar pelo uso da TIR, ao fato de que podem ocorrer situações em que não haja possibilidade de se calcular a TIR, o que se confirma quando não existe valor negativo no fluxo de caixa, caso em

que, não existirá uma taxa que faça com que o somatório do valor presente dos benefícios líquidos seja igual a zero. Além disso, é possível que se apresente situações em que haja mais de um período do fluxo de caixa com sinal negativo, isto fará com que haja mais de uma TIR.

O período de retorno do capital, o payback period, é o método que considera como elemento de decisão o número de anos necessários para que a empresa recupere o capital inicial investido no projeto. Em outras palavras, o payback é definido como o número de períodos necessários para o projeto empatar os recursos originalmente investidos.

A vantagem deste método é a sua simplicidade de cálculo e sua limitação principal é que, se for utilizada separadamente dos demais métodos, pode levar à classificação e seleção incorreta dos investimentos, pois não considera todas as informações necessárias para seleção do projeto.

### **3.3. Análise de sensibilidade**

Uma vez feita a análise de rentabilidade financeira através da estimativa do valor presente ou da taxa interna de retorno, usando os valores simulados dos fluxos de caixa, torna-se necessário avaliar as principais variáveis envolvidas na produção do milho.

Para que se tenha um levantamento mais seguro da viabilidade do projeto, não é válido basear o processo de escolha somente na TIR ou no VPL, pois os mesmos não consideram o nível de risco do empreendimento. Para que o risco seja considerado numa tomada de decisão normalmente fazem-se duas análises. Uma é a análise de sensibilidade e outra é a análise de probabilidade.

A análise de sensibilidade consiste em definir a rentabilidade do projeto em função de cada uma de suas variáveis, e observar a variação que ocorrerá na rentabilidade para cada alteração nas variáveis (BUARQUE, 1991).

BUARQUE (1991) também afirma que, através da análise de sensibilidade, determina-se em que medida um erro ou modificação de uma das variáveis incide nos resultados finais do projeto. Além disso, tal análise é um instrumento de grande utilidade na administração futura, já que permite

conhecer a importância de cada insumo e de cada variável sobre o desempenho da empresa.

Com a análise de sensibilidade pode-se verificar a variação no valor presente ou na taxa interna de retorno quando se varia um elemento do fluxo de caixa do projeto, ou seja, por meio da análise de sensibilidade é possível deixar variar a estimativa dos parâmetros considerados mais importantes ou mais susceptíveis às incertezas, tais como: o preço de mercado, custo com a mão-de-obra, custo com energia e sistemas de irrigação, para verificar se o projeto tornou-se viável ou inviável.

Para NORONHA (1987), caso a TIR ou o VPL não se modificarem muito, pode-se dizer que o projeto é pouco sensível às variações feitas nos parâmetros das variáveis e caso haja uma grande modificação no valor da TIR ou do VPL, o projeto depende muito do comportamento da variável analisada.

Ao se fazer a análise de sensibilidade, normalmente modifica-se apenas uma variável de cada vez, deixando as demais nos níveis originais. Assim, pressupõe-se que cada variável afeta o resultado do projeto independentemente das demais. Quando há uma correlação positiva entre duas variáveis deve-se examinar o efeito total das duas no valor da taxa de retorno do capital investido (BUARQUE, 1991).

NORONHA (1987) relata que a análise de sensibilidade consiste em determinar o ponto crítico de determinadas variáveis. Isto é, aquele valor da variável dependente que modifica a decisão de aceitar para a de rejeitar o projeto ou vice-versa. Tal modificação ocorre quando certo valor de uma variável X torna o valor presente do projeto igual a zero, considerando a taxa de desconto relevante. Ou quando certo valor da variável torna a TIR exatamente igual ao custo do capital.

Para BUARQUE (1991), a análise de sensibilidade deve ser feita da seguinte forma: a) primeiramente deve-se escolher o coeficiente a sensibilizar, no caso de uma análise do ponto de vista do empresário, é importante a rentabilidade em relação ao capital próprio, medido num ano de funcionamento normal, ou taxa interna de retorno. b) escolhido o indicador a ser sensibilizado, determina-se a sua expressão em função dos parâmetros e variáveis escolhidas. c) prepara-se um programa de computação, sendo que neste estudo utilizou-se o software @RISK, que permite a obtenção dos resultados a

partir da introdução de valores nos parâmetros das variáveis. d) dessa forma, pode-se introduzir variações num ou mais parâmetros e verificar de que forma e em que proporções essas variações afetam os resultados finais. e) como ponto de referência, devem-se tomar os valores normais determinados no estudo do projeto. Deve-se calcular o resultado final escolhido, tomando por base os valores normais do projeto, depois altera-se o valor de um ou mais parâmetros. Deve-se dar preferência aos valores pessimistas em relação à rentabilidade. f) introduzem-se os novos valores na expressão, mantidos constantes os demais parâmetros. g) o novo resultado é então comparado com o seu valor normal.

O @RISK considera as variáveis de estudo como a TIR ou VPL como sendo variáveis “output” e as variáveis aleatórias como “inputs”. Esta sensibilidade é mostrada por dois métodos, análise de regressão ou análise “Rank” de correlação. O resultado é dado a partir de um gráfico no estilo tornado. Neste gráfico, as variáveis localizadas na parte superior exercem maior influência nas variáveis de estudo do que as localizadas na parte inferior. Os índices de sensibilidade se encontram dentro do intervalo  $-1$  e  $1$ . Quanto mais próximo de  $1$  ou  $-1$ , maior a influência da variável “input”<sup>1</sup> sobre a variável “output”<sup>2</sup>. Os sinais (+) e (-) indicam se a relação entre as duas variáveis é direta ou inversa, respectivamente.

Uma grande vantagem de se utilizar a análise de sensibilidade é que ela serve para alertar o empreendedor sobre a necessidade de estudar mais detalhadamente determinadas variáveis. Mas o empreendedor deve estar atento ao fato de que a análise de sensibilidade não é suficientemente poderosa para detectar falhas na estimativa dos valores iniciais das variáveis. Assim, quando o projeto é muito sensível à variação em certas variáveis, o empreendedor deve rever as estimativas destas variáveis como primeira providência.

Outra vantagem da análise de sensibilidade reside no fato de alertar os analistas de projetos para o caráter marginal de alguns projetos, pois a verificação de pequenas variações em algumas das variáveis-chave do projeto

---

<sup>1</sup> Variável “input” é a variável submetida à análise de risco e definida por uma distribuição de probabilidade.

<sup>2</sup> Variável “output” é definida como resultado do modelo de simulação, podendo ser a TIR ou VPL.

podem tornar o projeto inviável; assim pode-se concluir que se trata de um projeto marginal, ou seja, a taxa interna de retorno ou o valor presente podem estar muito próximo do valor mínimo aceitável.

Mesmo com tantas aplicações a análise de sensibilidade possui algumas limitações. Uma delas é que apenas uma variável é considerada de cada vez, o que a torna uma análise parcial.

Outro aspecto limitante é a pura e simples indicação de que o projeto é ou não sensível a certas variáveis. Isto faz com que a análise de sensibilidade não seja empregada sozinha numa análise de risco de projetos de investimentos. Para isso é importante que se tenha uma idéia das probabilidades de ocorrência de situações adversas, bem como suas conseqüências sobre os resultados do empreendimento. Portanto, para que um projeto sob condições de risco seja examinado de maneira completa levando-se em conta as possibilidades de sucesso ou fracasso, deve-se utilizar métodos que consideram conceitos e princípios de probabilidades.

### **3.4. Análise de probabilidades**

#### **3.4.1. Método de simulação**

A simulação é uma técnica que pode ser amplamente empregada tanto por economistas e administradores, como por analistas de sistemas, engenheiros e projetistas. O método de simulação é empregado com grande sucesso como elemento auxiliar na tomada de decisões, principalmente no planejamento de situações que envolvam custos e riscos elevados, pois são muito eficazes e versáteis no estudo dos mais diferentes problemas econômicos e organizacionais, além de permitirem o exame de detalhes específicos com grande precisão.

Entre os métodos de simulação que utilizam probabilidade na análise de riscos, o método de Monte Carlo é o mais prático e um dos mais usados. Segundo NORONHA (1987), esse método foi proposto originalmente por Hertz e, posteriormente, ampliado pelos técnicos do Banco Mundial para analisar e verificar seus projetos.

Este método é baseado no fato de que a frequência relativa de ocorrência de um certo fenômeno aproxima-se da probabilidade matemática do mesmo, quando a experiência é repetida várias vezes.

A seqüência dos cálculos proposta no método de simulação de Monte Carlo consta de quatro etapas que são:

- a) Identificar a distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis relevantes do fluxo de caixa do projeto.
- b) Simulação de valores aleatórios - esta etapa consiste em utilizar o computador para gerar, ao acaso, um valor para cada variável, a partir das distribuições de probabilidade anteriormente identificadas.
- c) Calcular o valor das variáveis de estudo, no caso o VPL, cada vez que for feito a seleção ao acaso como indicado no item b.
- d) Simulação dos valores - repetindo-se as etapas “b” e “c” algumas centenas de vezes, gera-se igual número de valores para os indicadores de rentabilidade, a partir dos quais estima-se a distribuição acumulativa de probabilidade para cada indicador econômico.

O método de Monte Carlo é inteiramente aleatório, ou seja, qualquer amostra dada pode cair em qualquer lugar dentro do intervalo da distribuição dada. Normalmente as amostras são mais prováveis de serem retiradas nas áreas da distribuição em que há maiores probabilidade de ocorrência

Cada valor encontrado no processo de simulação tem uma probabilidade  $p = 1/n$  de ocorrer, onde  $n$ , é o tamanho da amostra. A probabilidade do resultado desta simulação ficar em determinado intervalo será o número de observações deste dividido pelo tamanho da amostra (PEREIRA, 1999).

Quando as variáveis submetidas à análise de risco são contínuas, a simulação é mais complexa, pois não se pode atribuir probabilidade de ocorrência a valores articulares desta variável. Isto ocorre porque a variável pode assumir infinitos valores e a soma das probabilidades de ocorrência de todos os valores deve ser igual a um (MEYER, 1983).

Neste tipo de situação a solução é encontrada quando se traça uma curva da função de probabilidade acumulativa  $F(Y)$ . Após definir essa função em um intervalo de 0 a 1 pode-se gerar números aleatórios  $x$ , uniformemente distribuídos e fazer  $F(Y) = x$ . Assim, pode-se verificar que existe para cada número aleatório, uma contrapartida na escala vertical. Desse ponto segue-se horizontalmente à direita até alcançar a curva

acumulativa. Descendo no eixo horizontal é possível achar o valor de  $y$ . Cada número aleatório  $x$  determina univocamente um valor de  $y$ , e este valor de  $y$  será um novo valor do coeficiente técnico, que é representado por um elemento do fluxo de caixa.

### **3.4.2. Identificação das distribuições de probabilidade**

A análise de risco é impraticável sem que se tenha uma identificação completa das distribuições de probabilidade de cada variável, considerada de risco, envolvida no projeto. Entretanto a identificação da distribuição de probabilidade de todas as variáveis de um dado projeto, mesmo sendo ele o mais simples, é geralmente complexa pois envolve um número relativamente grande de preços e quantidades. Deste modo, a identificação das variáveis aleatórias e suas respectivas distribuições de probabilidade torna-se tarefa difícil.

Para superar essa dificuldade, POULIQUEN (1970) sugere que se faça um estudo de um elevado número de variáveis independentes e se faça a utilização de sensibilidade. Com isso pode-se identificar aquelas variáveis que mais afetam, individualmente, o resultado do projeto.

Para Sawides (1994), citado por PEREIRA (1999), uma vez feito o isolamento das variáveis de risco do projeto, o próximo passo é a derivação da distribuição de probabilidades para cada uma destas variáveis. A distribuição de probabilidades pode ser definida como a relação de todos os possíveis valores que determinada variável pode assumir, com uma indicação da probabilidade de ocorrência de cada um destes valores .

A distribuição de probabilidade é caracterizada por parâmetros de medida e dispersão. Os parâmetros de medida central informam onde é o centro da amostra analisada. Os mais usados são a média aritmética, a moda e a mediana. Os parâmetros de dispersão mostram o quanto as observações variam em torno da medida de tendência central. São usados a variância, o desvio-padrão e o coeficiente de variação, que é uma medida de dispersão relativa dada pela divisão do desvio-padrão pela média aritmética.

POULIQUEN (1970) afirma que definir a distribuição de probabilidade de uma variável não significa encontrar a verdadeira distribuição de probabilidade. Entretanto, quanto maiores e melhores as informações sobre as ocorrências da variável, maior será a possibilidade de se conseguir uma distribuição de probabilidade que reflita o comportamento desta variável.

Neste trabalho foram consideradas como variáveis "output" ou variáveis de estudo os VPL e a TIR dos fluxos de caixa dos dois sistemas de produção. As variáveis "input" foram: preço do milho, investimento de implantação do Pivô Central, custo com energia elétrica, custo com mão-de-obra, sementes, adubo, uréia, herbicidas, custo com colheita e transporte interno.

Pelo fato da pouca disponibilidade de dados históricos suficientes, usou-se a distribuição de probabilidade triangular para as variáveis aleatórias, afim de permitir uma boa flexibilidade quanto ao grau de assimetria, o que permitiu uma caracterização positiva para a estimação da distribuição. Deste modo definiu-se para cada variável três parâmetros: o valor mínimo, o valor mais provável e o valor máximo<sup>3</sup>.

### **3.4.3. A identificação das variáveis correlacionadas**

Feita a escolha das distribuições de probabilidade para as variáveis consideradas de risco do projeto, torna-se interessante analisar o grau de relacionamento entre as variáveis envolvidas no estudo, tal análise é ser feito pela análise de correlação.

Identificar o grau de correlação é importante pelo fato das variáveis correlacionadas variarem juntas, de uma maneira sistemática, distorcendo as conclusões da distribuição de probabilidade das variáveis estudadas invalidando os resultados do projeto (POULIQUEN, 1970).

O problema da correlação é, em alguns casos, extremamente difícil ser verificado na análise de risco, pelo fato da correlação ficar escondida, principalmente quando duas variáveis de risco não são correlacionadas entre si, mais com uma terceira variável que não esta discriminada no projeto.

Para Sawides (1994), citado por PEREIRA (1999), uma das soluções apresentadas para lidar com o problema da correlação entre variáveis é limitar a desagregação. Como exemplo, suponha que duas variáveis de risco sejam preço de venda e quantidade de venda e que haja forte correlação entre elas.

Para solucionar o problema, cria-se uma terceira variável, resultado de vendas, igual a preço multiplicado por quantidades de vendas. Isto pode resolver a correlação, mais cria outros problemas relacionados com a distribuição de probabilidade da variável agregada.

<sup>3</sup> Os parâmetros das distribuições de probabilidade de cada variável encontram-se discriminados no Quadro 3A do Apêndice.

Outra saída para o problema da correlação é a utilização dos coeficientes de correlação, que pode ser feita com a utilização de programas de computadores, tornando-se tarefa mais fácil e mais utilizada que o método de agregação das variáveis. Para isso o analista precisa indicar a direção da correlação, ou seja, dizer se é positiva ou negativa, e estimar o coeficiente de correlação, cujo valor varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1 maior o grau de associação entre as variáveis estudadas e maior a distorção dos resultados.

Neste estudo foi empregada a análise dos coeficientes de correlação, com auxílio de um programa computacional, o coeficiente encontrado foi igual a zero, ou seja, não existe associação entre as variáveis estudadas.

#### **3.4.4. Simulação dos valores aleatórios**

Esta etapa consiste em utilizar um “software” para gerar, ao acaso, um valor para cada variável, a partir das distribuições de probabilidade identificadas anteriormente.

Nesta pesquisa, foi utilizado o “software” @RISK<sup>4</sup>, desenvolvido pela empresa Palisade Corporation. Segundo a mesma, o @RISK faz o processo de simulação considerando dois métodos: Monte Carlo e Latin Hipercube.

A simulação de Monte Carlo requer um maior número de amostras para se aproximar da verdadeira distribuição, especialmente se esta é altamente assimétrica ou tem alguns resultados de baixa probabilidade.

O Latin Hipercube estratifica a distribuição de probabilidade da variável, dividindo a curva de probabilidade acumulativa em intervalos iguais. Tal método é usado quando percebe-se que os valores amostrados têm pequenos desvios-padrão em torno da média concentrando-se numa determinada região da curva acumulativa.

O programa seleciona, aleatoriamente um valor para cada variável, levando-se em conta as distribuições de probabilidades e as possíveis correlações das variáveis. Selecionado um valor para cada variável aleatória, instrui-se o computador para reformular os fluxos de caixa usando o novo conjunto de dados. O processo é repetido inúmeras vezes até que se consiga um amostra suficientemente grande, de 200 a 1.000 iterações, para conhecer a frequência das probabilidades do resultado do projeto.

---

<sup>4</sup> Software licenciado pelo departamento de Economia Rural – DER/UFV.

Para simular os valores, deve-se nomear as variáveis aleatórias e as variáveis de estudo. Quando estas variáveis são definidas no @RISK, este programa vasculha toda a planilha no sentido horizontal e para a esquerda, simultaneamente, ele faz esta mesma pesquisa no sentido vertical e para cima.

Num primeiro momento, o programa apresenta como saídas de resultados uma janela com o nome de “Summary of Results” que mostra os valores médios, máximos e mínimos para cada variável “input” e para cada variável de estudo ou “output”.

Outra janela apresentada pelo programa é intitulada de “Simulation Statistics”, onde visualizam-se, de modo mais completo, os resultados estatísticos da simulação. Tal janela mostra a média, máximo, mínimo, desvio-padrão, variância, moda e a probabilidade acumulada de cada “input” e “output”.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Resultados do fluxo de caixa para o projeto da cultura de milho não irrigado**

Para estruturar o fluxo de caixa do projeto não irrigado, definiram-se as entradas, as saídas e o fluxo líquido. As entradas ou receitas foram caracterizadas como o valor da produção, constituída pela produção multiplicada pelo preço médio do milho na região do Triângulo Mineiro.

Os preços para o milho foram obtidos por meio dos preços médios mensais pagos ao produtor na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, num período de cinco anos. O valor médio utilizado equivale a R\$ 0,18 o quilo do produto.

A produtividade utilizada foi a produtividade média compatível com as características da região e com as características do sistema de produção, que é um plantio direto de alta tecnologia. Com isso, a produtividade média do milho não irrigado na região analisada foi de seis toneladas por hectare.

As saídas foram estruturadas com base nos investimentos iniciais, nos custos dos insumos, custos operacionais e custos de serviços. Os insumos são os utilizados para recuperação do solo, preparo do solo, plantio e manutenção. Os serviços compreendem a recuperação, o preparo e plantio desde tratos culturais até a colheita, a administração, o transporte interno e a colheita e pós- colheita.

O fluxo líquido é a diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída de recursos, e foi sobre o fluxo líquido que se aplicaram as técnicas de descontos para calcular a rentabilidade dos investimentos. A metodologia utilizada para montar o fluxo de caixa, bem como a descrição de cada item e a maneira de obter os cálculos de rentabilidade, encontra-se mais detalhado no item 3.1 da seção anterior.

No Quadro 3, apresenta-se de forma sintetizada, o fluxo de caixa do projeto da cultura do milho não-irrigado.

Quadro 3 - Fluxo de caixa do projeto de 100 hectares da cultura do milho no sequeiro, em reais

Descrição	Ano 1	Ano 2	Ano 3	....	Ano 15
A - Entradas (R\$)	108.000,00	108.000,00	108.000,00	....	108.000,00
Preço do milho (R\$/t)	180,00	180,00	180,00	....	180,00
Produção (t/ha)	6,00	6,00	6,00	....	6,00
B - Saídas (R\$)	297.676,00	87.576,33	87.576,33	....	87.576,33
1 - Investimentos	210.100,00	0,0	0,0	....	0,0
2 - Custos operacionais	87.576,33	87.576,33	87.576,33	....	87.576,33
Fluxo líquido (A-B)	-189.676,00	20.433,00	20.433,00	.....	20.433,00

Nota-se que, nesse quadro, o primeiro ano apresentou o menor fluxo líquido de todo o período, com o valor de - R\$ 189.676,00. A partir do segundo ano, o valor do fluxo líquido teve um comportamento constante, apresentando fluxo líquido de R\$ 20.433,00 durante todo o horizonte do projeto. Esse comportamento é explicado pelo fato de se terem adotado preços constantes tanto pelo lado dos custos de produção quanto pelo lado dos preços de mercado do milho.

#### 4.2. Resultados do fluxo de caixa para o projeto da cultura de milho irrigado

Na estruturação do fluxo de caixa do projeto irrigado foram definidos as entradas, as saídas e o fluxo líquido. As entradas foram caracterizadas da mesma forma do fluxo de caixa da cultura não-irrigada. Considerou-se o preço para o produto igual ao do milho de sequeiro, entretanto o nível de produtividade foi definido de acordo com os níveis de produção para a cultura do milho irrigado na região do Triângulo Mineiro, com uma produção de plantio direto e alta tecnologia.

Quadro 4 - Fluxo de caixa do projeto de 100 hectares da cultura do milho irrigado, em reais

Descrição	Ano 1	Ano 2	Ano 3	....	Ano 15
A - Entradas (R\$)	216.000,00	216.000,00	216.000,00	....	216.000,00
Preço do milho (R\$/t)	180,00	180,00	180,00	....	180,00
Produção (t/ha)	12,00	12,00	12,00	....	12,00
B - Saídas (R\$)	517.729,80	123.693,00	123.693,00	....	123.693,00
1 - Investimentos	394.036,80	0,00	0,00	....	0,00
2 - Custos operacionais	123.693,00	123.693,00	123.693,00	....	123.693,00
Fluxo líquido (A-B)	-301.729,8	92.307,00	92.307,00	....	92.307,00

Para determinação das saídas, consideraram-se os gastos com investimento em equipamentos, em infra-estrutura e em sistema de irrigação; os custos operacionais envolvem os custos com o funcionamento do sistema

de irrigação, os custos com insumos; e os serviços de administração e pós-colheita.

### 4.3. Avaliação financeira dos projetos

Após construir os fluxos de caixa de cada projeto da produção de milho, puderam-se obter a TIR e os VPLs correspondentes aos projetos de produção do milho no sequeiro e irrigado. Para os projetos estudados, utilizaram-se as taxas de juros anuais de mercado iguais a 30, 18, 12%, que são as estimativas mais prováveis, dos valores máximos e mínimos das taxas de juros para o período de análise, deste modo puderam-se determinar três VPLs diferentes para cada projeto

No Quadro 5, apresentam-se os valores estimados dos coeficientes de rentabilidade, TIR, VPL e período de retorno do capital e dos sistemas de produção do milho no sequeiro e irrigado.

Quadro 5 - Taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno do capital correspondentes aos fluxos de caixa dos sistemas de produção do milho sem irrigação e com irrigação

Parâmetros	Sistemas de produção sem irrigação	Sistema de produção com irrigação
TIR	6%	30%
VPL 12%	- R\$ 48.430,95	R\$ 276.871,90
VPL 18%	- R\$ 74.022,27	R\$ 136.058,76
VPL 30%	- R\$ 94.842,94	- R\$ 1.426,46
Retorno do capital	9 anos	3 anos

Fonte: Dados da pesquisa.

O projeto do milho no sequeiro não se apresentou viável, pois os VPLs do fluxo de caixa não demonstraram nenhum sinal positivo, e a TIR de 6% mostrou-se bem abaixo da taxa de rendimento do mercado esperada para o período, 30%. No projeto sem irrigação, obtiveram-se os seguintes resultados: VPL com taxa de desconto de 12%

ao ano igual a -R\$ 48.430,95, VPL com taxa de desconto de 18% ao ano de -R\$ 74.022,27 e VPL com taxa de desconto de 30% ao ano igual a -R\$ 94.842,94. Disso, pode-se afirmar que o investidor não irá recuperar totalmente o capital investido no projeto. Além disso, pode-se afirmar que o investidor vai obter um prejuízo, que será uma estimativa da sua perda líquida.

O projeto irrigado obteve os seguintes resultados: R\$ 276.871,00 para o VPL, com taxa de desconto de 12% ao ano; R\$ 136.058,78 para o VPL, com taxa de 18% ao ano; e -R\$ 1.426,46 para o VPL, com 30% de taxa de desconto ao ano e TIR igual a 30%. Como a TIR representa exatamente a taxa de retorno sobre o saldo do capital empatado no projeto durante sua vida útil, enquanto o capital inicial está sendo recuperando, pode-se afirmar que a TIR do projeto irrigado igual a 30% representa a taxa de retorno que recupera todo o capital empatado no projeto. Em suma, pode-se dizer que todo o investimento é recuperado com um rendimento de 30% ao ano, durante os 15 anos de vida útil do projeto irrigado.

Com relação ao tempo de retorno do capital investido, o projeto sem irrigação recupera o capital inicial no nono ano de vida útil, e o projeto irrigado tem o retorno do capital investido após três anos de funcionamento. Por meio da análise do tempo de retorno do capital, notou-se que o projeto irrigado também apresentou-se mais atraente que o projeto no sequeiro, pois, quando irrigado, o capital investido é recuperado em três anos e, quando não-irrigado, ele retorna apenas no nono ano.

#### **4.4. Análise de sensibilidade**

##### **4.4.1. Análise de sensibilidade da produção do milho no sequeiro**

A análise de sensibilidade consiste em definir a rentabilidade do projeto em função de cada uma de suas variáveis “input”, e observar a variação que ocorrerá na rentabilidade para cada alteração nas variáveis “output”. Neste estudo foram consideradas as variáveis “input, preço do milho, custo da semente híbrida, custo do adubo utilizado, custo da uréia, custo dos herbicidas, custo da colheita mecânica e transporte interno e, VPL, a única variável “output” a ser sensibilizada. Tais variáveis “input” foram selecionadas pelo fato de todas elas juntas participarem com mais de 40% no valor do custo total da produção de milho com plantio direto e alta tecnologia sem irrigação.

Procurou-se acrescentar ao valor de cada variável, considerada de risco, uma variação de 10%. Desse modo, pôde-se verificar a quais variáveis o VPL era mais sensível. Caso o VPL varie bastante em relação a uma variável, tem-se que o projeto é sensível às variações dessa determinada variável.

A análise de sensibilidade pôde ser feita por intermédio de uma análise “Rank” de regressão, análise esta feita pelo programa @RISK, cujos resultados podem ser visualizados pelo gráfico retratado na Figura 1.

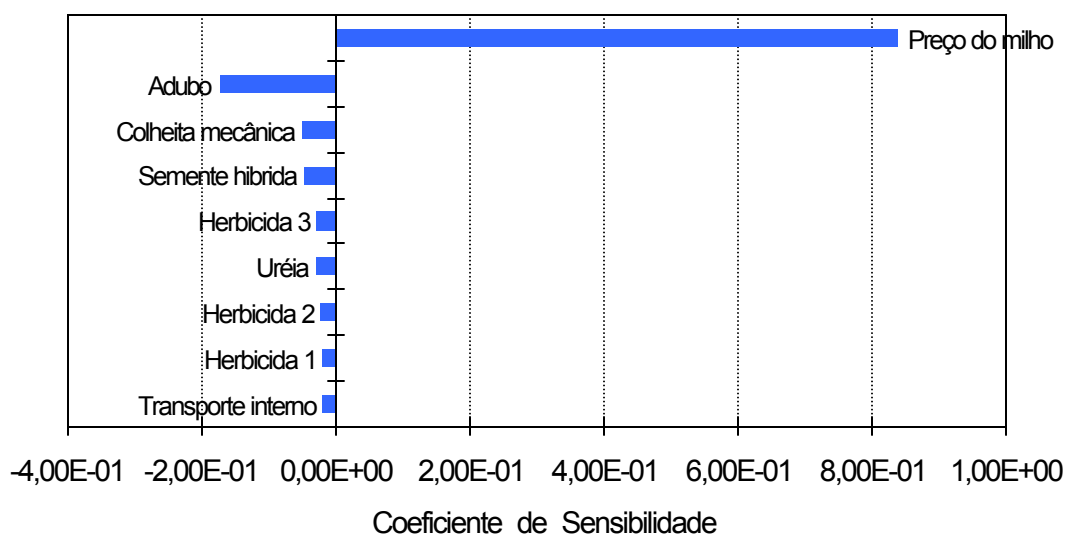


Figura 1 - Classificação das variáveis mais sensíveis em relação ao VPL do projeto sem irrigação.

Por intermédio dessa figura é possível inferir que a variável preço do milho é a variável que apresentou maior sensibilidade para o VPL do projeto. Uma variação de 10% no valor do preço do milho irá repercutir numa variação de 80,5% no valor do VPL. Isso pode ser explicado pelo fato de as entradas, ou receitas do projeto, serem provenientes unicamente do preço de mercado do milho multiplicado pela sua produção.

A análise de sensibilidade feita para o custo do adubo, indicou que essa variável é a que mais influi negativamente no valor do VPL. Quando o valor do adubo sofre variação de 10%, o VPL é alterado e apresenta variação negativa igual a -17,3%; a influência significativa dessa variável no VPL se

deve ao fato de ela representar um custo de aproximadamente 20% dos custos totais do empreendimento. As variáveis colheita mecânica, herbicida 3, uréia e herbicida 2 apareceram logo após, com variações no VPL de -4,9%, -3%, -2,9% e -2,55%, quando foram submetidas a uma variação de 10% em seus valores. Por último, apareceram as variáveis herbicida1 e transporte interno com variações respectivas de -2,05% e -2% no VPL, quando sofreram variação de 10%.

A análise de sensibilidade de um projeto sem nenhum tipo de irrigação evidenciou que o projeto é basicamente sensível a duas variáveis: ao preço do milho e ao preço do adubo. Qualquer variação no preço desse insumo refletiu de forma considerável nos rendimentos do projeto. Com efeito, o produtor deve ter muita atenção na quantidade aplicada desse insumo, a fim de evitar desperdícios e conseqüentes aumentos nos custos totais. Outro ponto a ser ressaltado é a alta sensibilidade que o projeto demonstrou ter em relação aos preços de mercado do milho; isso reforça a idéia de que, além de a cultura do milho estar suscetível aos risco climáticos, também é muito sensível ao risco de sazonalidade dos preços de mercado.

#### **4.4.2. Análise de sensibilidade para produção do milho com irrigação**

Para análise de sensibilidade do projeto da cultura do milho com irrigação foram, utilizadas as variáveis com as maiores participações percentuais no custo total do projeto de plantio do milho irrigado; as variáveis de entrada, "inputs", foram as seguintes: investimento em pivô central, custo com energia elétrica para o funcionamento do pivô central, mão-de-obra utilizada no pivô central, preço da semente híbrida, preço do adubo, uréia, custo com herbicidas, colheita mecânica e transporte interno; tais variáveis juntas contribuem com mais de 70% do custo total do projeto.

Com base na Figura 2, pode-se notar que, a exemplo da cultura não-irrigada, a variável preço do milho aparece como a variável que mais afeta o VPL. Quando há variação de 10% no valor do preço de mercado, o VPL da cultura irrigada sofre uma variação de aproximadamente 83%. Quando o projeto passa a ser irrigado, diferentemente do projeto no sequeiro, a variável que mais influi, de forma negativa não é mais o custo com adubo e sim os

investimentos com a instalação do pivô central, seguido pelos custos com energia elétrica, adubo e colheita mecânica. Quando há variação de 10% no valor do investimento inicial com pivô central, o VPL apresenta variação de -53,3%; essa variação tão significativa pode ser explicada pelo fato de os investimentos iniciais com Pivô Central representarem mais de 25% do custo total do empreendimento no seu primeiro ano de vida. Outro ponto relevante é o custo com a energia necessária para operar o sistema de irrigação; este item contribuiu com -14,8% para as variações do VPL, seguido pelo custo com adubo, cuja contribuição foi -10,3%.

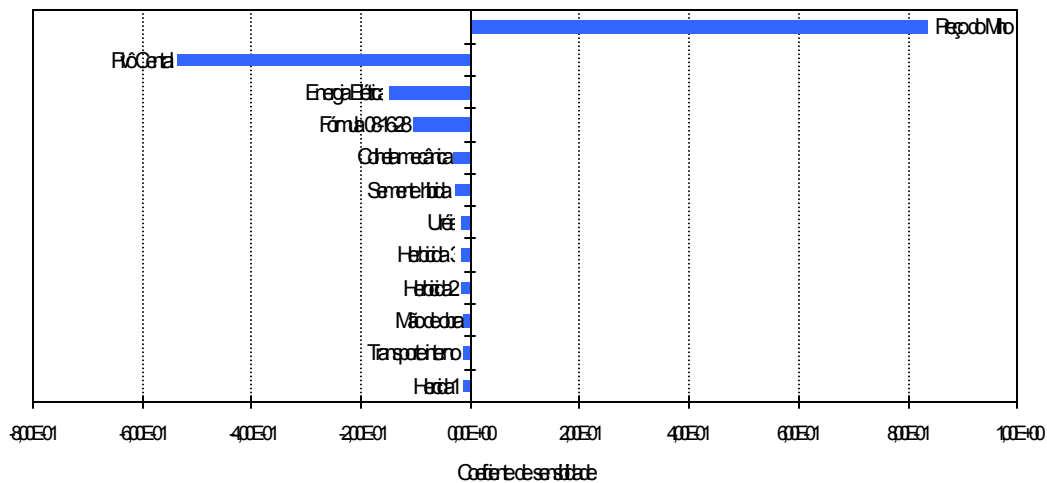


Figura 2 - Classificação das variáveis mais sensíveis em relação ao VPL do projeto com irrigação.

#### 4.5. Análise de risco

##### 4.5.1. Análise de risco para o projeto da cultura do milho no sequeiro

Com a análise de sensibilidade, pôde-se verificar as variáveis mais relevantes para a rentabilidade do empreendimento. Contudo, é importante

ressaltar que, para se ter uma análise de riscos mais completa, pressupõe-se o uso de métodos de simulação como o método de Monte Carlo. Considerando que as variáveis mais relevantes, obtidas por meio da análise de sensibilidade, foram o preço do milho, a mão-de-obra, o transporte interno, a colheita mecânica e insumos, suas distribuições de probabilidade foram associadas ao indicador de rentabilidade do projeto, a TIR. Assim, por meio do método de Monte Carlo, encontraram-se os percentuais de probabilidade da TIR do empreendimento. Desse modo, a simulação apresentou valores mínimos, médios, e máximos, que foram comparados com a probabilidade de ocorrência do real valor da TIR.

Na Figura 3, mostra-se a distribuição de frequência para a TIR, considerando uma taxa de juros do mercado de 30% ao ano, do empreendimento sem irrigação, com as probabilidades dos valores mínimos, médios e máximos que o empreendimento pode proporcionar.

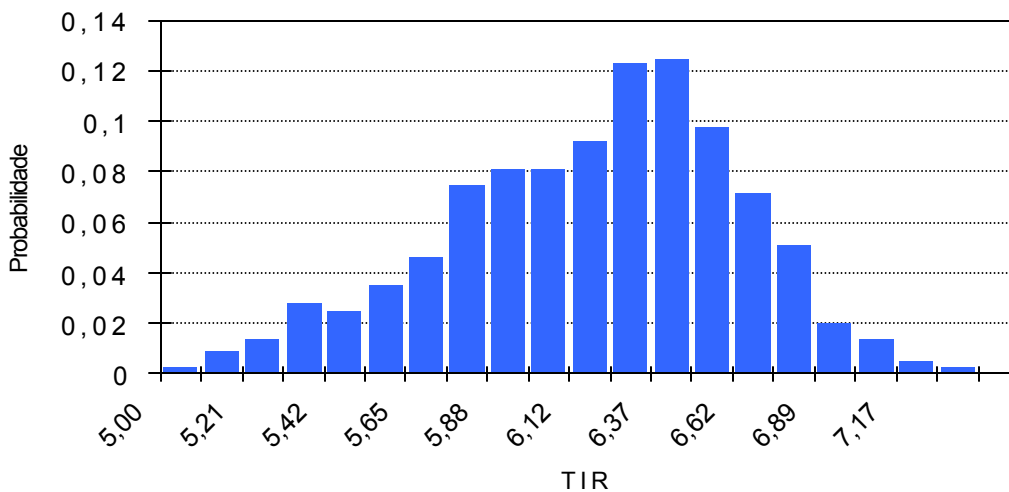


Figura 3 - Distribuição de frequência da TIR para a cultura do milho no sequeiro.

Tomando como base os valores mínimos, médios e máximos obtidos pela simulação como de 5% para a TIR de menor valor possível, 6,55% para o

de valor médio e 7,46% para o maior valor da TIR, torna-se possível fazer algumas inferências sobre o grau de risco do investimento.

Observou-se que a menor TIR simulada tem a probabilidade desprezível de 0,03% de ocorrência, ou seja, com base na simulação, a probabilidade de ocorrência para uma TIR com valor de 5,00% é quase improvável de ocorrer. No mesmo sentido, a probabilidade para a TIR com o valor de 7,46% possui uma probabilidade semelhante de ocorrência. O valor da TIR igual a 6,12% é o valor com uma das maiores probabilidades de ocorrência com aproximadamente 9% de probabilidade de acontecer. Isso reforça o fato de o valor médio ser o mais próximo do valor real da TIR. Notou-se que o empreendimento sem irrigação teve grande probabilidade de a TIR, estar no intervalo entre 6,12% e 6,89%, valores esses bem abaixo da taxa de remuneração do capital, que é de 30% ao ano.

Outra forma interessante de análise fornecida pela simulação é a realizada com a utilização da curva acumulativa de probabilidades. Tomando como medida de probabilidade a frequência relativa da TIR, é possível tirar algumas conclusões importantes para o investimento.

Na análise feita com a curva acumulativa de probabilidades também se levam em consideração os valores mínimos, médios, máximos e o valor original da TIR. A Figura 4 retrata a distribuição de probabilidade acumulativa para a TIR do projeto sem irrigação.

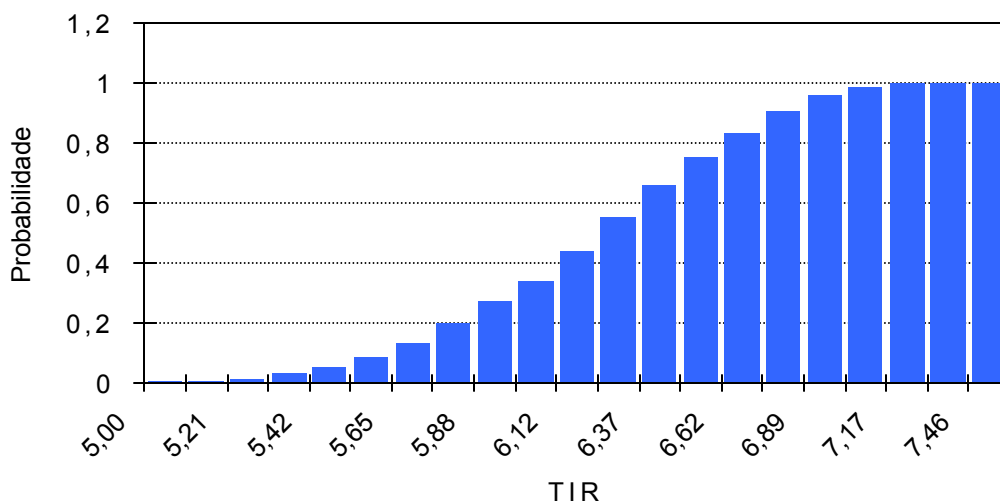


Figura 4 - Curva de probabilidade acumulativa para a TIR simulada.

Observando os dados da curva acumulativa para o projeto da produção do milho sem irrigação, nota-se que a TIR original é igual a 6%; existe a probabilidade de 37% de ocorrerem valores iguais ou inferiores ao valor original do projeto. A chance de o projeto apresentar valor para a TIR inferior ou igual a 6,9% é superior a 90%, sendo 99,9% a probabilidade do investimento apresentar um rendimento entre 5 e 7,46%.

Quadro 6 - Probabilidade de ocorrência da TIR (original, mínima, máxima e média) para o projeto de milho no sequeiro

Parâmetros	Valores apresentados	Probabilidade da TIR ser $\leq$ ao valor apresentado
Original	6,00%	37,00%
Mínimo simulado	5,00%	0,03%
Médio simulado	6,12%	37,00%
Máximo simulado	7,46%	99,99%

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.5.2. Análise de risco para o projeto da cultura do milho irrigado

Para analisar o risco da produção do milho irrigado, utilizou-se a mesma metodologia aplicada na análise da cultura sem irrigação. Considerando que as variáveis mais relevantes, obtidas por meio da análise de sensibilidade, foram: preço do milho, preço do pivô central, energia, mão-de-obra, transporte interno, colheita mecânica e insumos, tem-se que suas distribuições de probabilidade foram associadas ao indicador de rentabilidade do projeto, a TIR. Pelo método de Monte Carlo, encontraram-se os percentuais de probabilidade da TIR do empreendimento irrigado. Desse modo, a simulação apresentou valores mínimos, médios e máximos, que foram comparados com a probabilidade de ocorrência do real valor da TIR.

Com as distribuições de probabilidade, pôde-se verificar quais as chances de ocorrência das TIRs mínima, média e máxima e do valor original. Na Figura 5, mostra-

se, de forma clara, a distribuição de probabilidade para os valores simulados da TIR, considerando como referência a taxa de remuneração de mercado do capital igual a 30% ao ano.

Tomando como base os valores mínimos, médios e máximos obtidos pela simulação iguais a 25% para a TIR de menor valor, 30,60% para a TIR de valor médio e 37,20% para a TIR de maior valor, torna-se possível tirar algumas conclusões sobre o grau de risco do investimento.

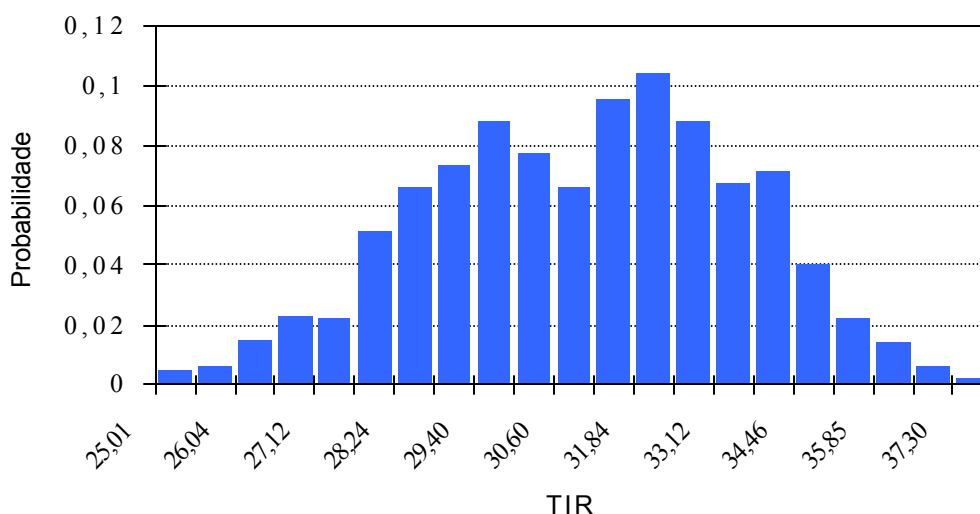


Figura 5 - Distribuição de frequência para a TIR da cultura do milho irrigado.

Observa-se que a TIR de 25% tem a probabilidade de 0,06% de ocorrência. A TIR de 37,30% possui probabilidade de ocorrência pouco menor, 0,02%. A TIR igual a 31,84% é a que possui a maior probabilidade de ocorrência, com aproximadamente 10,4% de probabilidade de acontecer; a TIR média possui a probabilidade de 7% de ocorrência.

De forma geral, pode-se concluir, pelo gráfico de distribuição de frequência derivado das simulações do @RISK, que a TIR possui as maiores frequências no intervalo que vai de 30 até 34,50%, e, por consequência, o

projeto tem grande probabilidade de ter um rendimento maior que a taxa de rentabilidade do mercado, pois existe a probabilidade de 60% de chance de os valores das TIRs se encontrarem nesse intervalo.

A análise feita via curva acumulativa permitiu tirar conclusões mais detalhadas sobre a probabilidade de ocorrência dos valores da TIR. A análise feita com a curva acumulativa de probabilidades também leva em consideração os valores mínimos, médios, máximos e o valor original da TIR, tomando como medida de probabilidade a frequência relativa da TIR.

A Figura 6 retrata a distribuição de probabilidade acumulativa para a TIR do projeto com irrigação.

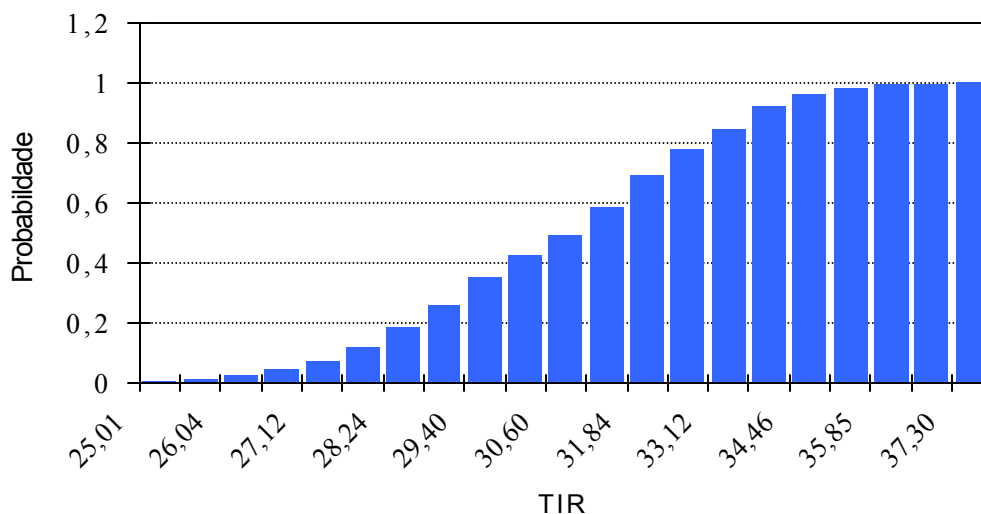


Figura 6 - Curva de probabilidade acumulativa para a TIR simulada.

Com base nas informações mostradas na Figura 6, verifica-se que a probabilidade de a TIR ser igual ou inferior a 25% é de 0,06%, ou seja, a probabilidade é praticamente nula. Em contrapartida, a probabilidade de a TIR estar presente no intervalo que vai de 25 até 37,30% ao ano é igual a 99,99%. A probabilidade da TIR ser igual ou inferior a 30% é de 42,70%; nota-se que a

TIR de 30,60% é o valor médio aproximado da TIR simulada e tem a chance de 49,30% de ocorrência.

No Quadro 7 mostram-se, de forma sintetizada, as probabilidades de ocorrência da TIR de valores mínimo, máximo e médio para o projeto da cultura do milho irrigado.

Quadro 7 - Probabilidade de ocorrência da TIR original, mínima, máxima e média para o projeto de milho irrigado

Parâmetros	Valores apresentados	Probabilidade de a TIR ser $\leq$ ao valor apresentado
Valor original	30,00%	42,70%
Valor mínimo	25,00%	0,06%
Valor máximo	37,30%	99,99%
Valor médio	30,60%	49,30%

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi determinar as estimativas dos indicadores de rentabilidade financeira e o nível de risco de implantação de um projeto de produção de milho irrigado e compará-los com a produção do milho não irrigado na região do Triângulo Mineiro.

Os projetos obedeceram a um tamanho de 100 ha, com a utilização de uma tecnologia melhorada e plantio direto. O método de irrigação utilizado foi o de aspersão, por meio do sistema tipo pivô central, dotado de aspersores tipo “spray”. O orçamento relativo ao item pivô central englobou os investimentos e os custos de um sistema de 11 torres acionadoras mais o custo de captação e bombeamento, composto dos seguintes itens: conjunto de moto bomba, demais materiais elétricos, ligação de pressão, adutora e ligação do pivô. A vida útil do pivô central foi estabelecida, considerando-se uma expectativa de 15 anos, funcionando, em média, quatro meses por ano, durante um período de 21,6 horas por dia. Esses meses referem-se a três meses de funcionamento para irrigar a cultura plantada no período da seca e um mês de irrigação suplementar para a cultura plantada no período de chuvas.

De posse dos custos de produção e dos preços da saca do milho no Triângulo Mineiro, construíram-se dois fluxos de caixa, um para o projeto irrigado e outro para o projeto no sequeiro, para obter os seus respectivos coeficientes de rentabilidade.

Para análise de rentabilidade, utilizaram-se como coeficiente o VPL com três taxas de desconto diferenciadas, 12, 18 e 30%, a taxa interna de retorno (TIR) e o tempo de retorno do capital.

Por meio dos coeficientes de análise econômica, VPL, da TIR e do período de retorno do capital, pôde-se concluir que o projeto sem irrigação é inviável para as três taxas de desconto utilizadas e que o projeto irrigado é viável para o período em questão, para as taxas de desconto de 12% e 18% ao ano. O projeto irrigado apresentou os maiores retornos quando a taxa de desconto foi igual a 12% ao ano e apresentou-se inviável para uma taxa de desconto superior a 30% ao ano. A TIR de 30% ao ano para o projeto irrigado confirma sua viabilidade, ao passo que a TIR de 6% ao ano para o projeto sem irrigação exibiu sua baixa rentabilidade em relação à taxa de desconto do mercado. Com a análise do tempo de retorno do capital o projeto irrigado apresentou o menor tempo de recuperação do capital investido, 3 anos, enquanto que o projeto no sequeiro apresentou um período de 9 anos.

Na análise de sensibilidade, o indicador econômico observado foi o VPL dos dois projetos. Pôde-se concluir que as variáveis preço do milho e custo do adubo são as variáveis que mais influenciam os resultados do projeto sem investimento na irrigação.

Na análise para o projeto irrigado, as variáveis mais passíveis de risco são: preço do milho, preço do pivô central, energia elétrica e adubo, respectivamente. Pode-se concluir que a variável custo com pivô central tem participação relevante nos resultados financeiros do projeto. A exemplo do projeto sem irrigação, notou-se que o preço de mercado do milho também é a variável mais sensível no projeto irrigado, uma vez que apresenta variações no VPL superiores a 80%, quando a mesma é submetida a variações iguais a 10%. Logo, tal variável merece atenção especial, uma vez que variações nos preços modificam consideravelmente os resultados das avaliações do projeto.

Selecionadas as principais variáveis de risco, realizou-se a simulação por intermédio do método de Monte Carlo, que permitiu a análise de probabilidades. Verificou-se que os dois projetos simulados apresentaram diferentes graus de risco. O empreendimento que envolve a produção de milho sem irrigação aparece como o projeto que tem a menor rentabilidade e não apresenta nenhuma probabilidade de possuir uma rentabilidade maior que a rentabilidade do mercado adotada, igual a 30%.

O projeto irrigado apresentou significativa probabilidade de ter uma taxa de rendimento superior à taxa de rendimento do mercado. Mesmo assim, há o risco de se

ter uma taxa de retorno menor que a desejada, ou seja, menor que 30% ao ano. Tal risco pode ser atribuído às variações dos preços de mercado e à realização, por parte do projeto irrigado, de vultosos investimentos na implementação e manutenção dos sistemas de irrigação; vale ressaltar que a implementação de um sistema de irrigação do tipo pivô central custa cerca de R\$1.500,00 por hectare.

Conclui-se que o produtor deve estar atento aos custos de implementação do sistema e aos preços de mercado. Ele se deve ater ao fato de que as oscilações nos níveis de preço acontecem, em grande parte, pelo lado da oferta, causadas por fatores climáticos. Outro ponto importante relativo ao preço do produto é que o Brasil tem apresentado, devido ao aumento de consumo interno, tendência de aumento no volume de importação do milho nos últimos anos. Com isso, espera-se no médio prazo uma internacionalização dos preços do milho, e isso fará com que o mercado interno passe a acompanhar as variações das cotações internacionais; conseqüentemente, os riscos de preço podem aumentar.

Nesse contexto, recomenda-se que os produtores façam maior utilização de instrumentos que atuam na diminuição dos riscos de preços, a exemplo dos mercados futuros ou da diversificação da produção. Pelo lado do governo, sugere-se maior estímulo e aperfeiçoamento dos mecanismos que permitam uma ação estratégica de políticas de desenvolvimento regional que possam atenuar a grande heterogeneidade da produção interna do milho, além de uma eficaz política de garantia de preços mínimos acompanhada de uma política de créditos subsidiados, políticas essas que aumentam a produção e ao mesmo tempo protegem a renda do produtor rural.

Além de todos os cuidados com o preço de mercado e os custos operacionais, o produtor que faz uso de irrigação também deve-se ater para um fator de fundamental importância para o funcionamento do sistema, a energia elétrica. Diante da atual crise de energia pela qual passa o país, os produtores podem se defrontar com uma situação delicada, pois os sistemas de irrigação, em sua grande maioria são movidos à energia elétrica. Assim para superar tais dificuldades, recomenda-se que os produtores façam um manejo eficiente do sistema, evitando o desperdício de água e energia, ou até mesmo que adotem sistemas alternativos como o pivô central movido a óleo diesel, que tem como desvantagem os altos custos operacionais, que podem comprometer o resultado financeiro do projeto.

Como comentário final, cabe ressaltar as dificuldades encontradas para validação de modelos nos estudos que envolvem simulação. O processo de validação

visa determinar o grau de confiança e de correção dos resultados, pois não existe método formal de provar a correção de um modelo de simulação. Em suma, a finalidade da validação é testar se o comportamento do simulador está de acordo com o comportamento real. Uma das maneiras de se ter uma validação perfeita dos modelos é a identificação das distribuições de probabilidades das variáveis de entrada, ou variáveis “input”. Essa identificação deve ser feita da maneira mais realista possível, ou seja, o analista tem que estabelecer uma distribuição para cada variável que melhor se ajusta ao comportamento da mesma. Quanto maiores as informações sobre as ocorrências da variável estudada, maior será a possibilidade de se conseguir uma distribuição de probabilidade que reflita o real comportamento dessa variável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.V. **Investimentos a nível de empresa na agricultura: principais critérios de avaliação dos seus projetos**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981. 159 p.

AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. **Análise econômica de projetos: software para situação deterministas e de risco envolvendo simulação**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 127 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1988.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1989. 595 p.

BISERRA, J.V. Rentabilidade da irrigação pública no nordeste, sob condições de risco - o caso de Morada Nova. **Revista Economia do Nordeste**, v. 26, n. 2, p. 239-263, abr. 1994.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. 6.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266 p.

CARMO, H.C.E. **Manual de econometria**. São Paulo: Atlas, 2000. 307 p.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável/UnB, 1999. 34 p.

CLARK, R., LOW, A. Risk analysis in project planning: a simples spreadsheet application using Monte Carlo techniques. **Project Appraisal**, Guildford, v. 8, n. 3, p. 141, set. 1993.

CONTADOR, J.F. **Projetos agropecuários**. São Paulo: Atlas, 1981. 269 p.

CROCOMO, C.R. **Risk efficient fertilizer rates: an application to corn productions in the Cerrado Region of Brazil**. Michigan, 1979. 151 p.

- DILLON, S.L., HARDAKER, J.B. Farm management research for small farmer development. **FAO Agricultural Services Bulletin**, Roma, n. 41, 145 p., 1980.
- DILLON, J.L., MESQUITA, T.C. **Atitudes dos agricultores do sertão do Ceará diante do risco**. Fortaleza: UFC/Centro de Ciências Agrárias, 1976. 25 p.
- DILLON, J.L., ANDERSON, J.R., HARDAKER. **Agricultural decision analysis**. Iowa State, 1975. 344 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. [jul. 2000 ]. (<http://www.embrapa.gov.br>).
- ESTÁCIO, F. **Programação linear em agricultura**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 214 p.
- FRANKE, A.E., DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 2003-2013, dez. 1998.
- FREEMAN, H. **Introducion to statistical inference**. Reding Mass., Addison Wesley, 1962. 445 p.
- GEDANKEN, A. **Utilização do modelo Ceres-Maize na avaliação de estratégias de irrigação na cultura do milho em duas regiões de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- GUJARATI, D. **Econometria básica**. São Paulo: Makron Books, 2000. 846 p.
- HILL, R.C, GRIFFITHS, W.E., JUDGE, G.G. **Econometria**. São Paulo: Saraiva, 1999. 406 p.
- JONES, J.W., RITCHIE, J.T. Crop growth models. In: HOFFMAN, G.L. et al. **Management of farm irrigation system**. S.l.: s. n., 1990. p. 63-89.
- LAW e KELTON. **Simulation modeling & analyses**. New York: McGraw-Hill, 1991.
- MARCHETTI, V. **Risco e decisão em investimento produtivo**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 95 p.
- MELO, J.F. **Custos de irrigação por aspersão em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- MENDES, A.A.T. **Irrigação: tecnologia e produtividade**. Ilha Solteira-SP: Feis-Unesp, 1998.
- MEYER, P.I. **Probabilidade: aplicações à estatística** 2.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1983.

- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Estatísticas 1999**. [maio 2000]. (<http://www.agricultura.gov.br/html/estatiscas/3129.html>).
- MOREIRA, H.M. **Combinação ótima de atividades e efeito do risco de preços nos planos de produção de empresas rurais da Zona da Mata de Minas Gerais - 1978-79**. Viçosa: UFV, 1980. 111 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, 1980.
- NEVES, E.M. **Análise econômica do investimento em condições de risco na cultura da borracha**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 171 p. (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1984.
- NEVES, E.M. et al. Citricultura em Goiás: análise de investimento sob condições de risco envolvendo simulação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 28, 1990, Florianópolis. **Anais...** Brasília: SOBER, 1990. v. 2, p. 364.
- NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica**. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.
- PACHECO, J.A. **Modelos de decisão na análise econômica de experimentos agrícolas**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 111 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1985.
- PALISADE COMPANY. **@ RISK - risk analysis and simulation add in for 1-2-3 worksheets**. New York, 1995. 356 p.
- PEREIRA, J.A.B. **Análise de risco dos efeitos diretos do projeto Jaíba**. Viçosa: UFV, 1999. 60 p. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- POULIQUEN, L.Y. **Risk analysis in project appraisal**. Baltimore: The Johns Hoppkins University, 1970.
- SANTOS, J.R.M. Irrigar é preciso. **Revista Agroanálises**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 29, 1998.
- SHAPE, W.P. **Investments**. Englenwood: Prentice-Hall, 1978. 125 p.
- YOUNG, D. Risk concepts and maesures for decision analysis. In: BARRY, P.J. **Risk management in agriculture**. Iowa: Iowa State University, 1984. cap. 3, p. 31-42.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE

### OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Basicamente, no Brasil são quatro os métodos de irrigação utilizados: aspersão, superfície, localizada e sub-irrigação. Para cada método há dois ou mais sistemas de irrigação, que podem ser empregados. A razão pela qual há muitos tipos de sistemas de irrigação é devido à grande variação de solo, clima e culturas para os quais o sistema de irrigação deve ser adaptado. A escolha de qualquer um deles depende de uma série de fatores, destacando-se entre eles o tipo de solo, topografia e o tamanho da área, fatores climáticos, déficit hídrico e custo de implementação.

De acordo com MELO (1993), os sistemas de irrigação por aspersão podem ser classificados em dois grandes grupos: convencionais e mecanizados.

Os sistemas convencionais incluem os equipamentos tradicionalmente empregados na irrigação por aspersão. Conforme seus componentes sejam movimentados ou não durante as irrigações, tais sistemas são classificados em:

- fixo ou permanente, quando todos os componentes permanecem fixos;
- semi-eixos ou semiportátil, se as linhas laterais são sucessivamente deslocados ao longo da linha principal, que é fixa; e
- portátil, em que as linhas componentes do sistema e, por vezes, o conjunto moto-bomba são deslocados.

Segundo BERNARDO (1982), os sistemas portátil e semiportátil são os mais usados na irrigação por aspersão no Brasil, em razão do menor investimento de capital requerido, embora sejam os de maior exigência de mão-de-obra.

Os sistemas mecanizados, por sua vez, são subdivididos em:

- linhas laterais autopropelidas, compreendendo as de deslocamentos linear intermitente ou sistemas ramal rolante, de deslocamento linear contínuo, e de deslocamento radial ou sistema pivô central.
- Aspersores autopropelidos ou sistemas Autopropelido e
- Montagem direta.

Dos sistemas mecanizados, o Pivô Central e o Autopropelido são os mais difundidos em Minas Gerais.

O sistema Pivô Central foi desenvolvido por Frank Ziback, quando era fazendeiro no Colorado, nos Estados Unidos. Após muitas mudanças e ajustes, o sistema foi patenteado em 1952.

O sistema Pivô Central consiste basicamente de uma única lateral, que gira em torno do centro de um círculo (pivô). Segmentos da linha lateral metálica são suportados por torres em formato de "A" e conectados entre si por juntas flexíveis. Um pequeno motor elétrico, colocado em cada torre, permite o acionamento independente destas. A velocidade de deslocamento do pivô é ditada pela velocidade da última torre, que também determina a lâmina a ser aplicada. O suprimento de água é feito através do ponto pivô, requerendo que um poço profundo seja perfurado no centro da área ou que a água seja conduzida até o centro por adutora enterrada. Pivôs podem ser empregados para irrigar áreas de até 117 ha. São sistemas que permitem alto grau de automação. O custo por unidade de área tende a reduzir à medida que aumenta a área. Pivôs mais modernos permitem que as rodas das torres sejam escamoteadas, permitindo que os mesmos sejam deslocados para a área adjacente (EMBRAPA, 2000).

No sistema de deslocamento linear a lateral tem estrutura similar à do pivô central, mas desloca-se continuamente na direção longitudinal da área. Todas as torres deslocam-se com a mesma velocidade. O suprimento de água é feito através de canal ou linha principal, dispostos no centro da área ou em uma das extremidades. A água é succionada diretamente do canal ou mangueiras são empregadas para conectar hidrantes da linha principal à linha lateral. A bomba é, em geral, acionada por motor de combustão interna e desloca-se junto com toda a lateral.

Quanto ao tipo e às características dos aspersos utilizados, existem três modalidades de pivô central: a) alta pressão, com aspersores de diferentes tamanho b) média pressão, no qual os aspersores são de mesmo tamanho, no entanto, entre a torre central e a extremidade da linha de distribuição de água, cresce o diâmetro do bocal e decresce o espaçamento entre aspersores e c) tipo baixa pressão, dotado de difusores que, ao invés de lançar a água em forma de jato como fazem os aspersos, aplicam-na nebulizada sobre a área de irrigação

As principais vantagens do sistema de irrigação por aspersão são: é facilmente adaptável às diversas condições de solo, culturas e topografia; possui maior eficiência potencial que o método da irrigação por superfície; pode ser totalmente automatizado; alguns sistemas podem ser transportados para outra área; as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área o que facilita o preparo do solo e evita "áreas mortas" (EMBRAPA, 2000).

As principais limitações são: os custos de instalação e operação são mais elevados que os do método superfície; pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa; a irrigação com água salina pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas; pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários.

No método de irrigação por superfície, a distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo. É o método com a maior área irrigada no mundo e no Brasil. As principais vantagens do método de superfície são: geralmente apresentam o menor custo fixo e operacional; é simples de operar; sofre pouco efeito de ventos; é adaptável à grande diversidade de solos e culturas; possui elevado potencial para redução no consumo de energia; não interfere nos tratamentos fitossanitários (EMBRAPA, 2000).

As limitações mais importantes são: depende das condições topográficas, geralmente requerendo sistematização; é inadequado para solos excessivamente permeáveis; seu dimensionamento envolve ensaios de campo, seus parâmetros de dimensionamento apresentam grande variabilidade espacial; requer freqüentes reavaliações, para assegurar desempenho satisfatório; os sistemas devem ser instalados antes da cultura, a menos que esta tenha sido planejada para ser irrigada por superfície; requer medidas efetivas de controle da erosão; possui baixa eficiência de distribuição de água se mal planejado e manejado; desperta pequeno interesse comercial (EMBRAPA, 2000).

No sistema tipo Autopropelido um único canhão ou minicanhão é montado em um carrinho que se desloca linearmente ao longo da área a ser irrigada. A conexão do carrinho aos hidrantes da linha principal é feita por mangueira flexível. A propulsão do carrinho é proporcionada pela própria água. É o sistema que mais consome energia e apresenta problemas com a durabilidade da mangueira, vento e tamanho das gotas de água. Presta-se para irrigação de áreas retangulares de até 70 ha, com culturas como cana-de-açúcar e pastagem.

No método da irrigação localizada, a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou "tripa") ou superficiais (microaspersores). O custo inicial é relativamente alto, sendo recomendado para culturas de elevado valor econômico e maior espaçamento entre fileiras de plantas. É um método que permite elevado grau de automação o que requer menor emprego de mão-de-obra na operação. Os principais sistemas de irrigação localizada são: gotejamento, microaspersão e subsuperficiais.

No sistema de gotejamento, a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo. A grande vantagem do sistema de gotejamento, quando comparado com o de microaspersão, é que a água, aplicada na superfície do solo, não molha a folhagem ou o tronco das plantas.

A Microaspersão, como o nome indica, nesse sistema, a água é aplicada por emissores rotativos ou fixos. A vazão dos microaspersores permite o umedecimento de uma área maior, o que é uma vantagem para culturas de espaçamento mais largos, plantadas em solos arenosos. A manutenção é mais simples que nos sistemas de gotejamento e subsuperficiais. Há necessidade de filtragem da água, mas a propensão ao entupimento é menor, dado o maior diâmetro dos bocais dos microaspersores.

Com a sub-irrigação, o lençol freático é mantido a uma certa profundidade capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da cultura. Geralmente, está associado a um sistema de drenagem sub-superficial. Havendo condições satisfatórias, pode-se constituir no método de menor custo. No Brasil esse sistema de irrigação tem sido empregado com relativo sucesso no projeto do Formoso, Estado de Tocantins.

Cada um dos sistemas de irrigação citados apresenta vantagens e desvantagens que devem ser analisados de forma conveniente, antes de decidir por um deles. Diversos

fatores interferem nessa decisão, sendo o custo, sem dúvida, um dos mais importante deles.

Quadro 1A - Sensibilidade do VPL em relação às variáveis inputs, projeto sem irrigação

Rank	Input/Cell	Coefficiente
#9=	Transporte interno	2,03E-02
#8=	Herbicida 1	-2,05E-02
#7=	Herbicida 2	-2,55E-02
#6=	Uréia	-0,02986
#5=	Herbicida 3	-3,00E-02
#4=	Semente Híbrida	-4,92E-02
#3=	Colheita Mecânica	-4,94E-02
#2=	Adubo	-0,17367
#1=	Preço do milho	0,809814

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2A - Sensibilidade do VPL em relação às variáveis inputs, projeto com irrigação

Rank	Input/Cell	Coefficiente
#12=	Hercida1	-1,18E-02
#11=	Transporte interno	-1,22E-02
#10=	Mão-de-obra	-1,29E-02
#9=	Herbicida2	-1,56E-02
#8=	Herbicida 3	-1,80E-02
#7=	Uréia	-1,83E-02
#6=	Semente híbrida	-2,92E-02
#5=	Colheita mecânica	-3,01E-02
#4=	Adubo	-0,10351
#3=	Energia Elétrica	-0,14852
#2=	Pivô Central	-0,53518
#1=	Preço do Milho	0,836582

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro A3 - Identificação das distribuições de probabilidade e valores, em reais, dos parâmetros de cada variável, para 100 ha

Variáveis	Distribuição de probabilidade	Parâmetros (mínimo, médio, máximo)
Herbicida1	Triangular	(4.000;4.100;4.200)
Transporte interno	Triangular	(2.100;2.250;2.300)
Mão-de-obra do Pivô	Triangular	(600;778;800)
Herbicida 2	Triangular	(1.000;1.200;1.250)
Herbicida 3	Triangular	(7.500;7.700;7.800)
Uréia	Triangular	(5500;5600;5800)
Semente híbrida	Triangular	(6.000;6.300;6.500)
Colheita mecânica	Triangular	(6.200;6.500;6.700)
Adubo	Triangular	(21.000;21.500;22.700)
Energia elétrica	Triangular	(12.148,8;13.492,2;14.812,2)
Pivô central	Triangular	(130.000;150.000;170.000)
Preço do milho (t)	Triangular	(120;180;250)

Quadro 4A - Distribuição de frequência para a TIR do projeto sem irrigação

	TIR	Probabilidades
#1=	5.00	0.003
#2=	5.10	0.009
#3=	5.21	0.014
#4=	5.32	0.028
#5=	5.42	0.025
#6=	5.53	0.035
#7=	5.65	0.046
#8=	5.76	0.075
#9=	5.88	0.081
#10=	6.00	0.081
#11=	6.12	0.092
#12=	6.24	0.123
#13=	6.37	0.125
#14=	6.49	0.098
#15=	6.62	0.072
#16=	6.76	0.051
#17=	6.89	0.02
#18=	7.03	0.014
#19=	7.17	0.005
#20=	7.31	0.003

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 5A - Distribuição de frequência para a TIR do projeto com irrigação

	TIR	Probabilidades
#1=	25.01	0,005
#2=	25.52	0,006
#3=	26.04	0,015
#4=	26.58	0,023
#5=	27.12	0,022
#6=	27.67	0,051
#7=	28.24	0,066
#8=	28.81	0,073
#9=	29.40	0,088
#10=	30.00	0,077
#11=	30.60	0,066
#12=	31.21	0,095
#13=	31.84	0,104
#14=	32.47	0,088
#15=	33.12	0,067
#16=	33.78	0,071
#17=	34.46	0,04
#18=	35.15	0,022
#19=	35.85	0,014
#20=	36.57	0,006
#21=	37.30	0,002

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 6A - Fluxo de caixa da cultura do milho sem irrigação, 100 ha

Descrição	Ano					
	Unid.	Quant.	1	2	3	15
<b>A - ENTRADAS: Receitas</b>			108000	108000	108000	108000
Valor da produção	R\$		108000	108000	108000	108000
Preço do milho (t)	R\$/t		180,00	180,00	180,00	180,00
Produção (t/ha)	kg/ha		6	6	6	6
Valor residual	R\$		0	0	0	0
Subsídios recebidos	R\$		0	0	0	0
Valor dos subprodutos	R\$		0	0	0	0
<b>B - SAIDAS: Custos</b>			297.676,00	87.567,33	87.567,33	87.567,33
<b>1. Investimentos em infra-estrutura e equipamentos</b>			210,100,00	0	0	0
<b>1. INSUMOS</b>			64,185	64,185	64,185	64,185
1.1 Recuperação de solos			400	400	400	400
1.1.1 Calcário dolomítico	t	2,0(4.a)	400	400	400	400
1.2. Preparo do solo, plantio e manutenção			63,785	63,785	63,785	63,785
1.2.1. Semente híbrida	kg	18,0	18,800	18,800	18,800	18,800
1.2.2. Fórmula 08-28-16	kg	450,0	21,730,00	21,730,00	21,730,00	21,730,00
1.2.3. Uréia	kg	180,0	5,630,00	5,630,00	5,630,00	5,630,00
1.2.4. Herbicida 1 (ROUNDUP)	l	4,0	4,100,00	4,100,00	4,100,00	4,100,00
1.2.5. Herbicida 2 (2,4 D)	l	1,0	1150	1150	1150	1150
1.2.6. Herbicida 3 (PRIMAIZ)	l	7,0	7,746,67	7,746,67	7,746,67	7,746,67
1.2.7. Espalhante adesivo (Herbitencil)	l	1,0	440,00	440,00	440,00	440,00
1.2.8. Inseticida 1 (THIODAN)	l	0,6	840,00	840,00	840,00	840,00
1.2.9. Inseticida 2 (LANNATE)	l	0,6	780,00	780,00	780,00	780,00
1.2.10. Inseticida 3 (POUNCE)	l	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
1.2.11. Inseticida 4 (ALSISTIN)	kg	0,1	706,00	706,00	706,00	706,00
1.2.12. Inseticida 5 (FURADAN)	l	0,4	1,512,00	1,512,00	1,512,00	1,512,00
1.2.13. Formicida (MIREX)	kg	0,5	350,00	350,00	350,00	350,00
1.2.14. Sacaria	ud	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2. Serviços</b>			23,382,33	23,382,33	23,382,33	23,382,33
2.1. Conservação e preparo do solo e plantio			4,736,00	4,736,00	4,736,00	4,736,00
2.1.1. Dessecação	h/d	0,5	759,00	759,00	759,00	759,00
2.1.2. Tratamento de sementes			75,00	75,00	75,00	75,00
2.1.3. Plantio direto	h/h	0,3	3,618,00	3,618,00	3,618,00	3,618,00
2.1.4. Distribuição de calcário	h/H	0,5	284	284	284	284
2.2. Tratos culturais			4092	4092	4092	4092
2.2.1. Aplicação herbicida 1	h/p	0,3	759	759,00	759,00	759,00
2.2.2. Aplicação herbicida 2	h/p	0,3	759	759,00	759,00	759,00
2.2.3. Adubação de cobertura (uréia)	h/p	0,5	981	981,00	981,00	981,00
2.2.4. Aplicação inseticida 1	h/p	0,3	759	759,00	759,00	759,00
2.2.5. Aplicação inseticida 2	h/p	0,3	759	759,00	759,00	759,00
2.2.6. Combate formiga	h/H	0,5	75	75,00	75,00	75,00
2.4 Colheita			8,683,33	8,683,33	8,683,33	8,683,33
2.4.1. Colheita mecânica	h/c	1,0	6,467	6,467,00	6,467,00	6,467,00
2.4.2. Transporte interno	h/t	1,0	2,217	2,217,00	2,217,00	2,217,00
2.5. Administração			2,924	2,924,00	2,924,00	2,924,00
2.5.1. Mão-de-obra administrativa	R\$/ha	7,0	695	695,00	695,00	695,00
2.5.2. Assistência técnica	R\$/ha	0,81	81	81,00	81,00	81,00
2.5.3. Contábil/escritório	R\$/ha	1,62	162	162,00	162,00	162,00
2.5.4. Conservação/depreciação			713	713,00	713,00	713,00
2.5.5. Viagens	R\$	0,26	26	26,00	26,00	26,00
2.5.6. Impostos e taxas			1,247	1,247,00	1,247,00	1,247,00
2.6. Pós-colheita			2,947	2,947,00	2,947,00	2,947,00
2.6.1. Recebimento	h/H	6,8	313	313,00	313,00	313,00
2.6.2. Pré-limpeza	h/H	6,8	1,204	1,204,00	1,204,00	1,204,00
2.6.3. Secagem	h/H	6,8	408	408,00	408,00	408,00
2.6.4. Pesagem	h/H	6,8	224	224,00	224,00	224,00
2.6.5. Descarga	h/H	6,8	204	204,00	204,00	204,00
2.6.6. Armazenagem	h/H	6,8	326	326,00	326,00	326,00
2.6.7. Taxa administrativa	h/H	6,8	268	268,00	268,00	268,00
<b>C - FLUXO LÍQUIDO (A-B)</b>			-189,676,00	20,433,00	20,433,00	20,433,00

Quadro 7A - Fluxo de caixa da cultura do milho irrigado, 100 ha

Descrição	Ano						
	Unid.	Quant.	1	2	3	...	15
<b>A - ENTRADAS: Receitas</b>			216.000	216.000	216.000	...	216.000
Valor da produção	R\$		216.000	216.000	216.000	...	216.000
Preço do milho (t)	R\$		180.00	180.00	180.00	...	180.00
Produção (t/ha)	kg		12	12	12	...	12
Valor residual	R\$		0	0	0	...	0
Subsídios recebidos	R\$		0	0	0	...	0
Valor dos subprodutos	R\$		0	0	0	...	0
<b>B - SAIDAS: Custos</b>			517.729,80	123.693,00	123.693,00	...	123.693,00
<b>1. Investimento em sistema de irrigação</b>			183.936,8	0	0	...	0
1.1. Pivô central			150.000,00	0	0	...	0
1.2. Requisitos de infra-estrutura			33.936,80	0	0	...	0
1.2.1. Estação de bombeamento	m	1	2.635,50	0	0	...	0
1.2.2. Base de concreto pivô	m	1	1.314,80	0	0	...	0
1.2.3. Valeta para tubulação	m	1	2.967,00	0	0	...	0
1.2.4. Estradas auxiliares	m	1	20.430,00	0	0	...	0
1.2.5. Rede elétrica e transformadores			6.589,50	0	0	...	0
1.3. Investimentos em infra-estrutura e equipamentos			210.100,00	0	0	...	0
<b>2. Custos operacionais</b>			123.693,00	123.693,00	123.693,00	...	123.693,00
2.1. Sistema de irrigação	h	21,6	36,126	36,126	36,126	...	36,126
2.1.1. Energia	h	21,6	13.484,00	13.484,00	13.484,00	...	13.484,00
2.1.2. Mão-de-obra	h	21,6	726,00	726,00	726,00	...	726,00
2.1.3. Pivô central			21.916,00	21.916,00	21.916,00	...	21.916,00
<b>3. Insumos</b>			64,185	64,185	64,185	...	64,185
3.1. Recuperação de solos			400,00	400,00	400,00	...	400,00
3.1.1. Calcário dolomítico			400,00	400,00	400,00	...	400,00
3.2. Preparo do solo, plantio e Manutenção	t	2,0	63,785	63,785	63,785	...	63,785
3.2.1. Semente híbrida	kg	18,0	18,800	18,800	18,800	...	18,800
3.2.2. Fórmula 08-28	kg	450,0	21.730,00	21.730,00	21.730,00	...	21.730,00
3.2.3. Uréia	kg	180,0	5.630,00	5.630,00	5.630,00	...	5.630,00
3.2.4. Herbicida 1 (ROUNDUP)	l	4,0	4.100,00	4.100,00	4.100,00	...	4.100,00
3.2.5. Herbicida 2 (2,4 D)	l	1,0	1150	1150	1150	...	1150
3.2.6. Herbicida 3 (PRIMAIZ)	l	7,0	7.746,67	7.746,67	7.746,67	...	7.746,67
3.2.7. Espalhante Adesivo (Herb-tencil)	l	1,0	440,00	440,00	440,00	...	440,00
3.2.8. Inseticida 1 (THIODAN)	l	0,6	840,00	840,00	840,00	...	840,00
3.2.9. Inseticida 2 (LANNATE)	l	0,6	780,00	780,00	780,00	...	780,00
3.2.10. Inseticida 3	l	0,0	0,00	0,00	0,00	...	0,00
3.2.11. Inseticida 4 (ALSISTIN)	kg	0,1	706,00	706,00	706,00	...	706,00
3.2.12. Inseticida 5 (FURADAN)	l	0,4	1.512,00	1.512,00	1.512,00	...	1.512,00
3.2.13. Formicida (MIREX)	kg	0,5	350,00	350,00	350,00	...	350,00
<b>4. Serviços</b>			23.382,33	23.382,33	23.382,33	...	23.382,33
4.1. Conservação, preparo do solo e plantio			4.736,00	4.736,00	4.736,00	...	4.736,00
4.1.1. Dessecação	h/h	0,3	759,00	759,00	759,00	...	759,00
4.1.2. Tratamento de sementes	h/H	0,5	75,00	75,00	75,00	...	75,00
4.1.3. Plantio direto	h/p	1,0	3.618,00	3.618,00	3.618,00	...	3.618,00
4.1.4. Distribuição de calcário	h/H	0,5	284,00	284,00	284,00	...	284,00
4.2. Tratos culturais			4.092,00	4.092,00	4.092,00	...	4.092,00
4.2.1. Aplicação herbicida 1	h/p	0,3	759,00	759,00	759,00	...	759,00
4.2.2. Aplicação herbicida 2	h/p	0,3	759,00	759,00	759,00	...	759,00
4.2.3. Adubação de cobertura (uréia)	h/p	0,5	981,00	981,00	981,00	...	981,00
4.2.4. Aplicação inseticida 1	h/p	0,3	759,00	759,00	759,00	...	759,00
4.2.5. Aplicação inseticida 2	h/p	0,3	759,00	759,00	759,00	...	759,00
4.2.6. Combate formiga	h/H	0,5	75,00	75,00	75,00	...	75,00
4.3. Colheita	h/H	0,5	8.683,33	8.683,33	8.683,33	...	8.683,33
4.3.1. Colheita mecânica	h/c	1,0	6.467,00	6.467,00	6.467,00	...	6.467,00
4.3.2. Transporte interno	h/t	1,0	2.217,00	2.217,00	2.217,00	...	2.217,00

Quadro 7A, Cont.

Descrição	Ano
-----------	-----

	Unid.	Quant.	1	2	3	....	15
4.4. Administração			2.924,00	2.924,00	2.924,00	....	2.924,00
4.4.1. Mão-de-obra administrativa	R\$/ha	1,67	695,00	695,00	695,00	....	695,00
4.4.2. Assistência técnica	R\$/ha	0,10	81,00	81,00	81,00	....	81,00
4.4.3. Contábil	R\$/ha	0,39	162,00	162,00	162,00	....	162,00
4.4.4. Conservação/depreciação		100%	713,00	713,00	713,00	....	713,00
4.4.5. Viagens	R\$/ha	0,07	26,00	26,00	26,00	....	26,00
4.4.6. Impostos e taxas		100%	1.247,00	1.247,00	1.247,00	....	1.247,00
4.5. Pós-colheita			2.947,00	2.947,00	2.947,00	....	2.947,00
4.5.1. Recebimento	h/H	6,8	313,00	313,00	313,00	....	313,00
4.5.2. Pré-limpeza	h/H	6,8	1.204	1.204	1.204	....	1.204
4.5.3. Secagem	h/H	6,8	408,00	408,00	408,00	....	408,00
4.5.4. Pesagem	h/H	6,8	224,00	224,00	224,00	....	224,00
4.5.5. Descarga	h/H	6,8	204,00	204,00	204,00	....	204,00
4.5.6. Armazenagem	h/H	6,8	326,00	326,00	326,00	....	326,00
4.5.7. Taxa administrativa	h/H	6,8	268,00	268,00	268,00	....	268,00
<b>C - FLUXO LÍQUIDO (A-B)</b>			<b>-301.729,80</b>	<b>92.307,00</b>	<b>92.307,00</b>	<b>....</b>	<b>92.307,00</b>