

Risco econômico do feijão irrigado no Rio Grande do Sul

Carmen Ilse Jobim
Juvir Mattuella
José Antônio Louzada

RESUMO: A lavoura empresarial irrigada de feijão, da região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul (RS), responde por 30 % da produção total de grãos de feijão do RS. Essa atividade é considerada de risco devido às grandes oscilações da produção e do mercado. O objetivo deste trabalho foi analisar - através do método de Monte Carlo - a viabilidade da cultura do feijão irrigada, por pivô central, sob várias condições de risco econômico, numa propriedade situada na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos a partir do perfil dos cenários de risco - avaliados pela distribuição da probabilidade da Taxa Interna de Retorno (*TIR*) - mostraram que a variação da depreciação do pivô e a variação da tarifa da energia elétrica consumida no sistema de irrigação não acarretam risco de inviabilizar a prática da irrigação do feijão. Por outro lado, com a regulamentação da cobrança pelo uso da água, com a tarifa de consumo fixada em R\$ 0,02 m⁻³, acarreta um risco de 4,09 % de inviabilizar economicamente a irrigação do feijão. Já, com a tarifa de R\$ 0,04 m⁻³ inviabiliza em 100 % a irrigação da lavoura do feijão. A variação dos preços do kg de feijão recebidos pelo produtor tem um risco de inviabilizar o investimento da ordem de 1,1 %. A variação nos rendimentos, atribuída à irrigação, representa um risco de 30,85 % de inviabilizar a prática da irrigação na lavoura do feijão, classificando a viabilidade do investimento em 69,15 %.

PALAVRAS-CHAVE: Risco, Irrigação, *Phaseolus vulgaris* L., *TIR*, Monte Carlo, tarifa, água, energia elétrica, preços, rendimento, depreciação.

ABSTRACT: It has been performed in beans cropped area of the Planalto Medio, using the central-pivot system and being responsible for 30% of the local beans crop yield. This It is classified like sensible activity owing to great yields and marked things. The purpose of this work was to estimate the economic viability of the central-pivot irrigation system on variable economic conditions for a Planalto Medio farm in the State of Rio Grande do Sul through the Monte Carlo method. By the select sceneries risk profile get by the probability distribution of the Internal Rate of Return (*TIR*) occurrence, the fluctuation of the irrigation equipment useful life and the alteration on electric energy duties of the consumer unit didn't generate risk to the economical viability of beans irrigation; the regulation of the water use encashment for water duty consume at R\$ 0,02 get a economic viability risk for 4,09 % and water duty at R\$ 0,04 comes the project 100 % no viable. The changes in product prices get a no viable risk for 1,1 % and the variation on irrigation grain yields give a 30,85 % risk at the infeasibility of the beans irrigation practice.

KEY WORDS: Risk, irrigation, *Phaseolus vulgaris* L., *TIR*, Monte Carlo, water duty, energy duty, prices, grain yields, useful life.

INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro, destacada no Rio Grande do Sul (RS) por sua importância econômica e social, tem apresentado baixa produtividade e grandes oscilações de produção ao longo dos anos. Conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006), a média Estadual de rendimento de

grãos dos últimos 15 anos foi de 780 Kg por hectare e, por sua vez, a produção anual variou de 99 a 199 mil toneladas, no período de 1991 a 1995. Essas oscilações são, em grande parte, atribuídas à pouca tolerância do feijoeiro a déficits hídricos severos, classificado por Guimarães et al. (1996) como muito sensível ao estresse hídrico, por deficiência ou excesso.

* Este trabalho é parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS

O uso da irrigação em lavouras de feijão, visando a minimizar os efeitos do déficit hídrico, vem ocorrendo em algumas regiões produtoras do Estado, nas áreas da grande lavoura do Planalto Médio do RS, como alternativa de rotação na produção de semente de milho híbrido, em sistema de plantio direto, irrigado por pivô central (Dilly, 2006). Conforme Jobim (2007), trabalhando com a estimativa do requerimento líquido de irrigação suplementar e do rendimento de grãos ocorridos nas safras e safrinhas do feijoeiro entre os anos 1985 e 2004, na região ecológica do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, deficiências hídricas afetaram o rendimento em todos os anos avaliados. As reduções obtidas variaram entre 2 e 28 % na safra e entre 1 a 15 % na safrinha, gerando perdas anuais variando entre 4 a 39 % da produção de grãos. Também conforme os resultados da simulação realizada, os somatórios anuais da lâmina diária líquida, requerida de irrigação suplementar para safra e safrinha, do período 1985-2004, variaram entre 140 a 300 mm ano⁻¹ na safra, entre 130 a 270 mm ano⁻¹ na safrinha e entre 300 a 500 mm ano⁻¹ considerando as duas safras.

De acordo com Kirpich et al. (1999), o crescimento da agricultura irrigada nos países em desenvolvimento requer uma investigação ampla dos planejadores, considerando, além dos fatores hidrológicos e ambientais, outras questões, como a análise econômica dos projetos. A viabilidade dos empreendimentos de irrigação pode ser adequadamente avaliada através da análise econômica do projeto. A abordagem determinística, tradicional da análise econômica, assume que um único valor para as variáveis do modelo é conhecido com certeza. No entanto, a eficácia da decisão de aceitar ou rejeitar um projeto depende das informações a que tem acesso o decisor e da capacidade de avaliar as incertezas, considerando que os rendimentos futuros são incertos. A solução para os problemas da incerteza do investimento exige metodologias que levem em conta as incertezas e a conduta do decisor, preenchendo as lacunas deixadas pela análise determinística. Para Marchetti (1995), a abordagem probabilística constitui uma alternativa para a solução do problema, na medida em que o julgamento toma a forma de uma distribuição de probabilidades das medidas de mérito do investimento. Esta distribuição sintetizará o risco de todo o empreendimento.

O risco pode ser medido estatisticamente de várias maneiras. Uma medida é a partir da variação da distribuição das probabilidades dos futuros do

investimento em avaliação. Quanto menor a dispersão da distribuição das probabilidades, menor o risco. A variância e o desvio padrão da distribuição de uma medida de valor do investimento medem a dispersão da distribuição, enquanto que a média ou o valor esperado quantifica o risco associado. Assim, a área da distribuição de probabilidades à esquerda do valor esperado representará a chance de perda, ou seja, o risco.

O coeficiente de variação é outra medida do risco, onde os menores valores de coeficiente de variação corresponderão aos menores riscos. As distribuições das probabilidades das variáveis aleatórias da análise econômica podem apresentar-se de várias formas. As mais usualmente encontradas são: a distribuição normal, a distribuição triangular e a distribuição uniforme. Conforme descrito por Frizzone (2005) cada uma dessas distribuições apresenta uma função densidade de probabilidade e a função de distribuição correspondente, estabelecidas a partir do valor esperado ou valor médio que medem a tendência central, e da variância e do desvio padrão. As distribuições triangular e uniforme são muito utilizadas nas questões agrárias e de economia, por sua simplicidade de cálculo e por necessitarem poucos dados de cada evento (Souza, 2001). Vários modelos foram desenvolvidos para o tratamento do risco em análises de investimentos, sendo alguns deles considerados bem sucedidos enquanto outros, muito simplificados ou excessivamente teóricos.

Os modelos de simulação de dados permitem o cálculo de diferentes combinações prováveis de ocorrer e tem como resultado uma distribuição de frequência do desempenho e a sua variância traduzindo o risco. Sua grande vantagem é informar a variação da rentabilidade do projeto no intervalo de tempo considerado, incluindo o valor mais provável, facilitando a definição da chance de insucesso, bem como comparar alternativas baseando-se nas variabilidades de seu retorno.

Um exemplo bastante utilizado de modelo de simulação é o método de Monte Carlo (Fischman, 1996). Monte Carlo é um modelo estatístico utilizado em simulações estocásticas com diversas aplicações em áreas como a física, matemática e biologia. Consiste em simular modelos matemáticos por meio de recursos estatísticos. O princípio básico dessa técnica está em que a frequência relativa de ocorrência de certo fenômeno tende a aproximar-se da probabilidade de ocorrência desse mesmo fenômeno, quando a experiência é repetida muitas vezes,

com os eventos assumindo valores aleatórios dentro dos limites mínimo e máximo estabelecidos (Hertz, 1987). Este modelo tem sido utilizado, há bastante tempo, como forma de obter aproximações numéricas de funções complexas e envolve a geração de observações de alguma distribuição de probabilidades e o uso da amostra obtida para aproximar a função de interesse (Noronha e Latapia 1988). Baseando-se na comparação de números randômicos com uma determinada função densidade acumulada, permite a geração de outros valores a partir de um número aleatório associado à distribuição de probabilidade de cada variável, num intervalo fechado de 0 a 1 e tem como resultado uma distribuição das frequências dos valores simulados.

A simulação de Monte Carlo tem sido empregada na análise de risco de projetos agrícolas de várias naturezas, como na avaliação de custos de produção do sorgo sacarino (Porto et al., 1985), de laranja (Brunelli, 1990), na fruticultura (Ponciano et al., 2004); em projetos pecuários, na avaliação do sistema de produção a pasto de bovinos (Peres et al., 2004) e avícola (Shirota et al., 1987; Araújo e Marques, 1997); na avaliação da viabilidade do uso da irrigação na cultura do café (Souza, 2001), do feijão-caupi (Mousinho, 2005), da cana-de-açúcar e do tomate (Marques, 2005).

O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade da cultura do feijão irrigada sob várias condições econômicas numa propriedade situada na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de risco econômico foi realizada considerando valores de custos e benefícios de uma lavoura de feijoeiro, a partir das estimativas do rendimento relativo de grãos e dos dados da demanda de irrigação suplementar de 20 conjuntos anuais - safra e safrinha – calculados por Jobim (2007). Os dados econômicos para a execução da avaliação foram levantados na Fazenda Itaíba, situada no município de Santa Bárbara do Sul, que produz feijão irrigado, com alta tecnologia de produção, e adota o sistema de irrigação por pivô central. A identificação e as especificações técnicas da Fazenda Itaíba utilizadas na análise, bem como as características do equipamento de irrigação e seu valor, estão expressas em Jobim et al. (2009).

Foram estabelecidas cinco eventualidades consideradas possíveis causadoras de risco: **Cobrança pelo**

uso da água da irrigação; variação do valor residual do equipamento de irrigação; variação dos preços do kg de feijão recebidos pelo produtor; variação da tarifa da energia elétrica; e, variação na produção de grãos. O perfil do risco associado a cada cenário simulado foi obtido quantificando a distribuição da probabilidade de ocorrência das **TIR** calculadas para os cinco cenários, através da simulação de Monte Carlo.

Cenário 1 - Cobrança pelo uso da água da irrigação: Para a configuração do cenário foi incluído nos custos da irrigação (C_w), o custo da água ($C_{\text{água}}$) calculado através da equação:

$$C_w = CMO + C_{\text{energia}} + CMCR + C_{\text{água}} \quad (1)$$

Onde, o custo da mão-de-obra (CMO), em (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹), foi estimado, conforme Marques (2005), por:

$$CMO = \sum_{\text{dias-irrigados}=1}^n \left\{ \frac{S}{240} \left[1 + \left(\frac{\text{Férias} + T + \text{INSS} + \mathbf{I}}{100} \right) \right] H \right\} \quad (2)$$

Onde, S é o salário do irrigante (R\$ mês⁻¹); 240 corresponde às horas de trabalho por mês; *Férias* é o encargo pago relativo a férias em percentagem do salário (%); T é o encargo pago relativo ao 13º salário em percentagem do salário (%); *INSS*; \mathbf{I} é o encargo pago relativo ao INSS sobre o 13º salário em percentagem do salário (%) e H é o tempo de trabalho necessário por hectare e por irrigação realizada (hora ha⁻¹ irrigação⁻¹), calculado a partir do volume de irrigação bruto diário estimado. As despesas com manutenção, conservação e reparos do equipamento de irrigação ($CMCR$) e os custos da energia elétrica (C_{energia}) foram adaptados de Marques (2005) por;

$$CMCR = 0,03V_i \quad (3)$$

Onde, V_i é o valor inicial do investimento e

$$C_{\text{energia}} = De + Ccee \left(\frac{0,92}{\cos \varphi} \right) \quad (4)$$

Onde,

$$Ccee = [Hd(1 - De) + H_s] TcP0,73259(1 + ICMS) \quad (5)$$

Sendo, $Ccee$ o custo de consumo de energia elétrica anual (R\$ ano⁻¹ ha⁻¹) calculado prevendo tarifação verde para as horas com desconto, prevista na Resolução nº 456 (Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL, 2000) e valor estabelecido na RE-

SOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA ANEEL Nº 234 DE 18/10/2005; *Hd* as horas com desconto (21 h 30 min às 6 h) conforme a Resolução nº 234 (ANNEEL, 2005) e *Hs* as horas sem desconto, calculadas a partir do volume de irrigação bruto diário; *De* o desconto com base na Resolução nº 207 (ANNEEL, 2006) (em decimal) e *Tc* a tarifa de consumo (R\$ KWh) baseada na Resolução nº 234 (ANEEL, 2005) e

$$Da = [(12 - M)0,1 + M]TdP0,73259(1 + ICMS) \quad (6)$$

Sendo, *Da* o custo da demanda de energia elétrica anual (R\$ ano⁻¹ ha⁻¹); *M* os meses de operação do sistema de irrigação; *Td* a tarifa de demanda (R\$ KW⁻¹); *P* a potência do motor (cv ha⁻¹); *ICMS* o imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços cobrado na região.

O custo do consumo da água para irrigação (*C_{água}*) foi calculado conforme Souza (2001) por:

$$C_{água} = (Vol_{irr} \cdot T_a + A_c \cdot T_f) \cdot (1 + ICMS) \quad (7)$$

Sendo, *Vol_{irr}* o volume bruto anual gasto de águas para irrigação; *A_c* a área cultivada e irrigada; *T_a* a tarifa cobrada pelo consumo de água para irrigação, *T_f* a tarifa fiscal pela demanda e *ICMS* o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços. Foram adotados valores para a tarifa de consumo de R\$ 0,02 e R\$ 0,04 m⁻³, conforme sugere o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (Rio Grande do Norte, 2006). Para tarifa fiscal de demanda foi adotado o valor de R\$ 0,22 ha⁻¹ sugerido por Souza (2001).

Com os valores de custo da irrigação calculados para cada uma das tarifas de consumo, foi, então, realizada a análise de risco, simulando eventos de fluxos de caixa considerando os valores máximo, mínimo e médio do custo do consumo da água. A simulação dos valores aleatórios foi realizada através do método de Monte Carlo, conforme Frizzone (2005), aplicando a distribuição de probabilidades triangular, com os seguintes passos: (1) geração de 1.000 números aleatórios para cada um dos 20 anos avaliados; (2) cálculo do valor de *r** a partir dos valores mínimo (*a*), máximo (*b*) e médio (*m*) do custo do consumo da água, por:

$$r^* = \frac{m - a}{b - a} \quad (8)$$

(3) cálculo das simulações dos custos do consumo da água para cada número aleatório gerado:

para $r_i < r^*$,

$$CA_{simulado_i} = a + \sqrt{r_i(b-a)(b-m)} \quad (9)$$

sendo *CA_{simulado}* o custo do consumo de água simulado e *r_i* o número aleatório gerado.

para $r_i > r^*$,

$$CA_{simulado_i} = b - \sqrt{(1-r_i)(b-a)(b-m)} \quad (10)$$

para $r_i = r^*$,

$$CA_{simulado_i} = m \quad (11)$$

A *TIR* foi calculada, conforme Frizzone (2005), por:

$$VPL_i = -V_i + \sum_{k=1}^n \frac{F_k}{(1+j^*)^k} = 0 \quad (12)$$

Onde, *j** é a *TIR*, para $k = 1, 2, 3, \dots, n$. A solução desta equação foi obtida através da ferramenta *solver* disponível no programa Microsoft Office Excel 2003. Foram calculadas as *TIR* para cada uma das 1.000 séries de 20 anos de fluxo de caixa, simulado para cada valor de tarifa de consumo e quantificada a distribuição da probabilidade de ocorrência dos eventos *n(X)* e a distribuição acumulada *F(X)* e, calculados o valor esperado e o desvio padrão, conforme Steel e Torrie (1980).

O histograma da distribuição da frequência evidencia graficamente a simetria ou assimetria da distribuição. A avaliação da assimetria da curva é realizada através da relação entre a média, a mediana e a moda, onde, se a Média = Mediana = Moda, a curva da distribuição é simétrica; se a Média < Mediana < Moda, a curva da distribuição tem assimetria negativa; se a Média > Mediana > Moda, a curva da distribuição tem assimetria positiva. O coeficiente de assimetria (*AS*) foi calculado pela fórmula do primeiro coeficiente de Pearson

$$AS = \frac{m - mo}{\sigma} \quad (13)$$

Onde, *m* é a média das *TIR* obtidas ou o Valor Esperado; *mo* é a moda e *σ* é o desvio padrão.

Na avaliação do cenário, o desvio padrão da distribuição da *TIR* mede a dispersão da distribuição, enquanto que a média ou o valor esperado quan-

tificam o risco associado e a área da distribuição de probabilidades à esquerda do valor esperado representa o risco. A probabilidade de inviabilidade da irrigação neste cenário de que a *TIR* seja menor que a *TMA* adotada de 6 %, corresponde à área sob a curva normal padrão para $Z = -z$, representada por $\Pr(Z \geq -z)$ (Frizzone, 2005) onde,

$$Z = \frac{0,06 - m}{\sigma} \quad (14)$$

Cenário 2 - Variação do valor residual do equipamento de irrigação: Foi admitida variação no valor residual do investimento (V_r), resultante da possibilidade de variação da longevidade do equipamento de irrigação (N). A análise de risco foi realizada a partir da simulação de 1.000 valores aleatórios gerados através do método de Monte Carlo, conforme descrito no cenário 1. Para simular os valores residuais foram calculados os valores máximo, mínimo e médio do valor residual do investimento (V_r) fazendo variar a longevidade do equipamento de irrigação (N) entre 15 e 25 anos (CONAB, 2005) por:

$$V_r = V_i - (Dep_a \times N) \quad (15)$$

Sendo, Dep_a a depreciação anual obtida por:

$$Dep_a = h_{ua} \times Dep_h \quad (16)$$

Onde, h_{ua} são as horas de uso anual e Dep_h a depreciação horária, considerando 2.000 horas de uso anual e depreciação horária de R\$ 5,42.

Igualmente ao cenário 1, para cada valor residual obtido, foi então recalculado o fluxo de caixa da equação e calculadas as *TIR* para cada uma das 1.000 séries de fluxo de caixa simulada. A seguir, foi quantificada a distribuição da probabilidade de ocorrência dos eventos e definida a tabela de frequências. Depois, foram calculados o valor esperado e o desvio padrão e foram avaliados, a simetria da distribuição, o risco e a probabilidade de inviabilidade.

Cenário 3 - Variação dos preços do kg de feijão recebidos pelo produtor: Para a configuração do cenário, foi admitida variação nos preços recebidos pelo produtor entre janeiro de 1995 e dezembro de 2005 no rio Grande do Sul (Emater, 2006). A análise de risco foi realizada simulando eventos de fluxos de caixa considerando os valores máximo, mínimo

e médio ocorridos no preço do feijão (P) utilizados na equação.:

$$\sum_{k=0}^n F_k = (P_k Y_{irrigação} - C_w)_1 + (P_k Y_{irrigação} - C_w)_2 + \dots + (P_k Y_{irrigação} - C_w + V_r)_n \quad (17)$$

Sendo, $Y_{irrigação}$ o rendimento atribuído à irrigação estimado; C_w é o efetivo custo operacional da irrigação. O valor residual do investimento (V_r) foi adicionado à receita do último período avaliado. A simulação dos valores aleatórios foi realizada através do método de Monte Carlo (Frizzone, 2005), aplicando a distribuição de probabilidades triangular, descrita no cenário 1. Foram calculadas as *TIR* para cada uma das 1.000 séries de 20 anos de fluxo de caixa simulado e quantificada a distribuição da probabilidade de ocorrência dos eventos. A partir da tabela de frequências obtida, foram calculados o valor esperado e o desvio padrão, bem como a simetria, o risco e a probabilidade de inviabilidade.

Cenário 4 - Variação da tarifa da energia elétrica:

Os valores das tarifas da energia elétrica consumida no sistema de irrigação foram variados considerando as possibilidades de a unidade consumidora adotar a tarifa verde ou a tarifação convencional, ou seja, com ou sem o desconto previsto nas Resoluções nº. 456 (ANEEL, 2000), nº. 234 (ANEEL, 2005) e nº. 207 (ANEEL, 2006). A análise de risco foi realizada simulando eventos de fluxos de caixa considerando os valores máximo, mínimo e médio do custo de consumo de energia elétrica anual (C_{eee}). O cálculo dos *VPL* e das *TIR* para cada uma das 1.000 séries de 20 anos de fluxo de caixa simulado foi realizado conforme descrito no cenário 1. Da mesma forma, a quantificação da distribuição da probabilidade de ocorrência dos eventos e os índices, valor esperado e o desvio padrão, foram obtidos e a simetria, o risco e a probabilidade de inviabilidade.

Cenário 5 - Variação na produção de grãos:

Para a configuração do cenário, foi usada a série de rendimento atribuído à irrigação ($Y_{irrigação}$), para o período de 1985 a 2004, visando definir os valores mínimo e máximo como parâmetros da amostra. Na análise de risco, os fluxos de caixa foram obtidos a partir da estimativa dos rendimentos atribuídos à irrigação ($Y_{irrigação}$) calculados através da simulação de Monte Carlo, aplicando a distribuição de probabilidades uniforme conforme Frizzone (2005): (a) geração de 1.000 números aleatórios (r_i) para cada um dos 20 anos avaliados e (b) cálculo das simulações rendimento atribuído à irrigação ($Y_{irrigação}$) para cada

número aleatório gerado a partir dos valores mínimo (a) e máximo (b), por:

$$Y_{(irrigação)_i} = a + r_i x(b - a) \quad (18)$$

Sendo, $Y_{(irrigação)_i}$ o rendimento simulado atribuído à irrigação. Conforme descritos nos cenários anteriores, foram calculadas as TIR para cada uma das 1.000 séries de 20 anos de fluxo de caixa simulado, quantificada a distribuição da probabilidade de ocorrência dos eventos e calculados o valor esperado e o desvio padrão. A verificação da assimetria da distribuição, a análise do risco e a probabilidade de inviabilidade foram realizadas de acordo com o descrito no cenário 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cenário 1 - Cobrança pelo uso da água de irrigação: Os valores da TIR obtidos com a cobrança da água para tarifa de consumo de R\$ 0,02.m⁻³ variaram de 5,50 a 7,90 %, quando o custo da água variou entre R\$ 131,00 e R\$ 205,00 ha⁻¹ ano⁻¹. O valor do desvio padrão obtido ($\sigma = 0,4\%$), evidencia a pequena dispersão dos valores da TIR . A Média, Mediana e Moda da TIR foram iguais a 0,067. A análise da probabilidade de inviabilidade da irrigação na eventualidade de que a cobrança da água com tarifa de R\$ 0,02.m⁻³ resultou em $-z = 1,743$, indicando que o investimento tem uma probabilidade de 4,09 % de ser inviável, estatisticamente, a 1 % de probabilidade. Esses resultados mostram ser o investimento 95,91 % viável, portanto com baixo risco com a tarifa de R\$ 0,02.m⁻³, desde que seus custos correspondam aos patamares avaliados neste estudo.

Observa-se na Figura. 1 e comprova-se pelo teste de simetria no qual a média = mediana = moda = 0,067, juntamente com o coeficiente de assimetria indicando $AS = 0$, que a curva da distribuição é simétrica.

Os valores da TIR obtidos com a cobrança da água para tarifa de consumo de R\$ 0,04.m⁻³ variaram de -1,20 a 1,00 %, quando o custo da água variou entre R\$ 221,00 e R\$ 355,00 ha⁻¹ ano⁻¹. O valor do desvio padrão obtido ($\sigma = 0,3\%$), evidencia a grande dispersão dos valores da TIR .

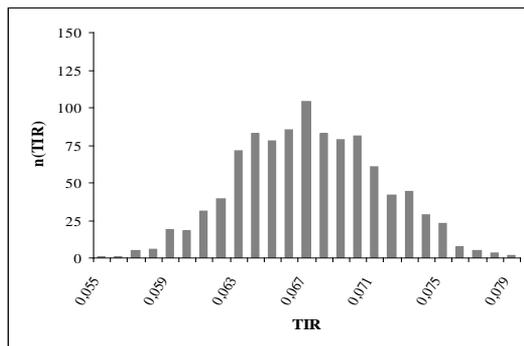


FIGURA 1. Distribuição das frequências absolutas, $n(TIR)$, dos valores da TIR através do método de simulação de Monte Carlo, considerando o custo da água estimado para tarifa de consumo de R\$ 0,02.m⁻³ para o período 1985 a 2004, Passo Fundo, RS

Pela análise de inviabilidade da irrigação, a cobrança da água pela tarifa de R\$ 0,04. m⁻³ resultou na probabilidade de ser 100 % inviável, na medida em que todas as possibilidades do valor da TIR foram inferiores à TMA de 6 %, indicando que a tarifa de R\$ 0,04 inviabiliza completamente o investimento em irrigação. Conforme pode ser observado na Figura 2, onde está representado o histograma da distribuição das frequências absolutas, bem como comprovado pelo teste de simetria em que a média = mediana = moda = 0,02 e pelo coeficiente de assimetria onde $AS = 0$, pode-se considerar que a curva da distribuição é simétrica.

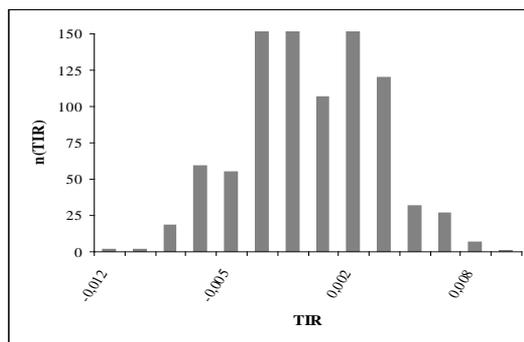


FIGURA 2. Distribuição das frequências absolutas, $n(TIR)$, dos valores da TIR através do método de simulação de Monte Carlo, considerando o custo da água estimado pela tarifa de consumo de R\$ 0,04 para o período 1985 a 2004, Passo Fundo, RS.

Esses resultados contradizem, em parte, a recomendação do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (Rio Grande do Norte, 2006) que considera valores da tarifa de consumo de água para irrigação entre R\$ 0,02m⁻³ e R\$ 0,04 m⁻³ assimiláveis pelos produtores, pelo menos no caso da produção de feijão.

Cenário 2 - Variação no valor residual do equipamento de irrigação: Foi considerado o valor residual do equipamento de irrigação oscilando entre o mínimo de R\$ 492,00 ha⁻¹ e o máximo de R\$ 1.861,00 ha⁻¹, correspondendo às alternativas de 25 a 15 anos de duração do equipamento com um valor médio correspondente a R\$ 1.177,00 ha⁻¹. Os valores calculados da *TIR* ficaram entre 11,50 e 12,20 % fazendo variar o valor residual do equipamento de irrigação de R\$ 492,42 a R\$ 1.861,11 ha⁻¹ ano⁻¹. A dispersão dos valores da *TIR* medida através do desvio padrão ($\sigma = 0,1$) foi muito pequena. O valor de $-z = 41,54$ obtido indica o investimento como 100 % viável estatisticamente. Tais resultados demonstram que a *TIR* não foi influenciada pela variação do valor residual do equipamento de irrigação, uma vez que os valores obtidos permaneceram no patamar de 12 %, valores superiores à *TMA* adotada, de 6 %. Conseqüentemente, a variação do valor residual do equipamento de irrigação, nos termos em que foi realizado este estudo, não acarreta risco de inviabilizar a prática da irrigação do feijão.

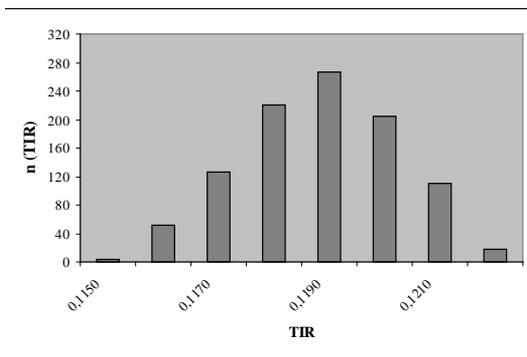


FIGURA 3. Distribuição das frequências absolutas, $n(TIR)$, dos valores da *TIR* simulados através do método de Monte Carlo, considerando a variação no valor residual do equipamento de irrigação nos fluxos de caixa, período 1985 a 2004, Passo Fundo, RS

O histograma da Figura 3 demonstra a simetria da curva de distribuição das frequências absolutas. Esta simetria pode ser confirmada pela igualdade observada entre a média, mediana e moda (0,119) e pelo coeficiente de assimetria com valor de $AS = 0$.

Cenário 3 - Variação do preço do kg de feijão recebido pelo produtor: O preço por kg de feijão, recebido pelo produtor, entre janeiro de 1995 e dezembro de 2005, variou entre R\$ 0,71 e R\$ 2,66, com média de R\$ 1,43. A partir das *TIR* calculadas para cada uma das 1.000 séries de 20 anos de fluxo de caixa simulados, foram quantificadas: a distribuição da frequência $n(TIR)$; da frequência acumulada $f(TIR)$; e da frequência relativa acumulada, também denominada distribuição empírica dos dados simulados $F(TIR)$. Os valores calculados da *TIR* ficaram entre 3,83 e 56,32 %, quando o preço do feijão recebido pelo produtor variou entre R\$ 0,71 e R\$ 2,66 kg⁻¹, respectivamente. A dispersão dos valores da *TIR* medida através do desvio padrão ($\sigma = 0,10$) foi pequena. Conforme a análise de inviabilidade da irrigação, na eventualidade de variação do preço recebido pelo produtor, foi testado o risco da *TIR* ser menor que a *TMA* adotada de 6 %, através do exame da área sob a curva normal padrão para $Z = -z$ onde $\Pr(Z \geq -z)$. O valor de $-z = 2,29$ indicou uma probabilidade de inviabilidade do investimento de 1,1 % correspondendo a uma avaliação estatística do investimento de 98,9 % viável. Os resultados mostram que, para o intervalo de preços avaliado, a variação do preço do kg de feijão recebido pelo produtor, nos termos em que foi realizado este estudo, acarreta risco muito pequeno de inviabilizar a prática da irrigação do feijão.

O histograma da distribuição das frequências absolutas (Figura 4) apresenta uma assimetria ou deformação desviada para a esquerda com cauda mais alongada à direita, indicando uma predominância de valores da *TIR* concentrados à esquerda. Evidencia, também, a grande concentração de frequências de valores da *TIR* em torno da média. O coeficiente de assimetria calculado de $AS = 0,066$ e a relação da média (0,2951) maior que mediana (0,2816), que é menor do que a moda (0,2883) confirma assimetria positiva da curva de distribuição da frequência da *TIR*.

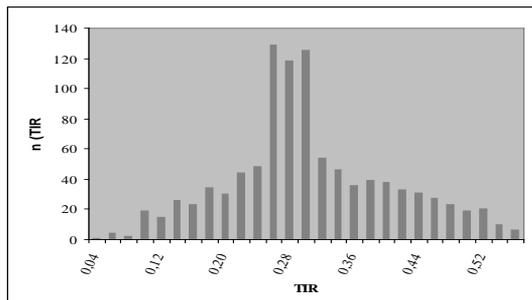


FIGURA 4. Distribuição das frequências absolutas, $n(TIR)$, dos valores da TIR simulados através do método de Monte Carlo, considerando o efeito da variação no preço do feijão recebido pelo produtor nos fluxos de caixa do período 1985 a 2004, Passo Fundo, RS

Cenário 4 - Variação da tarifa da energia elétrica: Os valores da tarifa de energia elétrica consumida no sistema de irrigação foram variados, considerando a possibilidade de a unidade consumidora adotar a tarifa verde ou a tarifação convencional, isto é, com ou sem o desconto previsto. O custo da demanda de energia elétrica anual, Da , calculado foi de R\$ 156,24, com desconto, e R\$ 173,60 sem desconto. O custo da energia elétrica, $C_{energia}$ variou entre R\$ 144,00 e R\$ 164,00, com média de R\$ 154,00. Os valores calculados da TIR ficaram entre 11,46 e 11,66 %, de acordo com a variação adotada do custo da energia elétrica. A dispersão dos valores da TIR medida através do desvio padrão ($\sigma = 0,04$) foi insignificante. A pequena variação na TIR , resultante da variação do custo de energia elétrica, é consequência do pouco peso que as horas com desconto (oito horas diárias) representam no total de horas que o pivô fica ligado, diariamente. No caso do estudo, o pivô, em cada dia de irrigação, leva um tempo de 20 h por volta para aspergir uma lâmina de 8mm. Pela análise da inviabilidade da irrigação, na eventualidade de variação da tarifa de energia elétrica, não houve risco da TIR atingir valores menores que a TMA adotada de 6 %. Pelo exame da área sob a curva normal padrão para $Z = -z$ onde $PR(Z \geq -z)$, o valor de $-z = 138$ obtido indicou que o investimento é estatisticamente viável com 100 % de probabilidade. Conforme demonstrado na Figura 5, do histograma da distribuição das frequências absolutas, a curva da distribuição das frequências da TIR é simétrica e confirmada pela igualdade entre a média, a mediana e a moda (0,1155), bem como pelo coeficiente de assimetria calculado em $AS = 0$.

Os resultados demonstram que, para os valores de custo de energia considerados, todos os valores obtidos da TIR permanecem acima do valor da taxa mínima de atratividade (TMA) adotada de 6 %. Conseqüentemente, a variação da tarifa da energia elétrica, nos limites em que foi realizado este estudo, não acarreta risco de inviabilizar a prática da irrigação do feijão.

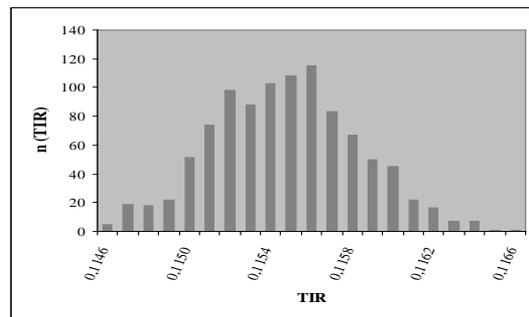


FIGURA 5. Distribuição das frequências absolutas, $n(TIR)$, dos valores da TIR simulados através do método de Monte Carlo, considerando o efeito da variação da tarifa da energia elétrica nos fluxos de caixa do período 1985 a 2004, Passo Fundo, RS

Cenário 5 - Variação na produção de grãos: Os resultados obtidos evidenciaram valores da TIR entre -1 e 15 %, quando os rendimentos atribuídos à irrigação ($Y_{irrigação}$) variaram entre 69 e 870 kg ha⁻¹. Conforme Souza (2001), apesar da contribuição da irrigação no incremento do rendimento, outros fatores fisiológicos e meteorológicos impedem que a produtividade da cultura seja uniforme ao longo dos anos. A produção fotossintética bruta máxima diária depende da densidade de fluxo de radiação solar global e da eficiência de conversão dessa energia radiante em energia química. Segundo Pla e Lopes (1998), o acúmulo de matéria seca de uma comunidade de plantas e, conseqüentemente, o crescimento e a produtividade da cultura do feijão dependem, diretamente, da intensidade de radiação solar e das temperaturas ocorrentes durante o ciclo. Para Almeida et al., (1988), enquanto a radiação solar elevada promove o crescimento vegetativo e aumenta a produção do feijoeiro, sob baixas densidades do fluxo radiante o crescimento e a produção são reprimidos drasticamente. No caso de anos chuvosos ou com alta nebulosidade

e menores intensidades de radiação, as taxas fotosintéticas são menores, o que afeta, diretamente, a produtividade.

Essa variação interanual observada na produção de grãos representou um risco de inviabilizar a prática da irrigação do feijão, na medida em que a dispersão dos valores da *TIR*, medida através do desvio padrão ($\sigma = 2$), foi significativa, demonstrando uma grande variação nos valores da *TIR*. A probabilidade da inviabilidade da irrigação na eventualidade de variação na produção adicional atribuída à irrigação foi de 30,85 %, configurando, então uma probabilidade de 69,15 % de viabilidade do investimento em irrigação. Segundo Frizzzone e Andrade Junior (2005), estes valores obtidos indicam um risco relativamente grande, devendo ser necessário investigar a adoção de medidas que possam minorar o risco, como a utilização de genótipos com alta estabilidade produtiva. Ribeiro et al (2004), trabalhando com interação genótipo x ambiente, encontraram genótipos com alta adaptação e estabilidade de produção entre os cultivares recomendados para cultivo no RS, disponibilizando ao produtor de feijão irrigado alternativas que diminuem o risco do investimento.

De acordo com a Figura 6 e conforme os valores da média (0,07), que é igual à mediana (0,07), que é maior que a moda (0,06), juntamente com o valor do coeficiente de assimetria calculado como $AS = 0,5$, a curva é assimétrica e pode ser classificada como de distribuição assimétrica positiva, ou seja, assimétrica à esquerda da curva.

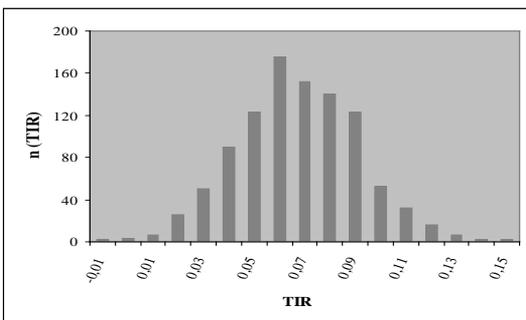


FIGURA 6 - Distribuição das frequências absolutas, $n(TIR)$, dos valores da *TIR* simulados através do método de Monte Carlo, considerando o efeito da variação na produção de grãos nos fluxos de caixa do período 1985 a 2004, Passo Fundo, RS

Os resultados da análise de risco demonstraram que, dos cenários avaliados, a variação na produção de grãos foi a eventualidade que mais afetou o retorno sobre o investimento. Em segundo lugar ficou o cenário que avaliou o efeito dos preços de venda do produto, seguido daquele que avaliou o custo da água, enquanto que a vida útil do equipamento e os preços da tarifa de energia elétrica, praticamente, não afetaram a viabilidade econômica do projeto. Estes resultados concordam com aqueles obtidos no estudo da viabilidade da irrigação do feijão-caupi sob risco (Frizzzone e Andrade Junior, 2005), onde os preços de venda exerceram maior efeito na definição da viabilidade econômica da irrigação que os preços das tarifas da energia elétrica.

CONCLUSÕES

A cobrança pelo uso da água - com a tarifa de R\$ 0,02.m⁻³ - acarreta um risco de 4,09% de probabilidade de inviabilizar economicamente a irrigação do feijão;

A tarifa de consumo de água de R\$ 0,04. m⁻³ inviabiliza em 100 % de probabilidade a irrigação da lavoura do feijão.

A depreciação do pivô central - estimada a partir da possibilidade de variação de 15 a 25 anos de longevidade do equipamento de irrigação - não acarreta risco de inviabilizar a prática da irrigação do feijão.

O investimento em irrigação da lavoura do feijão tem um risco de 1,1% de probabilidade de inviabilidade, com a variação do preço do kg de feijão recebido pelo produtor.

A variação da tarifa da energia elétrica, consumida no sistema de irrigação, não provoca risco de inviabilizar o investimento na irrigação da lavoura do feijão.

A variação interanual no rendimento de grãos, atribuída à irrigação, representa um risco de 30,85 % de probabilidade de inviabilizar a prática da irrigação da lavoura do feijão, resultando numa viabilidade do investimento de 69,15 %.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANNEEL. **Resolução nº. 207, de 09 de janeiro de 2006**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2006
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANNEEL. **Resolução nº. 234, de 18 de outubro de 2005**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2006.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANNEEL. **Resolução nº. 456, de 29 de novembro 2000**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2006.
- ALMEIDA, A.A.F. de; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, R.S. Desenvolvimento e partição de assimilados em *Phaseolus vulgaris* submetidos a três doses de nitrogênio e três níveis de luz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.8, p.837-847, 1988.
- ARAÚJO, M. P., MARQUES, P. V. Rentabilidade, em condições de incerteza, na produção avícola sob contratos de integração vertical em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 35, n. 3. 1997.
- BRUNELLI, G.M. **Simulação do custo de produção de laranja no Estado de São Paulo**. 1990. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Metodologia de cálculo dos custos de produção agrícola**. Brasília: CONAB, 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 21 mar. 2005.
- DILLY, P.J. **Custo de produção e rendimento de lavoura de feijão irrigado**. Santa Bárbara do Sul, Fazenda Itaíba, 24 jan. 2006. Comunicação pessoal.
- EMATER –RS. **Preços recebidos pelo produtor de feijão no RS de 1985 a 2005**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <cjobim@terra.com.br> em 10 fev. 2006.
- FISCHMAN, G.S. **Monte Carlo**. Concepts, algorithms and applications. Springer, 1996. Series: Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. Disponível em <<http://books.google.com>>. Acesso em: 21 mar 2007.
- FRIZZONE, J.A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 2005. 371p.
- FRIZZONE, J.A. e ANDRADE JUNIOR, A.S. de (Eds.). **Planejamento da irrigação: Análise de decisão de investimento**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626 p.
- GUIMARÃES, C.M.; BRUNINI, O.; STONE, L.F. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. 1. Densidade e eficiência radicular, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.393-399, 1996.
- HERTZ, D.B. Análise de risco em investimentos de capital. In: **Coleção Harvard de Administração**, São Paulo. n.29 , p.5-39, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 26 abr. 2006.
- JOBIM, C.I.P. **Análise de viabilidade econômica da irrigação em face de cenários econômicos: aplicação ao feijão irrigado no RS**. 2007. 150p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Área de concentração Irrigação e Drenagem, Porto Alegre, 2007.
- JOBIM, C.I.P.; MATTUELLA, J.; LOUZADA, J.A. Viabilidade econômica da irrigação do feijão no Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista REGA**, v.6, n.1, 2009 (no prelo).
- KIRPICH, P.Z.; HAMAN, D.Z.; STYLES, S.W. Problems of irrigation in developing countries. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reno, v.125, n.1, p.1-6, 1999.
- MARCHETTI, V. **Risco e decisão em investimento produtivo**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.
- MARQUES, P.A.A. **Modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas**. 2005. 142p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Unidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Área de concentração Irrigação e Drenagem, Piracicaba, 2005. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2006.
- MOUSINHO, F.E.P. **Variabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no estado do Piauí**. 2005. 103p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Unidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Área de concentração Irrigação e Drenagem, Piracicaba, 2005. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2006.
- NORONHA, J.F. e LATAPIA, M.X.I.C. Custos de produção sob condição de risco no estado de São Paulo, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.216, n.3, p.323-339. 1988.
- PERES, A.A. de C.; SOUZA, P.M.; MALDONADO, H. SILVA, J.F.C da; SOARES, C da s.; BARROS, S.C.W.; HADDADE, I.R. Análise econômica de sistemas de produção a pasto para bovinos no município de Campos dos Goytacazes-RJ, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 21 mar. 2007.
- PLÁ, G.P.; LOPES, N.F. Estimativa de crescimento e produtividade do feijoeiro pela utilização de modelo matemático-fisiológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.8, p.1281-1288, 1998. Disponível em: <<http://www.sct.embrapa.br/pab/>>. Acesso em: 21 mai. 2009.
- PONCIANO, N.J.; SOUZA, P.M.de; MATA, H.T.da C.; VIEIRA, J.R.; MORGADO, I.F. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região Norte Fluminense, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.42, n.4, p.615-635, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em 21 mar. 2007.

PORTO, V.H.F. CORDEIRO D.da S.; KICHEL, A.N.; VENETI, I.H.M.. Análise econômica de sistemas de produção de sorgo sacarino sob condições de risco, **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.395-401, 1985.

RIBEIRO, N.D.; JOST,E.; POSSEBON, S.B.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares registradas de feijão em diferentes épocas de semeadura para a Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1395-1400, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 21 mai. 2009.

RIO GRANDE DO NORTE. SECRETARIA DE ESTADO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Natal: Plano Estadual de Recursos Hídricos, 1998. 267 p. Disponível em: <http://www.semahrn.gov.br/>. Acesso em: 26 maio 2006.

SHIROTA, R., SILVA, R. D.M., LIMA, R.A.S, NEVES, E. M. A técnica de simulação aplicada a avaliação econômica de matriz de duas linhagens de frango de corte, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.25, n.1, 1987.

SOUZA, J.L.M. de. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Unidade Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Área de concentração Irrigação e Drenagem, Piracicaba, 2001. Disponível em <http://www.teses.usp.br/>. Acesso em: 05 fev. 2006.

STEEL, R.G.D. e TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**.2.ed., New York: McGraw-Hill, 1980. 633p

Carmen Ilse Jobim Eng^a Agr^a, Doutora, Pesquisadora da Fepagro Sede/ SCT/RS, Rua Gonçalves Dias, 570. Bairro Menino Deus, Porto Alegre, CEP:90130-060, carmen-jobim@fepagro.rs.gov.br,

Juvir Mattuella Economista, Doutor, Professor do Curso de Ciências Econômicas da Universidade de Santa Cruz do Sul,

José Antônio Louzada Eng^o Civil, Doutor, Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, louzada@iph.ufrgs.br