

Viabilidade econômica da irrigação do feijão no Planalto Médio do Rio Grande do Sul¹

Carmen Ilse Jobim
Juvir Mattuella
José Antônio Louzada

RESUMO: Baixas produtividades e grandes oscilações de produção da lavoura do feijoeiro, no Rio Grande do Sul (RS), são atribuídas à sua pouca tolerância aos déficits hídricos de primavera-verão, época de maior exigência hídrica da cultura. Nesses casos, a irrigação suplementar é uma eficiente prática de manejo para a obtenção e manutenção de altos rendimentos. O sistema de irrigação por pivô central é empregado em lavouras empresariais de feijão do Planalto Médio, região que responde por 30 % da produção total de grãos de feijão do RS. O objetivo deste trabalho foi avaliar, economicamente, a produção de feijão sob irrigação suplementar, por pivô central. A demanda de irrigação suplementar e o rendimento relativo de grãos foram estimados nas condições reais de umidade da Região Ecoclimática do Planalto Médio do RS, do período 1994-2004, através do modelo ISAREG de simulação do balanço hídrico do solo. Os resultados obtidos mostraram a produção de feijão irrigado como uma atividade economicamente viável, gerando uma renda líquida média de R\$ 1.534,30 ha⁻¹ ano⁻¹, demonstrando que o investimento em irrigação pode ser altamente atrativo, com Valor Presente Líquido, $VPL = R\$1.793,93ha^{-1}$, Taxa Interna de Retorno, $TIR = 11,88\%$ e Relação Benefício Custo, $B/C = 1,36$.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, *Phaseolus vulgaris* L., pivô central, VPL, TIR, B/C.

ABSTRACT: Low productivity and large production oscillations of bean crops are attributed to its high sensibility to water deficits during spring-summer seasons, usually the period of higher hydric consumption. The supplemental irrigation is an efficient strategy to achieve and sustain the high yields. It has been performed in beans cropped area of the Planalto Medio, using the and being responsible for 30% of the local beans crop yield. The purpose of this work was to estimate the economic viability of the central-pivot irrigation system on economic conditions. The ISAREG model to soil hydric balance has been used to simulate the net irrigation requirements and the yield reduction caused by water stress conditions occurrence for the time series 1985-2004. for Planalto Medio region in the State of Rio Grande do Sul. Under the specific conditions used in this study, the results allow to conclude that irrigated beans has proven to be an economically viable activity, generating a net income of R\$ 1.534,30 ha⁻¹ year⁻¹ and demonstrating that the investment in irrigation can be highly attractive, with $VPL = R\$1.793,93ha^{-1}$, $TIR = 11,88\%$ and $B/C = 1,36$.

KEY WORDS: Irrigation, *Phaseolus vulgaris* L., central-pivot system, VPL, TIR, B/C.

INTRODUÇÃO

O uso da irrigação em lavouras de feijão, visando minimizar os efeitos do déficit hídrico, vem ocorrendo em algumas regiões produtoras tradicionais do estado do Rio Grande do Sul (RS), como é o caso da Região Ecoclimática do Alto e Médio Vale do Uruguai. Por outro lado, a estabilidade de produção alcançada com a irrigação resultou na introdução da cultura em áreas da grande lavoura. Assim, nos últimos anos, o feijão irrigado vem sendo introduzido na região do

Planalto Médio do RS, geralmente, como alternativa de rotação na produção de semente de milho híbrido, em sistema de plantio direto irrigado por pivô central (Dilly, 2006). Esta evolução da lavoura do feijão no RS ocasionou o aumento de sua participação na pauta agrícola estadual em 19,17 %, quando comparada às médias anuais de produção das décadas 1981-90 e 1991-99 (Fürstenau, 2000). De acordo com a análise do comportamento da agricultura gaúcha na década de 1990, realizada pelo autor, a mudança do sistema produtivo tradicional por lavouras de caráter

¹ Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS

empresarial, caracterizadas pelo uso intensivo de insumos, inclusive com práticas conservacionistas do solo, irrigação e colheita mecanizada, vem resultando em ganhos de produtividade. Este estrato mais moderno da atividade está, principalmente, localizado no Planalto Médio, em áreas de clima e solos mais favoráveis ao desenvolvimento da cultura e responde por 30 % da produção total de grãos de feijão do RS (IBGE, 2006).

Conforme a agenda de pesquisa sobre a sustentabilidade da agricultura irrigada (Pereira et al., 1996), o desenvolvimento da irrigação introduz importantes mudanças no ambiente e na economia de uma região, que necessitam ser cuidadosamente avaliadas. A análise econômica de um projeto sob o ponto de vista privado compara os benefícios e os custos, em termos monetários, numa base de tempo comum. Segundo Frizzone (2005), os custos de produção podem ser classificados como fixos e variáveis. Os custos fixos não variam com a quantidade produzida e, nos projetos de irrigação, incluem impostos e taxas, contribuições, depreciações e juros sobre o capital investido, entre outros, e correspondem aos custos de investimento ou de capital. Os custos variáveis se alteram de acordo com o nível de produção da empresa e, no projeto de irrigação, correspondem aos dispêndios com a operação do sistema de irrigação, com manutenção e reparos do equipamento, com a infra-estrutura utilizada na operação, com a mão-de-obra e com a água. Estes custos operacionais são funções do volume de água requerido, que depende da necessidade hídrica da cultura, da condição climática e da eficiência da irrigação. Na análise econômica, os benefícios representam o valor bruto da produção que, em projetos de irrigação, correspondem ao acréscimo de produção, devido à irrigação, multiplicado pelo preço pago ao produtor (Frizzone, 2005).

De acordo com Francisco (1991), os principais fatores de decisão econômica que influem na adoção de um investimento são as receitas, as despesas, o investimento inicial, o valor residual e a taxa mínima de atratividade. Esses fatores podem ser avaliados em critérios que consideram ou não a variação que o capital sofre com o tempo. No segundo caso, os benefícios e custos futuros esperados são apresentados em fluxo de recursos, projetados em modelo matemático. O tempo global de cálculo é definido pela vida econômica do empreendimento, quando ocorrem os benefícios e custos, mais o tempo de construção e dos estudos (Marchetti, 1995). Conforme Frizzone

(2005), os critérios baseados no valor do dinheiro e no fluxo de caixa no tempo são mais coerentes entre si, se utilizados adequadamente. Para Marchetti, (1995), as mais importantes medidas de mérito do investimento ou critérios de análise, aplicáveis em análise financeira e econômica, são: o valor presente líquido (*VPL*); a taxa interna de retorno (*TIR*); e, a razão benefício/custo (*B/C*). O emprego dessas medidas exige a determinação da taxa de aceitação do investimento. Esta taxa de aceitação representa o elo entre a medida de valor e a decisão, por considerar o valor da moeda no tempo e refletir o custo de oportunidade dos recursos destinados ao investimento ou o custo alternativo do capital.

A taxa mínima de atratividade (*TMA*), também chamada de custo de oportunidade ou taxa de desconto, é uma taxa de juros, utilizada em avaliações que consideram a variação do capital no tempo, estabelecida a partir do valor máximo arbitrado pelo investidor, para remunerar o custo do capital. A *TMA*, conforme Westphal e Lamberts (1999), corresponde à taxa paga pelo mercado financeiro em investimentos correntes como poupança, fundos de investimentos e outros, mais um percentual devido ao risco. Por definição, o investidor optará pelo investimento somente se o valor produzido for maior que o custo da remuneração do capital.

O *VPL* é definido como a diferença entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos. Os fluxos de caixa esperados durante a vida útil do projeto são descontados para o tempo zero a uma taxa de juros que representa o mínimo retorno para o capital (*TMA*). Segundo Frizzone (2005), na avaliação de um projeto independente, o critério de decisão consiste em aceitá-lo se $VPL \geq 0$, ou seja, seu valor na data zero calculado com o custo do capital para a empresa é maior do que seu preço. Na comparação entre várias alternativas expressadas no mesmo prazo, o melhor projeto é aquele que apresenta maior *VPL*. Marchetti (1995) considera o *VPL* a medida de mérito que oferece maior segurança na decisão, por supor que os fluxos de caixa possam ser reinvestidos à taxa de desconto adotada e por considerar o investimento inicial e seu custo de oportunidade. Esses atributos permitem comparar alternativas de investimentos e estabelecer ordem de preferência e métrica. Estas características fazem do *VPL* a medida de mérito mais aceitável para decisão em investimentos (Marchetti, 1995). A *TIR* de um projeto, descrita em Frizzone (2005), é a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido, ou seja, é

a taxa com a qual a soma dos benefícios se iguala à soma dos custos ou que o valor presente das receitas se torna igual ao valor presente das despesas. Assim, a *TIR* é a taxa que torna o valor dos lucros futuros equivalente ao valor dos gastos realizados com o projeto. Caracteriza desta forma, a taxa de remuneração do capital investido, podendo ser referida como índice de lucratividade. A *TIR* representa a maior taxa de juros para a qual o projeto apresenta valor presente não negativo. Portanto, para taxas de juros superiores a *TIR*, as receitas futuras sempre compensarão o capital investido. Conseqüentemente, por definição, um projeto será tanto mais desejável quanto maior for a sua *TIR*, pois maior a taxa de juros aceitável para remunerar o capital inicial. No caso da avaliação de um projeto, a aceitação ocorrerá se a *TIR* calculada for superior à *TMA* arbitrada. Segundo Marchetti (1995), a *TIR*, por ser expressa em percentagem, é de mais fácil visualização e interpretação. No entanto, tem o inconveniente de não considerar o tamanho ou volume do investimento, como é o caso do *VPL*.

No critério da razão *B/C*, Frizzone (2005) relata a adoção de um quociente entre a soma dos benefícios e dos custos descontados pela taxa de juro adotada, visando verificar se os benefícios são maiores que os custos. Para o autor, este critério é mais útil em análise de projeto de obras públicas, na qual a duração é geralmente grande e o conceito de benefícios mais amplo que na iniciativa privada. Uma das formas disponíveis de representação é através da razão do valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos. Outra forma bem utilizada é obtida diretamente dos cálculos do *VPL*. Neste caso, o critério para aprovação de um projeto isolado é ter um índice $B/C > 1$, o que implica em $VPL > 0$. Um valor de $B/C > 1$ desclassifica qualquer alternativa. Na análise de várias alternativas, a melhor é a que apresenta maior *B/C*. Por outro lado, se $B/C = 1$, os custos se igualam aos benefícios, significando que os custos rendem tão somente a taxa de juros considerada. Segundo Marchetti (2005) um empreendimento com *VPL* positivo, calculado com o mesmo coeficiente da taxa de desconto do *B/C*, terá, necessariamente, o quociente *B/C* maior que a unidade, resultando que ambas as medidas fornecerão os mesmos indicativos de aceitação.

O objetivo deste trabalho foi quantificar a renda líquida da lavoura de feijão irrigada e avaliar, economicamente, o sistema de irrigação por pivô central visando analisar sua viabilidade na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema produtivo de feijão irrigado da Fazenda Itaíba, no município de Santa Bárbara do Sul representou, no estudo, a Região Ecoclimática do Planalto médio, caracterizada conforme Maluf e Caiaffo (2001), principalmente, em relação à homogeneidade do regime termo-pluvial, bem como, pelas características geomorfológicas, de capacidade de uso dos solos e uso atual.

A avaliação econômica, sob o ponto de vista privado, foi realizada considerando os custos de produção e os benefícios de uma lavoura de feijão, conforme Faria e Folegatti (1999), a partir do rendimento relativo de grãos e da demanda de irrigação suplementar. Estes parâmetros foram estimados por Jobim (2007), através do modelo ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992), simulando o balanço diário de água no sistema solo-planta-atmosfera, com a série histórica de 20 anos, período 1994-2004, nos cultivos da safra e safrinha do feijão, considerando as semeaduras na primeira quinzena de setembro e segunda quinzena de janeiro, respectivamente, nas condições atmosféricas ocorridas. As simulações foram realizadas para obter a lâmina líquida diária requerida de irrigação suplementar estimada, visando à obtenção do rendimento máximo sem restrição hídrica para a cultura e a redução percentual do rendimento, na ausência da irrigação suplementar, com a qual foi calculado o rendimento relativo percentual anual da cultura, safra e safrinha. A demanda de irrigação suplementar bruta foi computada a partir da relação entre a demanda líquida e a eficiência da irrigação do sistema. O rendimento, em condições reais de disponibilidade hídrica, foi estimado, para a safra e a safrinha, a partir do rendimento máximo potencial do feijão, obtido através do método da Zona Agroecológica (Doorenbos & Kassan, 1980), em condições hídricas não limitantes, supondo satisfeitas as exigências climáticas de cultivo da espécie e sem danos por pragas ou doenças. O rendimento máximo potencial, assim obtido, foi ajustado em 71 e 55 %, para safra e safrinha, respectivamente, em função do rendimento histórico médio obtido nas condições de lavoura da Fazenda Itaíba nos dois períodos de cultivo. Este ajuste fez-se necessário tendo em vista as perdas causadas pelas pragas e doenças, assim como daquelas provenientes da operação mecanizada de colheita, da secagem e do beneficiamento dos grãos, objetivando trazer os rendimentos para os patamares reais da lavoura empresarial, tomada como modelo. O rendimento atribuído à irrigação foi estimado, para

cada conjunto anual de safra e safrinha, pela diferença entre o rendimento máximo ajustado e o rendimento obtido em condições reais de disponibilidade hídrica.

Na avaliação, foi considerada, hipoteticamente, a realização de safra e safrinha na mesma área, apesar de, agronomicamente, nem sempre ser possível realizar os dois ciclos, no mesmo ano, devido à ocorrência de doenças de solo. Como, nesses casos, o produtor substituiu o feijão por outra cultura também irrigada, como milho e soja, com vistas a manter e compensar o rendimento esperado com a lavoura do feijão no período, a análise considerou, para simplificação, o ganho teórico de duas safras anuais de feijão. A renda líquida média (RL) dos 20 anos avaliados foi obtida da soma dos valores da renda líquida de cada ano simulado, calculada por:

$$RL = \{(PXY_m) - C_i\} \quad (1)$$

Onde, P é o preço do feijão pago ao produtor, (Y_m) é o rendimento máximo do feijão, somatório safra e safrinha, estimado em Jobim (2007); C_i é o custo total de produção, dado pela expressão:

$$C_i = C_0 + C_i \quad (2)$$

Onde, C_0 é o custo básico associado à produção e C_i é o custo da irrigação. O componente custo da irrigação (C_i) foi calculado por:

$$C_i = C_c + C_w \quad (3)$$

Onde, C_c representa o custo de capital relacionado com investimentos do equipamento de irrigação e C_w é o efetivo custo operacional da irrigação. O custo de capital foi expresso, conforme Frizzzone (2005), por:

$$C_c = (V_i - V_r) \left[\frac{j}{(1+j)^N - 1} \right] + V_i \cdot j \quad (4)$$

Onde, V_i é o valor inicial do investimento; V_r é o valor residual do investimento; N é a longevidade do equipamento e j os juros do capital investido. O valor residual foi calculado segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2005) por:

$$V_r = V_i - (Dep_a \times N) \quad (5)$$

Sendo, Dep_a a depreciação anual obtida por:

$$Dep_a = h_{ua} \times Dep_h \quad (6)$$

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. A longevidade do equipamento adotada foi de 20 anos e a taxa anual de juros usada foi de 6%. O custo operacional da irrigação (C_w) correspondeu às despesas com mão-de-obra (CMO), energia elétrica ($C_{energia}$) e manutenção, conservação e reparos do equipamento ($CMCR$), estimado por:

$$C_w = CMO + C_{energia} + CMCR \quad (7)$$

O custo da mão-de-obra foi estimado, conforme Marques (2005), por:

$$CMO = \sum_{\text{dias-irrigados}=1}^n \left\{ \frac{S}{240} \left[1 + \left(\frac{Férias + T + INSS + IT}{100} \right) \right] H \right\} \quad (8)$$

Onde, CMO é o custo de mão de obra em (R\$ $ha^{-1} ano^{-1}$); 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 (%); $INSS$; IT é o encargo pago relativo ao INSS do 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) pelas equações

$$CMCR = 0,03V_i \quad (9)$$

Onde, V_i é o valor inicial do investimento e

$$C_{energia} = (De + Ccee) \left(\frac{0,92}{\cos \varphi} \right) \quad (10)$$

Onde:

$$Ccee = [Hd(1 - De) + Hs] TcP0,73259(1 + ICMS) \quad (11)$$

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 RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA ANEEL Nº 234

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

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

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, cobrado na região, sobre a circulação de mercadorias e serviços.

Os dados econômicos, para a execução da avaliação, foram levantados na Fazenda Itaíba, situada no município de Santa Bárbara do Sul. A propriedade foi escolhida como objeto da análise por produzir feijão irrigado com alta tecnologia e adotar o sistema de irrigação por pivô central. A identificação e as especificações técnicas da Fazenda Itaíba, utilizadas na análise, estão expressas na Tabela 1. As características técnicas do equipamento, fornecidas pelo fabricante

do sistema de irrigação selecionado na propriedade para a análise, constam na Tabela 2. O valor do sistema de irrigação pivô central (V_p), conforme informação do fornecedor, Fockink Indústrias Elétricas Ltda, consta na Tabela 3.

O custo básico de produção (C_p) da cultura do feijão cultivado no sistema plantio direto mecanizado e os parâmetros econômicos utilizados para o cálculo do custo operacional da irrigação (C_w), praticados na Fazenda Itaíba, com valores correspondentes ao mês de janeiro de 2006 (Dilly, 2006), estão apresentados na Tabela 4. Os meses de operação do sistema de irrigação são computados em oito, porque no cálculo as partes de mês de início e fim de ciclo são computadas como mês cheio.

A viabilidade econômica do sistema utilizado foi realizada através dos métodos que consideram a dimensão tempo de valores monetários como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Benefício-Custo (B/C), adotando o valor do rendimento líquido oferecido pela caderneta de poupança, 6,0 % ao ano (0,5 % ao mês), como Taxa Mínima de Atratividade (TMA , por ser a aplicação mais segura e estável do mercado financeiro (Westphal e Lamberts, 1999).

TABELA 1
Identificação e especificações da Fazenda Itaíba

| Dados da propriedade | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Proprietário | Pedro José Dilly |
| Município | Santa Bárbara do Sul – RS |
| Latitude | 28° 30' 19" S |
| Longitude | 53 15' 10"W |
| Região | Planalto Médio |
| Tipo de solo | Latossolo Vermelho distrófico |
| Dados de produção | |
| Área irrigada com feijão | 360 ha |
| Variedade cultivada | FT Nobre, Graúna, Uirapuru, Valente |
| Número de pivôs | 6 |

¹Fonte: Fazenda Itaíba, Santa Bárbara do Sul-RS, janeiro de 2006 (Dilly, 2006).

TABELA 2
Características técnicas de projeto do pivô central analisado¹

| Descrição | |
|---|------------|
| Marca do equipamento | Fockink |
| Área irrigada | 79,2 ha |
| Lâmina de água para funcionamento de 20 h/dia | 8 mm |
| Desnível geométrico – centro do pivô à moto-bomba | 45 m |
| Altura manométrica total | 125,69 mca |
| Bomba | centrífuga |
| Motor | |
| Fonte de acionamento | elétrico |
| Consumo de energia | 138,99 KWh |
| Potência nominal | 200 cv |

¹Fonte: Fockink Indústrias Elétricas Ltda, Panambi-RS, janeiro de 2006.

TABELA 3
Custo do sistema de irrigação pivô central¹

| Descrição | Valor (R\$) |
|------------------------|--------------------|
| Unidade de irrigação | 166.500,00 |
| Unidade adutora | 73.200,00 |
| Unidade de bombeamento | 42.900,00 |
| Cabos elétricos | 22.400,00 |
| Construções civis | 5.000,00 |
| Total | 310.000,00 |

¹Fonte: Fockink Indústrias Elétricas Ltda, Panambi-RS, janeiro de 2006.

TABELA 4
Parâmetros econômicos da análise dos custos praticados na Fazenda Itaíba

| Descrição | Valor |
|---|--------------|
| Preço kg ⁻¹ feijão | R\$ 1,3513 |
| Custo básico de produção da lavoura de feijão hectare ⁻¹ | R\$ 1.563,08 |
| Salário do irrigante mês ⁻¹ | R\$ 1.000,00 |
| Encargo relativo a férias em relação ao salário | 34 % |
| 13º salário em relação ao salário | 8,4 % |
| INSS em percentagem de salário | 12 % |
| INSS do 13º salário em percentagem do salário | 1,43 % |
| Desconto da Portaria 105 DNAEE | 70 % |
| Tarifa de consumo KWh ¹ (tarifa verde) | R\$ 0,10755 |
| Tarifa de demanda KW ¹ (tarifa verde) | R\$ 7,794 |
| Potência do motor ha ¹ | 2,525 cv |
| Meses de operação do sistema de irrigação | 8 |
| ICMS | 29 % |

¹Fonte: Fazenda Itaíba, Santa Bárbara do Sul-RS, janeiro de 2006 (Dilly, 2006).

O método do VPL (Frizzzone, 2005) foi, algebricamente, obtido considerando como receita líquida apenas os benefícios e custos, por hectare, advindos da irrigação:

$$VPL = -V_i + \sum_{k=1}^n \frac{F_k}{(1+j)^k} \quad (13)$$

Onde, V_i é o valor inicial do investimento; k é o número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e despesas do fluxo de caixa ($k = 1, 2, 3, \dots, n$); F é cada uma das receitas envolvidas no fluxo de caixa que ocorrem em k e j é a taxa de juros comparativa ou taxa de desconto, a saber:

$$\sum_{k=0}^n F_k = (PxY_{irrigação} - C_w)_1 + (PxY_{irrigação} - C_w)_2 + \dots + (PxY_{irrigação} - C_w + V_i)_n \quad (14)$$

Sendo, P o preço do feijão; $Y_{irrigação}$ o rendimento atribuído à irrigação (Jobim, 2007); C_w é o efetivo custo operacional da irrigação calculado pela equação. O valor residual do investimento (V_i) foi adicionado à receita do último período avaliado. A *TIR*, por definição, a taxa de juros que torna os recebimentos e desembolsos equivalentes na data presente, é o valor da taxa de desconto (j) que torna o *VPL* igual a zero e é calculada, conforme Frizzzone (2005), por:

$$VPL_i = -V_i + \sum_{k=1}^n \frac{F_k}{(1+j^*)^k} = 0 \quad (15)$$

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. O gráfico da variação no *VPL* em função da taxa de desconto foi gerado considerando-se um fluxo de caixa genérico e calculando-se o *VPL* onde a *TIR* foi determinada no ponto em que a curva do *VPL* corta o eixo horizontal (Noronha, 1987). A *TIR* será considerada aceitável se superar o valor da *TMA*.

O método *B/C* avaliou os benefícios e os custos do sistema e foi medido por:

$$B/C = \frac{\sum_{k=1}^n F_k (1+j)^{-k}}{V_i} \quad (16)$$

Onde, o numerador, semelhante à fórmula do *VPL*, mede o valor descontado dos benefícios adicionais líquidos devidos ao projeto e V_i é o investimento inicial (Frizzzone, 2005) e $k = 1, 2, 3, \dots, n$. Na avaliação, o sistema é aceito se os benefícios excederem os custos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção máxima da lavoura de feijão que seria obtida pelo uso da irrigação, corrigida para as condições reais de lavoura (Y_m) para os vinte anos avaliados, calculados, anualmente, a partir da soma dos resultados estimados com safra e safrinha e a receita bruta obtida pela multiplicação da produção com o preço do feijão pago ao produtor em janeiro de 2006, de R\$ 1,3513333 kg⁻¹, são apresentadas na Tabela 5.

Na Tabela 6 são apresentados os custos associados à produção (C_0) de safra e safrinha, o custo de capital (C_c), o custo operacional da irrigação (C_w) e o custo da irrigação (C_i) bem como o custo total (C_t). O custo básico associado à produção (C_0), computados safra e safrinha, que ocorreria com ou sem irrigação foi de R\$ 3.126,16 ha⁻¹, enquanto que o valor residual (V_i) do investimento de irrigação, considerando o período de 20 anos analisados, foi calculado em R\$ 93.200,00.

A renda líquida média estimada por hectare da produção de feijão irrigado, obtida com as duas colheitas anuais, safra e safrinha, no período avaliado, foi de R\$ 1.534,30 ha⁻¹, variando entre R\$ 1.327,73 a R\$ 1.704,32. Estes valores são inferiores aos resultados encontrados por Heinemann (2003) que relata uma renda média obtida com o preço médio (R\$1,39 kg⁻¹) de dez anos, para safra das águas do Paraná de R\$ 3.144 ha⁻¹. Da mesma forma, Faria et al. (1997), em estudo realizado com feijão irrigado no Paraná, encontraram um retorno líquido de R\$ 2.853,00 ha⁻¹ ano⁻¹, para irrigações quando o solo atinge 60 % da capacidade de armazenamento da água. Os autores consideraram o uso da irrigação justificável nas condições do Paraná, uma vez que o acréscimo médio de renda foi de R\$ 2.403,00 ha⁻¹ ano⁻¹, quando adotado o nível ótimo de irrigação. No entanto, os autores advertem para a alta dependência do preço pago ao produtor pela produção do feijão no montante do retorno líquido.

As discrepâncias encontradas entre as rendas estimadas pelos autores referidos acima e este trabalho são atribuídas à correção aplicada aos rendimentos considerando as estimativas das perdas com a colheita, o beneficiamento e provocadas pela ocorrência de doenças. Entretanto, em lavouras conduzidas em sistema de cultivo melhorado, observada a recomendação de rotação de culturas, as perdas causadas pelas doenças podem ser minimizadas e, neste caso, os ganhos esperados podem alcançar valores similares

TABELA 5
Rendimento máximo potencial do feijão (Y_m)¹, em kg ha⁻¹, e receita bruta (R\$ ha⁻¹), de safra + safrinha, estimado anualmente, para o período 1985-2004, Passo Fundo, RS

| Ano | Y_m (kg/ha) | Receita bruta (R\$ /ha) |
|------------------|------------------|----------------------------|
| 1985 | 4.001 | 5.407,03 |
| 1986 | 3.902 | 5.273,17 |
| 1987 | 3.891 | 5.257,74 |
| 1988 | 4.014 | 5.424,20 |
| 1989 | 3.940 | 5.324,12 |
| 1990 | 3.842 | 5.191,45 |
| 1991 | 3.969 | 5.363,56 |
| 1992 | 3.903 | 5.274,90 |
| 1993 | 3.909 | 5.282,51 |
| 1994 | 3.852 | 5.205,42 |
| 1995 | 4.035 | 5.452,68 |
| 1996 | 3.919 | 5.295,28 |
| 1997 | 3.888 | 5.254,47 |
| 1998 | 3.776 | 5.102,17 |
| 1999 | 3.896 | 5.264,51 |
| 2000 | 3.929 | 5.308,83 |
| 2001 | 3.861 | 5.217,73 |
| 2002 | 3.745 | 5.060,58 |
| 2003 | 3.880 | 5.243,71 |
| 2004 | 3.900 | 5.270,65 |
| média | 3.903 | 5.273,74 |
| acumulado | 78.052 | 105.474,71 |

¹Somatório safra e safrinha

TABELA 6
Custo por hectare estimado para a lavoura do feijão irrigada com pivô central,
no período 1985-2004, Passo Fundo, RS

| ano | ¹ C _o (R\$ ha ⁻¹) | ² C _c (R\$ ha ⁻¹) | ³ C _w (R\$ ha ⁻¹) | ⁴ C _i (R\$ ha ⁻¹) | ⁵ C _t (R\$ ha ⁻¹) |
|-----------|--|--|--|--|--|
| 1985 | 3.126,16 | 309,26 | 312,91 | 622,17 | 3748,33 |
| 1986 | 3.126,16 | 309,26 | 309,54 | 618,80 | 3744,96 |
| 1987 | 3.126,16 | 309,26 | 308,61 | 617,87 | 3744,03 |
| 1988 | 3.126,16 | 309,26 | 316,79 | 626,05 | 3752,21 |
| 1989 | 3.126,16 | 309,26 | 305,40 | 614,66 | 3740,82 |
| 1990 | 3.126,16 | 309,26 | 294,16 | 603,43 | 3729,59 |
| 1991 | 3.126,16 | 309,26 | 314,13 | 623,39 | 3749,55 |
| 1992 | 3.126,16 | 309,26 | 297,09 | 606,35 | 3732,51 |
| 1993 | 3.126,16 | 309,26 | 302,68 | 611,94 | 3738,10 |
| 1994 | 3.126,16 | 309,26 | 276,44 | 585,71 | 3711,87 |
| 1995 | 3.126,16 | 309,26 | 312,94 | 622,20 | 3748,36 |
| 1996 | 3.126,16 | 309,26 | 302,89 | 612,15 | 3738,31 |
| 1997 | 3.126,16 | 309,26 | 305,17 | 614,43 | 3740,59 |
| 1998 | 3.126,16 | 309,26 | 299,01 | 608,27 | 3734,43 |
| 1999 | 3.126,16 | 309,26 | 306,34 | 615,60 | 3741,76 |
| 2000 | 3.126,16 | 309,26 | 297,37 | 606,63 | 3732,79 |
| 2001 | 3.126,16 | 309,26 | 306,98 | 616,24 | 3742,40 |
| 2002 | 3.126,16 | 309,26 | 298,42 | 607,69 | 3733,85 |
| 2003 | 3.126,16 | 309,26 | 299,66 | 608,93 | 3735,09 |
| 2004 | 3.126,16 | 309,26 | 313,77 | 623,03 | 3749,19 |
| média | 3.126,16 | 309,26 | 304,01 | 613,28 | 3.739,44 |
| acumulado | 62.523,20 | 6.185,26 | 6.080,30 | 12.265,55 | 74.788,75 |

C_o é o custo básico associado à produção, C_c é o custo de capital relacionado com investimentos do equipamento de irrigação, C_w é o efetivo custo operacional da irrigação, C_i é o custo da irrigação, C_t é o custo total de produção.

aos registrados no Paraná, haja vista os resultados identificados por Wander et al (2005), em levantamento de sistemas e custos de produção de lavouras de feijão do RS conduzidas em sequeiro.

No cálculo da viabilidade econômica, o valor inicial (V_i) do pivô foi de R\$ 3.914,14 ha⁻¹ e o seu valor residual (V_r), calculado considerando a depreciação anual foi de R\$ 1.176,77 ha⁻¹. Os ingressos oriundos da irrigação variaram durante o período avaliado, resultado da grande variabilidade do rendimento da cultura. O menor fluxo de caixa encontrado foi de -R\$71,99, ocorrido em 2002, sendo que em todos os outros anos os valores foram positivos.

Os resultados dos métodos adotados na análise da viabilidade econômica estão apresentados na Tabela 7. Conforme Frizzone (2005), o valor obtido para o *VPL* positivo indica que a irrigação do feijoeiro nas condições estudadas é economicamente viável.

TABELA 7

Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Benefício-Custo (B/C) calculados para feijão irrigado, para o período 1985-2004, Passo Fundo, RS

| Método | Valor obtido |
|------------|--------------------------------|
| <i>VPL</i> | R\$ 1.793,93 ano ⁻¹ |
| <i>TIR</i> | 11,88 % |
| <i>B/C</i> | 1,36 |

O valor obtido para a *TIR* classifica o projeto de irrigação da lavoura de feijão como bastante atrativo, haja vista a diferença entre o valor da *TIR* (11,88 %) e a taxa de atratividade adotada (6 %). Da mesma forma, a relação *B/C* configurou-se aceitável por seu valor maior que a unidade.

Para Frizzone (2005), a soma do custo do equipamento no ano inicial (V_i), com o valor obtido para o *VPL* expressa o valor máximo que poderia ser pago pelo investimento no equipamento de irrigação, sem prejuízo para o proprietário. Segundo o autor, o valor máximo que poderia ser pago pelo

investimento corresponde ao ponto de indiferença econômica. Este ponto representa, na avaliação, o limite de valor abaixo do qual a prática da irrigação não seria recomendada economicamente. No caso deste estudo, sendo V_i de R\$ 3.914,14 ha⁻¹ e o *VPL* calculado de R\$ 1.793,93 ha⁻¹, a soma dos dois valores é R\$ 5.708,07 ha⁻¹ e representa o valor máximo que poderia ser pago pelo equipamento de irrigação, em um mundo sem risco.

O gráfico da variação do *VPL* em função da variação da taxa de desconto (j) com determinação da *TIR* no ponto em que a curva corta o eixo horizontal ($VPL = 0$) está representado na Figura 1.

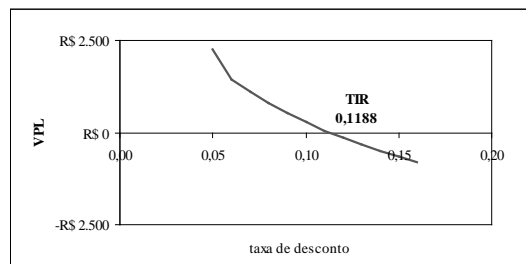


FIGURA 1. Variação do *VPL* em função da taxa de desconto e determinação do valor da *TIR*, onde $VPL = 0$, calculados para lavoura de feijão irrigado, em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹, para o período 1985-2004, Passo Fundo, RS

CONCLUSÕES

O sistema de irrigação por pivô central na lavoura do feijão nas condições ecolimáticas do Planalto Médio, cultivada em sistema melhorado em plantio direto mecanizado, mostrou-se economicamente viável. A renda líquida média da produção de feijão irrigado por pivô obtida com a safra e safrinha anuais foi de R\$ 1.534,30 ha⁻¹ ano⁻¹, apresentando uma variação entre R\$ R\$ 1.327,73 a R\$ 1.704,32. De acordo com os valores encontrados para o *VPL*, *TIR* e *B/C* de R\$ 1.793,93 ha⁻¹, 11,88 % e 1,36, respectivamente, a receita adicional produzida pela irrigação é suficiente para amortizar o investimento.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA-ANEL. **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-ANEL. **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-ANEL. **Resolução nº. 456, de 29 de novembro 2000**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 16 ago. 2006.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **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.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1980. 212p. (Riego y drenage, 33)
- FARIA, R.T. e FOLEGATTI, M.V. Dimensionamento de sistemas de irrigação para feijão usando-se simulação de longo período. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. SBA-01/99. 1 CD-ROM.
- FARIA, R.T.; FOLEGATTI, M.V. FRIZZONE, J.A. SAAD, A.M. Determination of a long-term optimal irrigation strategy for dry beans in Parana State, Brazil, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, número especial, p.155-164, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 25 mar 2006.
- FRANCISCO, W. de. **Matemática financeira**. 7. ed.. São Paulo: Atlas, 1991. 319 p.
- FRIZZONE, J.A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 2005. 371p.
- FÜRSTENAU, V. Alguns aspectos do comportamento da agricultura brasileira e da gaúcha na década de 90. **Indicadores econômicos FEE**, Porto alegre, v.27, n.4, 2000. p. 59-76.
- HEINEMANN, A.B. **Otimização do manejo da irrigação do feijoeiro comum utilizando o modelo CROPGRO**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2003. 29p. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 6). Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>>. Acesso em: 21 mar 2007.
- 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.
- MALUF, J.R.T.; CAIAFFO, M.R.R. Regiões Ecolimáticas do Estado do Rio Grande Do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001.
- MARCHETTI, V. **Risco e decisão em investimento produtivo**. Porto Alegre: Editora 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.
- NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269p.
- PEREIRA, L.S.; GILLEY, J.R.; JENSEN, M.E. Research agenda on sustainability of irrigated agriculture, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reno, v.122, n.3, p.172-177, 1996.
- TEIXEIRA, J.L., PEREIRA, L.S. ISAREG- An irrigation scheduling model. **ICID Bulletin**, New Delhi, v.41, n.2, p.29-48, 1992.
- WANDER, A.E.; MESQUITA, A.N. de; MORI, C. de; PELOSO, M.J. del. **Sistemas de cultivo e custos de produção de feijão em Frederico Westphalen (RS), na safra 2004/2005**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 4p. (Comunicado Técnico, 96). Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>>. Acesso em: 21 mar 2007.
- WESTPHAL, F.S. e LAMBERTS, R. Estudo de viabilidade econômica de uma proposta de *retrofit* em um edifício comercial. 1999. In: Encontro Latino - Americano de Conforto no Ambiente Construído, 5 e Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2. **Anais...** Fortaleza, 1997. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/>>. Acesso em: 20 mar 2007.

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