

## VIABILIDADE ECONÔMICA SOB CONDIÇÕES DE RISCO PARA A IRRIGAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE PIRACICABA- SP

**Patricia Angélica Alves Marques<sup>1</sup>; Tadeu Alcides Marques<sup>2</sup>; José Antônio Frizzone<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Presidente Prudente, SP, paamarques@uol.com.br*

<sup>2</sup>*Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, SP.*

### 1 RESUMO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e em São Paulo praticamente toda a cana-de-açúcar produzida é cultivada em condições de sequeiro. Desta maneira o presente trabalho teve como objetivo a análise da viabilidade econômica do uso da irrigação em cana-de-açúcar para a região de Piracicaba – SP, com a inclusão do risco econômico, e analisar o efeito dos fatores econômicos (custo fixo, custo da mão-de-obra, custo de manutenção, custo do bombeamento e custo da água) sobre o custo total, bem como as diferentes formas de bombeamento. O sistema de irrigação por pivô central utilizando energia elétrica com tarifas azul e verde apresentou os melhores resultados. Os maiores custos totais anuais da irrigação estão associados ao uso do motor diesel. A mão-de-obra foi o fator econômico que menos influência teve sobre o custo total anual da irrigação com 1,67%, seguido pelo custo da água com 6,25% e custo de manutenção com 11,26%. O custo do bombeamento apresentou a maior influência sobre o custo total anual da irrigação com uma participação média de 55,20%. Para todas as situações testadas os valores da relação benefício/custo apresentaram valores inferiores a 1, indicando inviabilidade. Todos os sistemas testados apresentaram benefício líquido anual esperado com valores negativos, reforçando a inviabilidade do projeto.

**UNITERMOS:** cana-de-açúcar, sistemas de irrigação, viabilidade econômica, análise de risco.

**MARQUES, P. A. A.; MARQUES, T. A.; FRIZZONE, J. A.; A VIABILITY STUDY FOR SUGARCANE IRRIGATION IN PIRACICABA, SAO PAULO STATE, BRAZIL, CONSIDERING ECONOMIC RISK FACTORS**

### 2 ABSTRACT

Brazil is the world's largest sugarcane producer. In São Paulo State, practically all sugarcane produced is cultivated without irrigation. The objective of this paper was to analyze the viability of irrigation for sugarcane in Piracicaba - São Paulo State - Brazil, including economic risk factors, their effect on total cost, as well as the different pumping kinds. The central pivot system using electric power showed the best results. The highest total annual irrigation costs are associated to diesel engine use. Labor force was the economical factor that less influenced on the total annual irrigation cost representing only 1.67%, followed by water cost (6.25%) and maintenance cost (11.26%). The pumping cost had the highest influence on the total annual irrigation cost, an average of 55.20%. For all

tested situations, the benefit/cost relationship values presented values that were inferior to 1, indicating no viability. All tested systems presented expected negative annual irrigation profit value, corroborating that the project is not economically viable.

**KEYWORDS:** sugarcane, irrigation systems, economic viability, risk analysis

### 3 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar assume posição de destaque no Brasil, por se tratar de uma cultura que, além de um alto suporte econômico, possibilita fontes alternativas de energia, sendo ainda de grande importância social pela intensidade em utilização da mão-de-obra. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, atingindo no ano de 2004 uma área total cultivada que ultrapassou 5,4 milhões de hectares, onde foram colhidos 397.245.315 toneladas (Mg). Neste mesmo ano em São Paulo a área colhida foi de 2,8 milhões de hectares e a produção foi de 237.311.808 Mg de cana-de-açúcar (AGRIANUAL, 2005).

A cana-de-açúcar ocupava em 1991, 49,3% da área total do município de Piracicaba, sendo que esta situação provavelmente não se alterou significativamente (PINTO, 2002). No ano de 2003 o Escritório de Desenvolvimento Rural de Piracicaba ficou em 8º lugar do estado de São Paulo, com uma produção de 11.099.950 Mg de cana-de-açúcar e 143.415 ha de área de produção (Instituto de Economia Agrícola, 2005).

A irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas em regiões onde a insuficiência ou má distribuição das chuvas inviabiliza a exploração agrícola. Entretanto a viabilidade econômica é um fator indispensável para sua adoção entre os agricultores (Frizzone et al., 1994). A simulação de dados fornece o cálculo de diferentes combinações que probabilisticamente podem ocorrer, obtendo-se como resultado não um valor determinista, mas uma distribuição de frequências, sendo o risco traduzido em números pela variância. Uma técnica de simulação muito usada é o método de Monte Carlo, que obtém como resultado não um valor, mas uma distribuição de frequências dos valores simulados (Frizzone & Silveira, 2000; Iglesias et al., 2003).

A agricultura irrigada exige alto investimento em obras e aquisição de equipamentos, transporte, controle e distribuição de água; além de gastos com energia e mão-de-obra para operação do sistema, que representam importantes custos adicionais, os quais devem ser pagos pelo incremento de produtividade proporcionado pelo fornecimento de água às plantas (Clark et al., 1993). Marques & Coelho (2003) estudaram a viabilidade da irrigação da pupunheira para Ilha Solteira – SP variando o custo da água, a vida útil e o tipo de motor utilizado e concluíram que para todas as simulações a irrigação foi viável, e Blanco et al. (2004), estudando a viabilidade econômica da irrigação da manga para o Estado de São Paulo, observaram que a cobrança pela água não inviabilizou a implantação do sistema de irrigação.

Soares et al. (2003) em seu estudo consideraram que para a região do semi-árido, o uso da irrigação, na cultura da cana-de-açúcar, constitui-se numa alternativa potencial para o sucesso da produção sucroalcooleira. De acordo com Matioli (1998) praticamente toda a cana-de-açúcar produzida em São Paulo é cultivada em condições de sequeiro. Dentro deste panorama insere-se a tecnologia de irrigação da cana-de-açúcar, como alternativa para contribuir com a qualidade total da produção sucroalcooleira, desde que estudos e pesquisas sejam desenvolvidos a fim de comprovar a viabilidade econômica da introdução dessa tecnologia. Desta maneira o presente trabalho teve como objetivo a análise da viabilidade econômica do uso da irrigação em cana-de-açúcar para a região de Piracicaba – SP, com a

inclusão do risco econômico pela variação dos seguintes fatores: vida útil do sistema de irrigação, taxa de juros, taxa de manutenção, custo da água, mão-de-obra e preço de venda. Buscou-se também analisar o efeito dos fatores econômicos (custo fixo, custo da mão-de-obra, custo de manutenção, custo do bombeamento e custo da água) sobre o custo total, bem como os diferentes custos das formas de bombeamento.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo de viabilidade utilizou-se o *Modelo Computacional para Determinação do Risco Econômico em Culturas Irrigadas* (Marques, 2005) com quatro anos de dados climáticos (2001 a 2004) da estação meteorológica automática do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP, altitude 546 m, latitude 22°42’30”S e longitude 47°38’00”W. No estudo da análise de risco do projeto e da análise de sensibilidade foram utilizados dados secundários, cujos valores são encontrados em Marouelli & Silva (1998); Favetta (1998); Frizzone et al. (2001); Marques & Coelho (2003); Souza & Frizzone (2003); Soares et al. (2003), Instituto de Economia Agrícola (2004); Agriannual (2005).

**Tabela 1.** Características dos sistemas de irrigação utilizados

Características	Sistemas de irrigação		
	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Eficiência de aplicação de água (%)	80	86	65
Vazão do sistema (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	4,56	4,56	2,50
Custo de aquisição (R\$ ha <sup>-1</sup> )	3.000,00	3.500,00	2.000,00
Potência do motor (cv ha <sup>-1</sup> )	2,39	2,39	2,60

1 US\$ = R\$ 2,90

**Tabela 2.** Valores utilizados na simulação por Monte Carlo

Parâmetros	Valor		
	Mínimo	Modal	Máximo
Preço de venda da cana-de-açúcar (R\$ Mg <sup>-1</sup> )	25,40	27,90	31,55
Vida útil para o pivô central e deslocamento linear (anos)	12	15	18
Vida útil para o autopropelido (anos)	8	10	12
Taxa de manutenção do pivô central (%)	4	5	6
Taxa de manutenção do deslocamento linear e autopropelido (%)	5	6	7
Horas de trabalho para o pivô central (h ha <sup>-1</sup> irrigação <sup>-1</sup> )	0,1	0,4	0,7
Horas de trabalho para o autopropelido (h ha <sup>-1</sup> irrigação <sup>-1</sup> )	0,5	0,8	1,0
Horas de trabalho para o deslocamento linear (h ha <sup>-1</sup> irrigação <sup>-1</sup> )	0,3	0,7	1,0
Taxa de Juros (% ao ano)	3	6	12
Preço da água (R\$ m <sup>-3</sup> )	0,00	0,01	0,03

Para o cálculo do custo do bombeamento com motor elétrico utilizaram-se as tarifas elétricas vigentes (tarifa verde, tarifa azul e tarifa convencional) no Estado de São Paulo (CPFL, 2004) e para o cálculo do bombeamento com motor diesel considerou-se o valor de

venda do óleo diesel de 1,50 R\$ litro<sup>-1</sup> e um consumo específico de 170 g cv<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Marques & Coelho, 2003). Como valores fixos considerou-se a produtividade máxima a cana-de-açúcar irrigada de 174 Mg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup>, o custo de produção de 18,00 R\$ Mg<sup>-1</sup> e o fator de resposta da cultura (Ky) de 1,20. A produtividade de sequeiro foi estimada com descrito em Mannocchi & Mecarelli (1994); Doorenbos & Kassam (2000); Arruda & Grande (2003). O salário mensal utilizado foi de 260,00 R\$ mês<sup>-1</sup>. A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Penman-Montheit. Os valores dos sistemas de irrigação testados são apresentados na Tabela 1 e os valores utilizados na simulação por Monte Carlo na Tabela 2.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados no estudo, foram obtidos a partir da análise econômica e da análise de sensibilidade resultantes de 48 estudos, sendo quatro anos estudados, três sistemas de irrigação e quatro modalidades de bombeamento (motor elétrico com tarifas verde, azul e convencional e motor diesel). A Tabela 3 apresenta os valores esperados médios obtidos por ano estudado para a cultura de cana-de-açúcar na região de Piracicaba.

Pode ser observado na Tabela 4 que para todas as análises realizadas o uso da irrigação apresentou valores da relação B/C sempre inferiores a 1, inviáveis economicamente, pois um projeto deve apresentar B/C maior que a unidade para que seja viável e, quanto maior esta relação, mais atraente o projeto (Clark et al., 1993; Frizzone & Silveira, 2000). As maiores relações B/C foram encontradas para a média do sistema pivô central (Tabela 4) utilizando motor elétrico nas tarifas verde e azul (0,82). As menores relações de B/C foram para a média do sistema autopropelido utilizando motor diesel (0,24). Quando observados os coeficientes médios de risco (variância, desvio padrão e desvio absoluto), na Tabela 5, o sistema que apresentou o maior risco foi o deslocamento linear com um desvio padrão de 152,62 R\$ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, seguido pelo pivô central e o autopropelido.

**Tabela 3.** Valores obtidos nos estudos para a cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba

Valores	2001	2002	2003	2004
Lâmina líquida de irrigação (mm anoP <sup>-1P</sup> )	533,99	586,29	407,28	436,27
Dias irrigados no ciclo (365 dias)	29	31	21	25
Produtividade esperada sem irrigação (Mg haP <sup>-1P</sup> anoP <sup>-1P</sup> )	112,65	107,48	110,78	109,86
Benefício bruto anual esperado da irrigação (R\$ haP <sup>-1P</sup> anoP <sup>-1P</sup> )	1.813,94	1.966,80	1.869,23	1.896,43
Custo de produção de sequeiro (R\$ haP <sup>-1P</sup> anoP <sup>-1P</sup> )	2.027,70	1.934,64	1.994,04	1.977,48
Custo de produção com irrigação desconsiderando os custos da irrigação (R\$ haP <sup>-1P</sup> anoP <sup>-1P</sup> )	3.132,00	3.132,00	3.132,00	3.132,00

**Tabela 4.** Valores médios da relação B/C em função do tipo de motor e tarifa

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Motor diesel	0,45	0,44	0,24
Motor elétrico (média)	0,79	0,70	0,63
Tarifa Verde	0,82	0,73	0,67
Tarifa Azul	0,82	0,73	0,68
Tarifa Convencional	0,72	0,65	0,53

**Tabela 5.** Valores médios de variância, desvio padrão e desvio absoluto do benefício líquido

Valores	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Variância (R\$ <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	22.802,96	23.308,19	22.596,53
Desvio padrão (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	150,95	152,62	150,66
Desvio absoluto (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	123,54	124,81	124,71

Com relação à probabilidade de ocorrência de benefício líquido > 0 (Tabela 6), para o uso do motor diesel todas as análises indicaram a possibilidade nula de obtenção de benefício líquido maior que zero, o que elimina a indicação do seu uso para as condições estudadas. Por este motivo, as análises de custo foram separadas em motor elétrico e motor diesel. No estudo do motor elétrico, as maiores médias de probabilidades de obtenção de benefício líquido maior que zero foram observadas para o pivô central utilizando motor elétrico, com ênfase para as tarifas azul (14,70%) e verde (14,51%) e os menores valores foram encontrados para o autopropelido, no qual descarta-se o uso da tarifa convencional (0%). Observando o benefício líquido esperado utilizando motor elétrico (Tabela 7), todas as análises indicaram a ocorrência de prejuízo, ou seja, o valor que na média deveríamos esperar que viesse a ocorrer foi sempre inferior a zero. Os menores valores médios do benefício líquido anual esperado estão associados ao sistema autopropelido e os maiores valores ao sistema pivô central como obtido por Melo (1993).

Em relação aos custos totais da irrigação (Tabela 7), os maiores valores foram encontrados para o sistema autopropelido seguido do deslocamento linear e o menor valor é apresentado pelo pivô central. Analisando, para o motor elétrico, os custos da irrigação (Tabela 7) e sua participação percentual no custo total da irrigação (Tabela 8), observa-se que os maiores custos fixos estão associados ao sistema deslocamento linear devido ao seu alto custo de implantação que inclui a construção de canais; e os menores custos fixos referem-se ao sistema autopropelido devido ao seu baixo custo de aquisição quando comparado aos sistemas estudados. Porém, quando observados os custos variáveis o autopropelido apresenta os maiores custos, como encontrado em Bonomo et al. (1999), devido ao seu alto consumo de energia, representando 54,73% do custo total da irrigação. Para os sistemas pivô central e deslocamento linear o gasto com o bombeamento representam, respectivamente, 38,36% e 33,61% dos custos totais da irrigação. Para todos os sistemas estudados os custos variáveis representaram a maior participação no custo total da irrigação, e dentre os custos variáveis, como citado em Gohring & Wallender (1987); Frizzone et al. (1994); Bonomo et al. (1999) e Andrade Júnior et al. (2001) o consumo de energia destacou-se como o fator de maior influência. O custo da mão-de-obra apresentou pouca influência, como obtido nas conclusões de Rezende et al. (1992), com valores sempre inferiores a 3% do custo total da irrigação.

**Tabela 6.** Valores médios de probabilidade de benefício líquido > 0 (%) para os sistemas de irrigação em função do tipo de motor e de tarifa

Tipo de motor	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Motor diesel	0,00	0,00	0,00
Motor elétrico (média)	10,77	2,67	0,98
Tarifa Verde	14,51	3,70	1,45
Tarifa Azul	14,70	3,79	1,48
Tarifa Convencional	3,09	0,53	0,00

**Tabela 7.** Valores médios de benefícios líquidos anuais esperados e custos médios advindos do uso da irrigação, para os sistemas de irrigação utilizando motor elétrico

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Custo Fixo Anual esperado	331,39	386,67	286,86
Custo Variável Anual esperado	612,07	669,38	921,53
Custo Total Anual esperado	943,46	1.056,05	1.208,39
Benefício Líquido Anual esperado	-205,20	-317,75	-470,12

**Tabela 8.** Participação percentual dos custos advindos da irrigação no custo total da irrigação da cana-de-açúcar utilizando motor elétrico

	Participação no custo total da irrigação (%)		
	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Custos Fixos esperados	35,33	36,77	24,20
Custos Variáveis esperados	64,67	63,23	75,80
Mão-de-obra	1,62	2,44	2,48
Manutenção	15,98	19,98	10,15
Bombeamento	38,36	33,61	54,73
Água	8,71	7,20	8,44

Para o motor diesel, os custos da irrigação e sua participação percentual no custo total da irrigação são apresentados nas Tabelas 9 e 10. Observou-se o mesmo comportamento dos custos fixos e custos variáveis. Porém, os custos variáveis foram sempre superiores aos obtidos para o motor elétrico, como observado em Frizzone et al. (1994). Isto ocorreu devido ao alto custo do óleo diesel e da não possibilidade de desconto noturno oferecida no bombeamento utilizando motor elétrico. Os custos com bombeamento foram sempre superiores a 50% do custo total da irrigação (Tabela 10) demonstrando que o custo de bombeamento destacou-se sempre como o fator de maior influência. Já o fator de menor influência também foi o custo da mão-de-obra com valores sempre inferiores a 2% do custo total da irrigação. Em relação aos custos totais da irrigação, seguiu-se a mesma tendência do bombeamento elétrico sendo, os maiores valores encontrados para o sistema autopropelido seguido do deslocamento linear e o pivô central.

Observando a análise econômica da irrigação da cana-de-açúcar na região de Piracicaba os maiores custos totais foram observados para o bombeamento utilizando motor diesel, com os maiores valores encontrados para o sistema autopropelido como observado por Melo (1993). De maneira geral o custo da mão-de-obra foi o que menos influenciou o custo total da irrigação (1,67%), seguido pelo custo da água (6,25%) e o custo da manutenção (11,96%). O custo do bombeamento representou a maior participação nos custos totais da

irrigação (55,20%) de acordo com os resultados obtidos em Bonomo et al. (1999); Andrade Junior et al. (2001) e Soares et al. (2003).

**Tabela 9.** Benefícios líquidos anuais esperados e custos médios advindos do uso da irrigação utilizando motor diesel

Valores (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Custo Fixo Anual esperado	331,39	386,67	286,86
Custo Variável Anual esperado	1.272,71	1.265,72	2.754,04
Custo Total Anual esperado	1.604,01	1.652,39	3.040,90
Benefício líquido Anual esperado	-867,29	-914,02	-2.302,54

**Tabela 10.** Participação percentual dos custos advindos da irrigação no custo total da irrigação utilizando motor diesel

	Participação no custo total da irrigação (%)		
	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Custos Fixos esperados	20,39	23,09	9,30
Custos Variáveis esperados	79,61	76,91	90,70
Mão-de-obra	0,95	1,54	0,96
Manutenção	9,21	12,54	3,90
Bombeamento	64,29	58,19	82,52
Água	5,16	4,64	3,32

Na Tabela 11, são analisados os custos de bombeamento em função do tipo de motor e de tarifa. Nota-se que os maiores custos são associados ao motor diesel (Melo, 1993; Frizzone et al. 1994; Alves Júnior et al., 2004). Scaloppi (1985), estudando as exigências de energia para irrigação, observou que o custo da energia requerida no bombeamento para os motores acionados a óleo diesel representou cerca de seis vezes o custo dos motores elétricos. Nestas análises para a cana-de-açúcar, o custo do bombeamento utilizando diesel representou em média 3 vezes o custo de bombeamento dos motores elétricos.

**Tabela 11.** Custo do bombeamento em função do tipo de motor e de tarifa

Tipo de motor e tarifa	Custo do bombeamento (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )		
	Pivô Central	Deslocamento Linear	Autopropelido
Motor diesel	1.025,27	953,74	2.503,86
Motor elétrico (média)	365,09	357,63	671,73
Tarifa Verde	322,54	316,06	568,43
Tarifa Azul	322,64	316,93	568,81
Tarifa Convencional	450,08	439,90	877,94

Em relação ao motor elétrico, a tarifa convencional, que não contempla tarifas diferenciadas para a época do ano (período seco e período úmido) e para o horário de funcionamento (ponta e fora de ponta), apresentou os maiores custos. As tarifas verde e azul apresentaram valores semelhantes devido a não utilização do horário de ponta nas análises como ocorrido em Souza & Frizzone (2003). Entre os sistemas de irrigação o autopropelido sempre apresentou os maiores custos de bombeamento, de acordo com os resultados obtidos

por Scaloppi (1985) que observou o maior consumo energético no autopropelido superando pivô central e aspersão convencional.

A Tabela 12 apresenta os valores da análise de sensibilidade do benefício líquido anual com a variação dos fatores econômicos. O valor de venda do produto foi o fator econômico que mais alterou o benefício líquido anual onde com uma variação de  $\pm 20\%$  promoveu uma variação média do benefício líquido anual de  $\pm 66,81\%$ , concordando com as asserções feitas por Paz et al. (2002). Os fatores que mais influenciaram o benefício líquido anual para a irrigação da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, foram em ordem decrescente: o valor de venda do produto, a vida útil do sistema de irrigação, a taxa de manutenção, a taxa de juros, o preço da água e a mão-de-obra. A cobrança pelo uso da água foi o fator que menos influenciou no benefício líquido anual sendo superior somente ao custo da mão-de-obra, como encontrado em Blanco et al. (2004).

Visto que o valor de venda do produto foi o fator que mais alterou o benefício líquido esperado e o sistema pivô central foi o que obteve a maior relação benefício/custo e, considerando as variáveis estudadas, buscou-se saber qual seria o preço mínimo de venda da cana-de-açúcar para pagar a irrigação para o sistema pivô central. O valor encontrado foi de  $31,66 \text{ R\$ Mg}^{-1}$ , o qual é superior aos valores considerados no estudo que variaram de  $25,40 \text{ R\$ Mg}^{-1}$  a  $31,55 \text{ R\$ Mg}^{-1}$  (Instituto de Economia Agrícola, 2004).

**Tabela 12.** Análise de sensibilidade do benefício líquido, com a variação dos fatores econômicos de  $+20\%$  e  $-20\%$ , para os sistemas de irrigação

Fatores econômicos	Variação do benefício líquido anual (%)					
	Pivô Central		Deslocamento Linear		Autopropelido	
	- 20%	+20 %	- 20%	+20 %	- 20%	+20 %
Vida útil do sistema de irrigação (anos)	-12,35	8,03	-10,63	6,90	-6,25	4,13
Taxa de juros (% a.a.)	6,00	-6,23	5,14	-7,36	1,89	-1,88
Taxa de manutenção (%)	7,57	-7,57	7,82	-7,82	2,98	-2,98
Valor de venda do produto ( $\text{R\$ MgP}^{-1\text{P}}$ )	-89,78	89,78	-66,52	66,52	-44,14	44,14
Mão-de-obra (horas $\text{haP}^{-1\text{P}}$ irrigação $\text{P}^{-1\text{P}}$ )	0,77	-0,77	1,04	-1,04	0,78	-0,78
Preço da água ( $\text{R\$ mP}^{-3\text{P}}$ )	3,05	-3,05	2,13	-2,13	1,83	-1,83

## 6 CONCLUSÕES

- Os valores médios da relação benefício/custo para todos os sistemas testados apresentaram valores inferiores a 1, indicando inviabilidade.
- Para o benefício líquido anual esperado, todos os sistemas apresentaram valores negativos, indicando a inviabilidade do projeto.
- O sistema de irrigação que apresentou os melhores resultados foi o pivô central utilizando energia elétrica com tarifas azul e verde e o sistema que apresentou maior risco econômico foi o deslocamento linear com um desvio padrão de  $159,65 \text{ R\$ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .
- O valor mínimo de venda da tonelada da cana-de-açúcar para viabilizar a irrigação utilizando o sistema pivô central foi de  $31,66 \text{ R\$ Mg}^{-1}$ .
- Os maiores custos totais anuais da irrigação estão associados ao uso do motor diesel.



- O sistema autopropelido apresentou os maiores custos totais da irrigação devido ao seu alto custo de bombeamento.
- O fator econômico que menos influência teve sobre o custo total anual da irrigação foi a mão-de-obra (1,67%), seguido pelo custo da água (6,25%) e custo de manutenção (11,26%). O custo do bombeamento apresentou a maior influência sobre o custo total anual da irrigação com uma participação média de 55,20 %.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2005: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2005. 521 p.
- ALVES JÚNIOR, J. et al. Quanto custa a energia na irrigação. AGRIANUAL 2004: **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**, São Paulo, p.19-22, 2004.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. et al. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.301-305, fev. 2001.
- ARRUDA, F.B.; GRANDE, M.A. Fator de resposta da produção do cafeeiro ao déficit hídrico em Campinas. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.139-145, 2003.
- BLANCO, F.F. et al. Viabilidade econômica da irrigação da manga para o estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.153-159, 2004.
- BONOMO, R.; MANTOVANI, E.C.; CAIXETA, G.Z.T. Comparação de custos para diferentes sistemas de irrigação empregados na cafeicultura irrigada em áreas de cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPel/SBEA, 1999. 1 CD-ROM
- CLARK, E.; JACOBSON, K.; OLSON, D.C. **Avaliação econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Secretaria da Irrigação, 1993. (Manual de irrigação, 3).
- CPFL. Tarifas para o fornecimento de energia elétrica Grupo “A” média e alta tensão resolução nº 565 da ANEEL de 22/10/2003 (Anexo I, IA e IB) - D.O.U. de 23/10/03 válida para as leituras a partir de 23/10/03. Disponível em: <[http://www.cpfl.com.br/piratininga/tarifa\\_27102003.htm](http://www.cpfl.com.br/piratininga/tarifa_27102003.htm)> Acesso em: 16 nov 2004.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p.
- FAVETTA, G.M. **Estudo econômico do sistema de adução em equipamentos de irrigação do tipo pivô central**. 1998. 110 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FRIZZONE, J.A.; SILVEIRA, S.F.R. Análise econômica de projetos hidroagrícolas. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. (Ed.) **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Brasília: Secretaria de Recursos hídricos; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 449-617.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FREITAS, H.A.C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em culturas de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, jul. 1994.

FRIZZONE, J.A. et al. Viabilidade econômica da irrigação suplementar da cana-de-açúcar, *Saccharum spp.*, para a região Norte do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1131-1137, 2001.

GOHRING, T.R.; WALLENDER, W.W. Economics of sprinkler irrigation systems. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v.30, n.4, p.1083-1089, jul/aug 1987.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA Preços médios recebidos pelo produtor. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/ibcoiea.htm>> Acesso em: 23 ago 2004.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA Anuário 2003 – estatísticas de produção, área e produção agropecuária por EDR e RA. Disponível em: < <http://www.iea.sp.gov.br/out/ianu-pro.htm> > Acesso em: 05 abr 2005.

IGLESIAS, E.; GARRIDO, A.; GÓMEZ-RAMOS, A. Evaluation of drought management in irrigated areas. **Agricultural Economics**, Washington, v.29, n.2, p.211-229, Oct 2003.

MANNOCCHI, F.; MECARELLI, P. Optimization analysis of deficit irrigation systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Virginia, v.120, n.3, p.484-503, 1994.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. **Circular Técnica da Embrapa Hortaliças**, Brasília, n.11, 1998.

MARQUES, P.A.A. **Modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas**. 2005. 142 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MARQUES, P.A.A.; COELHO, R.D. Estudo da viabilidade econômica da pupunha (*Bactris Gasipaes* H.B.K) para Ilha Solteira – SP, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.291-297, 2003.

MATIOLI, C.S. **Irrigação suplementar da cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para o Estado de São Paulo**. 1998. 122 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MELO, J.F. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

PAZ, V.P.S. et al. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.404-408, 2002.

PINTO, L.F.G. Avaliação do cultivo da cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais em Piracicaba, SP. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, 2002. v.21, n.1, p.14, set./out., 2002.

REZENDE, F.C.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Otimização dos parâmetros de projeto de um sistema de irrigação por sulcos: II – análise da sensibilidade ao custo da água, da mão-de-obra e das estruturas hidráulicas. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.3, n.2, p.32-49, 1992.

SCALOPPI, E.J. Exigências de energia para irrigação. **ITEM**, Brasília, n.21, p.13-17, 1985.

SOARES, J.M. et al. Agrovale, uma experiência de 25 anos em irrigação da cana-de-açúcar na região do Submédio São Francisco. **ITEM**, Brasília, n.60, p.55-64, 2003.

SOUZA, J.L.M.; FRIZZONE, J.A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. I. simulação do balanço hídrico e do custo com água. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.103-112, 2003.