

ARTIGO TÉCNICO

CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL, AFETADO PELO MANEJO DA IRRIGAÇÃO E SISTEMAS DE CULTIVO

JOSÉ E. P. TURCO¹, GILCILEIA DOS S. RIZZATTI², LUIZ C. PAVANI³

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar o consumo e o custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, cultivar IAC-Carioca, submetida a dois manejos de irrigação: TENS - tensiometria; TCA - balanço hídrico-climatológico, baseado no tanque “Classe A”; e dois sistemas de cultivo em Latossolo Vermelho: PD - plantio direto; PC - plantio convencional, no ano de 2002. A pesquisa foi desenvolvida na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação - ADEI da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP. O consumo de energia elétrica do sistema de irrigação foi monitorado, e seu custo, analisado para dois grupos tarifários: A e B, sendo os preços do kWh dos sistemas tarifários de energia elétrica obtidos na CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). Os tratamentos em que o manejo da irrigação foi realizado pelo método do tanque “Classe A”, ocasionaram os maiores consumos e custos de energia elétrica, em relação aos tratamentos em que o manejo foi realizado por tensiometria; entre os sistemas de plantio, não foram observadas diferenças. A tarifa Horó-Sazonal (verde e/ou azul), com desconto, foi a melhor opção para os quatro tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas tarifários de energia elétrica, tensiômetro, tanque “Classe A”, plantio direto e convencional.

COST OF ELECTRIC ENERGY IN IRRIGATED DRY BEAN FOR CENTER PIVOT AFFECTED BY THE IRRIGATION MANAGEMENT AND TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the consumption and cost of electric energy in dry bean crop, IAC-Carioca, irrigated by center pivot, submitted to two irrigation managements: tensiometry and climatological water balance with Class A pan, under conventional and no-tillage systems, growed in Oxisol, in the year of 2002. The research was developed at the Demonstrative and Experimental Area of Irrigation - ADEI, of FCAV/UNESP, Campus of Jaboticabal - SP, Brazil. The irrigation system electric energy consumption was monitored for two tariff groups: A and B. The prices of kWh of the tariff systems of electric energy had been gotten in the CPFL (São Paulo Company of Force and Light). The treatments where the irrigation management was carried through the method of the Class A pan showed higher consumption and cost of electric energy, in relation to the treatments where the management was carried through tensiometry; for the tillage systems it had not been observed differences. The green and/or blue tariff with discount was the best option for the four treatments.

KEYWORDS: tariff systems of electric energy, tensiometer, “Class A” pan, conventional and no-tillage systems.

¹ Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal - SP, Fone: (0xx16) 3209.2637, jepturco@fcav.unesp.br

² Eng^a Agrônoma, Doutoranda em Ciência do Solo, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

³ Prof. Dr., Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 24-9-2007

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 6-5-2009

INTRODUÇÃO

A adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, de tal forma que se possa, economicamente, manter ao longo do tempo esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade (WUTKE et al., 2000).

Trabalhos de pesquisa realizados em diferentes locais têm indicado superioridade comparativa do sistema plantio direto sobre outros sistemas de manejo do solo em relação à produtividade das culturas. Em regiões onde o estresse hídrico é menor, os efeitos positivos sobre os rendimentos podem demorar um pouco, cerca de três ou quatro anos (CALEGARI, 1998); para a cultura do feijoeiro, STONE & MOREIRA (2001) relatam que a produtividade aumenta com o tempo.

O feijoeiro é uma cultura que assume grande importância socioeconômica, além de seu produto ser considerado o principal alimento proteico consumido no Brasil, uma vez que é alimento básico, principalmente da classe populacional de renda mais baixa, tornando-se, assim, alimento indispensável nas refeições da maioria dos brasileiros (ARF et al., 1996).

Segundo VIEIRA et al. (1989), o Brasil contribui com mais de 20% da área total de feijão plantada no mundo, e conforme PESSOA et al. (2001), o País está entre os três maiores produtores mundiais de feijão, mas, também, é o maior consumidor, necessitando de importações.

A busca de tecnologia para obter aumento da produtividade de grãos tem fomentado o interesse pela irrigação, possibilitando aos agricultores irrigantes maiores produções em locais e épocas em que a distribuição natural de chuvas não ocorre uniformemente.

Nas regiões onde a insuficiência ou a má distribuição das chuvas, em alguns períodos do ano, inviabiliza a exploração agrícola econômica, a irrigação justifica-se como recurso tecnológico indispensável ao aumento da produtividade das culturas, além de contribuir para a utilização mais intensa de recursos produtivos ociosos na propriedade rural (FRIZZONE et al., 1994).

Para o estudo da eficiência do manejo da irrigação, deve-se priorizar o retorno econômico ao irrigante, cuja quantidade de água e época de aplicação são de grande importância para obter a máxima produção econômica (PAZ et al., 1997).

A irrigação é responsável por grande parte do consumo de energia no meio rural. Normalmente, o produtor rural não adota um método de controle de irrigação; usualmente, irriga em excesso, temendo que a cultura sofra estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia elétrica e de água.

Diante da possibilidade de escassez de energia, aliada à rápida elevação dos custos, procura-se racionalizar seu uso, utilizando a água de forma mais eficiente na irrigação. As tarifas de energia são as mais importantes variáveis no custo final da irrigação.

Atualmente, as tarifas de energia elétrica e a tarifação sobre a água para a irrigação vêm despertando preocupação aos irrigantes. Se a irrigação fosse de forma racional, cerca de 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas, sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao rendimento e à otimização dos equipamentos (CEMIG, 1993).

A CEMIG desenvolveu projeto de otimização do uso de energia elétrica na irrigação do tipo pivô central no Estado de Minas Gerais. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que as perdas de água chegavam a 17,8%, sendo possível economizar 10% da energia consumida com a otimização do sistema de bombeamento, ou seja, poder-se-iam economizar 27,8% do consumo de energia elétrica na irrigação com pivô central.

ALVES et al. (2003) desenvolveram trabalho de custo da energia elétrica na irrigação para diferentes regiões brasileiras, levando em consideração tarifas, época do ano e tempo de

bombeamento. Recomendaram, em seu trabalho, que a tarifa verde e azul com desconto são as melhores opções para o usuário, desde que o tempo diário de bombeamento seja de até 21h.

É escassa a literatura que trata do estudo do consumo e do custo de energia elétrica associado ao manejo da água e do solo em cultura do feijoeiro.

Este trabalho teve por objetivo estudar o consumo e o custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, submetida a dois métodos de manejo de irrigação, por tensiometria e pelo balanço hídrico, baseado na diferença entre evapotranspiração estimada pelo método do tanque “Classe A” e a chuva, em sistemas de plantio direto e convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação - ADEI, da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal - SP, situada a 21^o14'05" de latitude sul, 48^o17'09" de longitude oeste e altitude de 613,68 m. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, segundo recomendações da EMBRAPA (1999).

O experimento do ano estudado (2002) foi conduzido sob um sistema de pivô central, que abrange área de 33.157,14 m². O equipamento possui 30 emissores (difusor fixo, com placa estriada e pendural), igualmente espaçados entre si, distribuídos em duas torres e em um balanço, com um aspersor tipo canhão na extremidade. A uniformidade de aplicação de água e as lâminas médias aplicadas, em diversas velocidades de rotação, foram avaliadas antes da instalação das parcelas experimentais.

A área foi manejada com sucessão das culturas de feijoeiro (cultivar IAC-Carioca), na época mais seca do ano, e de milho, na época mais úmida. A regulação da semeadora para a cultura do feijoeiro foi para espaçamento de 0,45 m e 18 sementes por metro.

Os tratamentos foram dois métodos de manejo de irrigação e dois sistemas de cultivo, assim descritos: manejo da irrigação por tensiometria (TENS) e pelo balanço hídrico-climatológico, baseado no método do tanque “Classe A” (TCA); sistema convencional (PC), em que se realizaram duas gradagens pesadas e uma para destorroamento e incorporação de herbicida pré-plantio (trifluralina), e plantio direto (PD), em que foi aplicado herbicida dessecante antes da semeadura.

Os tratamentos foram assim nomeados:

T1 - manejo da irrigação por tensiometria e sistema de plantio direto.

T2 - manejo da irrigação pelo balanço hídrico-climatológico, baseado no método do tanque “Classe A” e sistema de plantio direto.

T3 - manejo da irrigação por tensiometria e sistema de plantio convencional.

T4 - manejo da irrigação pelo balanço hídrico-climatológico, baseado no método do tanque “Classe A” e sistema de plantio convencional.

A área circular abrangida pelo pivô foi dividida em quatro partes, e cada quadrante recebeu um sistema de plantio (PD ou PC), em que o mesmo sistema de plantio corresponde ao quadrante oposto. Cada quadrante foi dividido em octantes, que receberam um manejo de irrigação (TENS ou TCA), conforme Figura 1.

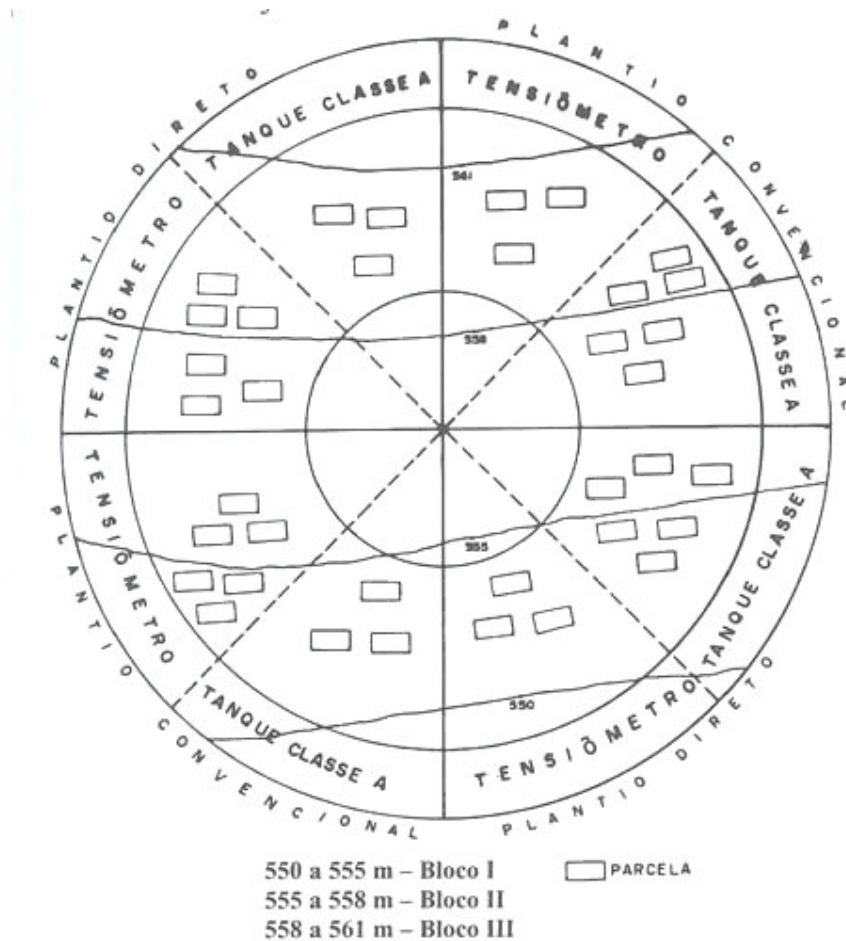


FIGURA 1. Esquema geral da área experimental, em que cada bloco equivale à cota correspondente, sem escala. **General outline of the experimental area, where each block represents the corresponding share, without scale.**

O dia definido como o de irrigação, tanto para TENS quanto para TCA, foi aquele em que a umidade atual do solo (Θ_a) atingiu valor igual ou menor que o da umidade crítica do solo para a cultura do feijoeiro (Θ_c), cujo valor do potencial mátrico crítico (Ψ_c) é de -40 kPa (SILVEIRA & STONE, 1994), considerando, também, se, no dia previsto ou nos três dias posteriores, a probabilidade de ocorrência de chuva igual ou maior do que a água facilmente disponível no solo (AFD)* fosse maior ou igual a 70%.

$$*AFD = (\Theta_{cc} - \Theta_c) 1.000 Z \quad (1)$$

em que,

Θ_{cc} - umidade do solo à capacidade de campo para o potencial mátrico de -10 kPa, $m^3 m^{-3}$;

Θ_c - umidade crítica do solo para a cultura do feijoeiro, e

Z - profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, $0,40$ m.

Nas parcelas em que o manejo da irrigação foi efetuado com tensiômetros, os mesmos foram instalados a $0,15$ m e a $0,30$ m de profundidade (SILVEIRA & STONE, 1994), sendo o de $0,15$ m o de decisão do momento de irrigar, enquanto o de $0,30$ m foi o de controle da profundidade da lâmina aplicada (SAAD & LIBARDI, 1992).

O momento de irrigar foi definido para cada um dos sistemas de cultivo (PC e PD) quando a média entre as leituras dos tensiômetros de decisão, em cada sistema, foi próxima ao valor crítico de potencial mátrico de água no solo (Ψ_c). A lâmina de irrigação ou de água disponível consumida até o dia da irrigação ($ADC_{i(TENS)}$), em mm, foi calculada conforme a eq.(2):

$$ADCi_{(Tens)} = (\Theta_{cc} - \Theta_{ai}) 1.000 Z \quad (2)$$

em que,

Θ_{ai} - umidade atual do solo no momento da irrigação, $m^3 m^{-3}$; medida pelo tensiômetro a 15 cm de profundidade, sendo sua tensão convertida para umidade volumétrica pela curva de retenção do solo.

A lâmina real (hr, em mm) aplicada em cada irrigação foi baseada na lâmina média obtida da avaliação do equipamento e na leitura dos pluviômetros instalados no experimento, logo após as irrigações.

Para o manejo de irrigação pelo balanço hídrico-climatológico, considerou-se apenas o balanço em 24 horas entre a evapotranspiração da cultura (Etc), estimada pelo método do tanque “Classe A”, segundo ALLEN et al. (1998 a e b), e a chuva total coletada em pluviômetro tipo “Ville de Paris”. O cálculo da lâmina líquida real ou $ADCi_{(TCA)}$, tomada como referência para a lâmina de irrigação a ser aplicada com o pivô central, foi obtido pela seguinte expressão do balanço hídrico-climatológico:

$$ADCi_{(TCA)} = \sum_{t_i}^{t_j} (ETc - P) \quad (3)$$

em que,

$ADCi_{(TCA)} \geq AFD$, 18,16 mm, e

$(t_j - t_i)$ - duração do intervalo em dias, entre duas irrigações.

A Etc ($mm \text{ dia}^{-1}$) foi estimada de acordo com a eq.(4):

$$Etc = ECA Kp Kc \quad (4)$$

em que,

ECA - evaporação medida no tanque “Classe A”, $mm \text{ dia}^{-1}$;

Kp - coeficiente de tanque, adimensional, e

Kc - coeficiente de cultura, adimensional.

As irrigações foram efetuadas por um sistema de pivô central. O sistema utiliza água de poço artesiano, que possui uma bomba de recalque acoplada a um motor de indução trifásico de 18,5 kW (25 cv), que alimenta dois reservatórios d'água. A água dos reservatórios foi recalçada para os aspersores das torres do pivô central por bomba d'água acoplada a um motor de indução trifásico de 25 cv. Para a movimentação das duas torres do pivô central, foram utilizados dois motores de 1/4 cv.

O consumo de energia elétrica dos quatro motores do sistema de irrigação foi medido por meio da utilização de medidor de energia (mod. Microvip3 - Elcontrol, Itália).

Foi estudado o custo da energia elétrica para dois grupos tarifários: Grupo A e Grupo B. Para o Grupo A, foram determinados os dispêndios com a energia para a tarifa Estrutura Binômica Convencional e tarifa Horo-Sazonal (verde e/ou azul), além da tarifa especial para irrigantes no período noturno (Portaria DNAEE 105 de 3-4-1992, Resolução ANEEL 277 de 19-7-2000, e Resolução ANEEL 540 de 1º-10-2002).

O preço da energia elétrica foi obtido junto à Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL, e refere-se ao ano de 2006.

O custo do consumo de energia elétrica foi calculado pela eq.(5):

$$CCEE = CEE P + ICMS \quad (5)$$

em que,

CCEE - custo do consumo de energia elétrica, em R\$;

CEE - consumo de energia elétrica durante qualquer período de tempo, em kWh;

P - preço do kWh na estrutura tarifária considerada, em R\$;

ICMS - imposto sobre circulação de mercadorias e serviços;

em que,

$$\text{ICMS} = \frac{IA}{100 - A} \quad (6)$$

em que,

$$I = \text{CEE} \cdot P, e \quad (7)$$

A - alíquota, 18%.

Foi estudado o resultado econômico, subtraindo a receita da produção de feijão do custo do consumo de energia elétrica, para os quatro tratamentos.

Foram relacionados o consumo de energia elétrica (kWh) e o custo da energia elétrica (R\$) com a produtividade obtida nos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de energia ativa por hectare e a produtividade em kg ha^{-1} , para os quatro tratamentos, são ilustrados na Figura 2.

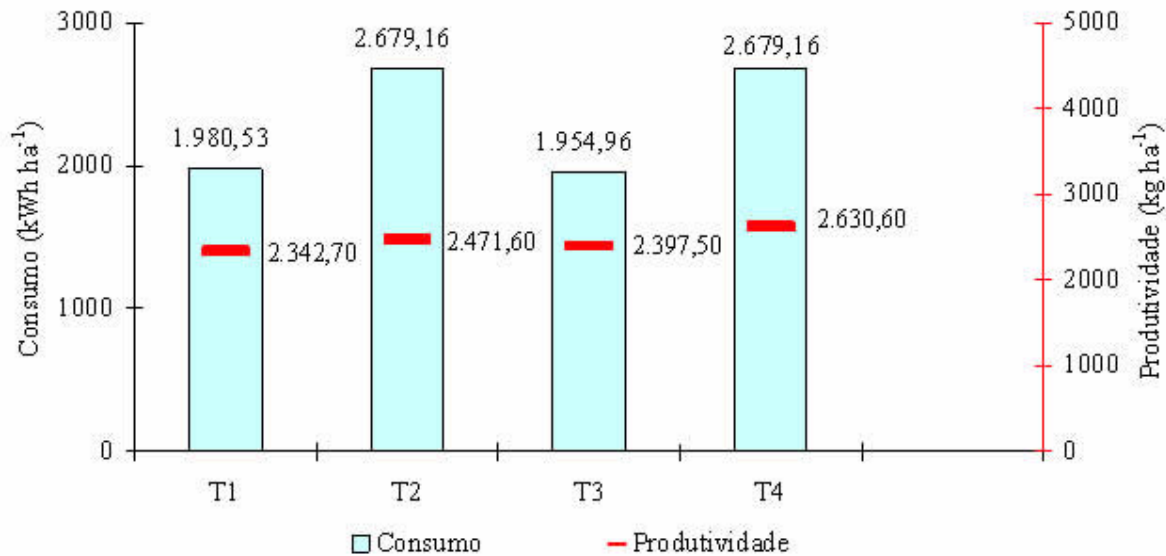


FIGURA 2. Consumo de energia elétrica ativa e produtividade de grãos para os quatro tratamentos. **Active energy consumption and grain yield for the four treatments.**

O consumo de energia elétrica foi maior nos tratamentos 2 e 4, nos quais o manejo da irrigação foi baseado no tanque “Classe A”, seguido pelos tratamentos 1 e 3, nos quais o manejo de irrigação foi realizado por tensiometria. O consumo de energia elétrica, dentro dos manejos de irrigação, para os sistemas de plantio direto e convencional, é semelhante.

Pode-se observar, por meio do teste de Tukey, que não houve diferença significativa entre as produtividades dos tratamentos (Tabela 1), o que, possivelmente, se deve ao fato de ser o primeiro ano de realização de plantio direto nessa área, concordando com STONE & MOREIRA (2001), que relatam que a produtividade aumenta com o tempo.

TABELA 1. Produtividade média de grãos por área (kg ha^{-1}). **Average grain yield per area (kg ha^{-1}).**

Sistemas de Plantio	Manejo da Irrigação	
	Tensiômetro	Tanque “Classe A”
Plantio convencional	2.397,5 Aa	2.630,6 Aa
Plantio direto	2.342,7 Aa	2.471,6 Aa

* Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). C.V. = 16,70%.

Os valores do custo de energia elétrica para o sistema tarifário do grupo B, para os tratamentos estudados, estão apresentados na Figura 3.

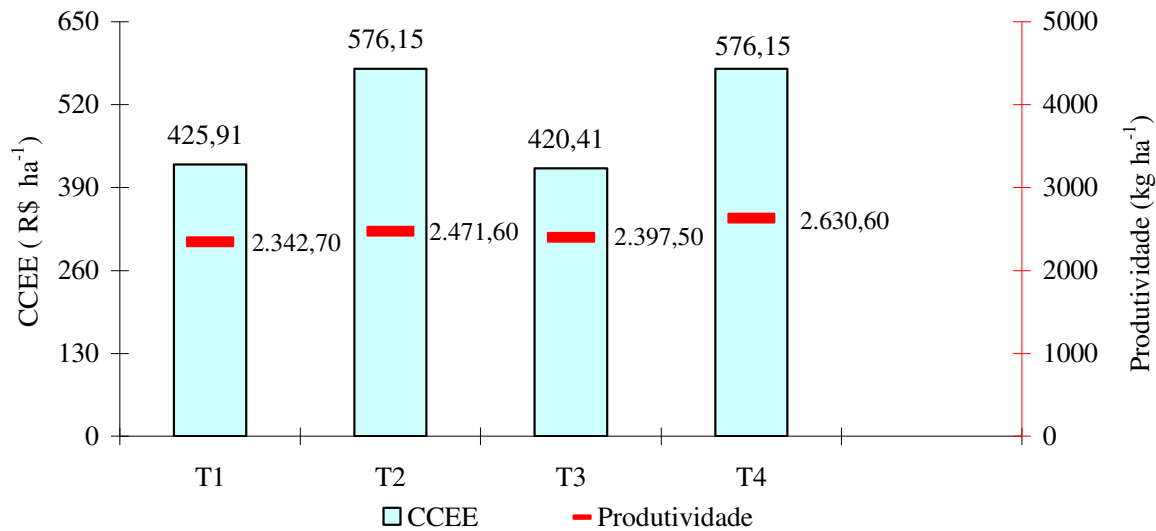


FIGURA 3. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE) para o Grupo B (preço do kWh = R\$ 0,17634). **Electric power consumption cost estimate (CCEE) for the Group B (kWh price = R\$ 0,17634).**

Nota-se que, nos tratamentos 2 e 4, em que o manejo foi realizado pelo método do tanque “Classe A”, ocorreram os maiores custos de energia elétrica, e nos tratamentos 1 e 3, em que o manejo foi realizado por tensiometria, os custos de energia elétrica foram os menores. Comparando-se os sistemas de plantio direto e convencional, dentro dos manejos de irrigação, nota-se que os custos com energia elétrica foram praticamente os mesmos.

O sistema tarifário do grupo B, normalmente, é aplicado a propriedades rurais que possuem transformadores instalados de até 112,5 kVA. O fato de o agricultor possuir esse transformador, não impede que ele faça opção por outros sistemas tarifários junto à CPFL.

Para determinar a melhor modalidade tarifária, foi considerado o contrato com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), com Sistema Tarifário Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, com o valor de 21,60 kW para a demanda fora de ponta (preço da demanda 29,81 R\$ kW⁻¹) (Figura 4).

Com base na Figura 4, percebe-se que o valor contratado é inadequado, pois aumentou o gasto com energia elétrica, em relação ao sistema tarifário do Grupo B, para todos os tratamentos.

As tarifas Horo-Sazonais permitem ao consumidor irrigante reduzir suas despesas com energia elétrica, desde que ele consiga programar seu uso. Essa redução poderá ser obtida evitando-se o horário de ponta e/ou deslocando-se o consumo para determinados meses do ano.

Considerou-se, para o ano de 2006, a tarifa vigente Horo-Sazonal Verde e/ou Azul com o valor de 21,60 kW para a demanda fora de ponta (preço da demanda 7,90 R\$ kW⁻¹). Na Figura 5, são apresentados os resultados para o sistema tarifário citado, com desconto especial para irrigações efetuadas no período noturno.

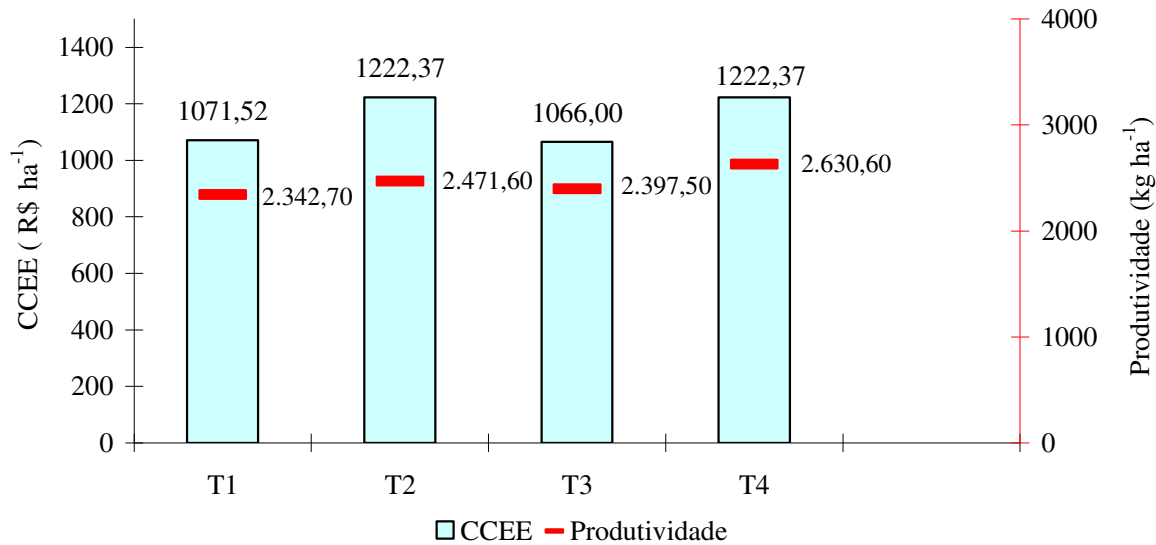


FIGURA 4. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE) para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional (preço do kWh = R\$ 0,17705). **Electric power consumption cost estimate (CCEE) for the Group A - Conventional Binomial Structure (kWh price R\$ = 0,17705).**

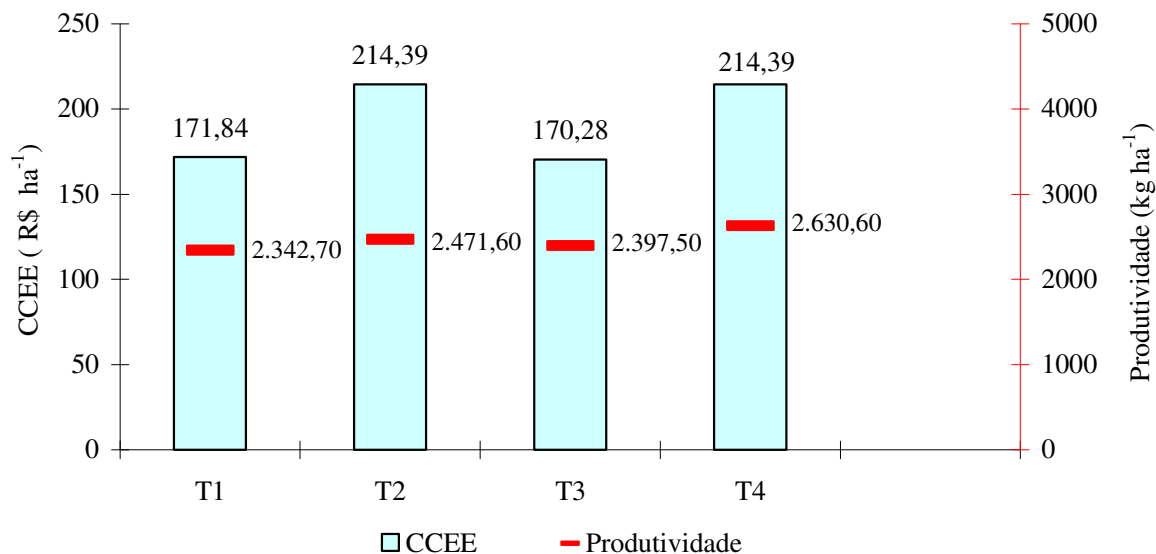


FIGURA 5. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE) para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto (preço do kWh = R\$ 0,16650). **Electric power consumption cost estimate (CCEE) for the Group A - Green and / or Blue Seasonal Structure, with discount. (kWh price = R\$ 0,16650).**

Analisando-se a Figura 5, nota-se que a tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigações feitas no período noturno, é a opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, concordando com ALVES et al. (2003), pois os gastos com energia elétrica foram menores em relação ao sistema tarifário do Grupo B, para todos os tratamentos, resultando, portanto, maior retorno econômico ao irrigante (Tabela 2).

TABELA 2. Resultado econômico para os tratamentos 1; 2; 3 e 4, para o grupo A Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno. **Economic result for the treatments 1; 2; 3 and 4, for the group A Green and/or Blue Seasonal, with special discount for irrigating at night.**

Tratamentos	Receita (R\$ ha ⁻¹)	CCEE (R\$ ha ⁻¹)	Resultado Econômico (R\$ ha ⁻¹)
T1	2.733,15	171,84	2.561,31
T2	2.883,53	214,39	2.669,14
T3	2.797,08	170,28	2.626,80
T4	3.069,03	214,39	2.854,64

CONCLUSÕES

A análise dos resultados, nas condições do desenvolvimento deste trabalho, leva a concluir que, nos tratamentos em que o manejo da irrigação foi realizado pelo método do tanque “Classe A”, devido ao maior consumo de água observado, ocorreram os maiores consumos e custos de energia elétrica, em relação aos tratamentos em que o manejo foi realizado por tensiometria.

Com os sistemas de plantio direto (recém-implantado, 12 meses) e convencional (dentro dos manejos de irrigação), foram observados praticamente os mesmos valores de consumo e de custos com energia elétrica.

A tarifa Horo-Sazonal (verde e/ou azul), com desconto, foi a melhor opção para a implantação dos sistemas de plantio mencionados, sendo a melhor opção para futuros plantios.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Pan evaporation method. In: _____ . *Crop evapotranspiration*. Roma: FAO, 1998a. p. 78-85 (Irrigation and Drainage, 56).
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Etc - single crop coefficient (Kc) In: _____ . *Crop evapotranspiration*. Roma: FAO, 1998b. p.103-134 (Irrigation and Drainage, 56).
- ALVES, J.; FIGUEREDO, L.G.M.; COELHO, R.; ZOCOLER, J.L. Custo da energia elétrica na irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 32., 2003, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CD-ROM.
- ARF, O.; SÁ, M.E.; OKITA, C.S.; TIBA, M.A.; GUERREIRO NETO, G.; OGASSAWARA, F.Y. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.8, p.533-597, 1996.
- CALEGARI, A. Culturas, sucessões e rotações. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; NOVACHINSKI, J.R.; FONTES, C.Z. *Plantio direto: Coleção 500 perguntas - 500 respostas*. Brasília: EMBRAPA, 1998. v.1, p.60-80.
- CEMIG. *Estudo da otimização energética*. Belo Horizonte, 1993. 22 p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999. 412 p.
- FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FREITAS, H.A.C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, 1994.
- PAZ, V.P.S.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; FOLEGATTI, M.V. Redução na receita líquida por déficit ou excesso de água na cultura do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.9, p.869-875, 1997.

PESSOA, P.C.S.; MENDONÇA, F.C.; SILVA, F.C. Redução do custo operacional de irrigação e uniformização de aplicação de água em pivô central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. *Anais...* Foz de Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

SAAD, A.M.; LIBARD, P.L. *Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante*. São Paulo: IPT, 1992. 27 p.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. *Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central*. Goiânia: EMBRAPA, 1994. 46 p. (Circular Técnica, 27)

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.3, p.473-481, 2001.

VIEIRA, H.J.; LIBARDI, P.L.; BERGAMASCHI, H.; ANGELOCCI, L.R. Comportamento de duas variedades de feijoeiro sob regimes de disponibilidade hídrica do solo (Extração de água do solo e evapotranspiração). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.24, n.2, p.165-176, 1989.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.3, p.621-633, 2000.