

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “ JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL

CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM  
CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO POR PIVÔ  
CENTRAL, SOB DOIS MANEJOS DE IRRIGAÇÃO, EM  
PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

Gilcilea dos Santos Rizzatti  
Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “ JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM  
CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO POR PIVÔ  
CENTRAL, SOB DOIS MANEJOS DE IRRIGAÇÃO, EM  
PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

**Gilcileia dos Santos Rizzatti**

**Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco**

**Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Pavani**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
Fevereiro de 2007**

## DADOS CURRICULARES DA AUTORA

**GILCILEIA DOS SANTOS RIZZATTI** – Nascida em 05 de Junho de 1982, na cidade de Ribeirão Preto – SP. Iniciou o curso de graduação em Agronomia, em março de 2000, na Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em 26 de janeiro de 2005. Em março de 2005, na mesma Universidade, iniciou o curso de mestrado junto ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), vindo a concluí-lo em fevereiro de 2007. Foi bolsista do CNPq no período de agosto de 2005 a julho de 2006.

## *DEDICO*

*A minha querida e amada família, pai Celso Frederico Rizzatti, mãe Gilsse dos Santos Rizzatti, irmão William dos Santos Rizzatti e noivo Fernando Caetano, por todo apoio, carinho, amor, incentivo e confiança a mim depositada, para que eu pudesse cumprir mais uma etapa de minha vida. Obrigada!!!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde, força e iluminar meus passos;

A meus pais, Celso e Gilsse, pelo amor, carinho, apoio, confiança, incentivo, conselhos e encorajamento;

A meu noivo Fernando, pela paciência, amizade, cumplicidade, carinho e amor;

A meu irmão William, pelo apoio e amizade;

Aos meus avós,

Vitório Rizzatti (in memorian) e Lúcia Rizzatti,

Alcides dos Santos e Aparecida dos Santos,

e meus parentes,

pela torcida;

Ao Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, pela valiosa orientação, motivação, incentivo e amizade;

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Pavani, pela co-orientação, presteza e amizade;

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Prof. Dr. José Renato Zanini, pelas valiosas sugestões apresentadas no exame geral de qualificação e na defesa da dissertação;

Ao Prof. Dr. João Antônio Galbiatti e ao Prof. Dr. José Carlos Sartori, pelas sugestões apresentadas no exame geral de qualificação e na defesa da dissertação, respectivamente;

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins, pela ajuda na análise econômica;

Ao Nelson, da Gallo Irrigação e Equipamentos Agrícolas, pela ajuda;

Aos Professores e Funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pela amizade e contribuição na realização do experimento;

Aos meus amigos da pós-graduação, Thaís, Adolfo, Alan, Marcos, Mariluce, Danilo, Ednan e Othon pela amizade e agradável convivência;

As funcionárias da seção de Pós-Graduação e aos funcionários da Biblioteca da FCAV, pelo atendimento e auxílio;

Enfim, a todos que de uma maneira direta ou indireta contribuíram para a realização do meu trabalho;

**MUITO OBRIGADA !!!**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xiii
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
Análise do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos.....	20
Custo de energia elétrica.....	26
Sistema Tarifário Grupo B.....	26
Sistema Tarifário Grupo A – Estrutura Binômica Convencional.....	30
Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul.....	33
Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno.....	37
Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno.....	40
Análise econômica.....	43
V. CONCLUSÕES.....	48
VI. REFERÊNCIAS.....	49
ANEXO.....	55

## CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM CULTURA DO FEIJOEIRO IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL, SOB DOIS MANEJOS DE IRRIGAÇÃO, EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi analisar o consumo e custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro, cultivar IAC-Carioca, submetido a dois manejos de irrigação: tensiometria e balanço hídrico climatológico, baseado no tanque “Classe A”; e dois sistemas de plantio em Latossolo Vermelho: plantio direto e plantio convencional, por três anos consecutivos 2002, 2003 e 2004. A pesquisa foi desenvolvida na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação - ADEI da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. A cultura do feijoeiro foi conduzida na estação seca, com irrigação por pivô central. O consumo de energia elétrica do sistema de irrigação foi obtido por meio da utilização de um medidor de energia. Foi estudado o custo da energia elétrica para dois grupos tarifários, Grupo A e Grupo B. A análise dos resultados nas condições do desenvolvimento deste trabalho leva a concluir que os tratamentos em que o manejo da irrigação foi realizado pelo método do tanque “Classe A”, obtiveram os maiores consumos e custos de energia elétrica, em relação aos tratamentos em que o manejo foi realizado por tensiometria; os sistemas de plantio direto e convencional (dentro dos manejos de irrigação) apresentaram praticamente os mesmos valores de consumo e custo de energia elétrica, para os três anos estudados. O Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horó-Sazonais Verde e/ou Azul (com desconto especial para irrigação no período noturno), foi a opção mais adequada para os anos de 2002 e 2003. Para o ano de 2004 o Sistema Tarifário Grupo B (com desconto especial para irrigação no período noturno), foi a opção mais adequada. Observou-se uma tendência, de maior retorno econômico, para o tratamento, em que o manejo de irrigação foi realizado pelo tanque “Classe A”, e sistema de plantio convencional, para os três anos estudados.

**Palavras-chave:** energia elétrica, sistemas tarifários, feijão, tensiômetro, tanque “Classe A”.

## CONSUMPTION AND COST OF ELECTRIC ENERGY IN IRRIGATED BEAN CROP BY CENTER PIVOT UNDER TWO IRRIGATION MANAGEMENT IN CONVENTIONAL AND NO-TILLAGE SOIL SYSTEMS MANAGEMENT

**SUMMARY:** The objective of this work was to analyze the consumption and cost of electric energy by a bean crop, IAC-Carioca, irrigated by center pivot, submitted to two irrigation management: tensiometry and climatological water balance with Class A pan, under conventional and no-tillage systems, grown in an Oxisol soil, for three years consecutive 2002, 2003 and 2004. The research was developed in the Demonstrative and Experimental Area of Irrigation – ADEI, at Sao Paulo State University, Campus of Jaboticabal, SP, Brazil. The common bean crop was grown in the dry season of these years, with irrigation by center pivot. The consumption of electric energy of the irrigation system was obtained by an energy meter. The cost of the electric energy for two tariff groups, Group A and Group B was analyzed. The results in the conditions of the development of this work leads to conclude that the treatments where the irrigation management was carried through by the method of the Class A pan, had gotten the biggest consumptions and costs of electric energy, in relation to the treatments where the irrigation management was carried through by tensiometry; the systems of no-tillage and conventional tillage (inside of irrigation management) had presented practically the same values of consume and cost of electric energy, for the three years. The Tariff System Group A - green and/or blue tariff (with special discounting for irrigation in the nocturnal period), was the most adjusted option for the years 2002 and 2003. For the year 2004 the Tariff System Group B (with special discounting for irrigation in the nocturnal period), was the most adjusted option. A trend of bigger economic return was observed for the treatment where the irrigation management was carried through by the Class A pan and conventional soil tillage system for the three years.

**Keywords:** electric energy, tariff systems, bean, tensiometry, Class A pan.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIGURA 1. Esquema geral da área experimental, em que cada bloco encontra-se na área entre as cotas (m) das curvas de nível (sem escala).....	11
FIGURA 2. Poço artesiano.....	14
FIGURA 3. Reservatórios d'água.....	14
FIGURA 4. Bomba d'água com motor de indução trifásico de 25 CV acoplado..	15
FIGURA 5. Medidor de energia.....	16
FIGURA 6. Medição do consumo de energia elétrica do poço artesiano.....	16
FIGURA 7. Medição do consumo de energia elétrica do motor indução trifásico de 25 CV do sistema de irrigação.....	17
FIGURA 8. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2002.....	20
FIGURA 9. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2003.....	22
FIGURA 10. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2004.....	23
FIGURA 11. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha <sup>-1</sup> ), e a produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ), no ano de 2002.....	24
FIGURA 12. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha <sup>-1</sup> ), e a produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ), no ano de 2003.....	25
FIGURA 13. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha <sup>-1</sup> ), e a produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ), no ano de 2004.....	26
FIGURA 14. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,17634).....	27
FIGURA 15. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,17634).....	28

FIGURA 16. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,17634).....	29
FIGURA 17. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,17705).....	31
FIGURA 18. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,17705).....	31
FIGURA 19. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,17705).....	32
FIGURA 20. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	34
FIGURA 21. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	35
FIGURA 22. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	36
FIGURA 23. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	38
FIGURA 24. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	38
FIGURA 25. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	39

FIGURA 26. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	41
FIGURA 27. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	41
FIGURA 28. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,16650).....	42

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
TABELA 1. Produtividade média de grãos ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), no ano de 2002.....	21
TABELA 2. Produtividade média de grãos ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), no ano de 2003.....	22
TABELA 3. Produtividade média de grãos ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), no ano de 2004.....	23
TABELA 4. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$ .....	30
TABELA 5. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$ .....	33
TABELA 6. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - tarifa Horó-Sazonal Verde e/ou Azul, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$ .....	37
TABELA 7. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - tarifa Horó-Sazonal Verde e/ou Azul com desconto, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$ .....	40
TABELA 8. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, com desconto, os resultados são expressos em $\text{R\$} \cdot \text{kg}^{-1}$ .....	43
TABELA 9. Preços do sistema, depreciação anual, juros sobre o capital investido (JSC), custos fixos anuais e por hectare, para uma taxa de juros de 12% ao ano, vida útil do sistema de 10 anos e valor residual do sistema igual a zero.....	45

TABELA 10. Custos variáveis de produção (CCEE), em R\$.ha <sup>-1</sup> .....	45
TABELA 11. Custo total de produção (custos fixos + custos variáveis (CCEE)), em R\$.ha <sup>-1</sup> .....	46
TABELA 12. Produtividades do feijão, em sacas.ha <sup>-1</sup> , para os três anos estudados.....	46
TABELA 13. Receita da produção de feijão para os três anos estudados. (R\$.ha <sup>-1</sup> ).....	46
TABELA 14. Resultado econômico, para os três anos estudados. (R\$.ha <sup>-1</sup> ).....	47

## I. INTRODUÇÃO

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

Particularmente em regiões em que durante uma parte do ano, a temperatura e a radiação solar são suficientes para a produção das culturas agrícolas, mas existe um déficit hídrico importante, como nas regiões norte, nordeste e noroeste do estado de São Paulo, a adoção de técnicas conjugadas de plantio direto e de irrigação tem se mostrado promissora, sob o ponto de vista de melhor explorar a terra, os maquinários, implementos, insumos e a mão-de-obra disponível, além do aspecto conservacionista.

Considerando-se que, de toda água utilizada no mundo, 70% destina-se à irrigação (SENTELHAS, 2001), é relevante que se evite ao máximo o desperdício desse importante recurso natural, sendo que os aspectos relacionados ao fornecimento adequado de água às plantas vêm assumindo grande parte das pesquisas sobre agricultura irrigada. Do ponto de vista do manejo de água nos sistemas irrigados, é fundamental a definição do momento das irrigações, pois a aplicação de água no momento certo é um dos fatores mais importantes para o sucesso do empreendimento.

A irrigação é uma das técnicas responsáveis por grande parte do consumo de energia elétrica no meio rural.

O produtor rural normalmente não adota um método de controle de irrigação, aplicando água em excesso, tendo como consequência o desperdício de energia elétrica e de água.

Diante da possibilidade de escassez de energia, aliada à rápida elevação de custos, procura-se racionalizar o seu uso, utilizando a água de forma mais eficiente na irrigação.

Tendo em vista a crise de energia elétrica que o Brasil teve no ano de 2001, devido à deficiência no processo de geração de energia elétrica, estudos dessa natureza, em que se procura o uso econômico e racional da energia elétrica, vêm ganhando grande importância no contexto sócio-econômico do país.

Atualmente, há uma grande preocupação em diminuir custo de produção, com o objetivo de aumentar a rentabilidade da atividade agrícola, tornando-se este um grande desafio da agricultura irrigada. Este fato não se baseia apenas na acentuada elevação do custo da energia verificada nos últimos anos, mas principalmente, na proporção de áreas irrigadas, por meio de sistemas caracterizados por elevado consumo energético.

Este trabalho teve por objetivo estudar o consumo e custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, submetida a dois métodos de manejos 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, por três anos consecutivos.

## II. REVISÃO DE LITERATURA

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas passa obrigatoriamente pelo manejo racional e conservacionista dos recursos edáficos e hídricos, uma vez que o solo e a água são ainda, em caráter extensivo, os pilares da sustentação da produção de alimentos para a população mundial que alcança hoje, cerca de seis bilhões de pessoas. Dessa forma, principalmente em condições tropicais e subtropicais, onde os solos se apresentam mais intemperizados e mais sujeitos aos processos erosivos, a adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância, 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 de 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) e, para a cultura do feijoeiro, STONE & MOREIRA (2001) relatam que a produtividade aumenta com o tempo. CURY (2000) relata que a cobertura morta existente atua como agente isolante, impedindo oscilações bruscas da temperatura do solo, contribuindo para a menor evaporação da água armazenada, permitindo melhor aproveitamento da umidade, suportando os veranicos com mais segurança e estabilidade de produção, proporcionando, segundo CANALLI & ROLOFF (1997), conteúdo médio de água no solo significativamente maior comparado ao plantio convencional.

Para se obter sucesso na adoção do plantio direto, deve-se levar em conta que esta prática depende de altas tecnologias de manutenção do sistema e, o uso da irrigação, que se apresenta como importante ferramenta no que diz respeito ao fator segurança, quando se tem como limitação a água em algumas épocas do ano, para que se tenha uma segunda cultura economicamente produtiva no mesmo ano agrícola, uma vez que, segundo WUTKE et al. (2000), com o advento dos equipamentos de irrigação

por pivô central, viabilizou-se um novo sistema de produção de grãos, consistindo na exploração intensiva do solo de grandes áreas, com pelo menos duas culturas por ano.

O feijoeiro é uma cultura que assume grande importância sócio-econômica, além de seu produto ser considerado o principal alimento protéico consumido no Brasil, uma vez que, é alimento básico na alimentação, principalmente da classe populacional de renda mais baixa, tornando-se assim um 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. (1996), o Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de feijão, mas, também, é o maior consumidor, necessitando de importações.

GUERRA et al. (2000) relatam que o feijoeiro é, normalmente, a cultura anual de maior valor econômico e que, nas áreas irrigadas, tem condições de ser cultivado com alto nível tecnológico, pois a irrigação permite que o plantio seja feito em épocas adequadas e garante o fornecimento de água para que as plantas demonstrem seu potencial produtivo, podendo ultrapassar  $4.000 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

O consumo de água pela cultura do feijoeiro é variável com o estágio de desenvolvimento, a variedade, o local, as condições do solo e a época de plantio (MOREIRA et al., 1988). Numa mesma condição de solo e de acordo com o número de dias do ciclo, o requerimento de água para a máxima produção pode variar entre 300 e 500 mm, dependendo do clima (DOORENBOS & KASSAN, 1979, AZEVEDO & CAIXETA, 1986).

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).

MUSTAFA (1995), citado por PEITER et al. (1999) relatam que existem três aspectos que devem ser considerados na programação das estratégias de irrigação: o momento apropriado da aplicação, a quantidade necessária em cada aplicação e o

consumo total de água da cultura durante o seu ciclo vital. No entanto, atualmente, 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 se obter a máxima produção econômica (PAZ et al., 1997), principalmente em regiões que tem a água como fator limitante (CALHEIROS et al., 1996).

A aplicação de lâminas excessivas de irrigação além de proporcionar maior consumo de energia elétrica, com a redução da receita líquida, promove carreamento excessivo de nutrientes por lixiviação, causando o empobrecimento dos solos e aumento de custos com a compra de fertilizantes e corretivos (PEREIRA et al., 2001).

A quantidade de energia necessária para transportar a água do local de captação à área a ser irrigada é muito variável. O consumo total depende da energia para fornecer a quantidade de água demandada na área irrigada, da quantidade de água a ser aplicada, da energia hidráulica exigida pelo sistema de irrigação e da eficiência total do sistema de bombeamento (SCALOPPI, 1985, citado por SOUZA, 2001a).

As tarifas de energia são as mais importantes variáveis no custo final da irrigação. Nos Estados Unidos, a energia responde por mais de 50% do custo final da irrigação quando se bombeia água de poços artesianos (CAST, 1988).

Estudos envolvendo o consumo e despesas com energia e água para a irrigação são importantes. O custo com energia, na maioria das vezes, constitui-se como o principal item de custo variável (MELO et al., 1999).

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 otimização dos equipamentos (CEMIG, 1993). Essa empresa desenvolveu um 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 que as perdas de água chegaram a 17,8% e que seria possível economizar 10% da energia consumida com a otimização do sistema de bombeamento, ou seja, poder-se-ia economizar 27,8% do consumo de energia elétrica na irrigação com pivô central.

CAGNON (1989) estudou os aspectos energéticos de funcionamento dos equipamentos de irrigação do tipo pivô central, na região de Guaíra – SP, onde foram coletados dados de 71 proprietários irrigantes, no período de março de 1987 a março de 1989, com diversas potências instaladas, sendo estas divididas em grupos de transformadores de 75; 112,5; 150 e 250 kVA. Apresentou, para as 71 instalações, a flutuação dos consumos máximos anuais de energia elétrica para cada grupo de transformadores, bem como o valor médio no período. O consumo médio expresso em kWh.ha<sup>-1</sup> é um dado operacional cujo registro foi menor nas áreas menores, decorrentes muito provavelmente de essas instalações serem mais sujeitas a problemas econômicos, fato que conduz a um uso menos intensivo de suas potências instaladas.

CAMPANA et al. (2000) analisaram a substituição das válvulas reguladoras de pressão pelo controle de velocidade dos motores elétricos das bombas, com uso de inversor de frequência em sistemas de irrigação do tipo pivô central. Concluíram que, com a utilização do inversor, o rendimento do motor apresenta valor nominal, quaisquer que sejam as solicitações de carga ao longo do círculo irrigado; já o fator de potência pode ser corrigido a valores próximo da unidade. Sendo assim, a utilização desse equipamento se apresenta como forte alternativa para a racionalização do uso de energia elétrica em sistemas de irrigação do tipo pivô central.

PEREIRA et al. (2001) avaliaram o manejo e a economia de energia em equipamentos de irrigação pivô central no Oeste da Bahia. Verificaram que o potencial de economia de energia elétrica pode ser alcançado por meio dos seguintes procedimentos: a) alteração da lâmina de irrigação aplicada, variando-se a velocidade de deslocamento do equipamento pivô central; b) modificação do intervalo entre irrigações (turno de rega); c) adequação de vazão do equipamento à lâmina de irrigação ideal, procedendo-se um controle no percentímetro do equipamento pivô central. Avaliando-se o efeito da alteração da lâmina de irrigação por meio da variação da velocidade de deslocamento do equipamento, observaram que a simples alteração de regulagem do percentímetro promoveu, em média, economia de energia elétrica da ordem de 21,5%. Na alteração do turno de rega, foi verificado que, promoveu economia

de energia da ordem de 27,8%, contra 21,5% alcançado com a alteração da lâmina de irrigação. Já na adequação de vazão ao novo intervalo, foi verificado que, promoveu, em média, economia de energia da ordem de 34,4%.

SOUZA et al. (2001b) relatam por meio de dados obtidos de relatórios e documentos de acompanhamento e avaliação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) e do DISNC, que o consumo de energia, por volume fornecido, apresentou decréscimo durante os anos de 1989 a 1998, variando de 0,5 a aproximadamente 0,30 kWh.m<sup>-3</sup>. Os autores destacam que alguns fatores contribuíram para tal economia de energia elétrica, de maneira decisiva, tais como: a) instalação gradual de bombas automáticas, com conseqüente operação contínua e custo energético mais baixo entre 21:00 h e 5:00 h; b) melhoria no manejo de irrigação; c) mudança no tipo de sistema de irrigação nos lotes, de aspersão para sistemas localizados; e d) melhor operacionalização através do treinamento de canaleiros e inspetores de irrigação, evitando perdas por transbordamento em reservatórios e canais.

PESSOA et al. (2001) avaliaram os efeitos do redimensionamento de um sistema de irrigação do tipo pivô central sobre o custo operacional de irrigação e a uniformidade de aplicação. Os resultados mostraram um efeito positivo do redimensionamento sobre o funcionamento do sistema. Devido às modificações feitas, foi possível aumentar em 42% a lâmina d'água diária, reduzir em 64% o tempo de giro do equipamento e também reduzir em 7,6% e 35% os consumos horário e unitário de energia, respectivamente.

ALVES et al. (2003) desenvolveram um trabalho de custo da energia elétrica na irrigação para diferentes regiões brasileiras levando em consideração, tarifas, época do ano e tempo de bombeamento. Recomendam 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, evitando o horário de ponta, caso contrário recomendam somente a tarifa azul com desconto.

CHIEPPE et al. (2003) estudando o efeito do manejo da irrigação sob a combinação de três métodos de controle da irrigação (tensiômetro – curva de retenção da água do solo, tanque USWB “classe A” – curva de retenção da água do solo e

tensiômetro – tanque USWB “classe A”) e três tensões de água do solo (1-30 kPa todo ciclo, 2-60 kPa todo ciclo e 3-60 kPa fase vegetativa – 30 kPa fase reprodutiva) na cultura do feijoeiro, concluíram que o manejo da irrigação não influenciou no desenvolvimento do feijoeiro para todos os métodos de controle da irrigação e tensões de água do solo.

OLIVEIRA et al. (2004) avaliando o desempenho de sistemas de pivô central em onze propriedades na região oeste da Bahia, a partir de indicadores de uniformidade de distribuição de água, adequabilidade da irrigação e eficiência de aplicação de água, concluíram que a uniformidade de aplicação de água variou de 67,6 a 92,4%, com média de 83%, e que a eficiência em potencial de aplicação de água apresentou, média de 89,5%, variando de 80 a 99%.

É escassa a literatura que trata do estudo do consumo e custo de energia elétrica associado ao manejo da água e do solo em cultura do feijoeiro. Portanto, devem-se realizar estudos dessa natureza, pois possibilitarão selecionar condições mais adequadas para exploração da cultura do feijoeiro.

### III. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Área Demonstrativa e Experimental de Irrigação – ADEI, da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, SP, situada a 21<sup>o</sup>14'05" de latitude sul, 48<sup>o</sup>17'09" de longitude oeste e altitude média de 613,68 m. As normais climatológicas do município, como valores médios anuais do período de 1971 a 2000 são: 1.424,6 mm de chuva; 943,5 hPa de pressão atmosférica; 28,9°C, 16,8°C e 22,2°C de temperaturas máxima, mínima e média do ar, respectivamente; 70,8% de umidade relativa do ar; insolação total de 2.585,8 h e um total de 117,5 dias com chuva. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, segundo recomendações da EMBRAPA (1999).

Os experimentos dos três anos estudados (2002, 2003 e 2004) foram conduzidos sob um sistema pivô central, que abrange uma área de 33.157,140 m<sup>2</sup>. 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 regulagem da semeadora para a cultura do feijoeiro foi para espaçamento de 0,45 m e 18 sementes m<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi semelhante ao de blocos casualizados, em um esquema fatorial 2x2 composto por três blocos, com três amostras dentro de cada tratamento em cada bloco, sendo a produtividade analisada pela comparação das médias através do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Cada parcela experimental, correspondeu a 5 linhas de plantas com 5 m de comprimento, totalizando 11,25 m<sup>2</sup>, sendo considerada como área útil da parcela, as três linhas centrais, com 4,1 m de comprimento (5,535 m<sup>2</sup>). O peso médio de 1000 grãos foi obtido tomando-se da produção de grãos obtida na área útil de cada parcela, 5

amostras aleatórias de 1000 grãos que foram pesadas em balança de precisão de 0,01 g e depois determinadas as suas umidades para correção do resultado para 12% de umidade em base úmida e a produtividade de grãos.

Os tratamentos foram dois métodos de manejo de irrigação e dois sistemas de plantio assim descritos: manejo da irrigação por tensiometria (Tens) e pelo balanço hídrico climatológico baseado no método do tanque “Classe A” (TCA); sistemas 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, sendo que cada quadrante recebeu um sistema de plantio (PD ou PC), onde 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 o esquema da Figura 1.



$$*AFD=(\Theta_{cc} - \Theta_c) 1000Z \quad (1)$$

onde;

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

$\Theta_c$ - umidade crítica do solo para a cultura do feijoeiro;

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 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 do potencial mátrico de água no solo ( $\Psi_c$ ). A lâmina de irrigação ou água disponível consumida até o dia da irrigação ( $ADCi_{(Tens)}$ ), em mm, foi calculada conforme a expressão:

$$ADCi_{(Tens)}=(\Theta_{cc}-\Theta_{ai})1000Z \quad (2)$$

em que,

$\Theta_{ai}$ - umidade atual do solo no momento da irrigação,  $m^3.m^{-3}$ ;

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 um pluviômetro tipo "Ville de Paris". O cálculo da lâmina líquida real ou  $ADCi_{(TCA)}$ , tomada como referência para lâmina de irrigação a ser aplicada com o pivô central, foi obtido pela seguinte expressão do balanço hídrico climatológico:

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

em que,

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

$(tj-ti)$ - duração do intervalo em dias, entre duas irrigações.

P- precipitação

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

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

em que,

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

Kp- coeficiente de tanque (adimensional), e

Kc- coeficiente de cultura simplificado (adimensional).

As irrigações foram efetuadas por um sistema pivô central. O sistema possui um poço artesiano (Figura 2), com uma bomba de recalque, que está acoplada a um motor de indução trifásico 25 CV, que alimenta dois reservatórios d'água (Figura 3). A água dos reservatórios é recalçada para os aspersores das torres do pivô central por uma bomba d'água, que está acoplada a um motor de indução trifásico de 25 CV (Figura 4). Para movimentação das duas torres do pivô central foram utilizados dois motores de 3/4 CV.



FIGURA 2. Poço artesiano.



FIGURA 3. Reservatórios d'água.



FIGURA 4. Bomba d'água com motor de indução trifásico de 25 CV acoplado.

O consumo de energia elétrica dos quatro motores do sistema de irrigação foi obtido por meio da utilização de um medidor de energia (mod. Microvip3 - Elcontrol, Itália), (Figuras 5, 6 e 7). Este equipamento apresenta no display as seguintes grandezas elétricas instantaneamente: tensão; corrente; fator de potência; potência aparente, ativa e reativa e frequência da rede. Apresenta também as seguintes grandezas que são integradas no tempo: energia ativa e reativa. As grandezas citadas podem ser transmitidas para a impressora do aparelho instantaneamente, modo manual de operação, ou por meio de um tempo programado, modo automático de operação.



FIGURA 5. Medidor de energia.



FIGURA 6. Medição do consumo de energia elétrica do poço artesiano.



FIGURA 7. Medição do consumo de energia elétrica do motor indução trifásico de 25 CV do sistema de irrigação.

Foi estudado o custo de energia elétrica para dois grupos tarifários:

a) Grupo A: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento igual ou superior a 2.300 volts. Para esses consumidores são aplicadas tarifas de demanda e de consumo;

b) Grupo B: são as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento inferior a 2.300 volts. Para esses consumidores é aplicada somente tarifa de consumo. O sistema tarifário grupo B normalmente é aplicado a propriedades rurais que possuem transformadores instalados de até 112,5 kVA.

A demanda é a média das potências instantâneas solicitadas pela unidade consumidora, integralizada em intervalo de 15 minutos.

O consumo de energia faturado é o efetivamente medido no período mensal.

As tarifas variam de acordo com os níveis de tensão de fornecimento no caso do Grupo A e com a classificação do consumidor (indústria, rural, residência, comércio, serviços, etc.) para o Grupo B.

Para o Grupo A foram determinados os dispêndios com a energia para tarifas Estrutura Binômica Convencional e Horo-Sazonal (verde e azul). Além, da tarifa especial para irrigantes no período noturno (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

No sistema tarifário Estrutura Binômica Convencional a demanda é faturada pelo maior dos seguintes valores:

- a) maior potência demandada, verificada por medição, durante o período de faturamento;
- b) 85% da maior demanda, verificada em qualquer dos últimos 11 meses anteriores;
- c) demanda contratada, quando houver.

O sistema tarifário Horo-Sazonal constitui-se na aplicação de preços diferenciados de demanda e consumo, de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e períodos do ano (seco e úmido). O horário de ponta é composto por três horas consecutivas, entre 18:00 e 21:00 horas, exceto sábados, domingos e feriados nacional. O horário fora de ponta é o conjunto das horas complementares às da ponta. O período úmido compreende os meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte e o período seco compreende os meses restantes.

A tarifa azul compreende dois preços para demanda (ponta e fora de ponta) e quatro preços para consumo (ponta em período úmido, ponta em período seco, fora de ponta em período úmido e fora de ponta em período seco).

A tarifa verde compreende um único preço para demanda e quatro preços para consumo, para os mesmos segmentos especificados na tarifa azul.

Os preços do kWh dos sistemas tarifários de energia elétrica foram obtidos junto a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL (ANEXO), e referem-se ao ano de 2006, para melhor comparação dos anos estudados (2002, 2003 e 2004).

Neste trabalho, o custo do consumo de energia elétrica foi calculado pela seguinte equação:

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

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,

$$ICMS = \frac{I \times A}{100 - A} \quad (6)$$

em que,

$$I = CEE \times P \quad (7)$$

A - alíquota, (18%).

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

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### Análise do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos

O consumo de energia ativa por hectare e a produtividade em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , para os quatro tratamentos, são ilustrados respectivamente na Figura 8 para o ano 2002, na Figura 9 para o ano de 2003 e na Figura 10 para o ano de 2004. A produtividade média de grãos é analisada na Tabela 1 para o ano de 2002, na Tabela 2 para o ano de 2003 e na Tabela 3 para o ano de 2004.

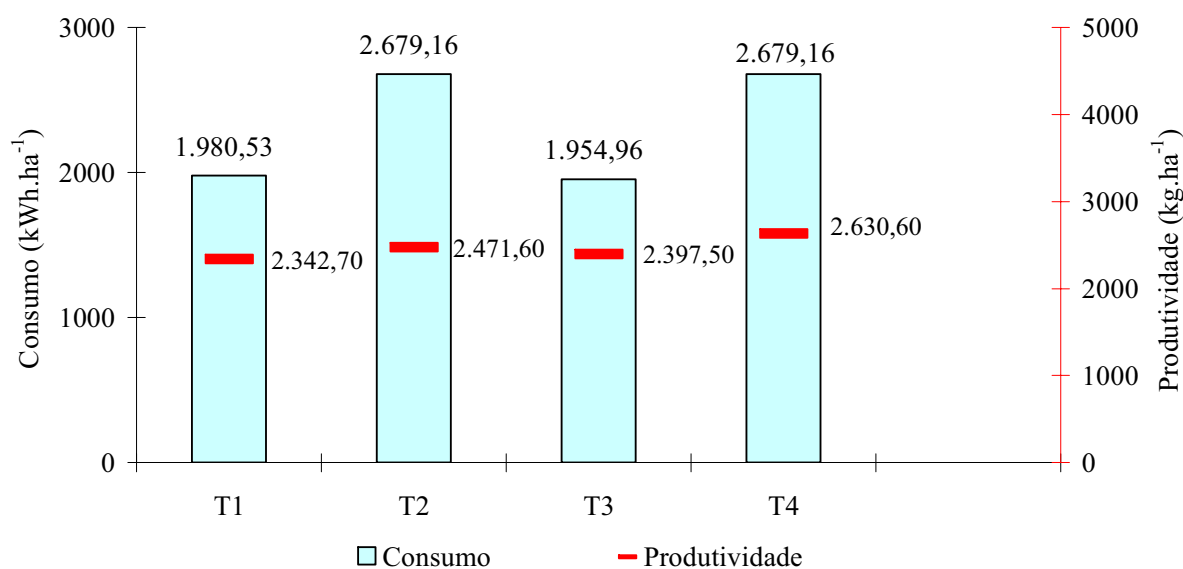


FIGURA 8. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2002.

TABELA 1. Produtividade média de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), no ano de 2002.

Sistemas de cultivo	Manejo da irrigação	
	Tensiômetro	Tanque “Classe A”
Plantio convencional	2397,5 Aa	2630,6 Aa
Plantio direto	2342,7 Aa	2471,6 Aa

\* Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O consumo de energia elétrica (Figura 8) foi maior nos tratamentos 2 e 4, nos quais o manejo da irrigação foi baseado no tanque “Classe A” seguido pelo 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, são semelhantes.

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

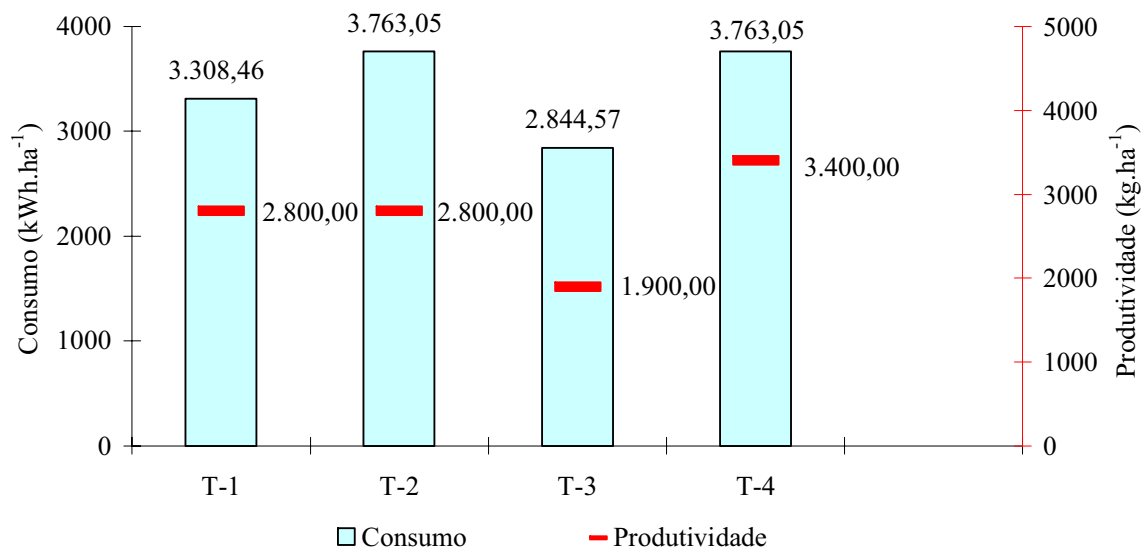


FIGURA 9. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2003.

TABELA 2. Produtividade média de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>), no ano de 2003.

Sistemas de cultivo	Manejo da irrigação	
	Tensiômetro	Tanque "Classe A"
Plantio convencional	1900 Bb	3400 Aa
Plantio direto	2800 Aa	2800 Ba

\* Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

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 pelo 1 e 3, nos quais o manejo de irrigação foi realizado por tensiometria. O consumo de energia elétrica, dentro dos manejos de irrigação, para o sistema convencional, são semelhantes; já para o sistema plantio direto o tanque "Classe A" teve maior consumo. (Figura 9).

Pela aplicação do teste de Tukey (5%), pode-se afirmar que no manejo por tensiometria, o tratamento 1 (PD) obteve melhor produtividade que o tratamento 3 (PC), e que no manejo pelo tanque "Classe A" o tratamento 4 (PC) obteve melhor

produtividade que o tratamento 2 (PD). No sistema de cultivo plantio convencional o tratamento 4 (TCA) obteve melhor produtividade que o tratamento 3 (Tens), já no sistema de plantio direto não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 (Tens) e 2 (TCA).

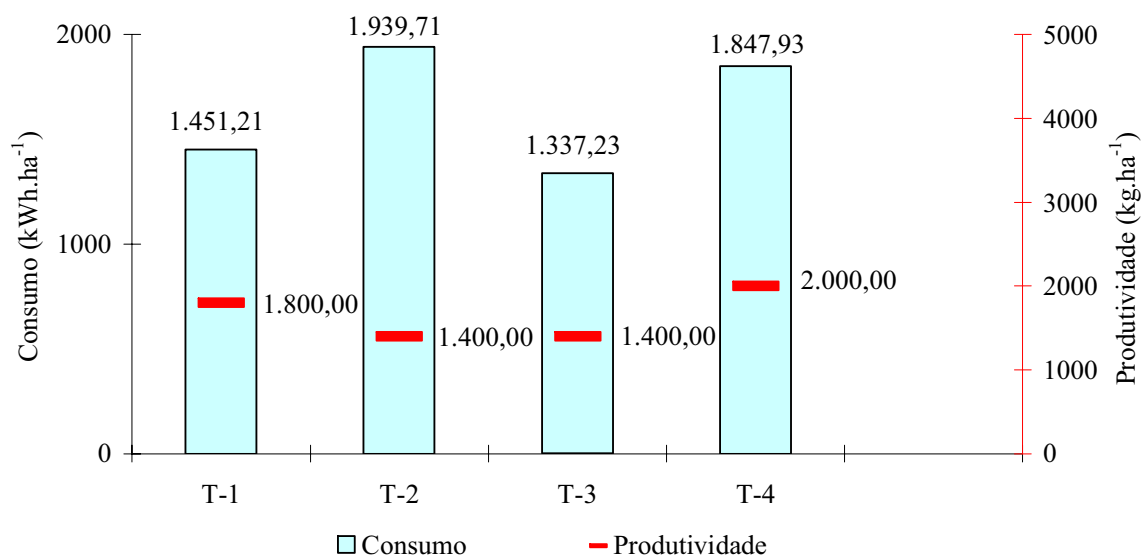


FIGURA 10. Consumo de energia elétrica ativa, e produtividade de grãos, para o ano de 2004.

TABELA 3. Produtividade média de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), no ano de 2004.

Sistemas de cultivo	Manejo da irrigação	
	Tensiômetro	Tanque "Classe A"
Plantio convencional	1400 Ab	2000 Aa
Plantio direto	1800 Aa	1400 Ba

\* Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

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 pelo 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, são semelhantes. (Figura 10).

Pela aplicação do teste de Tukey (5%), pode-se afirmar que no manejo pelo tanque “Classe A” o tratamento 4 (PC) obteve melhor produtividade que o tratamento 2 (PD), já no manejo por tensiometria não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 (PD) e 3 (PC). No sistema de cultivo plantio convencional o tratamento 4 (TCA) obteve melhor produtividade que o tratamento 3 (Tens), já no sistema de plantio direto não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 (Tens) e 2 (TCA). (Tabela 3). Isto provavelmente se deve ao fato de ser o terceiro ano de implantação do plantio direto, concordando com CALEGARI et al. (1998), que concluíram, que em regiões onde o estresse hídrico é menor, os efeitos positivos sobre os rendimentos podem demorar um pouco, cerca de três ou quatro anos.

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam a razão do consumo de energia elétrica ativa, pela produtividade de feijão, nos quatro tratamentos, respectivamente para os anos de 2002, 2003 e 2004.

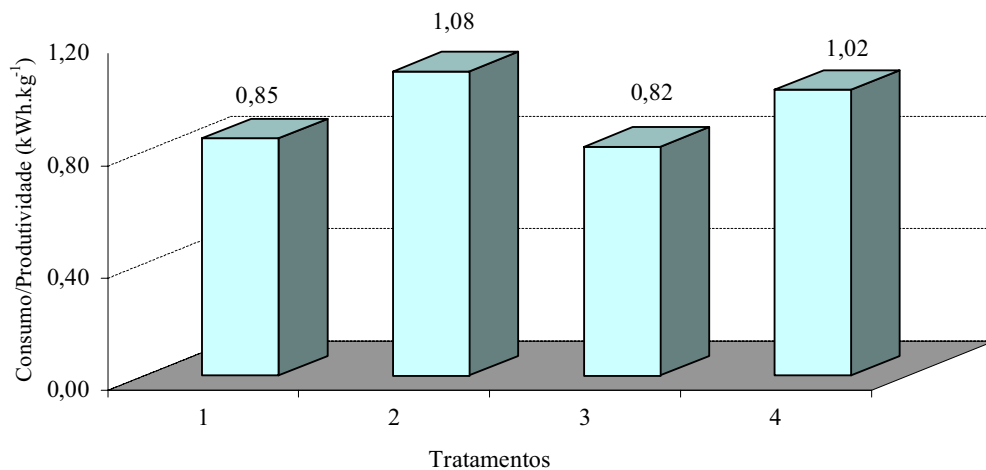


FIGURA 11. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha<sup>-1</sup>), e a produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>), para o ano de 2002.

Observa-se na Figura 11, que os tratamentos 2 e 4 em que o manejo foi efetuado por meio do tanque “Classe A” apresentaram as piores relações consumo de energia/produzividade de grãos em relação aos tratamentos em que o manejo foi realizado por tensiometria, 1 e 3. As relações consumo de energia/produzividade de grãos, dentro dos manejos de irrigação, para os sistemas de plantio direto e convencional são semelhantes.

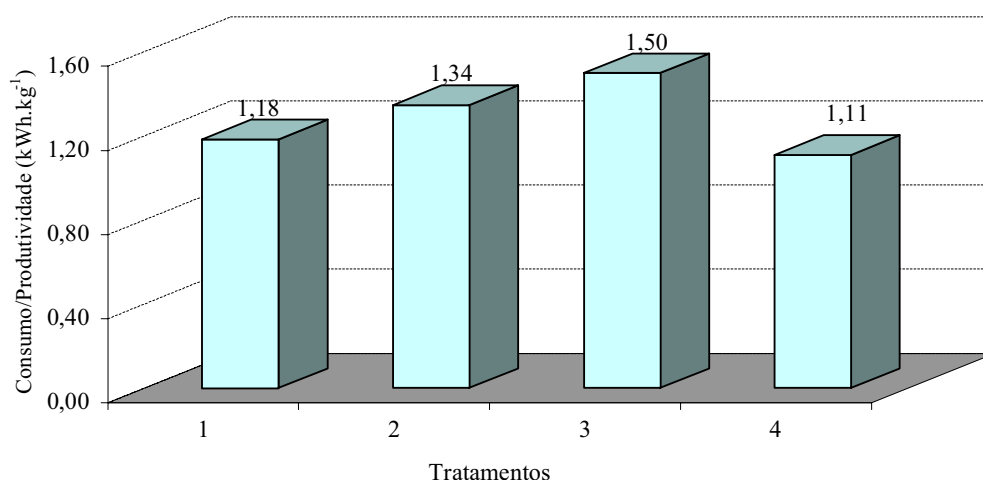


FIGURA 12. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa (kWh.ha<sup>-1</sup>), e a produtividade de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>), para o ano de 2003.

Observa-se na Figura 12, que o tratamento 4 apresentou melhor relação consumo de energia/produzividade de grãos, seguido pelos tratamentos 1, 2 e 3.

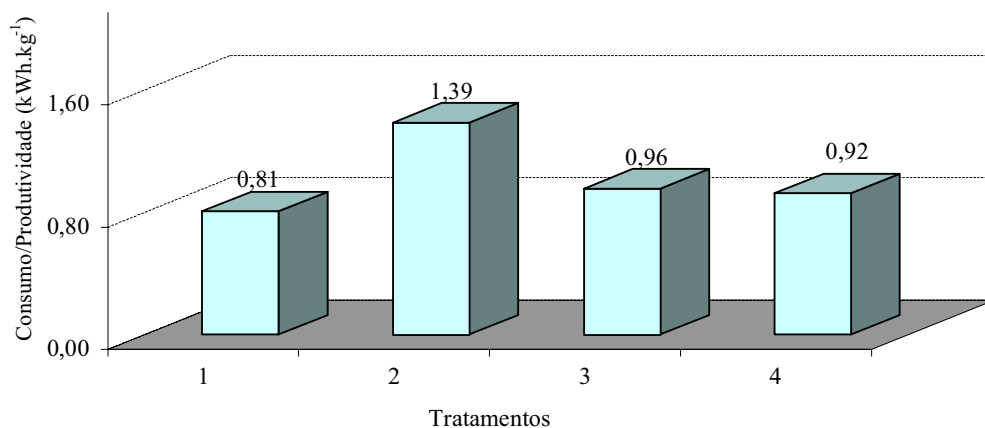


FIGURA 13. Relação entre o consumo de energia elétrica ativa ( $\text{kWh.ha}^{-1}$ ), e a produtividade de grãos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), no ano de 2004.

Observa-se pela Figura 13, que o tratamento 1 apresentou melhor relação consumo de energia/produtividade de grãos, seguido pelos tratamentos 4, 3 e 2.

### Custo de energia elétrica

#### Sistema Tarifário Grupo B

Os valores do custo de energia elétrica para o sistema tarifário grupo B, para os tratamentos estudados são apresentados nas Figuras 14, 15 e 16, para os anos de 2002, 2003 e 2004, respectivamente.

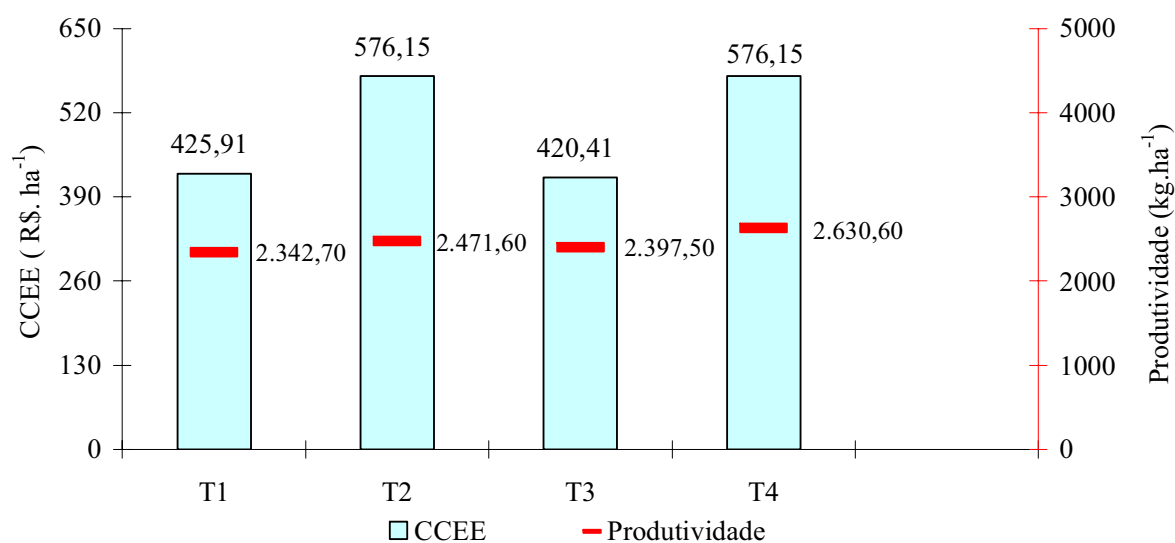


FIGURA 14. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,17634).

Nota-se pela Figura 14, que os tratamentos 2 e 4, em que o manejo foi realizado pelo método do tanque “Classe A” obtiveram os maiores custos de energia elétrica, e os tratamentos 1 e 3, em que o manejo foi realizado por tensiometria obtiveram os menores custos de energia elétrica. Comparando-se os sistemas de plantio direto e convencional, dentro dos manejos de irrigação, nota-se que estes apresentaram praticamente os mesmos valores de custo de energia elétrica.

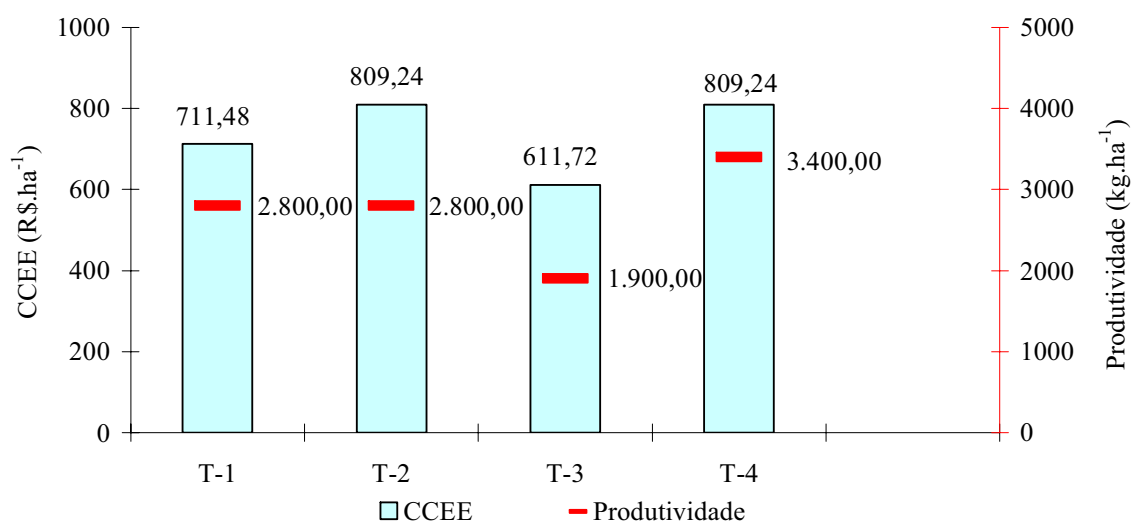


FIGURA 15. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,17634).

Nota-se pela Figura 15, que os tratamentos 2 e 4, em que o manejo foi realizado pelo método do tanque “Classe A” obtiveram os maiores custos de energia elétrica, sendo o tratamento 4 o de maior produção, já os tratamentos 1 e 3, em que o manejo foi realizado por tensiometria obtiveram os menores custos de energia elétrica, porém menores produções. Comparando-se os sistemas de plantio direto e convencional, dentro dos manejos de irrigação, nota-se que T4 e T2 apresentaram os mesmos valores de custo de energia elétrica, já T1 apresentou valor superior a T3, porém obteve maior produtividade.

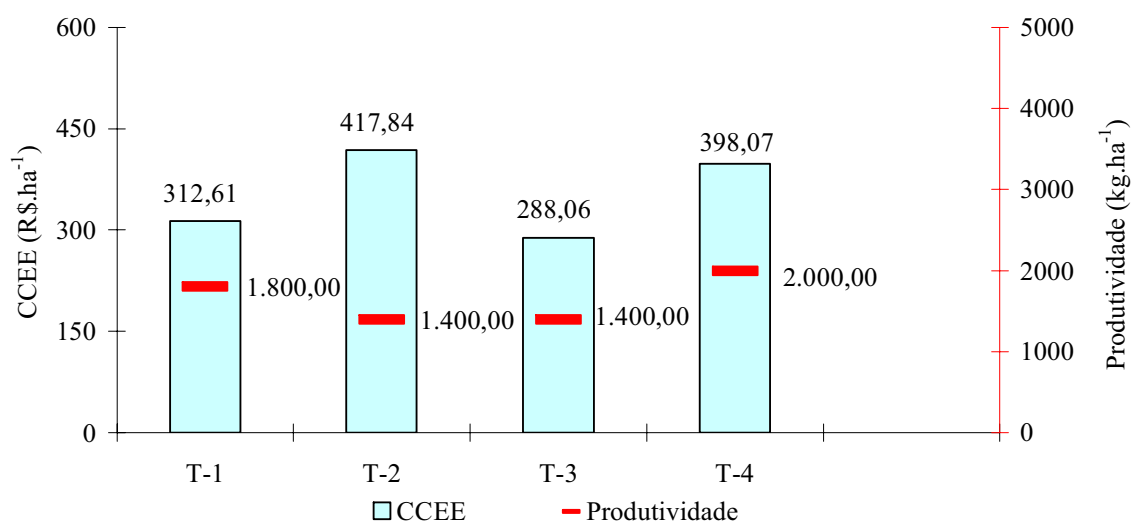


FIGURA 16. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, no ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,17634).

Nota-se pela Figura 16, que os tratamentos 2 e 4, em que o manejo foi realizado pelo método do tanque “Classe A” obtiveram os maiores custos de energia elétrica, e os tratamentos 1 e 3, em que o manejo foi realizado por tensiometria obtiveram os menores custos de energia elétrica. Comparando-se os sistemas de plantio direto e convencional, dentro dos manejos de irrigação, nota-se que estes apresentaram praticamente os mesmos valores de custo de energia elétrica.

Na Tabela 4 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha<sup>-1</sup>, para o sistema tarifário Grupo B, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, nos anos de 2002, 2003 e 2004.

TABELA 4. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, os resultados são expressos em R\$.kg<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	0,1818	0,2541	0,1737
T2	0,2331	0,2890	0,2985
T3	0,1754	0,3220	0,2058
T4	0,2190	0,2380	0,1990

Pode-se verificar que, no ano de 2002, o tratamento 3 obteve a melhor relação, seguido do tratamento 1, sendo que nos dois casos o manejo da irrigação foi efetuado por tensiometria. Os tratamentos 4 e 2 em que o manejo foi efetuado pelo Tanque “Classe A”, obtiveram as piores relações. Em 2003, a melhor relação foi obtida pelo tratamento 4, seguido do 1, 2 e 3. Em 2004, a melhor relação foi obtida pelo tratamento 1, seguido do 4, 3 e 2.

### Sistema Tarifário Grupo A – Estrutura Binômia Convencional

Para determinar a melhor modalidade tarifária foi considerado o contrato com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), para o Sistema Tarifário Grupo A – Estrutura Binômia Convencional, com o valor, estabelecido por hipótese, de 21,60 kW para a demanda fora de ponta (preço da demanda 29,81 R\$.kW<sup>-1</sup>). Nas Figuras 17, 18 e 19 são mostrados estes valores, respectivamente para o ano de 2002, 2003 e 2004.

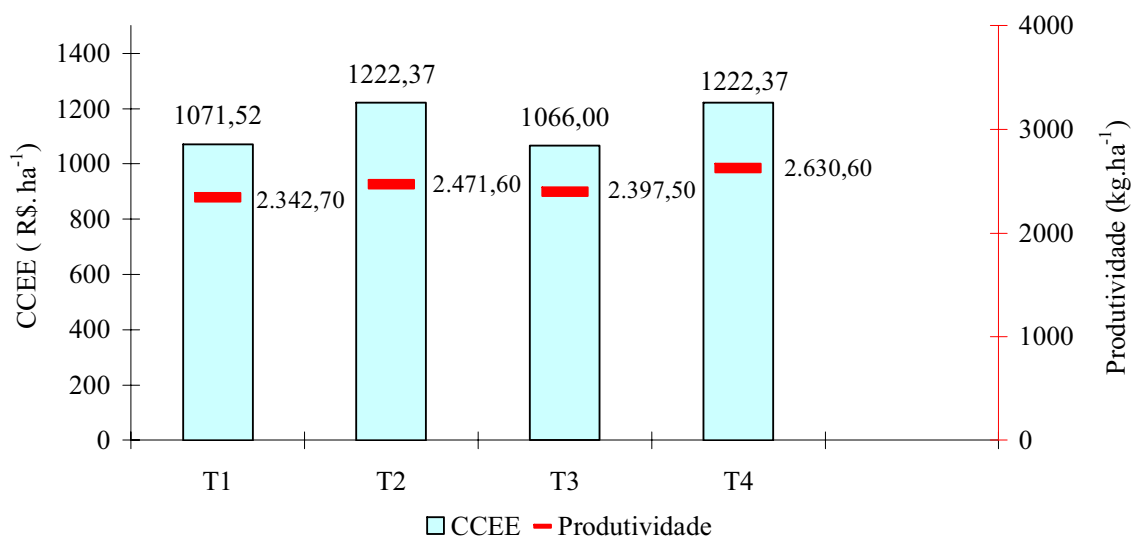


FIGURA 17. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômia Convencional, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,17705).

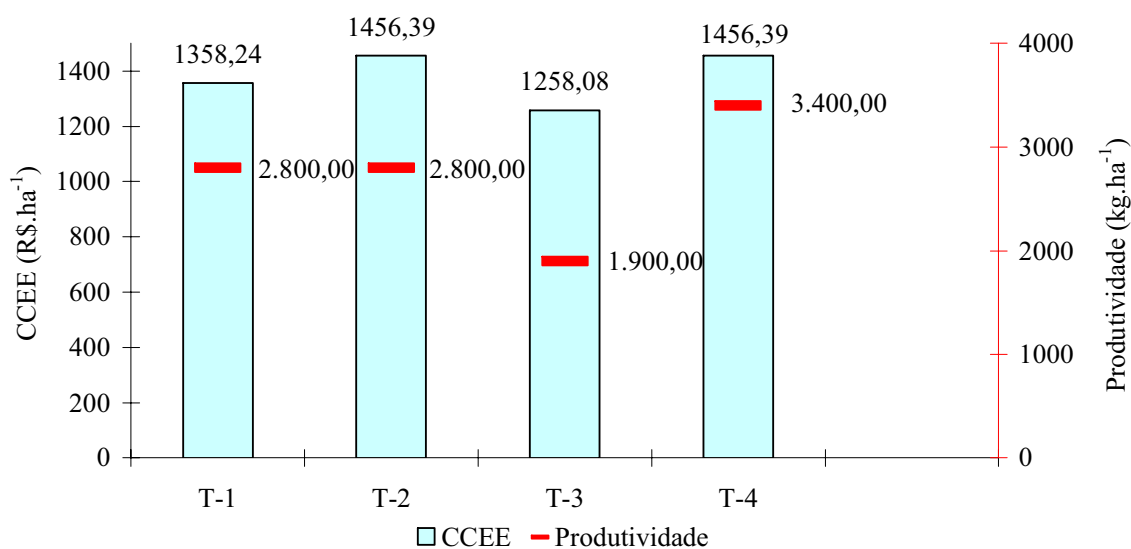


FIGURA 18. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômia Convencional, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,17705).

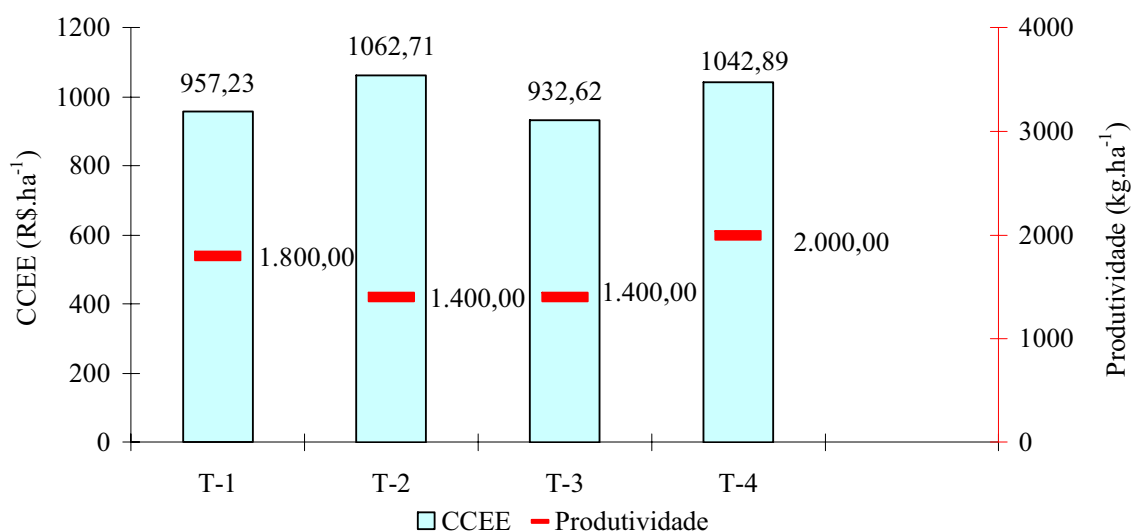


FIGURA 19. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Binômica Convencional, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,17705).

Com base nas Figuras 17, 18 e 19, percebe-se que o valor contratado é inadequado, pois aumentou o gasto com energia elétrica, em relação ao sistema tarifário Grupo B, para todos os tratamentos, em todos os anos estudados.

Na Tabela 5 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha<sup>-1</sup>, para o Grupo – A Estrutura Binômica Convencional, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha<sup>-1</sup>, nos anos de 2002, 2003 e 2004.

TABELA 5. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - Estrutura Binômia Convencional, os resultados são expressos em R\$.kg<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	0,4574	0,4851	0,5318
T2	0,4946	0,5201	0,7591
T3	0,4446	0,6621	0,6662
T4	0,4647	0,4284	0,5214

Pelo exposto na Tabela 5, verifica-se que as relações foram piores, em relação ao sistema tarifário Grupo B, para todos os tratamentos, em todos os anos estudados.

#### **Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul**

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

Nos períodos estudados, foi estabelecido por hipótese que a tarifa vigente era 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<sup>-1</sup>). Nas Figuras 20, 21 e 22 são apresentados os resultados para o sistema tarifário citado, respectivamente para os anos de 2002, 2003 e 2004.

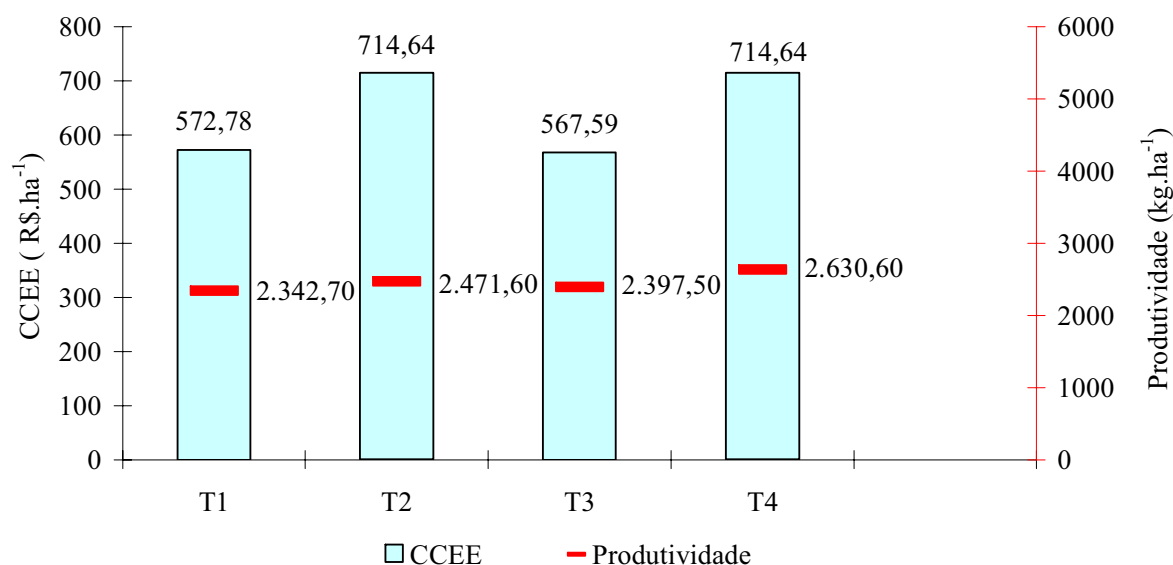


FIGURA 20. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

Com base na Figura 20, vê-se que o valor contratado é inadequado, pois no sistema tarifário Grupo B seria possível economizar, em relação à tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul 146,87; 138,49; 147,18 e 138,49 R\$.ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos 1,2,3 e 4, respectivamente, para o ano de 2002.

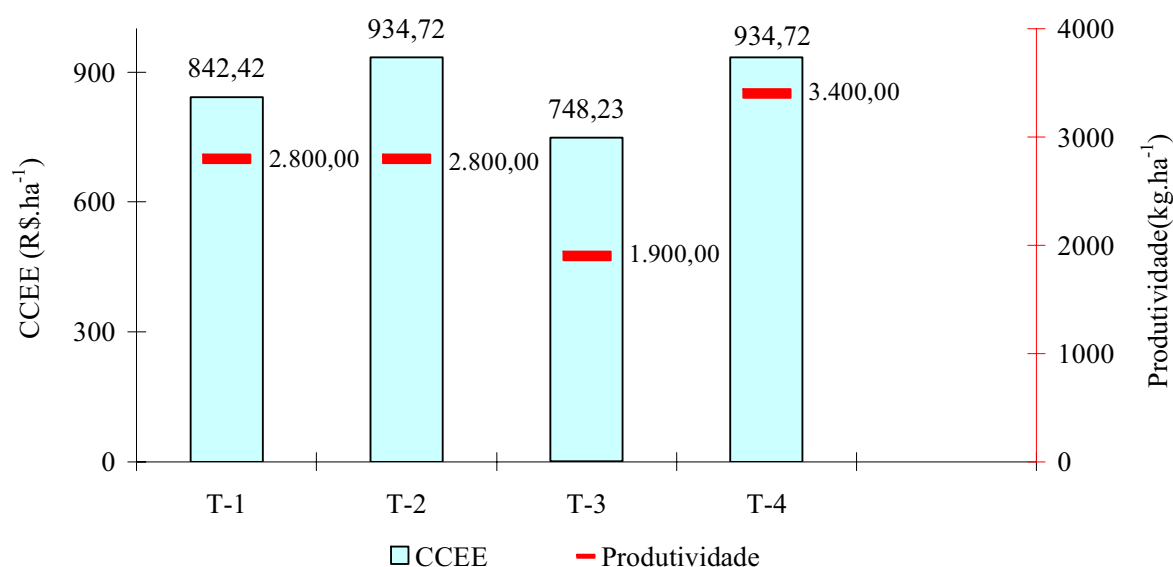


FIGURA 21. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

Com base na Figura 21, vê-se que o valor contratado é inadequado, pois no sistema tarifário Grupo B seria possível economizar, em relação à tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul 130,94; 125,48; 136,51 e 125,48 R\$.ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos 1,2,3 e 4, respectivamente, para o ano de 2003.

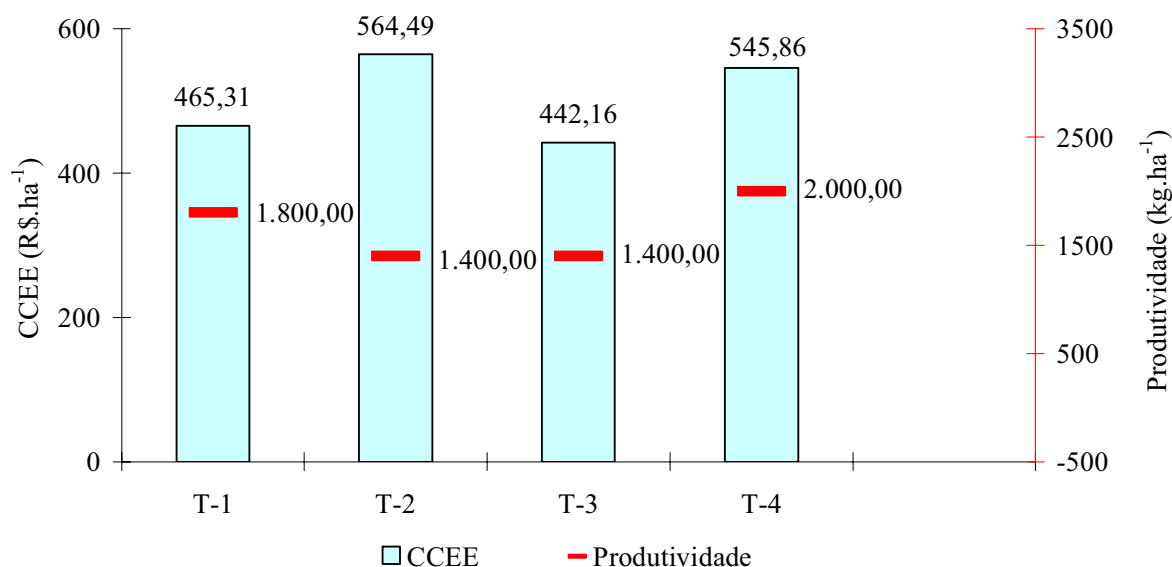


FIGURA 22. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

No sistema tarifário Grupo B seria possível economizar, em relação à tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul 152,70; 146,65; 154,10 e 147,79 R\$.ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, para o ano de 2004 (Figura 22).

Com base nas Figuras 20, 21 e 22, vê-se que o valor contratado é inadequado, pois aumentou o gasto com energia elétrica, em relação ao sistema tarifário Grupo B, para todos os tratamentos, em todos os anos estudados.

Na Tabela 6 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha<sup>-1</sup>, para o Grupo – A tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha<sup>-1</sup>, nos anos de 2002, 2003 e 2004.

TABELA 6. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, os resultados são expressos em R\$.kg<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	0,2445	0,3009	0,2585
T2	0,2891	0,3338	0,4032
T3	0,2367	0,3938	0,3158
T4	0,2717	0,2749	0,2729

Comparando-se essa relação com o sistema tarifário Grupo B, houve aumento de 0,0627; 0,0560; 0,0613 e 0,0527 R\$.kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o ano de 2002.

Comparando-se essa relação com o sistema tarifário Grupo B, houve aumento de 0,0468; 0,0448; 0,0718 e 0,0369 R\$.kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o ano de 2003.

Comparando-se essa relação com o sistema tarifário Grupo B, houve aumento de 0,0848; 0,1047; 0,1100 e 0,0739 R\$.kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o ano de 2004.

#### **Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno.**

Nas Figuras 23, 24 e 25 são apresentados os resultados para o Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, respectivamente para os anos de 2002, 2003 e 2004. Este desconto é de 70% para este grupo tarifário, no horário de 21h30 às 6h do dia seguinte (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

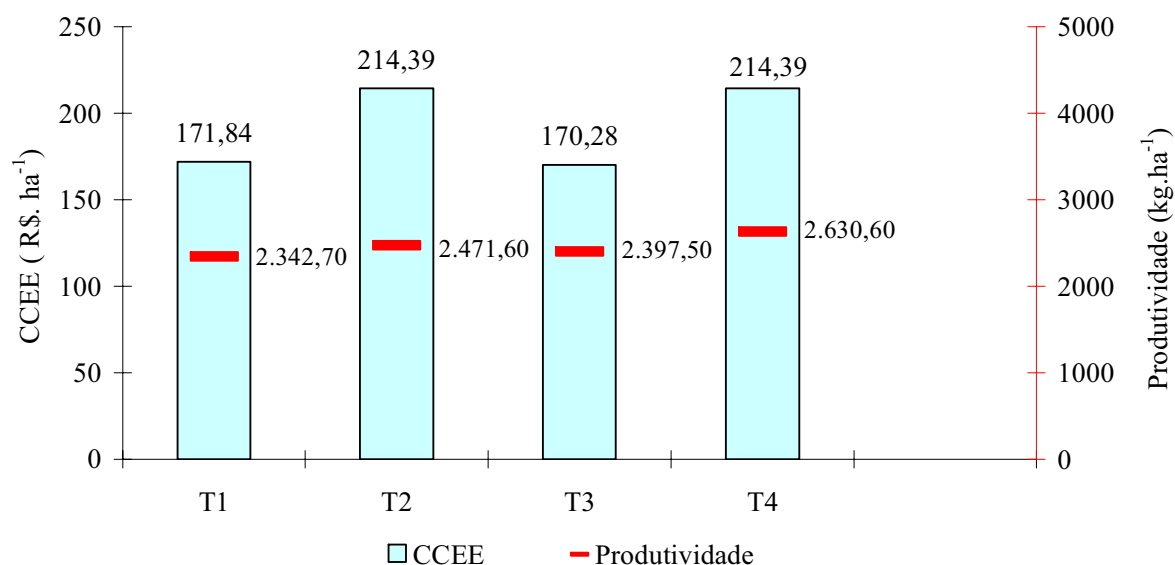


FIGURA 23. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

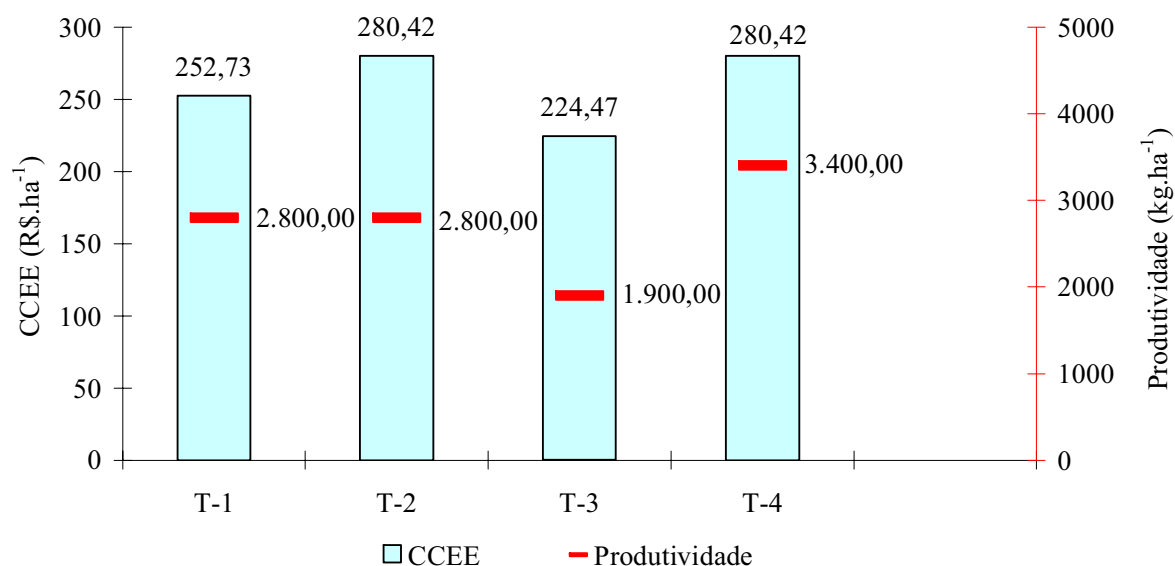


FIGURA 24. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

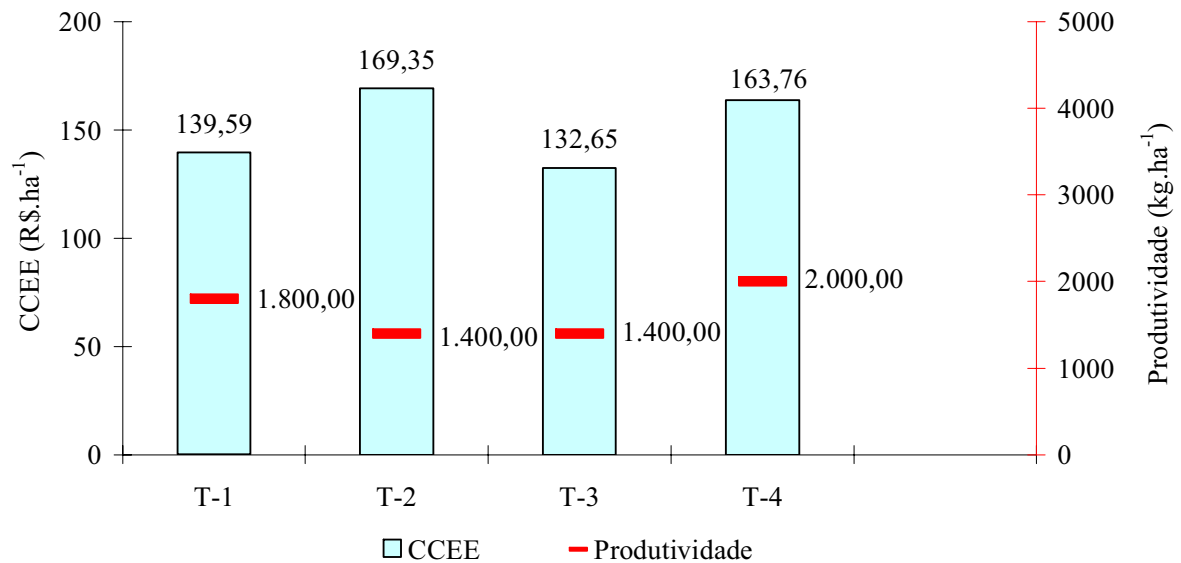


FIGURA 25. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo A - Estrutura Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

Nota-se pelas Figuras 23, 24 e 25 que a tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul com desconto especial para irrigantes no período noturno é uma opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, em relação ao sistema tarifário Grupo B, concordando com ALVES et al. (2003), pois diminuiu o gasto com energia elétrica, para todos os tratamentos, em todos os anos estudados, resultando, portanto maior retorno econômico ao irrigante. Com este sistema tarifário, poder-se-ia economizar em relação ao sistema tarifário Grupo B, 254,07; 361,76; 250,13 e 361,76 R\$.ha<sup>-1</sup>, para o ano de 2002; 458,75; 528,82; 387,25 e 528,82 R\$.ha<sup>-1</sup>, para o ano de 2003 e 173,02; 248,49; 155,41 e 234,31 R\$.ha<sup>-1</sup>, para o ano de 2004.

Na Tabela 7 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha<sup>-1</sup>, para o Grupo – A tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha<sup>-1</sup>, nos anos de 2002, 2003 e 2004.

TABELA 7. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo A - tarifa Horosazonal Verde e/ou Azul com desconto, os resultados são expressos em R\$.kg<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	0,0733	0,0903	0,0776
T2	0,0867	0,1001	0,1210
T3	0,0710	0,1181	0,0947
T4	0,0815	0,0825	0,0819

Pelo exposto na Tabela 7, verifica-se que as relações foram melhores, em relação ao sistema tarifário Grupo B, para todos os tratamentos, em todos os anos estudados.

Houve uma economia de 0,1085; 0,1464; 0,1044 e 0,1375 R\$.kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o ano de 2002.

Houve uma economia de 0,1638; 0,1889; 0,2039 e 0,1555 R\$.kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o ano de 2003.

Houve uma economia de 0,0961; 0,1775; 0,1111 e 0,1171 R\$.kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 1, 2, 3 e 4 respectivamente, para o ano de 2004.

#### **Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno.**

Nas Figuras 26, 27 e 28 são apresentados os resultados para o Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, respectivamente para os anos de 2002, 2003 e 2004. Este desconto é de 60% para este grupo tarifário, no horário de 21h30 às 6h do dia seguinte (Portaria DNAEE 105 de 03/04/92, Resolução ANEEL 277 de 19/07/00, e Resolução ANEEL 540 de 01/10/02).

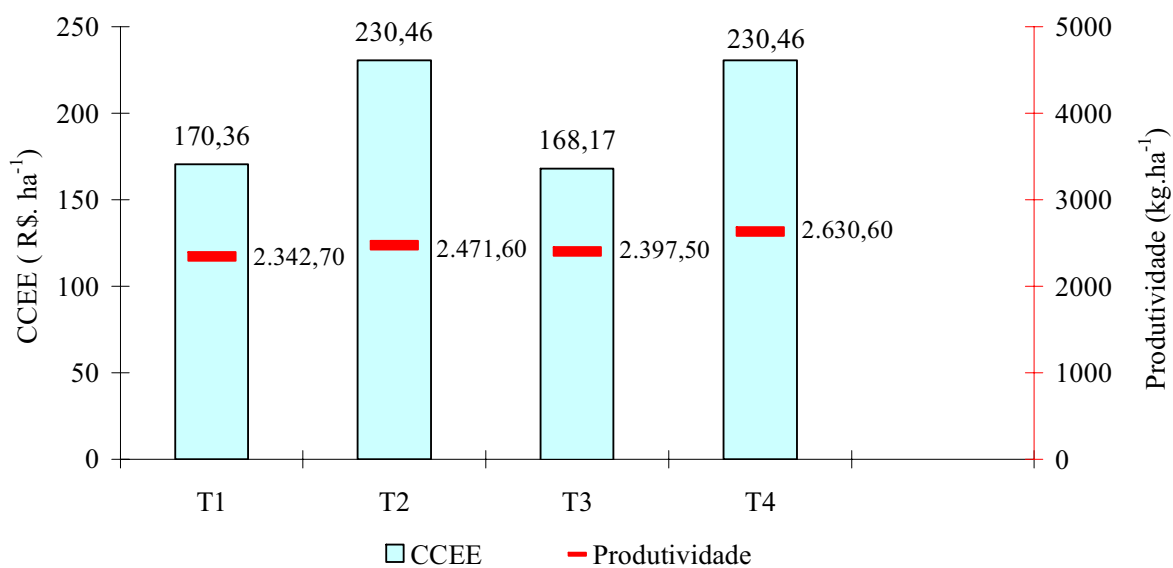


FIGURA 26. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2002. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

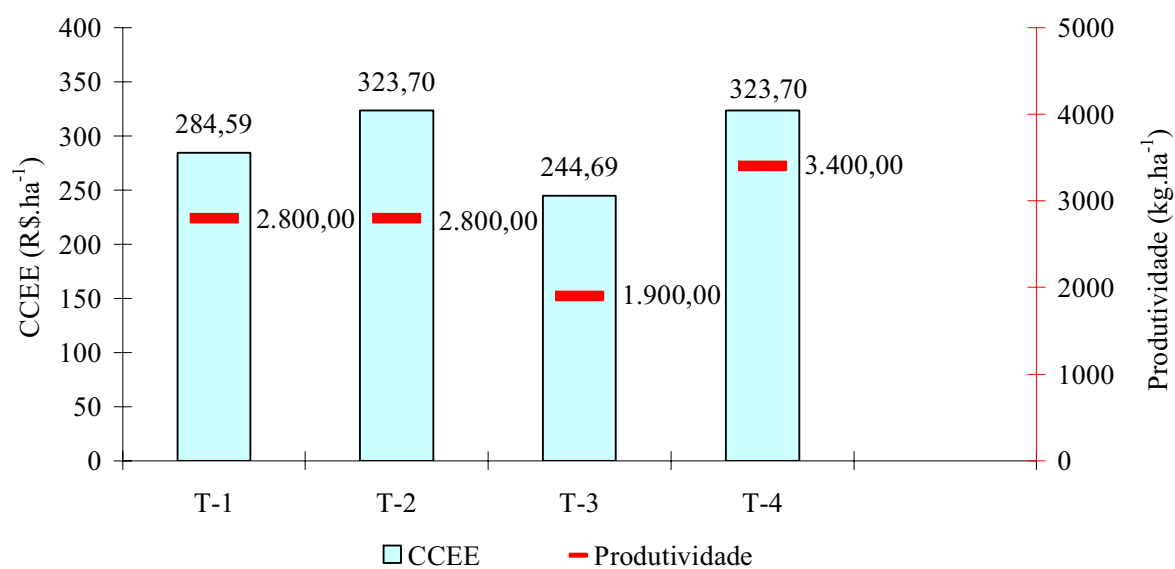


FIGURA 27. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2003. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

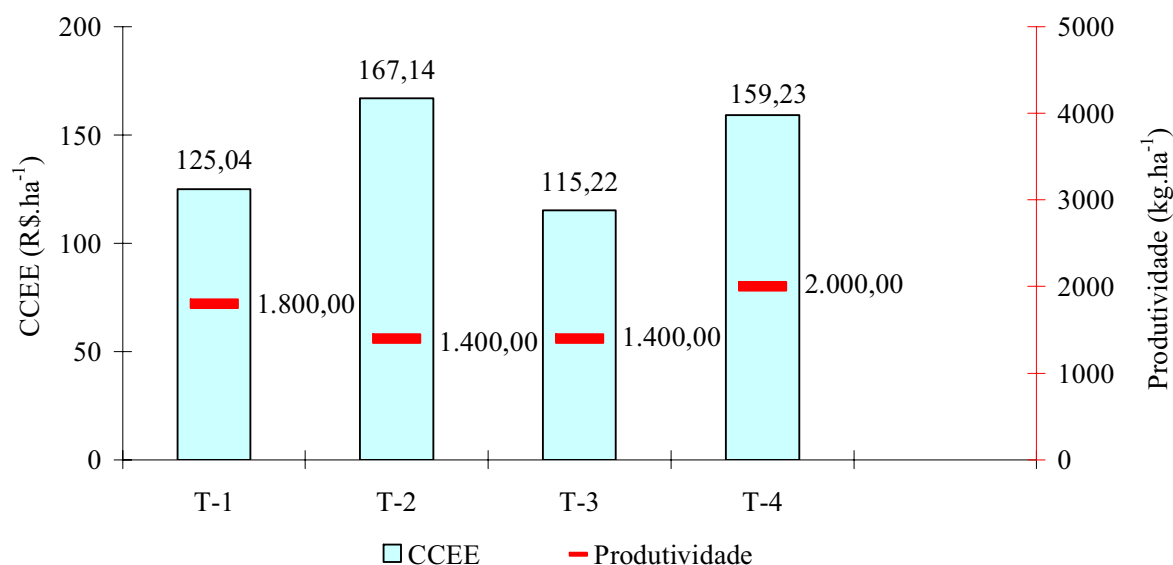


FIGURA 28. Estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), para o Grupo B, com desconto, para o ano de 2004. (preço do kWh = R\$ 0,16650).

Comparando-se o Sistema Tarifário Grupo B (com desconto especial para irrigantes no período noturno), com o Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul (com desconto especial para irrigantes no período noturno), vê-se que para o ano de 2002, T1 e T3 economizaram 1,48 e 2,11 R\$.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, já para T2 e T4 houve um aumento de 16,07 R\$.ha<sup>-1</sup>. No ano de 2003, T1, T2, T3 e T4 aumentaram 31,86; 43,28; 20,22 e 43,28 R\$.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No ano de 2004, T1, T2, T3 e T4 economizaram 14,55; 2,21; 17,43 e 4,53 R\$.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Diante do exposto, pode-se concluir que para os anos de 2002 e 2003, o Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul (com desconto especial para irrigantes no período noturno), foi a opção mais adequada. Para o ano de 2004 o Sistema Tarifário Grupo B (com desconto especial para irrigantes no período noturno), foi a opção mais adequada.

Na Tabela 8 é analisada a estimativa do custo do consumo de energia elétrica (CCEE), em R\$.ha<sup>-1</sup>, para o Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, em relação a produtividade de grãos dos tratamentos, em kg.ha<sup>-1</sup>, nos anos de 2002, 2003 e 2004.

TABELA 8. Relação do custo do consumo de energia elétrica e da produtividade de grãos (CCEE/produtividade), para o sistema tarifário Grupo B, com desconto, os resultados são expressos em R\$.kg<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	0,0727	0,1016	0,0695
T2	0,0932	0,1156	0,1194
T3	0,0701	0,1288	0,0823
T4	0,0876	0,0952	0,0796

Comparando-se as Tabelas 7 e 8, verifica-se que, para o ano de 2002, T1 e T3, tiveram relações um pouco melhores para o Grupo B (com desconto), em comparação ao Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul (com desconto), já em T2 e T4, as relações foram piores. Para o ano de 2003, as melhores relações foram obtidas com o Grupo A – Tarifas Horo-Sazonais Verde e/ou Azul (com desconto). No ano de 2004 as melhores relações foram obtidas com o Grupo B (com desconto).

### **Análise econômica**

A análise econômica foi realizada segundo MARTINS (2004), onde foi estudado o custo total de produção, que consiste na soma dos custos fixos e variáveis.

Os custos fixos são aqueles que ocorrem independentemente do número de horas anuais de operação do sistema de irrigação e incluem, principalmente, a depreciação do sistema e a remuneração do capital nele investido.

No cálculo da depreciação do sistema, utilizou-se o método do fundo de amortização (COELHO, 1979). A depreciação, calculada por tal critério garante que o

empresário se servirá dela para substituir o capital, sem utilizar seus recursos particulares ou crédito. Sua expressão é a seguinte:

$$d = \frac{(C_i - C_f)r}{(1+r)^n - 1} \quad (8)$$

sendo,

d - quota anual de depreciação, em R\$;

C<sub>i</sub> - valor inicial do sistema, em R\$;

C<sub>f</sub> - valor final ou residual do sistema, em R\$;

r – taxa anual de juros, em decimal;

n – vida útil do sistema, em anos.

O preço médio do pivô-central, com as dimensões consideradas no projeto foi pesquisado no mercado, sendo de R\$ 44.154,40, para o ano de 2006. Na Tabela 9 é apresentada a quota anual de depreciação do sistema.

O valor dos juros sobre o capital investido significa que o empresário renunciou à remuneração que poderia ter obtido pela aplicação de seus capitais em alternativas. Essa renúncia representa, para o empresário, o custo a ser considerado. Para seu cálculo, adota-se, a rigor, o valor do equipamento usado; quando não se conhece tal valor, NEVES & SHIROTA (1986) recomendam trabalhar com uma estimativa representada pela média do valor novo:

$$JSC = \frac{(C_i.r)}{2} \quad (9)$$

A soma dos juros sobre o capital com a depreciação resulta no custo fixo anual do sistema de irrigação (Tabela 9).

TABELA 9. Preço do sistema, depreciação anual, juros sobre o capital investido (JSC), custos fixos anuais e por hectare, para uma taxa de juros de 12% ao ano, vida útil do sistema de 10 anos e valor residual do sistema igual a zero.

Preço do pivô Total (R\$)	Depreciação R\$.ano <sup>-1</sup>	JSC R\$.ano <sup>-1</sup>	Custos Fixos R\$.ano <sup>-1</sup>	Custos Fixos R\$.ha <sup>-1</sup>
44.154,40	2.516,10	2.649,26	5.165,36	1.557,84

No cálculo dos custos variáveis da irrigação, estão envolvidos os custos de manutenção, mão-de-obra e energia. Assumiu-se que os custos de manutenção e mão-de-obra para os diferentes tratamentos foram iguais. Assim, os custos variáveis considerados neste trabalho, referem-se apenas aos dispêndios com a energia.

Sendo que neste trabalho verificou-se que a tarifa Horo-Sazonal Verde e/ou Azul, com desconto especial para irrigantes no período noturno, foi a opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, nos anos de 2002 e 2003; e o Sistema Tarifário Grupo B, com desconto especial para irrigantes no período noturno, foi a opção mais adequada para a cultura do feijoeiro, no ano de 2004, os custos variáveis considerados são os custos dos consumos de energia elétrica, para cada tratamento, em cada ano, para sistema tarifário mais adequado (Tabela 10).

TABELA 10. Custos variáveis de produção (CCEE), em R\$.ha<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	171,84	252,73	125,04
T2	214,39	280,42	167,14
T3	170,28	224,47	115,22
T4	214,39	280,42	159,23

A soma dos custos fixos de produção com os custos variáveis de produção (CCEE), resulta no custo total de produção. (Tabela 11).

TABELA 11. Custo total de produção (custos fixos + custos variáveis (CCEE)), em R\$.ha<sup>-1</sup>.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	1.729,68	1.810,57	1.682,88
T2	1.772,23	1.838,26	1.724,98
T3	1.728,12	1.782,31	1.673,06
T4	1.772,23	1.838,26	1.717,07

As produtividades em sacas.ha<sup>-1</sup>, são apresentadas na Tabela 12.

TABELA 12. Produtividades do feijão, em sacas.ha<sup>-1</sup>, para os três anos estudados.

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	39,05	46,67	30,00
T2	41,19	46,67	23,33
T3	39,96	31,67	23,33
T4	43,84	56,67	33,33

Considerando-se a saca de feijão de 60kg, com valor igual a R\$ 70,00, em 2006, obtém-se a receita, em R\$.ha<sup>-1</sup>. (Tabela 13).

TABELA 13. Receita da produtividade de feijão para os três anos estudados. (R\$.ha<sup>-1</sup>)

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	2.733,15	3.266,67	2.100,00
T2	2.883,53	3.266,67	1.633,33
T3	2.797,08	2.216,67	1.633,33
T4	3.069,03	3.966,67	2.333,33

O resultado econômico é obtido subtraindo-se a receita da produtividade do feijão, pelo custo total de produção do feijão, para cada ano estudado. (Tabela 14).

TABELA 14. Resultado econômico, para os três anos estudados. (R\$.ha<sup>-1</sup>)

TRATAMENTOS	2002	2003	2004
T1	1.003,47	1.456,09	417,12
T2	1.111,30	1.428,40	-91,65
T3	1.068,96	434,35	-39,73
T4	1.296,80	2.128,40	616,26

Pela análise da Tabela 14, percebe-se que para o ano de 2002, os tratamentos 2 e 4, em que o manejo da irrigação foi efetuado pelo método do tanque “Classe A”, obtiveram os maiores resultados econômicos, em comparação aos tratamentos 1 e 3, em que o manejo da irrigação foi efetuado por tensiometria. Dentro dos manejos de irrigação, o sistema de plantio convencional, obteve os maiores resultados econômicos. No ano de 2003, o maior retorno econômico foi obtido por T4, seguido por T1, T2 e T3; o sistema de plantio direto, tanto no manejo por tensiometria, quanto no manejo pelo tanque “Classe A”, obteve praticamente o mesmo resultado econômico, já o sistema de plantio convencional, obteve o melhor resultado econômico, quando o manejo de irrigação foi efetuado pelo tanque “Classe A”. Em 2004, os melhores resultados econômicos foram obtidos em T4 e T1, sendo que em T2 e T3, os resultados econômicos foram negativos, indicando que as receitas não cobriram os custos finais de produção.

Observou-se uma tendência, de maior retorno econômico, para o tratamento 4, onde o manejo de irrigação foi realizado pelo tanque “Classe A”, e o sistema de plantio adotado foi o convencional, para os três anos estudados.

## V. CONCLUSÕES

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

Os sistemas de plantio direto e convencional (dentro dos manejos de irrigação) apresentaram praticamente os mesmos valores de consumo e custo de energia elétrica, para os anos estudados.

Para os anos de 2002 e 2003, o Sistema Tarifário Grupo A – Tarifas Horosazonais Verde e/ou Azul (com desconto especial para irrigantes no período noturno), foi a opção mais adequada. Para o ano de 2004 o Sistema Tarifário Grupo B (com desconto especial para irrigantes no período noturno), foi a opção mais adequada.

Observou-se uma tendência de maior retorno econômico para o tratamento em que o manejo de irrigação foi realizado pelo tanque “Classe A”, e sistema de plantio convencional, para os três anos estudados.

## VI. 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. 103-34 (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, Goiânia. SBEA, 2003.

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.

AZEVEDO, J.A.; CAIXETA, T.J. *Irrigação do feijoeiro*. Brasília: EMBRAPA, 1986. 60p. (Circular Técnica, 23).

CAGNON, J.A. *Uso da energia elétrica nos sistemas de pivô central, nas áreas irrigadas do município de Guaíra – SP*. 1989. 122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1989.

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.

CALHEIROS, C.B.M.; QUEIROZ, J.E.; FRIZZONE, J.A.; PESSOA, P.C.S. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: água como fator limitante da produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, n.7, p.509-515, 1996.

CAMPANA, S., OLIVEIRA FILHO, D., SOARES, A. A., OLIVEIRA, R. A. Inversores de frequência no controle de motores na irrigação. *Eletricidade Moderna*, São Paulo, n. 28, p. 138-157, 2000.

CANALLI, L.B.; ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho-escuro sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, p. 99-104, 1997.

CAST. Council for Agricultural Science and Techonology. *Effective use of water in irrigated agriculture*. Task Force Report No. 113, June 1988. 64 p.

CHIEPPE J. B.; KLAR, A.; STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. *Efeito do manejo da irrigação sob diferentes métodos de controle e tensões de água do solo na cultura do feijoeiro*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, Goiânia. SBEA, 2003.

COELHO, S. T. *Matemática financeira e análise de investimentos*. São Paulo, Ed. Nacional; EDUSP, 1979. 279p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. *Estudo da otimização energética*. Belo Horizonte, 1993, 22p.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. *Anais...* Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD ROM.

CURY, B. *Por que fazer plantio direto*. Grupo Plantio Direto, 2000. p. 9-15. (Guia para Plantio Direto).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage, 33).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999. 412p.

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.

GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.6, p.1229-1236, 2000.

LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigado por pivô central em latossolo roxo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.529-532, 1994.

LOPES, A.S.; PAVANI.L.C.; CORÁ.J.E.; ZANINI.J.R., MIRANDA.H.M. Manejo da irrigação (Tensiometria e Balanço Hídrico Climatológico) para a cultura do feijoeiro irrigado em sistemas de cultivo direto e convencional. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 89-100, 2004.

MARTINS, M.I.E.G. *Custo de produção*. Apostila. Jaboticabal, FCAV, 2004. 23p.

MELLO, C. R., CARVALHO, J. A., BRAGA JÚNIOR, R. A., REINATO, C. H., SANTANA, M. J. Economia de energia e instalação de bombeamento para irrigação com uso de inversor de frequência. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 78-88, 1999.

MOREIRA, J.A.A.; AZEVEDO, J.A.; STONE, L.F.; CAIXETA, T.J. Irrigação. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p.317-340.

NEVES, E. M.; SHIROTA, R. *Considerações sobre a importância, determinação e atualização dos custos agrícolas*; programa de treinamento BANESPA. Piracicaba, FEALQ, 1986. 23p.

OLIVEIRA, A.S.; PEREIRA, F.A.de C.; PAZ, V.P.da S. Avaliação do desempenho de sistemas de pivô central na região oeste da Bahia. *Irriga*, Botucatu, v.9, n.2, p.126-135, mai-ago, 2004.

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.

PEITER, M.X.; CHAUDHRY, F.H.; CARLESSO, R. Programação do manejo da irrigação de milho via modelo de simulação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 53-63, 1999.

PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. S.; PAZ V. P. S.; SANTOS, C. A.; SAMPAIO, C. B. V. Manejo e economia de energia em sistemas de irrigação pivô central no Oeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz de Iguaçu. *Anais...* Foz de Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD - ROM.

PESSOA, A.C.S.; KELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KONIG, O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob diferentes níveis de irrigação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.26, n.1, p.69-74, 1996.

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: SBEA, 2001. 1 CD ROM.

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

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. *Irrigação*, 1. Piracicaba: SBEA. 2001. p.63-120. (Série Engenharia Agrícola).

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

SMITH, M., ALLEN, R., MONTEITH, J.L., PERRIER, A., PEREIRA, L.S., SEGEREN, A. *Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements*. Rome: FAO, 1990. 59p.

SOUZA, J. L. *Modelo de análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para a cultura do cafeeiro*. Piracicaba, 2001a. 253p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

SOUZA, G. H. F., BRITO, R. A. L., DANTAS NETO, J., SOARES, J. M., NASCIMENTO, T. Sustentabilidade da área irrigada e consumo de energia no distrito de irrigação Senador Nilo Coelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., *Anais...* Foz de Iguaçu: SBEA, 2001b. 1 CD ROM.

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.621-33, 2000.

**ANEXO**

## Taxas e Tarifas

TARIFAS PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA  
Resolução No. 313/ANEEL DOU de 07/04/2006.

### PREÇOS DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA PRATICADAS NA CPFL - PAULISTA

Estrutura Horo-Sazonal	Demanda R\$/ kW		Consumo - R\$/ MWh				Ultrapassagem R\$/ kW	
			Período Seco		Período Úmido			
AZUL	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
A2 (88 a 138 kV)	16,26	2,43	265,92	164,63	240,25	149,54	48,78	7,26
A2 (88 a 138 kV) - Classe Residencial e Rural	15,51	2,31	253,60	157,01	229,12	142,61	46,53	6,93
A3 (69 kV)	28,14	6,14	267,24	165,27	240,96	149,70	84,41	18,43
A3 (69 kV) - Classe Residencial e Rural	26,84	5,85	254,86	157,61	229,80	142,76	80,51	17,58
A3a (30 a 44 kV)	27,86	7,36	274,21	166,17	247,85	150,66	83,59	22,07
A3a (30 a 44 kV) - Classe Residencial e Rural	26,57	7,02	261,51	158,48	236,37	143,68	79,73	21,05
A4 (2,3 a 25 kV)	29,56	7,90	274,89	166,50	248,47	150,94	88,71	23,69
A4 (2,3 a 25 kV) - Classe Residencial e Rural	28,20	7,54	262,16	158,79	236,96	143,95	84,60	22,59
A4 (2,3 a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural	16,34	5,45	107,25	50,99	99,24	45,06	49,02	16,35
AS (Subterrâneo)	30,94	12,11	287,60	174,20	260,02	157,90	92,83	36,32
AS (Subterrâneo) - Residencial e Rural	29,51	11,54	274,28	166,13	247,97	150,59	88,53	34,63
<b>VERDE</b>								
A3a (30 a 44 kV)		7,36	721,55	161,93	695,98	150,66		22,08
A3a (30 a 44 kV) - Classe Residencial e Rural		7,02	688,11	154,43	663,72	143,68		21,06
A4 (2,3 a 25 kV)		7,90	756,78	166,50	730,38	150,94		23,70
A4 (2,3 a 25 kV) - Classe Residencial e Rural		7,54	721,72	158,79	696,54	143,95		22,62
A4 (2,3 a 25 kV) - Coop Eletrificação Rural		5,45	485,17	50,99	477,21	45,06		16,35
AS (Subterrâneo)		12,11	791,94	174,20	764,35	157,90		36,33
AS (Subterrâneo) - Classe Residencial e Rural		11,54	755,25	166,13	728,93	150,59		34,62

Grupo B	Consumo	Demanda
	R\$/MWh	R\$/kW
<b>Residencial - Normal</b>	326,45	
<b>Baixa Renda</b>		<b>Desconto</b>
0 a 30 kWh	110,61	66,12
31 a 80 kWh	189,61	41,92
81 a 100 kWh	190,37	41,68
101 a 200 kWh	285,53	12,53
201 a 220 kWh	317,25	2,82
> 220 kWh	317,25	2,82
<b>Rural</b>	176,34	
<b>Coop Eletrificação Rural</b>	114,05	
<b>Serviço Público de Irrigação</b>	162,19	
<b>Demais Classes</b>	294,99	
<b>Iluminação Pública</b>		
B4a - Rede de Distribuição	144,97	
B4b - Bulbo da Lâmpada	159,11	

Descontos Tarifários	Serviços Executados	Grupo B - R\$			Grupo A R\$
		MONO	BI	TRI	
<b>GRUPO A</b>	Vistoria Unidade Consumidora	2,63	3,77	7,54	22,63
RURAL	Aferição de Medidor	3,39	5,65	7,54	37,72
SERV. ÁGUA/ESGOTO	Verificação Nível Tensão	3,39	5,65	6,79	37,72
<b>GRUPO B</b>	Religação Normal	3,01	4,14	12,44	37,72
SERV. ÁGUA / ESGOTO	Religação Urgência	15,08	22,63	37,72	75,45
	Emissão 2ª via de	1,12	1,12	1,12	2,26

Resolução No. 313/ANEEL DOU de 07/04/2006. Tarifas SEM os tributos Federais PIS/PASEP e COFINS, inclusos no preço. ANEXOS I, IA e IB.

Vigência: A partir de 08/04/2006. A CPFL adicionará, mensalmente, os valores de PIS/CONFINS sobre as Tarifas.