

## **DISTÂNCIA DA REDE ELÉTRICA QUE VIABILIZA O USO DE MOTORES DIESEL EM ÁREAS IRRIGADAS DO BRASIL**

**Rodrigo Otávio Câmara Monteiro; Priscylla Ferraz; Rubens Duarte Coelho; Ronaldo Antônio do Santos**

*Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP  
rocâmara@esalq.usp.br*

### **1 RESUMO**

Na maioria das regiões do país, a energia elétrica aparece como a alternativa, economicamente mais viável, no acionamento de bombas em áreas irrigadas, o que justifica seu uso por aproximadamente 70% dos irrigantes. No entanto, em determinadas situações, não se dispõe, nas proximidades, de rede elétrica, o que passa a viabilizar o uso de motores diesel. Este trabalho, portanto, propôs a análise dos custos horários de bombeamento com a operação de motores diesel e elétricos nas 5 regiões do Brasil. Considerou-se as composições tarifárias verde, azul e convencional, período de irrigação de 2, 4, 6 e 8 meses por ano e operação no horário de ponta e fora de ponta. Para essa avaliação, foi considerado um motor diesel e elétrico, de potência comercial de 50 cv. O ponto de equilíbrio entre motor elétrico e diesel foi determinado pela distância da rede de energia elétrica até o local de consumo. A viabilidade de utilização dos motores diesel em relação ao acionamento de motores elétricos foi encontrada a partir de distâncias da rede de transmissão elétrica de 1,32 a 8,71 km, sendo a primeira a condição mais atrativa, encontrada na região Sudeste, com 2 meses/ano de irrigação, na tarifa convencional.

**UNITERMOS:** Energia elétrica, irrigação, custo de bombeamento

**MONTEIRO, R. O. C.; FERRAZ, P.; COELHO, R. D.; SANTOS, R.A. do. VIABILITY OF DIESEL MOTOR USE IN IRRIGATED AREAS OF BRAZIL DUE TO DISTANCE FROM ELECTRIC POWER LINES**

### **2 ABSTRACT**

In most agricultural areas of Brazil, electric power seems to be the most feasible economic alternate methods for the functioning of pumps in irrigated areas, therefore 70% of irrigation systems use it. However, the viability of electric power lines is restricted to only one part of rural areas, making it necessary the implementation of diesel engines as a source of electrical power for water management. The aim of this study was to investigate the viability of the use of electric energy and diesel motors. For this study, an electric motor and a diesel one, both of 50HP potency, were evaluated, taking into consideration the following variables: tax composition, areas of the country and number of operation hours per year. The viability of the diesel engine use in relation to implantation of electric motors was determined from distances that ranged from 1.32 km up to 8.71 km between the consumption place and the electric power lines. The most favorable condition is the one found in the southeast of the country: 2 irrigation months/year.

**KEYWORDS:** Electric energy, irrigation, pump costs

### 3 INTRODUÇÃO

A irrigação representa uma técnica imprescindível na produção agrícola, em muitas regiões do país. Normalmente, nessas regiões, devido ao déficit pluviométrico e, principalmente, a sua distribuição irregular, torna-se necessário o uso desta técnica no sentido de garantir um suprimento adequado às necessidades hídricas da cultura.

Essa tecnologia pode representar tanto um aumento de produtividade como aumento dos custos de produção, independentemente do método utilizado. O percentual do custo total de produção, referente aos custos de aplicação da irrigação, varia em função das condições locais, clima, cultura, método utilizado, etc. Tal custo, na produção agrícola, representa, de maneira geral, a soma dos custos variáveis: mão-de-obra utilizada na irrigação, serviços de manutenção e, principalmente, energia para o bombeamento. Quando somado ao custo fixo anual do sistema de irrigação, obtêm-se o custo total da irrigação que incidirá diretamente sobre o valor de custeio.

Dentro do custo variável da irrigação, a energia representa a maior parcela e, dependendo do método, poderá chegar a 70% do valor total anual (Melo, 1993). O custo da energia consumida na irrigação depende do tipo de acionamento do motor, da potência instalada e da eficiência do conjunto motobomba.

Diversas são as fontes de energia para acionamento de sistemas de bombeamento, dentre as quais, as da eletricidade, de origem hidráulica, eólica e solar; as dos combustíveis fósseis (diesel, gasolina e gás natural); as dos combustíveis renováveis (metanol, etanol, e gases provenientes da fermentação de matérias orgânicas diluídas em água nos biodigestores, comuns na Índia e China). Embora existam várias fontes de energia para acionamento dos motores, a hidroeletricidade e o diesel são as mais utilizadas no Brasil e, portanto, mais enfatizadas nos trabalhos que envolvem custos de bombeamento em sistemas de irrigação (Zocoler, 2003).

De acordo com Carvalho (1992), a escolha do motor para o acionamento da bomba depende de vários fatores, como: potência necessária, disponibilidade e custo da energia, grau de mobilidade desejado ao conjunto motobomba, investimento inicial, entre outros. O conjunto desses fatores define a opção mais adequada, a qual, via de regra, recai nos dois seguintes tipos de motores: elétricos ou de combustão interna (dentre esses, o motor diesel é o mais comum).

Frizzone et al (1994) compararam os custos da irrigação em cultura do feijão, utilizando-se o sistema de irrigação por aspersão tipo pivô central para uma área de 91,3 ha, acionado à energia elétrica e a diesel. Fizeram 12 simulações referentes a 12 épocas de semeadura no ano, admitindo o ciclo da cultura de 82 dias. No cálculo dos custos variáveis do sistema elétrico consideraram dois períodos para aplicação de água à cultura: um com desconto de 90% na tarifa de consumo para a operação entre 23 e 5 horas, contemplando necessidades de irrigação de até 180 horas mensais; outro período, correspondente às horas excedentes, com tarifa normal. Como custos fixos foram consideradas a depreciação do sistema e a remuneração do capital nele investido. Na depreciação utilizou-se o método do fundo de formação de capital e na estimativa da remuneração trabalhou-se com o valor médio do sistema novo. Considerando-se que o sistema de irrigação é utilizado para produzir duas safras de feijão por ano, sendo uma com semeadura em maio e outra em outubro, verificou-se

que o sistema acionado a diesel resultou em um custo anual de irrigação 72,57% superior ao sistema acionado à energia elétrica (para 1.218,4 horas de irrigação).

Considerando que os custos de investimento e operação em irrigação são altos, é importante que o dimensionamento do conjunto motobomba seja feito levando-se em conta critérios econômicos e não, puramente hidráulicos.

Alves Júnior et al. (2004) estudando os custos de energia elétrica nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, observou que as tarifas verde e azul com desconto noturno são as melhores opções para o irrigante, com 21 horas de irrigação por dia, evitando o horário de ponta. Observou, ainda, que a região Sudeste apresenta um custo variável horário superior às demais regiões estudadas, em virtude da heterogeneidade das tabelas tarifárias vigentes no país.

De uma maneira geral, os motores elétricos apresentam-se mais vantajosos economicamente, se comparado ao motor a diesel, para os casos em que a potência instalada é grande e para as condições de curta distância da rede elétrica. Neste caso é interessante encontrar um indicativo de viabilidade de implantação do tipo de acionamento, em função das características locais de operação.

Neste sentido, este trabalho apresenta uma análise dos custos de implantação e operação de motores diesel e elétricos, em diferentes regiões do Brasil, diante das variáveis: distância da rede de energia elétrica, número de horas de funcionamento por ano e tipos de tarifas de energia elétrica.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado a partir de uma planilha eletrônica, permitindo a obtenção dos custos totais anuais e horários para as condições estudadas, tanto para motor elétrico, quanto para diesel.

**Tabela 1.** Valores de entrada para composição dos custos totais anuais, para motor elétrico e diesel

Especificações	Motor Elétrico	Motor Diesel
Custo do motor (R\$)	4.550,00	11.900,00
Potência do motor (cv)	50	50
Vida útil do motor (anos)	15	10
Vida útil da rede de energia elétrica (anos)	30	-
Consumo específico (L/cv hora)	-	0,25
Preço do Diesel (US\$/L)	-	0,63
Taxa anual de juros	12%	12%
ICMS	20%	20%
Cosseno de $\varphi$ (fator de potência)	0,86	-

Fonte: Autores

Na Tabela 1 estão as especificações utilizadas para a composição dos custos totais anuais e horários em ambas as condições de acionamento energético.

O levantamento foi realizado para as cinco regiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), com 2, 4, 6 e 9 meses de irrigação e 21 horas/dia no horário fora de ponta e, posteriormente, com 24 horas/dia no horário de ponta, nas tarifas azul, verde e

convencional. Foram consideradas, ainda, os respectivos descontos para as diferentes regiões (Tabela 2), conforme a Portaria 105, de 02 a 08 de outubro de 2002 e a Resolução Aneel N° 277 de 19 de julho de 2000.

**Tabela 2.** Descontos noturnos para irrigação

Região	Desconto (%)	
	Grupo A (Alta Tensão > 2,3 kv)	Grupo B (Baixa Tensão < 2,3 kv)
NE	90	73
N, CO e MG	80	67
S e SE	70	70

Fonte: Portaria 105 de 02 a 08 de outubro de 2002 e Resolução da Aneel 277 de 19 de julho de 2000.

A Tabela 3 mostra as concessionárias representativas de cada região, onde foram obtidas as tarifas de demanda e consumo.

**Tabela 3.** Concessionárias energéticas selecionadas para cada região

Região	Concessionária	Resolução (N°/ano)
N	CELPA (Centrais Elétricas do Para S. A.)	192/2004
NE	Companhia Energética de Alagoas	219/2003
CO	CELG (Companhia Energética de Goiás)	02/2004
SE	CEMIG (Companhia Energetica de Minas Gerais)	83/2004
S	CEEE/RS (Companhia Estadual de Energia Elétrica)	242/2004

Fonte: Autores

De acordo com Souza (2001), a estimativa do custo da linha de transmissão rural de 75 KVA trifásico, em função do comprimento e da rede elétrica, foi obtida a partir da equação 1:

$$C = 3,9291 D + 2936,1 \quad (1)$$

sendo:

D - distância da linha de transmissão elétrica, expressa em metros e;

C - estimativa do custo da rede elétrica, em dólar.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 4 mostra o custo horário com energia elétrica para as condições de irrigação de 21 horas/dia (horário fora de ponta) e 24 horas/dia (horário de ponta), respectivamente.

A região Sudeste (SE) apresenta um custo horário, de energia elétrica, superior às regiões Centro-Oeste (CO) e Nordeste (NE) em qualquer tarifa adotada, em qualquer tempo de bombeamento.

Já as regiões Sul (S) e Norte (N) são as que apresentam menores valores de custo horário de operação, em qualquer tempo de funcionamento e tarifa de energia elétrica.

Caso o irrigante utilize 24 horas/dia a sua estação de bombeamento, o custo horário de energia elétrica terá um aumento, em média, de 67, 102 e 18% para as tarifas azul, verde e convencional, respectivamente, nas regiões do Brasil.

**Tabela 4.** Custo horário com energia elétrica de um sistema de irrigação, operando com 21 e 24 horas/dia (horário fora de ponta e horário de ponta), em função do tipo de tarifa e horas de bombeamento nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul

Regiões	Tempo de irrigação anual (21 horas/dia – 24 horas/dia)	Custo horário R\$/50 cv de potência (21 - 24 horas/dia)		
		Tarifa Azul	Tarifa Verde	Tarifa Convencional
Norte	1260 – 1440 (2 meses/ano)	2,90 – 4,53	3,43 – 6,16	4,81 – 5,05
	2520 – 2880 (4 meses/ano)	2,71 – 4,07	3,17 – 5,92	4,81 – 5,05
	3780 – 4320 (6 meses/ano)	2,70 – 3,97	3,14 – 5,89	4,81 – 5,05
	5670 – 6480 (9 meses/ano)	2,66 – 3,87	3,08 – 5,84	4,81 – 5,05
Nordeste	1260 – 1440	3,31 – 5,10	3,88 – 6,68	6,07 – 6,14
	2520 – 2880	3,11 – 4,61	3,62 – 6,43	5,75 – 5,86
	3780 – 4320	3,10 – 4,51	3,59 – 6,41	5,65 – 5,76
	5670 – 6480	2,66 – 4,40	3,08 – 6,36	4,81 – 5,70
Centro-Oeste	1260 – 1440	3,53 – 5,45	4,07 – 6,84	6,43 – 6,50
	2520 – 2880	3,33 – 4,73	3,70 – 6,49	6,14 – 6,25
	3780 – 4320	3,33 – 4,64	3,72 – 6,51	6,05 – 6,17
	5670 – 6480	3,28 – 4,54	3,63 – 6,43	5,98 – 6,11
Sudeste	1260 – 1440	4,32 – 6,56	4,36 – 7,29	7,59 – 7,60
	2520 – 2880	4,05 – 5,91	4,04 – 7,00	7,23 – 7,28
	3780 – 4320	4,03 – 5,77	4,00 – 6,97	7,10 – 7,17
	5670 – 6480	3,97 – 5,63	3,93 – 6,90	7,02 – 7,10
Sul	1260 – 1440	2,65 – 3,77	3,39 – 5,54	5,16 – 5,19
	2520 – 2880	2,54 – 3,48	3,18 – 5,34	4,94 – 4,99
	3780 – 4320	2,54 – 3,43	3,16 – 5,33	4,86 – 4,93
	5670 – 6480	2,51 – 3,36	3,11 – 5,28	4,81 – 4,88

As Figuras 1 a 5 mostram a variação do custo anual de energia elétrica em função do tempo de bombeamento e da tarifa adotada, para as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, respectivamente, com 21 horas de irrigação por dia.

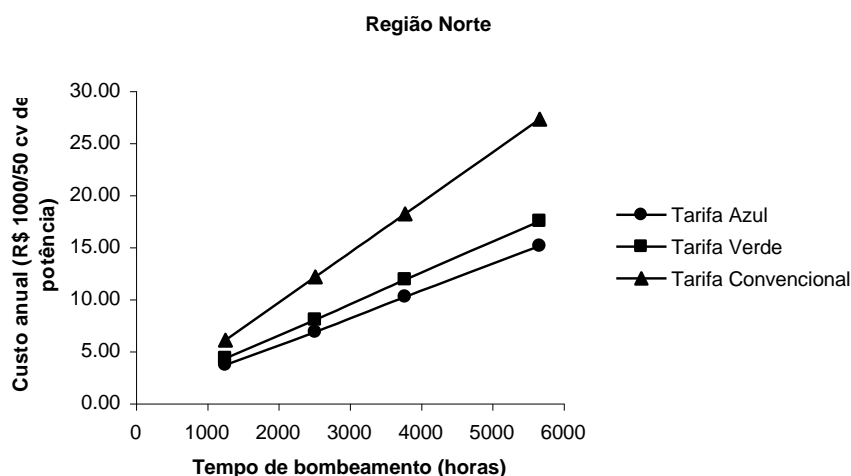
O custo anual de energia elétrica para todas as regiões, nas tarifas azul e verde, apresenta a mesma tendência com a variação do tempo de bombeamento, sendo mais evidente na região Sudeste.

A tarifa convencional detém maior custo anual em todas as regiões, para qualquer tempo de bombeamento, apresentando uma diferença cada vez mais significativa em relação às outras tarifas à medida que se aumenta este tempo.

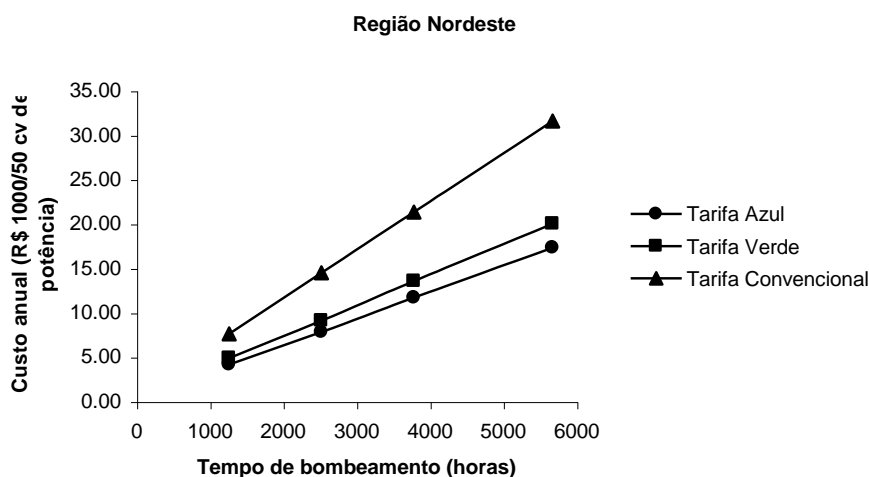
A tarifa verde apresenta-se como melhor opção para os irrigantes da região Sudeste que operam, com no máximo, 21 horas/dia de irrigação (horário fora de ponta). Para as outras

regiões, a tarifa azul mostra-se como uma opção mais atrativa, em qualquer tempo de bombeamento.

No caso dos motores diesel, o custo horário é de R\$ 21,25, bem superior a qualquer condição apresentada para o caso de motores elétricos. Entretanto, convém analisar que nem todas as regiões irrigáveis dispõem, nas proximidades, de rede elétrica, necessitando, portanto, considerar o custo proveniente da distância da rede elétrica até o local de bombeamento.



**Figura 1.** Variação do custo anual de energia elétrica em função do tempo de bombeamento e da tarifa empregada para a região Norte, com 21 horas de irrigação por dia



**Figura 2.** Idem Figura 1 para a região Nordeste

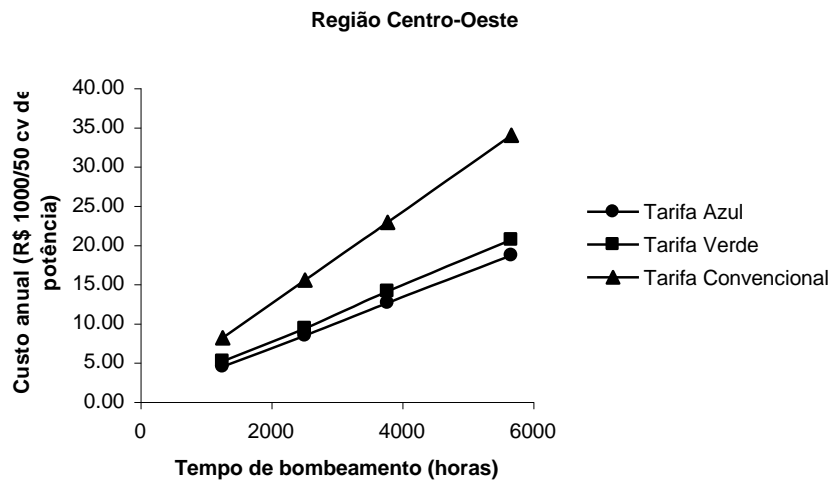


Figura 3. Idem Figura 1 para a região Centro-Oeste

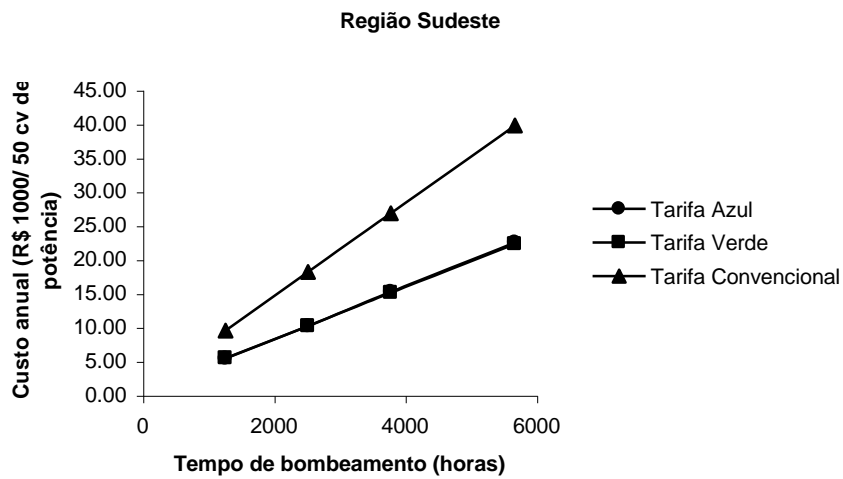


Figura 4. Idem Figura 1 para a região Sudeste

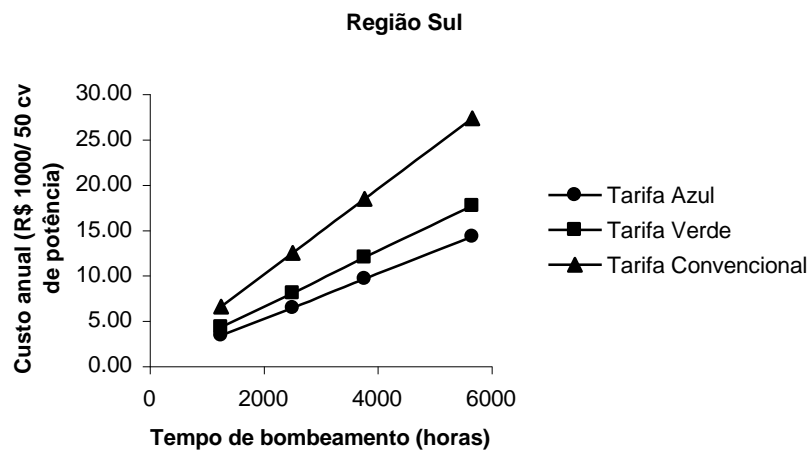


Figura 5. Idem Figura 1 para a região Sul

Na Tabela 5 encontra-se o comprimento da linha de transmissão, em Km, que viabiliza o uso do motor diesel em relação ao motor elétrico para a rede elétrica 75 KVA trifásica.

**Tabela 5.** Extensão da rede elétrica (75 KVA Trifásico), em Km, para as regiões do Brasil, com 2, 4, 6 e 9 meses de irrigação (21 h/dia) nas tarifas Azul, Verde e Convencional, que viabiliza o uso do motor diesel

Regiões	Tempo de Irrigação Anual (horas - mês)	Tarifas		
		Azul	Verde	Convencional
Norte	1260 – 2	1,92	1,85	1,68
	2520 – 4	3,84	3,73	3,31
	3780 – 6	5,75	5,58	4,95
	5670 – 9	8,63	8,39	7,40
Nordeste	1260 – 2	1,87	1,79	1,52
	2520 – 4	3,74	3,61	3,07
	3780 – 6	5,60	5,41	4,63
	5670 – 9	8,40	8,13	6,97
Centro-Oeste	1260 – 2	1,84	1,77	1,47
	2520 – 4	3,69	3,59	2,97
	3780 – 6	5,51	5,36	4,78
	5670 – 9	8,27	8,07	6,73
Sudeste	1260 – 2	1,74	1,73	<b>1,32</b>
	2520 – 4	3,51	3,51	2,70
	3780 – 6	5,24	5,25	4,08
	5670 – 9	7,88	7,90	6,14
Sul	1260 – 2	1,95	1,86	1,63
	2520 – 4	3,89	3,73	3,28
	3780 – 6	5,81	5,58	4,28
	5670 – 9	<b>8,71</b>	8,37	7,40

A viabilidade de utilização dos motores diesel em relação ao acionamento de motores elétricos foi encontrada a partir de distâncias da rede de transmissão elétrica de 1,32 a 8,71 km.

A condição que mais favorece o uso do motor diesel na irrigação é na região Sudeste, operando 2 meses/ano na tarifa convencional, com a rede elétrica de 75 KVA trifásico. Por outro lado, a condição que menos estimula a adoção do motor diesel nas áreas irrigadas é na região Sul, operando 9 meses/ano na tarifa azul.

Cabe aqui salientar que, em áreas rurais, o uso de linhas de transmissão monofásica são mais utilizadas por terem um custo inferior de instalação, em detrimento da rede trifásica. Outro aspecto é que algumas concessionárias só autorizam, para algumas áreas de sua atuação, a ligação de motores de 10 cv, sem especificar o número de motores acoplados à rede permitidos. Para pequenos projetos de irrigação esta potência é suficiente, entretanto, para o atendimento de áreas maiores e com equipamentos de maior porte, faz-se necessário a existência da rede trifásica.



## 6 CONCLUSÕES

1. A região Sudeste (SE) apresenta um custo horário, de energia elétrica, superior às regiões Centro-Oeste (CO) e Nordeste (NE) em qualquer tarifa adotada, em qualquer tempo de bombeamento;
2. Irrigando no horário de ponta (passando de 21 para 24 horas/dia), o custo horário de energia elétrica terá um aumento, em média, para as regiões do Brasil, de 67, 102 e 18% para as tarifas azul, verde e convencional, respectivamente;
3. A região Sudeste tem como melhor opção a tarifa verde quando se opera, com no máximo, 21 horas/dia de irrigação (horário fora de ponta). Para as outras regiões, a tarifa azul mostra-se como uma opção mais atrativa, em qualquer tempo de bombeamento, e;
4. O uso de motores diesel em irrigação é viável em condições de distâncias da rede de transmissão elétrica que pode variar de 1,32 a 8,71 km, sendo a primeira a condição mais favorável e existente na região Sudeste, com a operação de 2 meses/ano na tarifa convencional e rede elétrica de 75KVA trifásico.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JÚNIOR, J. et al. Quanto custa a energia elétrica na irrigação. Agriannual, 2004. FNP Consultoria & Agroinformativos.

BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Portaria n. 105 de 03 de abril de 1992. **Diário Oficial**, 06 abr. 1992, seção 1, p. 4321.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução n. 207 de 19 de julho de 2000. **Diário Oficial**, 18 abr. 2002, seção 1, p. 107, v. 139, n. 74.

CENTRAIS ELÉTRICAS DO PÁRA. Resolução 192/2004. Disponível em: <<http://www.redecelpa.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS. Resolução 219/2003. Disponível em: <<http://www.ceal.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE GOIÁS. Resolução 02/2004. Disponível em: <<http://www.celg.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Resolução 83/2004. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução 242/2004. Disponível em: <<http://www.cee.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

CARVALHO, D. F. **Instalações elevatórias**. Bombas. 5.ed. Belo Horizonte: UFMG, 1992. 352 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.

MELO, J. F. **Custos de irrigação por aspersão em Minas Gerais**. 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, J. L. M. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

ZOCOLER, J. L. **Análise econômica de sistema de irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703 p. (Série Engenharia Agrícola, 2)