

ARTIGO TÉCNICO**CUSTO DO BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO NO BRASIL**

**Pauletti Karlien Rocha
Edilaine Regina Pereira
Rubens Duarte Coelho**

*Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP - Av. Pádua Dias, 11 - CP. 09 – Cep. 13418-900 – Piracicaba/SP,
Depto de Engenharia Rural.*

*E-mail: pkrocha@carpa.ciagri.usp.br; E-mail: edilaine_pereira@hotmail.com;
E-mail: rdcoelho@carpa.ciagri.usp.br*

1 RESUMO

A irrigação é uma técnica que utiliza de forma intensiva os recursos hídricos e energéticos no meio rural, sendo que as tarifas de energia elétrica e dos combustíveis vêm despertando preocupação nos produtores irrigantes, pois passou a influenciar no custo de produção das lavouras irrigadas. O presente trabalho teve como objetivos obter 1) valores do metro cúbico aduzido de água em reais (Nov.2000), para diferentes desníveis topográficos (20, 40, 80 e 120 m) e diferentes comprimentos de tubulações de recalque (100, 500, 1000 e 3000 m) em oito cidades de diferentes regiões do Brasil (Barreiras - BA, Petrolina - PE, Matão - SP, Patos de Minas - MG, Campina Grande - PB, Catalão - GO, Três Lagoas - MS e Sobral - CE), para motores elétrico e diesel, 2) apresentar o custo total anual do bombeamento de água nas diferentes regiões analisadas. Dos resultados obtidos concluiu-se existir diferenças nos valores de custo de adução do metro cúbico de água nas diferentes regiões quando mantidos os mesmos parâmetros de desnível e comprimento da tubulação de recalque. As diferenças tornaram-se mais evidentes quando se analisa o custo total anual de bombeamento para motores elétrico e diesel, quando os parâmetros desnível topográfico e comprimento da tubulação de recalque alcançam os extremos máximos estudados.

UNITERMOS: adutora; custo de bombeamento; irrigação.

ROCHA, P.K, PEREIRA, E.R., COELHO,R.D. WATER PUMPING COST TO IRRIGATION IN BRAZIL

2 ABSTRACT

Irrigation is considered a technique that uses intensively energy and the hydrological resources in rural areas, since the electrical energy and fuel fares have concerned the irrigators and have influenced the production prices of irrigated areas. The objectives of this study were: 1) to determine the price of the cubic meter of water in reais (Nov. 2000) considering different topographic levels (20, 40, 80 and 120 m) and pressure line lengths (100, 500, 1000 and 3000 m) in eight regions of Brazil (Barreiras - BA, Petrolina - PE, Matão - SP, Patos de Minas - MG, Campina Grande - PB, Catalão - GO, Três Lagoas - MS e Sobral - CE), to electrical and diesel engines; 2) to present the total annual cost of water pumping to the analysed regions. The results showed that there were differences in the cost of water adduction in the analysed regions when the parameters of topographic level and pressure line length were maintained the same. The differences became more evident analysing the total annual cost of water pumping to electrical and diesel engines, when the topographic level and pressure line length reached the maximum studied extremes.

KEYWORDS: water pumping cost; irrigation, pipeline.

3 INTRODUÇÃO

Segundo Azevedo (1983), a agricultura irrigada exige alto investimento em obras e aquisição de equipamentos para captação, transporte, controle e distribuição da água, além de gastos com energia e mão-de-obra para operação do sistema, que representam importantes custos adicionais na produção. Atualmente, os custos das tarifas de energia elétrica e dos combustíveis vêm despertando preocupação nos produtores irrigantes, pois passaram a influenciar no custo de produção de lavouras irrigadas.

Segundo Knutson et al. (1978), a maior parte da energia utilizada em irrigação na Califórnia tem por finalidade trazer água até a área irrigada, quer retirando-a dos aquíferos subterrâneos (43%), quer de recursos superficiais, como reservatórios e rios (41%). Os restantes 16% são utilizados para pressurizar os sistemas de distribuição de água na área irrigada.

Os custos de um sistema de recalque são influenciados por muitos parâmetros que, de um modo geral, podem ser divididos em duas categorias: qualitativos e quantitativos. Os parâmetros qualitativos estão relacionados à qualidade e ao tipo dos equipamentos, ou seja, pode-se optar por equipamentos dotados de melhor qualidade e assistência técnica oferecida pelo fabricante, fonte de energia (elétrica ou diesel) e nível de automação e proteção do sistema. Os qualitativos estão relacionados às seguintes variáveis: a) porte do sistema: vazão, diâmetro, comprimento e pressão necessária no final da adutora, desnível topográfico, potência da bomba hidráulica, e b) características da estação de bombeamento: motor para seu acionamento, tempo de funcionamento do motor, horário e época de operação no ano, custo do combustível e das tarifas de energia elétrica, porte das obras de construção civil, comprimento do ramal elétrico, potência da chave de partida e do transformador (Zocoler, 1998).

Melo (1993) comenta que os custos de implantação correspondem aos investimentos na aquisição e implantação do sistema de irrigação e são relevantes na seleção de sistemas de aspersão, pois são relativamente elevados e refletem diretamente nos custos operacionais do sistema. Os custos fixos são os que ocorrem independentemente do número de horas anual de operação e incluem, principalmente, a depreciação dos componentes do sistema e a remuneração de capital nele investido. Dentre os custos fixos destacam-se: custo da elaboração do projeto, preço de aquisição do equipamento de irrigação, custo de transporte do equipamento, custo de abertura e fechamento de valetas, entre outros. Os custos variáveis (operação e manutenção, principalmente) abrangem os dispêndios com energia, lubrificantes, mão-de-obra, infra-estrutura e reparos dos equipamentos utilizados na operação do sistema de irrigação e energia, sendo esta, não raro, o principal item do custo variável.

Numa análise econômica de projetos objetiva-se principalmente a minimização de custos variáveis. Para tal fim, parâmetros como preço de aquisição do sistema, taxa de juros/custo de oportunidade, custo da água, custo de energia e vida útil do sistema são muito importantes. O custo fixo nada mais é do que os juros sobre o capital remanescente acrescido da depreciação (fator que depende da vida útil), de forma que a medida que aumenta a vida útil do sistema, diminui-se o valor do custo fixo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção do metro cúbico aduzido de água utilizou-se o programa Adutora versão 2.0 (Zocoler, 1998), que permite o dimensionamento de um sistema de adução, bem como a seleção do diâmetro da tubulação de recalque que proporcione a minimização do custo anual total. Permite ainda a comparação entre sistemas com bomba hidráulica acionada por motor à combustão (diesel) e por motor elétrico sob as diversas modalidades de tarifação da energia, considerando-se o desconto especial noturno concedido aos agricultores irrigantes.

O programa pressupõe que a tubulação de recalque está posicionada sempre abaixo da linha piezométrica efetiva, ou seja, as condições topográficas não propiciem o "cruzamento" de ambas. E ainda considera a existência de somente uma tubulação de sucção para cada bomba hidráulica e uma ou mais tubulações parciais de recalque (uma para cada bomba hidráulica). Cada tubulação de sucção possui os seguintes acessórios: 1 válvula de pé, 1 luva de redução excêntrica e 1 acessório (livre opção). A tubulação de recalque possui os seguintes acessórios: 1 luva de ampliação concêntrica, 1 válvula de retenção e 1 registro de gaveta. O programa não considera a resistência dos tubos e acessórios à pressão hidráulica, ou seja, se em qualquer ponto da tubulação de recalque a carga de pressão for superior à carga máxima recomendada pelo fabricante destes equipamentos, o programa fará da mesma forma as estimativas de seus parâmetros de saída (Zocoler, 1998).

Os cálculos para a obtenção do custo do metro cúbico aduzido de água foram realizados para oito cidades representativas de áreas irrigadas no Brasil, entre elas: Barreiras - BA, Petrolina - PE, Matão - SP, Patos de Minas - MG, Campina Grande - PB, Catalão - GO, Três Lagoas - MS e Sobral - CE.

Para esses cálculos alguns parâmetros contidos no programa (Tabela 1) sofreram variações (desnível entre a captação e o final da adutora, comprimento da tubulação de recalque, comprimento da vala de assentamento da tubulação de recalque e taxas de juros) e outros permaneceram fixos (vazão, carga piezométrica, comprimento da tubulação de sucção, área da estrutura da casa de bombas, preço médio da construção civil, largura, profundidade e preço médio da abertura e fechamento da vala de assentamento da tubulação de recalque, período de amortização do sistema, valor do sistema após o período de amortização do custo do sistema novo e dados dos componentes elétricos).

O material utilizado na tubulação do sistema foi o aço zincado.

O custo financeiro da equação 1 corresponde à taxa de juros a longo prazo (TJLP). O *spread* básico (SB) é dividido em: a) nível padrão (2,5% ao ano), e b) nível especial (1,0% ao ano), aplicado nos programas regionais do BNDES - PAI (Programa Amazônia Integrada - abrange estados da Região Norte, exceto a Zona Franca de Manaus), PNC (Programa Nordeste Competitivo - SUDENE), Programa Reconversul (abrange municípios da Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul), Programa de Fruticultura para a Região Norte-Noroeste Fluminense e empreendimentos localizados na Região Centro-Oeste e Distrito Federal. O *spread* do agente (AS) é negociado entre a instituição financeira credenciada e o cliente (2,5% ao ano). As taxas de juros aplicadas foram de 13,25% ao ano (9,75 + 1,0 + 2,5), e de 14,75% ao ano (9,75 + 2,5 + 2,5), de acordo com o *spread* básico vigente em cada região.

Foram atualizados os preços de acessórios e tubulações usados no Programa Adutora 2.0 e as tarifas de energia elétrica (Tabela 2), para a modalidade horo-sazonal verde sem desconto por região (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000).

Tabela 1. Parâmetros de entrada no programa Adutora 2.0.

Dados dos componentes hidráulicos:	
Vazão do sistema (m ³ /h)	400,0
Desnível entre a captação e o final da adutora (m)	20, 40, 80 e 120
Carga piezométrica no final da adutora (m)	0,0
Comprimento na tubulação de sucção (m)	12,0
Comprimento na tubulação de recalque (m)	100, 500, 1000 e 3000
Dados das obras de construção civil:	
Área da estrutura e anexo da casa de bombas (m ²)	20,0
Preço médio da construção civil rústica (\$/m ²)	150,0
Largura da vala de assentamento da tubulação de recalque (m)	1,0
Profundidade da vala de assentamento da tubulação de recalque (m)	1,2
Preço médio da abertura e fechamento da vala (\$/m ³)	3,7
Dados dos componentes elétricos:	
Comprimento da linha de alta tensão (m)	1800,0
Preço médio da linha de alta tensão (\$/km)	7600,0
Data de levantamento de preços/Concessionária	1996/CPFL
Dados econômicos:	
Período de amortização do sistema (anos)	10,0
Taxa de juros anual (%)	
Região N,NE,CO e parte da região SE	13,25
Demais regiões	14,75
Valor do sistema após o período de amortização do custo do sistema novo (%)	15,0
Preço médio do óleo diesel em Piracicaba - SP (Dez/2000) (R\$)	1,0
Preço médio do dólar em 20/12/00	2,1

As taxas de juros foram determinadas com base na equação 1 do Finame Agrícola (2001):

$$\text{Taxa de juros} = \text{Custo Financeiro} + \text{Spread Básico} + \text{Spread do Agente} \quad (1)$$

Tabela 2. Tarifas de demanda e consumo da ANEEL, aplicadas aos consumidores do subgrupo A4 e B2 na modalidade horo-sazonal verde.

Período	Horário	Consumo (R\$/MWH)	Demanda (R\$/kW)
Úmido	Ponta	457,95	5,23
	Fora de ponta	43,23	5,23
Seco	Ponta	465,56	5,23
	Fora de ponta	48,91	5,23

A estrutura tarifária de energia elétrica está dividida em horo-sazonal e convencional, no que diz respeito aos componentes de energia e demanda, bem como a relatividade de preços nos diversos postos horários. As tarifas horo-sazonais, por sua vez, estão divididas em *azul e verde*, tais tarifas têm preços diferenciados em relação as horas do dia (ponta e fora de ponta) e aos períodos do ano (úmido e seco). A tarifa azul é destinada a consumidores que têm um alto fator de potência, com utilização constante de energia (impossibilidade de sair da ponta) e está disponível a todos os consumidores ligados em alta tensão, sendo obrigatória a aplicação a todos os consumidores ligados aos demais níveis. A tarifa verde é destinada aos consumidores com fator de potência baixo, principalmente com capacidade de modulação no horário de ponta do sistema e é opcional aos consumidores ligados nas tensões A-3a (30 a 44 kV), A-4 (2,3 a 13,8 kV) e A.S (2,3 a 13,8 kV – subterrâneo).

Essa diferenciação de preços das tarifas horo-sazonais visa reduzir os custos de fornecimento da energia aos consumidores mais organizados em sua utilização. Essa redução poderá ser obtida evitando-se o horário de ponta e deslocando-se o consumo para o período “úmido” do ano, onde as tarifas apresentam menores valores. O horário de ponta compreende três horas consecutivas entre 17 e 22h de segunda a sexta-feira, enquanto o horário fora de ponta corresponde ao número de horas complementares às de ponta, acrescidas à totalidade das horas dos sábados e domingos. O período seco é definido por sete meses consecutivos de maio a novembro (214 dias), enquanto o período úmido é definido por cinco meses consecutivos de dezembro a abril (151 dias).

Foi considerado a tarifação verde sem utilizar os descontos de fornecimento exclusivo para irrigação por regiões.

No modelo desenvolvido por Zocoler (1998), o custo anual total do sistema pode ser obtido por:

$$\text{CATS} = + \text{CVAS} = \text{CFAS} + \text{CABO} + \text{CAMR} \quad (2)$$

onde: CATS – custo anual total do sistema (\$);
 CFAS – custo fixo anual do sistema (\$);
 CVAS – custo variável anual do sistema (\$);
 CABO – custo anual de bombeamento (\$);
 CAMR – custo anual com manutenção e reparos (\$).

Para a determinação do período de irrigação foram obtidos balanços hídricos de cada cidade fornecidos pelo programa Bhnorm desenvolvido por Rolim et al., (1998). Esse programa apresenta duas planilhas do Excel para o cálculo do balanço hídrico normal, sendo uma mensal e outra decendial; apresentando gráficos (Figura 1) de balanço hídrico com evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR) e precipitação (P); extrato de balanço hídrico com deficiência e excedente hídrico; e armazenamento e capacidade de água disponível, variando no tempo.

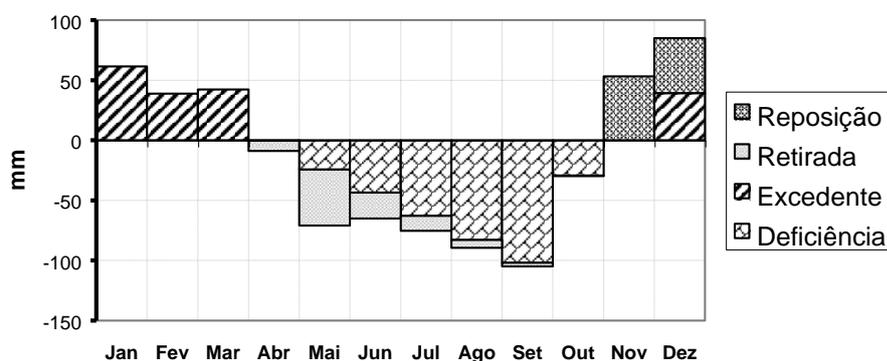


Figura 1. Balanço hídrico obtido pelo programa Bhnorm, para a cidade de Barreiras – BA.

O método de Thornthwaite & Mather (1955) considera que a variação do armazenamento (ARM) de água do solo é uma função exponencial que envolve a capacidade de água disponível (CAD) e a perda de água acumulada.

A capacidade de água disponível (CAD) é uma função da profundidade de exploração efetiva das raízes e das características físicas do solo, sendo que o programa Bhnorm, considerou seu valor fixo para as diferentes cidades. A estimativa da ETP é feita pelo procedimento proposto por Thornthwaite (1948), necessitando apenas dos dados de temperatura média do ar dos períodos e da latitude local.

Para a obtenção do balanço hídrico de cada localidade, procedeu-se à entrada dos dados de precipitação mensal, temperatura média mensal, latitude e longitude. Desse modo, foram obtidos dados que possibilitaram a estimativa do número de dias a serem irrigados em cada localidade, pela observação das deficiências hídricas (Tabela 3).

Os parâmetros obtidos para cada região foram inseridos no programa Adutora 2.0, chegando-se ao custo anual total, o qual foi dividido pela vazão utilizada no sistema para a determinação do custo do metro cúbico aduzido de água.

Tabela 3. Valores dos dias irrigados obtidos através do balanço hídrico de cada região utilizando-se o programa Bhnorm.

Região	Total de dias irrigados	Total anual de horas irrigadas
Catalão – GO	183	3843
Três Lagoas – MS	183	3843
Petrolina – PE	334	7014
Sobral – CE	273	5733
Matão – SP	183	3843
Barreiras – BA	214	4494
Patos de Minas – MG	183	3843
Campina Grande - PB	326	6846

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos de custo do metro cúbico aduzido, levando-se em consideração o desnível e comprimento de recalque, construíram-se gráficos onde pode-se visualizar os valores do metro cúbico aduzido de água em ambos os sistemas para todas as regiões.

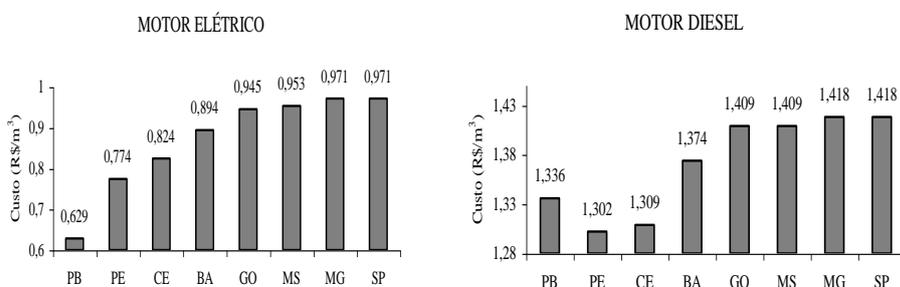


Figura 2. Média dos valores do custo do metro cúbico aduzido para motores elétricos e diesel, para todas as regiões e condições topográficas estudadas.

Na Figura 2 são apresentados os valores médios do custo do metro cúbico aduzido de água para todas as regiões e condições topográficas estudadas nesse trabalho.

Esses valores para o sistema elétrico mostraram-se próximos em todas as regiões, exceto em Campina Grande - PB, onde a época de menor precipitação ocorre justamente nos meses em que a tarifação de energia elétrica é mais barata, reduzindo assim os custos de adução para irrigação. Já para o motor à diesel as localidades que apresentaram os menores custos foram Petrolina - PE e Sobral - CE.

As regiões de Três Lagoas – MS apresentaram valores semelhantes de custo do metro cúbico tanto para motor diesel como para elétrico, por apresentarem o mesmo número de dias irrigados, o mesmo acontecendo para as regiões de Patos de Minas – MG e Matão – SP.

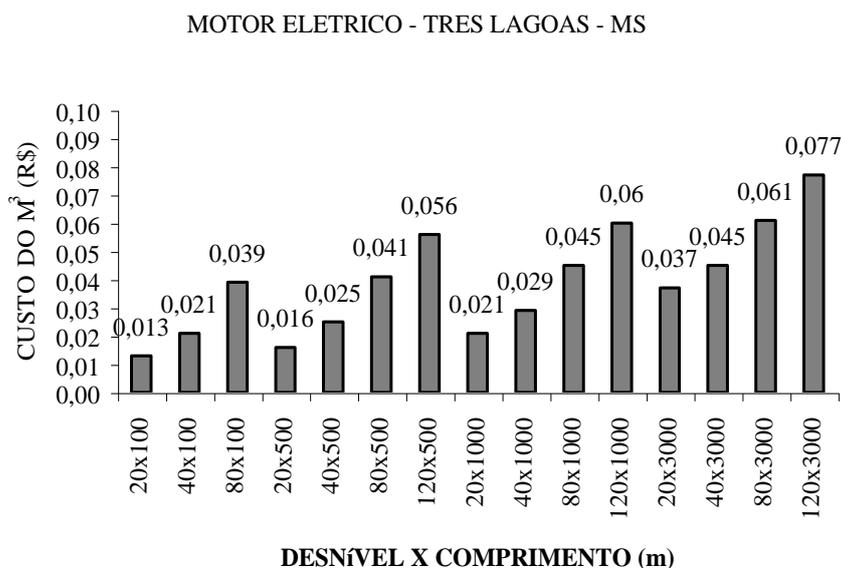


Figura 3a. Valores de adução de água para a região de Três Lagoas (MS), considerando-se diferentes desníveis e comprimentos de linha, e utilizando-se motor elétrico.

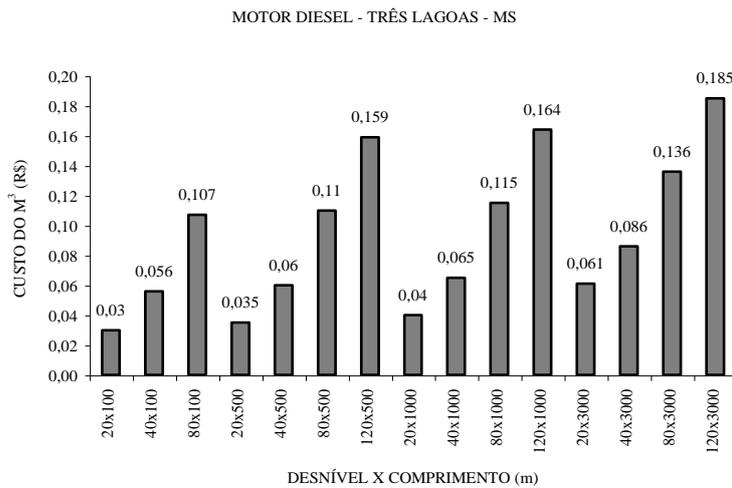


Figura 3b. Valores de adução de água para a região de Três Lagoas (MS), considerando-se diferentes desníveis e comprimentos de linha, e utilizando-se motor diesel.

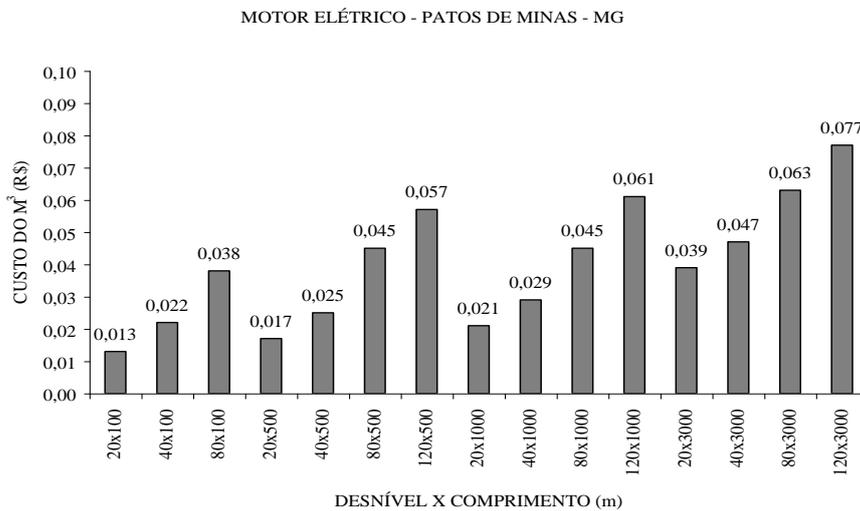


Figura 4a. Valores de adução de água para a região de Patos de Minas (MG), considerando-se diferentes desníveis e comprimentos de linha, e utilizando-se motor elétrico.

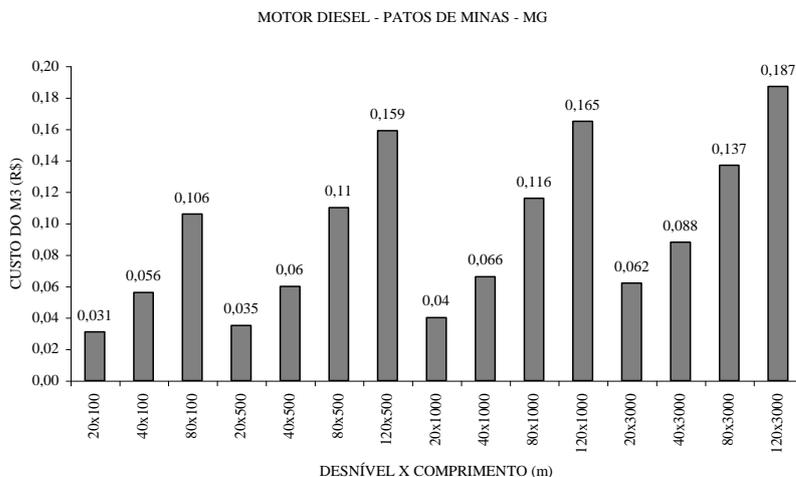


Figura 4b. Valores de adução de água para a região de Patos de Minas (MG), considerando-se diferentes desníveis e comprimentos de linha, e utilizando-se motor diesel.

A cidade de Petrolina – PE apresentou maior valor de custo do metro cúbico aduzido para ambos os sistemas, por possuir maior número de dias irrigados no ano, conforme pode-se observar nas Figuras 5a e 5b (334 dias).

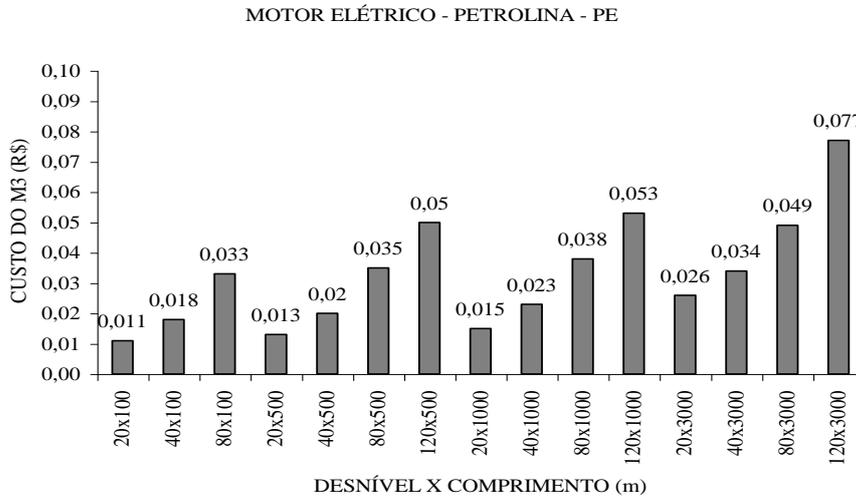


Figura 5a. Valores de adução de água para a região de Petrolina - PE, considerando-se diferentes desníveis e comprimentos de linha, e utilizando-se motor elétrico .

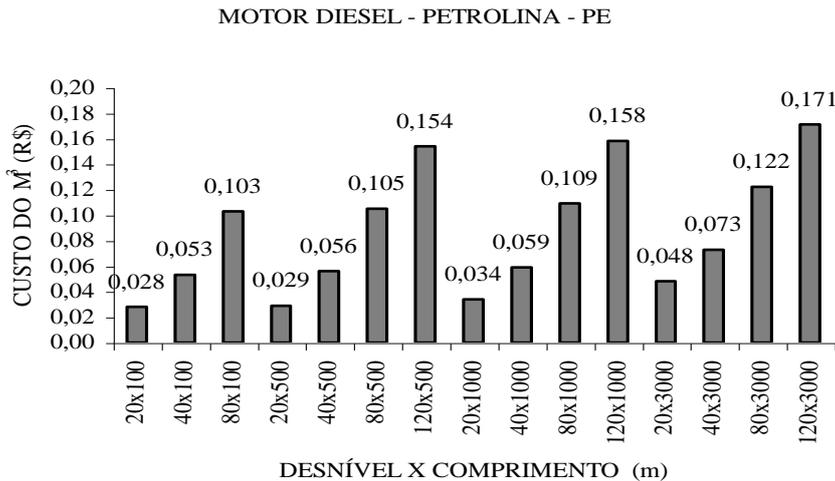


Figura 5b. Valores de adução de água para a região de Petrolina - PE, considerando-se diferentes desníveis e comprimentos de linha, e utilizando-se motor diesel .

Analisando-se as regiões separadamente (Figuras 3a e 5 b) e comparando-as entre si, pode-se observar que a região que apresenta maior valor de custo do metro cúbico aduzido com motor diesel, para todos os desníveis e comprimento da tubulação de recalque, é a região de Patos de Minas – MG com valor de 0,187 reais para um desnível de 120m e comprimento da tubulação de recalque de 3000 m.

Pode-se observar a ocorrência de variações no custo conforme a variação do desnível e do comprimento da tubulação de recalque, porém, a variação do desnível influenciou muito mais no custo total do metro cúbico aduzido do que o comprimento da tubulação de recalque.

As diferenças de custo de adução entre regiões, tornam-se mais evidentes quando se analisa o custo total anual de bombeamento, que considera o número total de dias de irrigação no ano (Tabela 4).

Quando se comparou custo fixo e variável para ambos os motores, através de uma média dos valores obtidos para todas as situações de recalque estudadas, observou-se que o motor diesel apresentou maiores custos.

A região de Pernambuco foi a que apresentou os maiores valores de custo fixo e variável, enquanto Goiás e Mato Grosso do Sul apresentaram os menores (Tabela 4).

Como observado na figura 6 , as maiores variações de custo entre regiões se deu para o custo variável em ambos os sistemas de acionamento.

Tabela 4. Média dos valores de custos anuais fixo (R\$) e variável (R\$) para ambos os motores, considerando-se todos os desníveis e comprimentos de recalque, para um volume bombeado de 8400 m³/dia.

Região	N. de dias irrigados/ano	Motor Elétrico		Motor Diesel	
		C. fixo	C. variável	C. fixo	C. variável
PB	326	21381,66	49960,50	24082,47	219279,36
PE	334	22066,77	68316,95	24082,47	219689,02
CE	273	21740,84	56427,89	23033,40	177372,00
BA	214	21193,56	45289,32	22769,17	142018,14
GO	183	21043,31	39015,24	22465,31	121851,82
MS	183	21043,31	39015,24	22465,31	121851,82
MG	183	21900,41	39111,28	23355,41	121996,49
SP	183	21900,41	39111,28	23355,41	121996,49

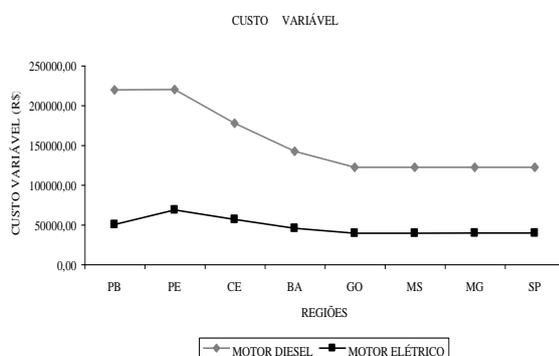
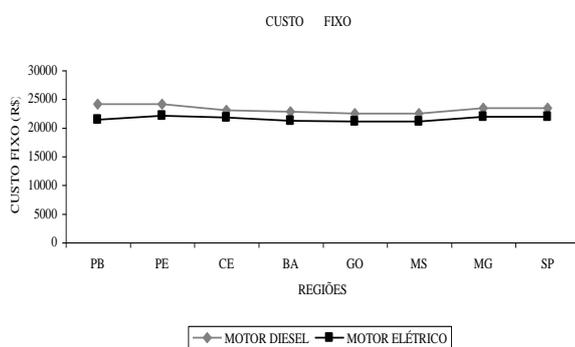


Figura 6. Média dos valores de custo variável e fixo para todas as regiões, considerando-se motores elétrico e diesel.

Recomenda-se que para acionamento a motores diesel, uma análise de sensibilidade com relação ao comprimento da linha de energia seja efetuado em cada situação particular, uma vez que os resultados aqui apresentados referem-se ao comprimento fixado de 1800m.

6 CONCLUSÕES

Mantendo os mesmos parâmetros de desnível e comprimento da tubulação de recalque o motor a diesel foi o que apresentou maiores valores médios do custo do metro cúbico aduzido para um comprimento de instalação da rede de energia de 1800m.

Os valores médios do custo do metro cúbico aduzido de água, para o sistema elétrico mostraram-se próximos em todas as regiões, exceto em Campina Grande - PB, onde a época de menor precipitação ocorre justamente nos meses em que

a tarifação de energia elétrica é mais barata, reduzindo assim os custos de adução para irrigação. Já para o motor à diesel as localidades que apresentaram os menores custos foram Petrolina - PE e Sobral - CE.

As variações regionais da taxa de juros influenciaram pouco o custo final do metro cúbico aduzido nas diferentes localidades estudadas.

As principais variações de custo do metro cúbico aduzido ocorreram quando foram variados o desnível e o comprimento da linha de recalque, sendo que o desnível teve uma influência muito maior no custo do que o comprimento de recalque, tanto no sistema diesel como no sistema elétrico.

O metro cúbico de água aduzido pelo sistema diesel é em torno de 37 a 42 % mais caro que o sistema elétrico para o comprimento de rede fixado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução no. 239 de 21 de junho de 2000*. Disponível em: <http://www.aneel.com.br> acesso em 10 out. 2000.
- AZEVEDO, J.A. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado. *Circ. Tec CPAC/EMBRAPA*, n.16, p.1-53, 1983.
- 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. *Eng. Rural*. Piracicaba, v.5, n.1, p.34-9, 1994.
- KNUTSON, G.D., et al. 1978. Pumping Energy Requirements for Irrigation in California. **Special Publication 3215, Div. Agri. Sci.**, University of California, 54p.
- MELO, J.F. de. *Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais*. Viçosa, 1993. 147p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C. BARBIERI, V. Planilhas no ambiente ExcelTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-7, 1998.
- SCALOPPI, E.P. (1985) Exigências de energia para irrigação. **ITEM – Irrigação e tecnologia moderna**. Ed. 21. p.13-17
- THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, London, n. 38, p. 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, R.J. **The water Balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. v.8, 104p. (Publication in Climatology).
- ZOCOLER, J.L. **Modelo para dimensionamento econômico de sistemas de recalque em projetos hidroagrícolas**. Piracicaba, 1998. 107p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.