



ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PARA APLICAÇÃO DE UMA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA ELÉTRICA E DIESEL

Arionaldo de Sá Júnior¹ & Jacinto de Assunção Carvalho²

RESUMO: Objetivou-se com a realização deste trabalho, estimar o custo com energia elétrica e à diesel para aplicação de 1 milímetro de lâmina de irrigação em uma área de 1 hectare. O grupo tarifário considerado foi o “B” para baixa tensão e subgrupo “B2 - Rural”. Os valores tarifários aplicados foram obtidos na Companhia energética de Minas Gerais – CEMIG. O valor adotado para o diesel foi respectivo à média observada na região sul de Minas Gerais no segundo semestre de 2012. Para efeito de cálculos, os rendimentos globais do conjunto motobomba e alturas manométricas totais adotadas foram, respectivamente; 60%, 65%, 70%, 75% e 10, 25, 75, 100, 125, 150, 175 e 200 m.c.a. Para o cálculo do custo total com a aplicação da lâmina de 1mm ha⁻¹ foi considerado que o custo com a energia na atividade de irrigação representa 65% e 75% para elétrica e diesel, respectivamente. Os resultados obtidos mostram um crescimento linear dos custos com energia com o aumento da altura manométrica total. A utilização de sistemas motobomba mais eficientes reduz o custo com energia elétrica na ordem de 7% a 20% e diesel entre 4% a 16%, para as situações propostas. Em todos os casos a energia elétrica é mais favorável com relação ao custo.

Palavras-chave: Lâmina de irrigação, Motobomba, Tarifa, Grupo tarifário.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COST OF AN IRRIGATION DEPTH USING ELECTRIC ENERGY AND DIESEL

ABSTRACT: The aim of this study was to estimate the cost of electricity and diesel use for application of 1 mm water depth in an area of 1 hectare. The tariff group considered was "B" for low voltage and subgroup "B2 - Rural". The applied tariff rates were obtained from the energy company of Minas Gerais - CEMIG. The value adopted for a liter of diesel fuel was the average observed in the southern region of Minas Gerais in the second semester of 2012. To do the calculation, the overall yields adopted for the whole pump and manometer total elevation were, respectively, 60%, 65%, 70%, 75% and 10, 25, 75, 100, 125, 150, 175, 200 meters of water column. To calculate the total cost of 1mm ha⁻¹ application, it was considered that the cost of energy on irrigation activity represents 65% and 75% for electricity and diesel, respectively. The results showed a linear increase of energy costs by increasing the manometer total elevation. The use of more efficient pump systems reduces the cost of electric power in the range of 7% to 20% and of diesel by 4% to 16% considering the proposed situations. In all cases, the electrical energy is more advantageous regarding the cost.

KEYWORDS: Depth irrigation, Motor-pump, Tariff, Tariff Group.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos tem impulsionado a expansão do setor da agricultura irrigada com o objetivo principal de obter a máxima produtividade por unidade de área e consecutivamente maior retorno econômico. Entretanto, associado ao aumento produtivo tem-se também maior consumo de insumos como água para o suprimento hídrico das culturas e energia para os sistemas de bombeamento, entre outros. O uso eficiente de tais insumos influenciará diretamente o custo de produção e o seu retorno econômico, implicando na necessidade de uma avaliação

criterosa no dimensionamento e operação dos sistemas de irrigação, pois quanto mais dispendiosos forem os custos dos insumos, mais eficientes deverão ser os sistemas adotados.

Dentre todos os custos de produção em sistemas agrícolas tecnificados, os custos com a operacionalização da irrigação são os que exercem maior influência sobre o valor final do produto, sendo o consumo energético destes sistemas a mais importante variável. Segundo estudos realizados por MELO (1993), dentro da composição percentual dos custos totais variáveis da irrigação, a energia representa a maior parcela e, dependendo do método, poderá chegar a 63% e 77% para elétrica e diesel, respectivamente. Para esse mesmo autor, o custo da energia consumida na irrigação depende do tipo de combustível do motor, da potência instalada e da eficiência do conjunto motobomba.

¹ Prof. Adjunto III, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho – MG, arionaldo.sa@ifsuldeminas.edu.br

² Prof. Associado IV, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras – MG, jacinto@deg.ufla.br

Os altos custos com energia elétrica e a tarifação pelo uso da água com o advento da Lei 9433/97, que determina a cobrança pelo uso da água em todo o país, tem despertado a atenção dos agricultores irrigantes proporcionando o uso mais consciente nas propriedades agrícolas. Segundo a CEMIG (1993), caso a irrigação fosse utilizada 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.

A quantidade de energia necessária para transportar a água desde a captação até a área a ser irrigada é muito variável em propriedades rurais o que implica em custos diferenciados para a aplicação de uma mesma lâmina de irrigação em áreas com situações topográficas distintas. Aliado a isto tem-se também o diâmetro da tubulação a potência e rendimento do sistema motobomba e a eficiência do sistema de irrigação adotado como elementos significativos nas despesas operacionais com a irrigação. Para BATISTA e COELHO (2003), todo o sistema de bombeamento deve ser projetado levando em conta critérios econômicos, uma vez que o diâmetro da tubulação, a potência do sistema de bombeamento e as despesas operacionais, estão inter-relacionados. Todavia, segundo MOREIRA et al. (2012), a grande distância de redes de distribuição de eletricidade faz com que esse bombeamento seja realizado com baixíssimo rendimento e alto consumo de energia, ou através de conjuntos motobomba à diesel, caros, barulhentos e poluentes.

A seleção dos motores para o acionamento de bombas em sistemas de irrigação deve considerar alguns aspectos de relevante importância, dentre estes estão; a potência necessária, disponibilidade e custo de energia, investimento inicial, dentre outros. Para CARVALHO et al. (2000), a conjugação da soma desses fatores em cada projeto define a opção a ser feita, a qual, via de regra, recai num dos dois seguintes tipos de motores: motores elétricos ou motores de combustão interna (dentre esses, o motor à diesel é o mais comum). Entretanto, para estes mesmos autores, motores elétricos oferecem uma série de vantagens em relação aos motores a diesel, tais como: vida mais longa, manutenção mais barata, maior segurança, etc.

Para LIMA et al. (2009), normalmente os usuários de sistemas de irrigação não têm informações sobre o rendimento energético do equipamento e, de forma geral, adquirem projetos desenvolvidos pelos próprios fornecedores que, objetivando reduzir os custos iniciais, aumentam a relação potência instalada por unidade de área do sistema de irrigação, acarretando em um consumo desnecessário ao longo de sua via útil.

Segundo estudos realizados por VESCOVE (2009), analisando economicamente a implantação de sistemas de irrigação em citros para o Estado de São Paulo verificaram que dentre as variáveis estudadas o preço de venda da fruta, o comprimento da rede elétrica, a vida útil do projeto de irrigação e a quantidade de horas irrigadas e o preço de aquisição dos equipamentos de irrigação são as variáveis que mais influenciaram no aumento de produtividade para viabilizar a implantação

da irrigação. Constataram ainda que o custo médio fixo e variável e total anual para sistemas irrigados com motores elétricos foram US\$ 292,91, US\$ 157,16 e US\$ 450,07, respectivamente.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, realizar uma análise para estimativa dos custos com energia elétrica e à diesel em sistemas irrigados para aplicação de 1 milímetro de lâmina em uma área de 1 hectare, considerando diferentes altura manométrica e rendimento global do sistema motobomba.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A análise de custos proposta neste trabalho considerou os seguintes aspectos; o grupo tarifário adotado foi o “B” para baixa tensão e subgrupo “B2 – Rural”, os valores tarifários aplicados foram obtidos na Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, homologado pela resolução homologatória Nº 960, de 6 de Abril de 2010, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que homologa as tarifas de fornecimento de energia elétrica e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD. O valor do kWh, vigente a partir de abril de 2010 até a novembro de 2012 foi de R\$0,22019 considerado sem incidência de imposto. Para o cálculo do custo final do consumo elétrico incluindo imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação – ICMS, foi utilizada a equação¹, de acordo com o Artigo 49 do Decreto 43.080 de 13 de Dezembro de 2002 do Governo do estado de Minas Gerais, para alíquota de 18%.

$$ICMS = \left[1 + \left(\frac{1800}{100 - 18} \right)_{\%} \right] Consumo \rightarrow (1 + 0,219512) Consumo \quad (1)$$

Em que:

Consumo – Refere-se ao consumo (kWh) multiplicado pela tarifa vigente sem incidência de imposto (R\$).

A adoção do grupo tarifário “B” se deu por considerar que nesse grupo a tarifação é estabelecida somente para o componente de consumo de energia, considerando que o custo da demanda de potência está incorporado ao custo do fornecimento de energia (ANEEL, 2005). Já no caso do e subgrupo “B2-Rural”, este foi considerado por enquadrar-se dentro do objetivo do presente estudo, pois segundo CARVALHO e OLIVEIRA (2008), os consumidores atendidos por esta classe tarifária podem requerer uma potência de transformadores variando entre 5kVA a 37,5kVA e 15kVA a 75kVA para redes monofásica e trifásica, respectivamente. Podendo ainda ser beneficiados por descontos na tarifa no caso de praticar irrigação no horário noturno. Entretanto, os aspectos relacionados aos horários não serão abordado neste estudo.

O valor adotado para o litro do óleo diesel filtrado foi respectivo ao valor médio praticado nos postos de combustíveis da região de Lavras, sul do estado de

Minas Gerais, referentes ao segundo semestre de 2012, compreendendo R\$1,97 L⁻¹

Em motores à diesel, a literatura recomenda, para cálculos diversos, que o consumo específico destes é de aproximadamente 0,22 litros por CV em 1 hora de trabalho. Entretanto, esse valor pode ser ajustado conforme a equação 2, proposta por CARVALHO e OLIVEIRA (2008);

$$CE = \left(0,0305411 + \frac{0,2444692}{Pot} \right)^{0,5} \quad (2)$$

Em que:

CE – Consumo específico de óleo diesel (L CV⁻¹ h⁻¹)

Pot - Potência do motor na melhor rotação (CV)

As alturas manométricas totais consideradas e rendimento global do sistema motobomba foram; 10, 25, 75, 100, 125, 150, 175, 200 m.c.a. e 60%, 65%, 70%, 75%, respectivamente. Para cada situação de altura manométrica foi realizado o cálculo com os diferentes % de rendimento global.

O volume distribuído por área total foi fixado em 10 m³ ha⁻¹ subtendendo-se que a lâmina aplicada corresponde a 1 mm em uma área de 10000 m².

A partir dos valores de altura manométrica, rendimento global do sistema e volume distribuído, pode-se calcular a Potência consumida (CV ha⁻¹) para aplicação de uma lâmina ou volume de água estudado, como apresentado nas equações 3.

$$Pc = \frac{Vol \cdot H}{270 \cdot \eta_{global}} \quad (3)$$

Em que:

Pc – Potência consumida (CV)

Vol – Volume aplicado (m³ ha⁻¹)

H – Altura manométrica total (m.c.a.)

η – Rendimento global do sistema motobomba (%)

Tabela 1 – Valores de Potência consumida, energia elétrica e a diesel para aplicação de uma lâmina irrigação de 1 mm ha⁻¹, considerando altura manométrica total e 60% rendimento global do sistema motobomba. (*) Valores com ICMS.

Hman (m.c.a.)	Potência Consumida		Custo com energia (R\$)		Custo Total (R\$)	
	Pc (CV)	Pc' (kW)	Diesel	Elétrica*	Diesel	Elétrica*
10	0,617	0,454	0,794	0,122	1,059	0,188
25	1,543	1,136	1,322	0,305	1,762	0,470
50	3,086	2,272	2,014	0,610	2,686	0,939
75	4,630	3,407	2,633	0,916	3,511	1,409
100	6,173	4,543	3,221	1,221	4,294	1,878
125	7,716	5,679	3,792	1,526	5,056	2,348
150	9,259	6,815	4,353	1,831	5,804	2,817
175	10,802	7,951	4,907	2,136	6,543	3,287
200	12,346	9,086	5,457	2,441	7,276	3,756

Os cálculos referentes ao custo para aplicação da lâmina estudada foram processados conforme equações 4 e 5 para elétrica e diesel, respectivamente.

$$C_{ee} = Pc \cdot 0,736 \cdot Tarifa \quad (4)$$

Em que:

C_{ee} – Custo com energia elétrica (R\$)

Tarifa – Valor correspondente ao grupo tarifário adotado

$$C_{ed} = CE \cdot Pc \cdot P_d \quad (5)$$

Em que:

C_{ed} – Custo com energia diesel (R\$)

P_d – Valor correspondente ao preço do litro do diesel

Para o cálculo da estimativa do custo total com a aplicação da lâmina de 1mm ha⁻¹ foi considerado que o gasto com a energia para a atividade da irrigação representa 65% e 75% para elétrica e diesel, respectivamente. Desta maneira, têm-se que;

$$C_{tee} = \frac{C_{ee}}{0,65} \quad (6)$$

$$C_{ted} = \frac{C_{ed}}{0,75} \quad (7)$$

Onde;

C_{tee} - Custo total utilizando energia elétrica para aplicação da lâmina de 1mm ha⁻¹ (R\$)

C_{ted} - Custo total utilizando diesel para aplicação da lâmina de 1mm ha⁻¹ (R\$)

Toda simulação para as diferentes situações propostas nesse estudo, assim como o processamento dos dados foram realizados através de programas computacionais e planilhas eletrônicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de energia consumida, energia elétrica e a diesel para aplicação de uma lâmina de 1 mm ha⁻¹ em função da altura manométrica total e rendimento global do sistema de irrigação, são apresentados nas tabelas 1 a 4. Os gráficos dos comportamentos dos custos totais entre as mesmas situações são mostrados na figura 1 de A a D.

Tabela 2 – Valores de potência consumida, energia elétrica e a diesel para aplicação de uma lâmina irrigação de 1 mm ha⁻¹, considerando altura manométrica total e 65% rendimento global do sistema motobomba. (*) Valores com ICMS.

Hman (m.c.a.)	Potência Consumida		Custo com energia (R\$)		Custo Total (R\$)	
	Pc (CV)	Pc' (kW)	Diesel	Elétrica*	Diesel	Elétrica*
10	0,570	0,419	0,761	0,113	1,015	0,173
25	1,425	1,048	1,262	0,282	1,682	0,433
50	2,849	2,097	1,914	0,563	2,553	0,867
75	4,274	3,145	2,494	0,845	3,325	1,300
100	5,698	4,194	3,042	1,127	4,056	1,734
125	7,123	5,242	3,574	1,409	4,765	2,167
150	8,547	6,291	4,095	1,690	5,460	2,600
175	9,972	7,339	4,609	1,972	6,146	3,034
200	11,396	8,387	5,119	2,254	6,825	3,467

Tabela 3 – Valores de potência consumida, energia elétrica e a diesel para aplicação de uma lâmina irrigação de 1 mm ha⁻¹, considerando altura manométrica total e 70% rendimento global do sistema motobomba. (*) Valores com ICMS.

Hman (m.c.a.)	Potência Consumida		Custo com energia (R\$)		Custo Total (R\$)	
	Pc (CV)	Pc' (kW)	Diesel	Elétrica*	Diesel	Elétrica*
10	0,529	0,389	0,732	0,105	0,975	0,161
25	1,323	0,974	1,209	0,262	1,612	0,402
50	2,646	1,947	1,827	0,523	2,437	0,805
75	3,968	2,921	2,373	0,785	3,164	1,207
100	5,291	3,894	2,888	1,046	3,850	1,610
125	6,614	4,868	3,385	1,308	4,514	2,012
150	7,937	5,841	3,872	1,570	5,163	2,415
175	9,259	6,815	4,353	1,831	5,804	2,817
200	10,582	7,788	4,828	2,093	6,438	3,220

Tabela 4 – Valores de potência consumida, energia elétrica e a diesel para aplicação de uma lâmina irrigação de 1 mm ha⁻¹, considerando altura manométrica total e 75% rendimento global do sistema motobomba. (*) Valores com ICMS.

Hman (m.c.a.)	Potência Consumida		Custo com energia (R\$)		Custo Total (R\$)	
	Pc (CV)	Pc' (kW)	Diesel	Elétrica*	Diesel	Elétrica*
10	0,494	0,363	0,705	0,098	0,940	0,150
25	1,235	0,909	1,163	0,244	1,550	0,376
50	2,469	1,817	1,751	0,488	2,334	0,751
75	3,704	2,726	2,267	0,732	3,023	1,127
100	4,938	3,635	2,752	0,977	3,670	1,502
125	6,173	4,543	3,221	1,221	4,294	1,878
150	7,407	5,452	3,679	1,465	4,905	2,254
175	8,642	6,360	4,129	1,709	5,506	2,629
200	9,877	7,269	4,575	1,953	6,100	3,005

A

B

C

D

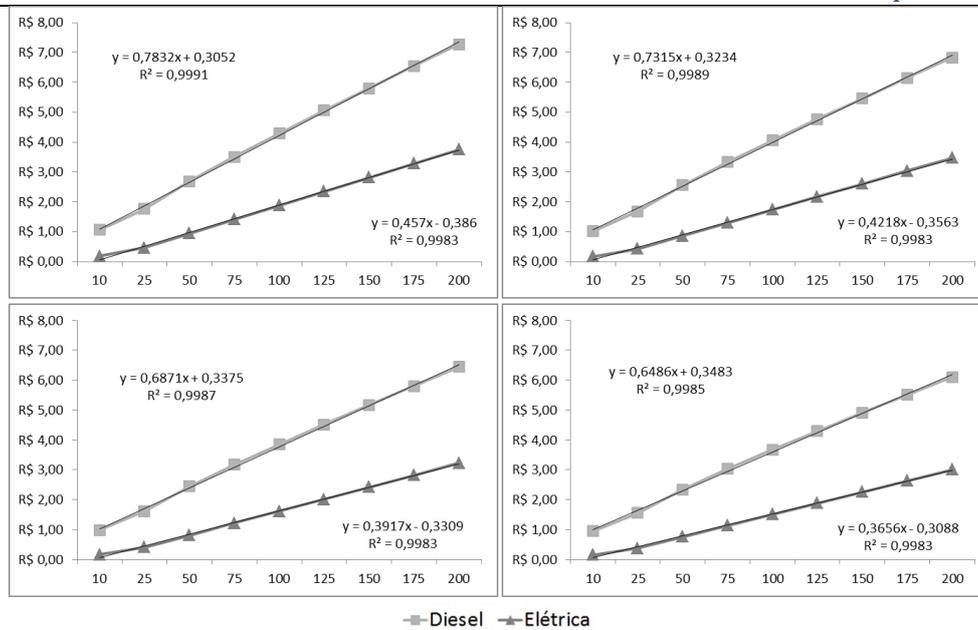


Figura 1 – Comparação entre o comportamento dos custos totais com energia elétrica e diesel para aplicação de 1 mm ha⁻¹ de lâmina de irrigação para diferentes condições altura manométrica total e de rendimento global. (A) rendimento global de 60%, (B) rendimento global de 65%, (C) rendimento global de 70%, (D) rendimento global de 75%.

Os gráficos comparativos dos custos totais para aplicação de 1 mm ha⁻¹ de lâmina de irrigação utilizando

energia elétrica e diesel para as situações estudadas, são apresentados nas figuras 2 e 3.

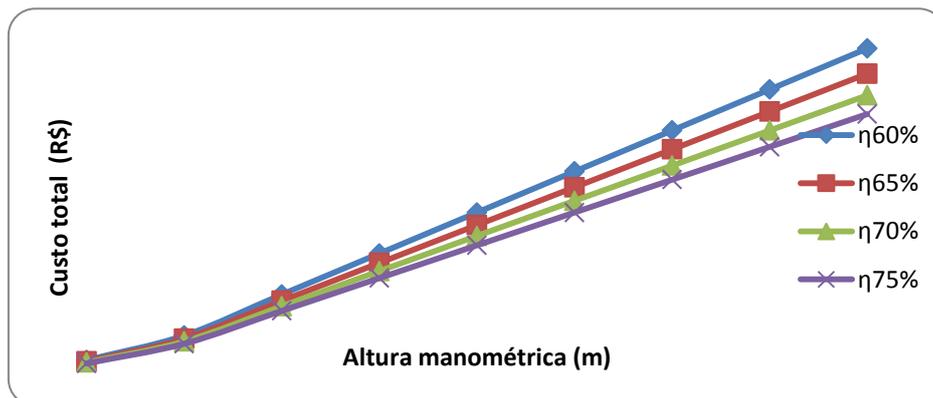


Figura 2 – Comportamento linear dos custos totais com irrigação para aplicação de 1 mm ha⁻¹ de lâmina de irrigação através de energia elétrica em diferentes condições altura manométrica total e de rendimento global.

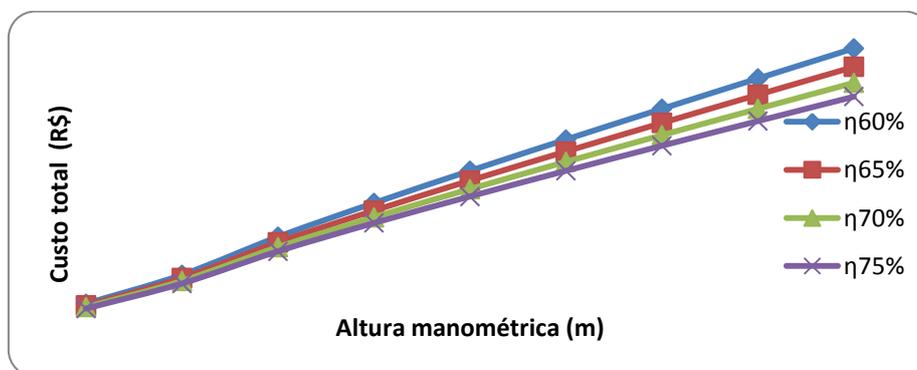


Figura 3 – Comportamento linear dos custos totais com irrigação para aplicação de 1 mm ha⁻¹ de lâmina de irrigação através de energia diesel em diferentes condições altura manométrica total e de rendimento global.

Pode-se observar a partir dos dados apresentados nas tabelas 1 a 4 e no gráfico da figura 1 um comportamento linear para as situações analisadas e que o aumento do rendimento nos sistema elétricos de 5%, 10% e 15%,

provocam uma redução nos custos na ordem de 6,7%, 13,3% e 20%, respectivamente, para qualquer situação de altura manométrica, como mostrado na figura 4.

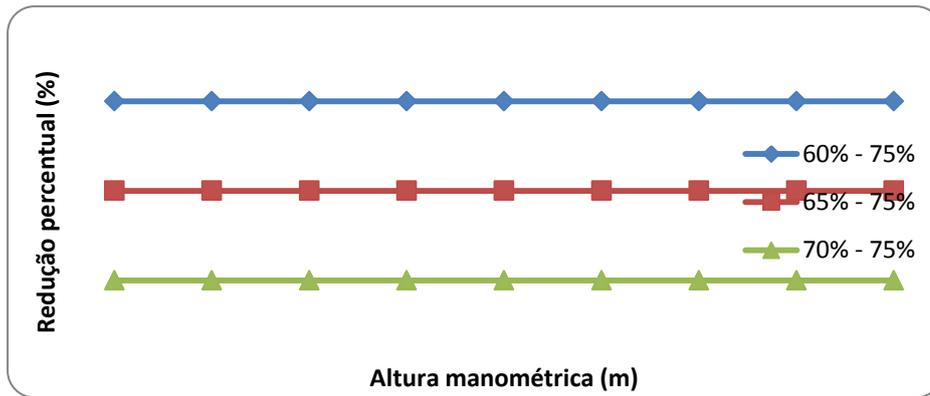


Figura 4 – Comportamento linear da redução percentual dos custos com aumento do rendimento global dos sistemas elétricos.

Para os sistemas a diesel, a redução percentual dos custos é dependente da altura manométrica, sendo esta relação maior quanto maior for a altura manométrica.

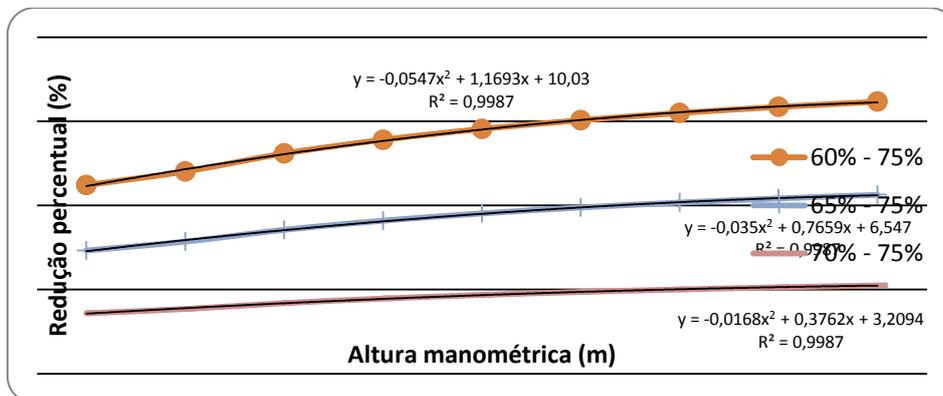


Figura 5 – Comportamento da redução percentual dos custos com aumento do rendimento global dos sistemas à diesel e ajuste polinomial quadrático para as curvas.

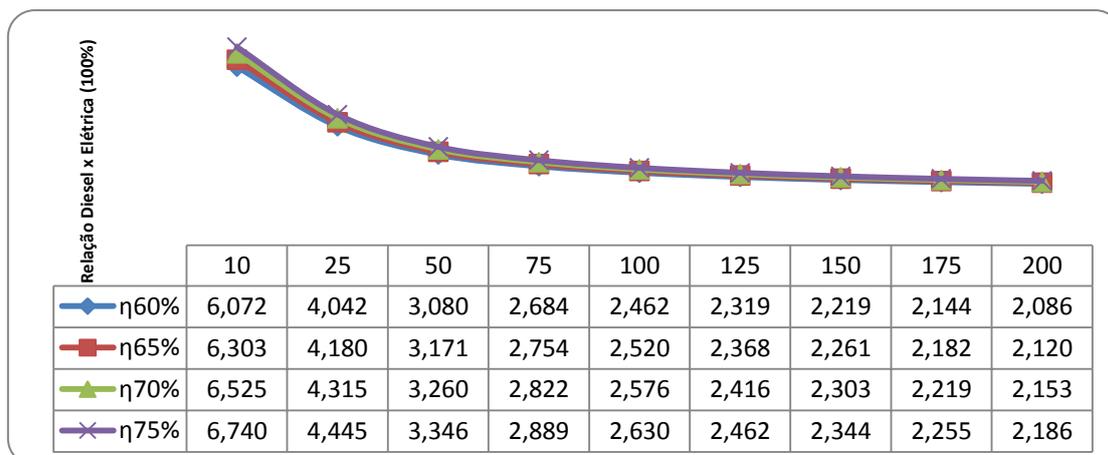


Figura 6 – Relação de incremento percentual entre energia elétrica e diesel.

Pode-se observar na figura 6 que o incremento percentual, isto é, as diferenças entre os custos com energia elétrica e à diesel, para um mesmo rendimento global do sistema motobomba, reduzem com o aumento da altura manométrica total do sistema.

A redução da altura manométrica total em 1 metro para cada situação de rendimento do sistema motobomba, acarretará em uma economia (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) de; 1,502, 1,386 e 1,287 para 60%, 65% e 70%, respectivamente nos sistemas elétricos. Esta redução pode ser, a princípio, considerada desprezível. Entretanto, aplicada a uma situação real, significará uma economia considerável para o agricultor irrigante. Para CARVALHO e REIS (2000), Quanto maior for o diâmetro adotado, menores serão o consumo de energia e a potência exigida para o conjunto motobomba, e maiores os custos com a aquisição da tubulação de recalque. No entanto se o diâmetro adotado for menor, ocorre o inverso. Este fato está associado ao aumento da perda de carga quem implicará em maiores alturas manométricas totais e consecutivamente, demanda adicional da potencia que implicará em custos mais acentuados.

Segundo TURCO et al. (2009), As tarifas de energia são as mais importantes variáveis no custo final da irrigação. Entretanto deve-se ressaltar que a escolha adequada dos sistemas utilizados, sejam eles hidráulicos ou energéticos, influenciarão sobremaneira no custo final da atividade de irrigação.

4 CONCLUSÕES

A energia elétrica mostrou-se mais favorável economicamente ao desenvolvimento da atividade de irrigação em qualquer situação de altura manométrica total e rendimento do sistema motobomba.

Apesar de menos vantajoso, deve-se ressaltar que a utilização de motores à diesel independem da qualidade de fornecimento de energia elétrica pela concessionária. Este fato, especialmente em localidades de baixa qualidade no fornecimento de energia elétrica, poderá ter consequências graves a atividade da irrigação.

O sistema tarifário do grupo B, utilizado neste estudo, é regularmente aplicado a propriedades rurais que possuem transformadores instalados com até 112,5 kVA. Todavia, este fato não impede que o usuário opte por outras modalidades tarifárias, mais vantajosas ao seu perfil de consumo, junto à concessionária de fornecimento elétrico.

5 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Tarifas de fornecimento de energia elétrica** / Agência Nacional de Energia Elétrica. - Brasília : ANEEL, 2005. 30 p.: il. - (Cadernos Temáticos ANEEL; 4).

BATISTA, M.B.; COELHO, M.M.L.P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. Belo Horizonte, UFMG, 2003. 440 p.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm, Acesso em 27 de dezembro de 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução homologatória Nº 960, de 06 de Abril de 2010. Homologa as tarifas de fornecimento de energia elétrica, as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição - TUSD, estabelece a receita anual das instalações de conexão e fixa o valor anual da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica - TFSEE, referentes à CEMIG Distribuição S.A - CEMIG-D. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/revisaoTarifariaPeriodica/index.cfm?Ano=&Concessionaria=>, Acesso em: 27 de dezembro de 2016.

CARVALHO, J. de A.; OLIVEIRA, L.F.C. de. **Instalações de Bombeamento para irrigação**. Lavras: UFLA, 2008. 230 p.

CARVALHO, J. de A. E REIS, J. B. R. da S.; Avaliação dos Custos de Energia de Bombeamento e Determinação do Diâmetro Econômico da Tubulação. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2,p.441-449, abr./jun., 2000.

CARVALHO, J. de A.; BRAGA JÚNIOR, R.A.; REIS, J.B.R.S. Análise de custos na escolha do tipo de motor para acionamento de bombas em áreas irrigadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.434-440, 2000.

CEMIG. **Estudo de Otimização Energética**. Belo Horizonte, 1993. 22p.

LIMA, A. C. de, GUIMARÃES JR. S. C., FIETZ, C. R. & CAMACHO, J. R. Avaliação e análise da eficiência energética na irrigação em sistemas pivô central. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.4, p.499-505, 2009.

MELO, J.F. Custos de irrigação por aspersão em Minas Gerais. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. ,1993. 147 p. (**Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola**).

MINAS GERAIS (Estado). Decreto 43.080 de 13 de Dezembro de 2002. Aprova o Regulamento do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (RICMS). Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. Disponível em: http://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/decretos/d43080_2002.htm, Acesso em: 27 de dezembro de 2016.

MOREIRA, C. A. M.; SERAPHIM, O. J. & GABRIEL FILHO, L. R. A. Sistema fotovoltaico monocristalino para bombeamento de água. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 27, n.3, julho-setembro, 2012, p.31-47.

TURCO, J. E. P.; RIZZATTI, G. dos S. e PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 29, n. 2, p. 311-320, Junho, 2009.

VESCOVE, H.V.; Consumo e Custo de Energia Elétrica na Cultura de Citros Irrigada Por Gotejamento e Microaspersão, com Três Lâminas de Água. Jaboticabal, SP: UNESP, Impr. Univ., 2009. 56 p. (**Tese de Doutorado em Agronomia**).