

EFICIÊNCIA GLOBAL DE UMA BOMBA ACIONADA POR UM MOTOR ELÉTRICO

Thiago Teixeira¹, Alberto Colombo², Daniel de Araujo³, Nilo de Azevedo⁴, Victor Baptista⁵

¹Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras-MG, (0XX35)9232-9700, teixeira.agricola@gmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

³Graduando em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras-MG,

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, UFLA, Lavras-MG,

⁵Graduando em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras-MG

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O uso eficiente da energia elétrica requerida no acionamento das unidades de bombeamento utilizadas em sistemas de irrigação contribui para a sustentabilidade desta atividade. Neste estudo, foi avaliada a eficiência energética global de uma unidade de bombeamento, constituída por uma bomba KSB, modelo ETA 32-20, e um motor de indução trifásico de 4,5 kW (6 cv), da marca ARNO. A eficiência global foi determinada pela razão entre a potência hidráulica fornecida pela bomba e a potência elétrica ativa requerida pelo motor. A potência hidráulica foi determinada com base em valores medidos de vazão, altura manométrica total e peso específico de líquido bombeado. A potência elétrica ativa foi determinada com um analisador de qualidade de energia FLUKE 435II. Foram observados valores de rendimento global entre 3% e 31% (com média de 22%). Os valores observados ficaram muito abaixo dos valores calculados com parâmetros de catálogo da bomba e do motor (rendimento entre 16% e 45% com média de 35%). Estes resultados evidenciam a necessidade de se implantar um programa de avaliações periódicas das unidades de bombeamento, que permita identificar a necessidade de reparos e/ou cálculos da viabilidade econômica da substituição de componentes desgastados.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de Motores; Consumo de energia, Rendimento de Bomba.

GLOBAL EFFICIENCY OF A PUMP DRIVEN BY AN ELECTRIC MOTOR

ABSTRACT: The efficient use of electric energy required to drive the pumping units used in irrigation systems contributes to the sustainability of this activity. In this study, we evaluated the overall energy efficiency of a pumping unit, consisting of a KSB pump, model ETA 32-20, and a 4,5kW (6,0cv), ARNO three-phase induction motor. The overall efficiency was determined by the ratio between the hydraulic power delivered by the pump and the active power required by the electric motor. Hydraulic power was determined based on measured values of flow, total head and specific weight of the pumped liquid. The active electric power was determined with a FLUKE 435II energy quality analyzer. Values of global efficiency ranging from 3% up to 31% (22% average) were observed. These values were far below the values calculated with pump and motor catalog values (from 16% up to 45% with a 35% average). These results show the need to implement a program of periodic reviews of pumping units, identifying the need for repairs and / or calculate the economic feasibility of replacing worn components.

KEYWORDS: Electric motor efficiency, Energy requirement, Pump Efficiency

INTRODUÇÃO: O uso sustentável dos recursos naturais é uma preocupação mundial. A industrialização e a urbanização dos países em desenvolvimento cria uma enorme demanda

energética. De forma geral, as unidades de bombeamento são reconhecidas como consumidores ineficientes de energia (ABDELAZIZ et al., 2011, KAYA et al., 2008). O rendimento global das unidades de bombeamento com acionamento elétrico resulta do produto do rendimento da bomba pelo rendimento do motor. Ele representa razão entre a potência hidráulica fornecida pela bomba e a potência elétrica requerida pelo motor (VIHOLAINEN et al, 2013). Avaliações em unidades de bombeamento deveriam ser realizadas anualmente para permitir identificar qualquer queda na eficiência nestas unidades (URRESTARAZU & BURT, 2012). De acordo com FROSINI & BASSI (2010), quebras em motores elétricos, relacionadas a problemas com rolamento, são precedidas por redução no valor da eficiência destes motores elétricos. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta os resultados da avaliação de uma unidade de bombeamento, no qual valores estimados de rendimento global, baseados em valores de rendimento da bomba e do motor, declarados nos catálogos destes equipamentos, foram comparados com valores medidos de rendimento global, determinados através da razão entre valores medidos de potência hidráulica e valores medidos de potência elétrica ativa requerida pelo motor.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica da UFLA/Lavras, MG. Foi avaliada uma motobomba constituída de: uma bomba centrífuga KSB-ETA32-20, com velocidade nominal de 3500 rpm e rotor de 185mm; e um motor de indução trifásico ARNO, com potência nominal de 6 cv, velocidade nominal de 3440 rpm, corrente nominal de 15A em 220V. A eficiência global da motobomba foi avaliada em diferentes valores de vazão, iniciando-se com uma vazão reduzida que, posteriormente, em função abertura um registro instalado no final da tubulação, foi aumentada até que o valor médio da corrente alimentação do motor atingisse 15% do seu valor nominal ($15A+2,25A = 17,25 A$). Na determinação da vazão foi utilizado um medidor magnético de vazão (KROHNE-IFS 4000W/6). Nos diferentes valores de vazão, foi determinada a pressão na entrada da bomba, com um transdutor de pressão absoluta com capacidade de 1500mbar, (Instrutherm-VC-01, com leitor digital VDR-920). Este transdutor de pressão absoluta foi instalado em um circuito com registros interligados, de forma a fornecer leituras alternadas da pressão atmosférica e da pressão absoluta na entrada da bomba. A pressão de saída foi determinada com um transdutor de pressão relativa com capacidade de 10 bar (Instrutherm-PS100-10BAR, com leitor digital MVR-87). Conforme recomendado no método de ensaio de bomba do INMETRO (BRASIL, 2010), a massa específica da água bombeada foi calculada a partir de medidas da sua temperatura e altura manométrica total (HMT) foi determinada pela soma das diferenças entre as cargas de pressão e velocidade nas secções de entrada e saída da bomba adicionada pela diferença de altura entre estas mesmas secções. Em cada vazão, foram também determinadas a rotação do eixo da bomba, com um tacômetro digital (Instrutherm, TDR-100), e a potência elétrica requerida pelo motor, com um analisador de qualidade de energia (Fluke, 435-II). O rendimento global da unidade de bombeamento foi determinado através da razão entre a potência hidráulica (PH), que foi obtida pelo produto da vazão em peso pela altura manométrica total da bomba, e a potência elétrica ativa (VIHOLAINEN et al. 2013):

$$\eta G_D = 100 \frac{(Q \rho g) HMT}{PE_A} \quad (1)$$

em que,

ηG_D – valor determinado do rendimento global da unidade de bombeamento, %;

Q – vazão bombeada, $m^3 s^{-1}$;

ρ – massa específica da água, $kg m^{-3}$;

g - aceleração da gravidade, $m s^{-2}$;

HMT - altura manométrica total, m;

PE_A – potência elétrica ativa, W.

Pares de valores de vazão versus rendimento da bomba, lidos na curva de desempenho da bomba KSB-ETA 32-20, com rotor de 185mm e rotação de 3500 rpm, foram utilizados para ajustar os parâmetro de um polinômio de segundo grau que relaciona o rendimento de catálogo da bomba à vazão adimensional bombeada (MARCHI & SIMPSON, 2013). Pares de valores de

fração de carregamento do motor (k) e rendimento do motor elétrico motor (η_{M_c}) foram utilizados para ajustar um modelo exponencial relacionado estas duas grandezas (BERNIER & BOURRET,1999). Desta forma, o rendimento global de catálogo do conjunto motobomba (η_{G_c}) foi determinado através do produto dos rendimentos do motor e da bomba:

$$\eta_{G_c} = \left\{ C_0 \left(1 - e^{-\frac{c_1 \frac{(Q \rho g) HMT}{PNM} \left(a_\eta + b_\eta \frac{Q}{\omega \phi^3} + c_\eta \left(\frac{Q}{\omega \phi^3} \right)^2 \right)}{PNM} \left(a_\eta + b_\eta \frac{Q}{\omega \phi^3} + c_\eta \left(\frac{Q}{\omega \phi^3} \right)^2 \right)} \right) \right\} / 100 \quad (2)$$

Em que,

η_{G_c} – valor de catálogo do rendimento global da unidade de bombeamento, %;

C_0 e C_1 – parâmetros empíricos de ajuste da curva de rendimento do motor;

PNM – potência nominal do motor, W;

a_η , b_η , c_η – parâmetros empíricos de ajuste da curva de rendimento da bomba

ϕ - diâmetro do rotor da bomba, m;

ω – velocidade angular do eixo da bomba, radianos s^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As curvas de rendimento de motor (η_{M_c}) e rendimento da bomba (η_{B_c}), que foram ajustadas aos valores declarados nos catálogos comerciais, são apresentadas nas Figuras 1A e 1B.

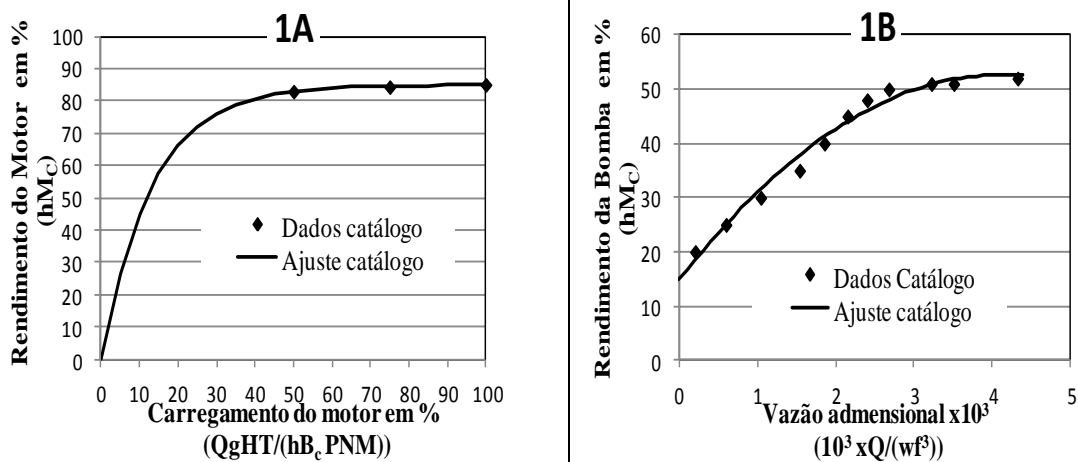


Figura 1- Curvas ajustadas de rendimento do motor (1A) e rendimento da bomba (1B),segundo valores declarados em catálogo comercial.

Os seguintes valores foram ajustados aos coeficientes empíricos da Equação 2, que foram utilizados para plotar as curvas mostradas na FIGURA 1: $C_0 = 84,95$; $C_1 = -0,75$, $a_\eta = 1,49 \times 10^1$; $b_\eta = 4,196 \times 10^4$; e $c_\eta = -1,168 \times 10^7$. A adequação dos modelos de rendimento de bomba e motor descritos, respectivamente, por MARCHI & SIMPSON (2013) e BERNIER & BOURRET (1999) é comprovada pela proximidade entre os valores de catálogo e as curvas de ajuste que são mostradas na FIGURA 1. Valores de rendimento global de catálogo, calculados com a Equação 2, e os valores de rendimento global baseados nas determinações de laboratório, conforme Equação 1, são mostrados na Figura 2. De acordo com os valores mostrados nesta figura, na faixa de vazão abrangida pelos onze valores medidos de vazão determinados em laboratório, o rendimento global da motobomba, segundo valores de catálogo, deveria atingir valores variando entre 16% e 45%, com um valor médio de 35%. No entanto, nestes mesmos onze valores de vazão, o rendimento global medido em laboratório apresentou valores variando entre, 3% e 31% (com média de 22%). As discrepâncias entre os valores de catálogo e valores medidos de rendimento global podem ser justificadas com base no tempo de uso do conjunto motobomba avaliado, que tem mais de 20 anos. FROSINI & BASSI (2010), entre outros,

relatam que más condições de manutenção e tempo de uso de motores elétricos contribuem para a queda de seu rendimento.

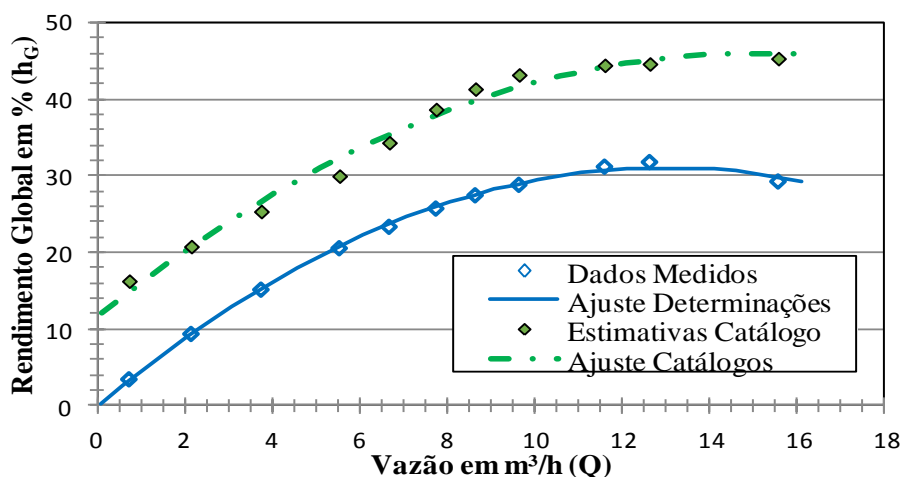


FIGURA 2. Rendimento global da motobomba versus vazão bombeada: curva ajustada aos valores de catálogo (pontilhada) e curva ajustada aos valores medidos em laboratório (contínua).

CONCLUSÕES: A acentuada queda no rendimento global da unidade de bombeamento avaliada, que foi determinada em função das discrepâncias entre valores medidos de rendimento global e valores calculados com base em informações de catálogo dos fabricantes, ilustra a importância de se implantar rotina de auditorias energéticas que possa orientar ações corretivas que visem melhorar a eficiência energética das unidades de bombeamento, através do reparo ou troca de componentes destas unidades.

REFERÊNCIAS

- ABDELAZIZ, E. A.; SAIDUR, R.; MEKHILEF, S. A review on energy saving strategies in industrial sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 150-168, 2011.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial- INMETRO Portaria n455, de 1 de dezembro de 2010. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001633.pdf>
- BERNIER, M. A., BOURRET, B. Pumping energy and variable frequency drives. **ASHARE Journal**. v. 41, n. 12, p. 37-40. December 1999.
- FROSINI, L.BASSI, E. Stator current and motor efficiency as indicators for different types of bearings faults in induction motors. **IEEE Transactions on industrial electronics**. v. 57, n. 1, 244-251, 2010.
- KAYA, D., YAGMUR, E. A., YIGIT, K. S., KILIC, F. C., EREN, A. S., & CELIK, C. Energy efficiency in pumps. **Energy Conversion and Management**, v. 49, n. 6, p. 1662-1673, June 2008.
- SIMPSON, A. R., MARCHI, A. Correction of the EPANET inaccuracy in computing the efficiency of variable speed pumps. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 139, n. 4, p. 456- 459, 2013.
- VIHOLAINEN, J., TAMMINEN, J. AHONEN, T., AHOLA, J.,VAKKILAINEN, E.,SOUKA,R. Energy efficiency control strategy for variable speed-driven parallel pumps. **Energy Efficiency**. v.6. p. 495-509, 2013.
- URRESTARAZU, P. BURT, L. C. M. Characterization of pumps for irrigation in central California: Potential energy savings. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 138, n. 9, p. 815-822, 2012.