

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE PARA UMA MOTOBOMBA DE ACIONAMENTO ELÉTRICO

Thiago Henrique Burgarelli Teixeira<sup>1</sup>, Alberto Colombo<sup>2</sup>, Victor Buono Da Silva Baptista<sup>3</sup>, Daniel Soares Ambrósio De Araujo<sup>4</sup>, Ana Cladia Sátiro Araujo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrícola, Mestrando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG, (0XX35) 98408-4279, teixeira.agricola@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Ph.D., Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola, Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas UFLA, Lavras - MG

<sup>4</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras-MG

<sup>5</sup>Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, Piracicaba - SP

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017- Maceió – AL, Brasil

**RESUMO:** A avaliação periódica de conjuntos motobomba utilizados em sistemas de irrigação assegura o uso eficiente do consumo de energia em seu funcionamento, e contribui para a sustentabilidade da atividade. Neste estudo, foi avaliada a alteração da eficiência energética de um conjunto motobomba usado, comparado aos dados de catálogo, para sua classificação através da Etiqueta Nacional de Consumo de Energia (ENCE) de acordo com a portaria do INMETRO nº 455/2010. O conjunto motobomba é constituído por uma bomba KSB, modelo ETA 32-20, e um motor de indução trifásico de 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 avaliação se deu através do ponto de melhor eficiência de vazão e altura manométrica, sendo determinados a rotação específica e o rendimento mínimo, este estimado pela equação definida por Stoffel e Lauer. Foi observado um valor de rendimento máximo de 31% para o conjunto motobomba usado, enquanto para uma motobomba nova é de 45%. De acordo com a ENCE o conjunto motobomba usado possui classificação D. Estes resultados evidenciam a necessidade de reparos ou cálculos da viabilidade econômica para substituição do conjunto, ou componentes desgastados.

**PALAVRAS-CHAVE:** consumo de energia, etiquetagem, rendimento global

## ENERGY EFFICIENCY: CONFORMITY EVALUATION OR AN ELETRIC DRIVE MOTOR-PUMP

**ABSTRACT:** The motor-pump assembly's periodic review used in irrigation systems ensures the efficient use of energy requirement on the operation and contributes to the activity sustainability. This study was evaluated the energy efficiency change of a used motor-pump assembly, compared to the catalog data, for its classification through the National Energy Consumption Label – free translation of Etiqueta Nacional de Consumo de Energia (ENCE) - in accordance to INMETRO regulation #455/2010. The motor-pump assembly consists of a KSB pump, model ETA 32-20 and a 6-cv ( 4.5 kW ) ARNO three-phase induction motor. The overall efficiency was determined by the ratio between the hydraulic power delivered by the pump and the active electrical power required by the electric motor. The evaluation was done through the better efficiency point of flow and total head, being determined the specific spin and the minimum efficiency that estimated by the equation defined by Stoffel and Lauer. A maximum efficiency value of 31% was observed for the used motor-pump assembly, while for a new motor-pump it was 45%. According to ENCE the motor-pump assembly belongs to D class. This result evidences repairs or calculations' necessity of the economical feasibility to replace the motor-pump assembly or worn components.

**KEYWORDS:** energy requirement, global efficiency, labeling.

**INTRODUÇÃO:** Sistemas de irrigação pressurizados, em sua maioria, necessitam de sistemas elevatórios, que são constituídos de tubulações e conjuntos motobomba (ABADÍA et al., 2008). De forma geral, sistemas elevatórios são reconhecidos como consumidores ineficientes de energia (ABDELAZIZ et al., 2011, KAYA et al., 2008). Porém, LUC et al. (2006) ressaltaram que o consumo ineficiente de energia se deve ao fato de que mínimos desvios da condição ótima de funcionamento influenciam diretamente no consumo; e para FROSINI; BASSI (2010), a falta de manutenção correta contribui para a queda do rendimento global de conjuntos motobomba. Em estudos para avaliação da eficiência global de conjuntos motobomba, TEIXEIRA et al. (2015) indicaram discrepâncias entre a eficiência indicada pelo fabricante e a encontrada em um conjunto motobomba usado. Avaliações em unidades de bombeamento deveriam ser realizadas anualmente, para permitir a identificação de quedas na eficiência energética (URRESTARAZU; BURT, 2012). O Brasil institui, no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação e Conformidade - SBAC, os Requisitos de Avaliação da Conformidade de Bombas e Motobombas Centrifugas, para estabelecer requisitos mínimos de desempenho e segurança para bombas e motobombas. Afim de classificar estes equipamentos, quanto ao desempenho energético, desenvolveu-se um mecanismo de avaliação e etiquetagem, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE; através do INMETRO, conforme a Portaria nº 455/2010 (BRASIL, 2010). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo classificar um conjunto motobomba usado, quanto a eficiência energética, e comparar com os dados apresentados pelo fabricante, de acordo com a Etiqueta Nacional de Consumo de Energia.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Lavras, MG. Foi realizada a classificação de um conjunto motobomba constituído de uma bomba centrífuga marca KSB, modelo ETA 32-20, com velocidade nominal de 3500 rpm, rotor de 185 mm e monoestágio; e um motor de indução trifásico ARNO, de 2 polos, com potência nominal de 6 cv (4,5 kW), velocidade nominal de 3440 rpm. Realizou-se a classificação do conjunto motobomba de acordo com os parâmetros descritos na Etiqueta Nacional de Consumo de Energia. Para o enquadramento nas classes de eficiência, utiliza-se o rendimento global, observado ( $\eta_o$ ) e informado pelo fabricante ( $\eta_f$ ), considerando o conjunto motobomba usado e novo, respectivamente, conforme metodologia do INMETRO (BRASIL, 2010) descrita por TEIXEIRA et al. (2015); e o rendimento mínimo estimado do conjunto motobomba ( $\eta_{ct}$ ). Este foi obtido através da metodologia descrita pelo INMETRO (BRASIL, 2010), que leva em consideração o rendimento elétrico mínimo do motor ( $\eta_e$ ) e o rendimento referente ao ponto de máxima eficiência da bomba, denominado rendimento de referência ( $\eta_r$ ). Para estimativa deste, utiliza-se uma equação polinomial em função da vazão no ponto de máxima eficiência da bomba ( $Q_{BEP}$ ) e a rotação específica (Equação 1). Para obtenção dos parâmetros vazão e altura manométrica total, no ponto de máxima eficiência do conjunto motobomba, utilizou-se a metodologia do INMETRO (BRASIL, 2010).

$$N_s = N_n \cdot \frac{(Q_{BEP})^{0,5}}{\left(\frac{HMT_{BEP}}{i}\right)^{0,75}} \quad (1)$$

em que,

$N_s$  - rotação específica do conjunto motobomba,  $\text{min}^{-1}$ ;

$N_n$  - rotação nominal do conjunto motobomba,  $\text{min}^{-1}$ ;

$Q_{BEP}$  - vazão no ponto de máxima eficiência do conjunto motobomba,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;

$HMT_{BEP}$  - altura manométrica total no ponto de máxima eficiência do conjunto motobomba, m;

$i$  - número de estágios da bomba, adimensional.

Para a estimativa do rendimento de referência utilizou-se a equação de Stoffel e Lauer (Equação 2), para bombas mancalizadas (ESOB 3500), sendo o parâmetro  $c$  variável de acordo com a classe de eficiência energética, em intervalos de validade de  $6 \text{ min}^{-1} \leq N_s \leq 120 \text{ min}^{-1}$  e  $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \leq Q_{BEP} \leq 1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (BRASIL, 2010)

$$\eta_r = -11,48 \cdot [\ln(N_s)]^2 - 0,85 \cdot [\ln(Q_{BEP})]^2 - 0,38 \cdot [\ln(N_s)] \cdot [\ln(Q_{BEP})] + 88,59 \cdot [\ln(N_s)] + 13,46 \cdot [\ln(Q_{BEP})] - c \quad (2)$$

em que,

$\eta_r$  - rendimento de referência, %;

$N_s$  - rotação específica do conjunto motobomba,  $\text{min}^{-1}$ ;

$Q_{BEP}$  - vazão no ponto de máxima eficiência do conjunto motobomba,  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ;

$c$  - parâmetro de ajuste de acordo com modelo do conjunto motobomba, %.

De posse do rendimento de referência e do rendimento elétrico mínimo do motor, foi obtido o rendimento mínimo estimado para o conjunto motobomba, a partir da Equação 3, para cada uma das classes de eficiência energética. O rendimento elétrico mínimo do motor trifásico está de acordo com a Portaria Interministerial nº 553/2005, e as tolerâncias de ensaios nos rendimentos mínimos estão contidas nas normas ANBT/NBR 5383-1 (BRASIL, 2010).

$$\eta_{cr} = \frac{\eta_r \cdot \eta_e}{100} \quad (3)$$

em que,

$\eta_{cr}$  - rendimento mínimo estimado do conjunto motobomba, %;

$\eta_r$  - rendimento de referência, %; e

$\eta_e$  - rendimento elétrico mínimo do motor, %.

A classificação do conjunto foi feita em um intervalo de A a E seguindo os limites dos rendimentos de referência de cada seção, comparando-os com os valores de rendimento global da motobomba nova e usada.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As curvas de rendimento global do conjunto motobomba usado e novo, são apresentadas na Figura 1.

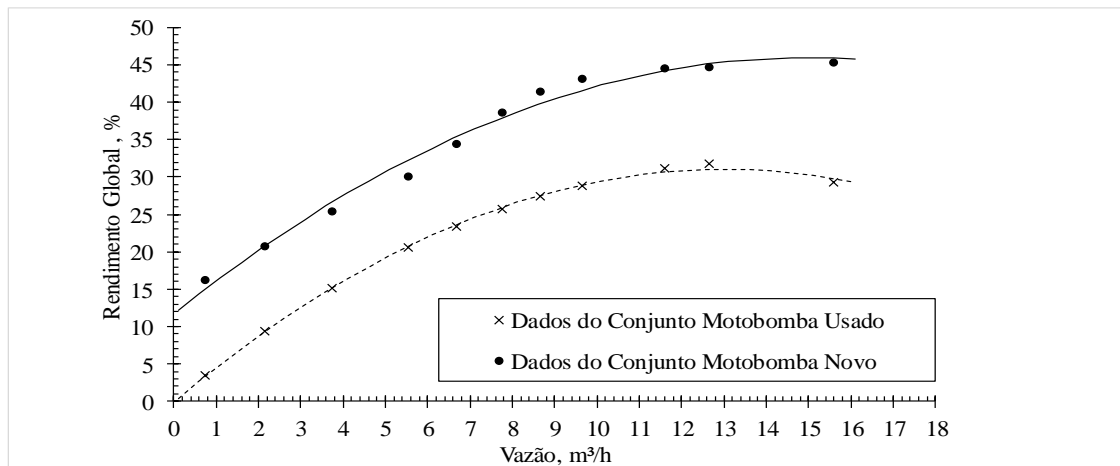


FIGURA 1. Rendimento global em função da vazão, considerando o conjunto usado e novo (TEIXEIRA et al., 2015).

De acordo com TEIXEIRA et al. (2015), na faixa de vazão abrangida pelos valores observados em laboratório, o rendimento global da motobomba usada apresentou valores variando entre 3% e 31%. Esses autores ainda afirmam que, segundo valores de catálogo, o rendimento global da motobomba deveria atingir valores variando entre 16% e 45%. O ponto de máxima eficiência apresentou rendimento de 31% para um conjunto motobomba usado, e 45% para um novo. A vazão e a altura manométrica total, no ponto de máxima eficiência da bomba, foi de  $4,17 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e 47 m, respectivamente. De acordo com a Equação 1, a rotação específica foi estimada em  $N_s = 12,6 \text{ min}^{-1}$ . A Tabela 1 apresenta o parâmetro  $c$ , os rendimentos de referência (Equação 2) e mínimo estimado do conjunto (Equação 3), bem como a faixa de enquadramento para as classes de eficiência da ENCE.

TABELA 1- Valores do parâmetro de ajuste ©, rendimento de referência ( $\eta_r$ ), rendimento mínimo estimado do conjunto motobomba ( $\eta_{cr}$ ), e faixa de enquadramento para as classes de eficiência da Etiqueta Nacional de Consumo de Energia (ENCE).

Classe de Eficiência Energética	c	$\eta_r$	$\eta_{cr}$	Faixa de Enquadramento
A	132,09	46,26	40,70	$\eta \geq 40,70$
B	136,09	42,25	37,18	$40,70 > \eta \geq 37,18$
C	140,09	38,25	33,66	$37,18 > \eta \geq 33,66$
D	144,09	34,25	30,14	$33,66 > \eta \geq 30,14$
E	>144,09	<34,25	<30,14	$30,14 > \eta$

c - constante de ajuste de acordo com modelo do conjunto motobomba, %;  $\eta_r$  - rendimento de referência, %;  $\eta_{cr}$  - rendimento mínimo estimado do conjunto motobomba, %; e  $\eta$  - rendimento global do conjunto, considerando como usado ( $\eta_o$ ) ou novo ( $\eta_f$ ).

De acordo com os intervalos condicionais presente na Tabela 1, verificou-se que um conjunto motobomba novo foi classificado como A, pois o rendimento no ponto de máxima eficiência foi de 45%. Já uma motobomba usada, com rendimento de 31%, enquadrou-se na classe D desse método de etiquetagem. Segundo TEIXEIRA et al. (2015), as discrepâncias entre os valores de rendimento global de uma motobomba nova e a usada podem ser justificadas com base no tempo de uso do conjunto motobomba avaliado, superior a 20 anos. FROSINI & BASSI (2010), relatam que o tempo de uso de motores elétricos contribui para a queda de seu rendimento.

**CONCLUSÕES:** A acentuada queda no rendimento global do conjunto motobomba avaliado, de acordo com as discrepâncias dos valores das classes A e D, evidenciam a importância de se implantar rotina de ações corretivas que visem melhorar a eficiência energética das unidades de bombeamento, através de reparos ou cálculos da viabilidade econômica para substituição do conjunto motobomba, ou componentes desgastados.

## REFERÊNCIAS

- ABADIA, R.; ROCAMORA, C.; RUIZ, A.; PUERTO, H. Energy efficiency in irrigation distribution networks I: Theory. **Biosystems Engineering**, v. 101, n. 1, p. 21–27, 2008.
- 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 nº 455, 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, 2008.
- LUC, J. P.; TARHOUNI, J. CALVEZ, R.; MESSAOUD, L.; SABLAYROLLES, C. Performance indicators of irrigation pumping stations: application to drill holes of minor irrigated areas in the Kairouan plains (Tunisia) and impact of malfunction on the price of water. **Irrigation and Drainage**, v. 55, n. 1, p. 85–98, 2006.
- TEIXEIRA, T. H. B.; COLOMBO, A.; ARAUJO, D. A. S. de; AZEVEDO, N. F. de; BAPTISTA, V. B. da S. Eficiência global de uma bomba acionada por um motor elétrico. **CONBEA – Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, São Pedro – SP, 2015.
- 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.