

ANÁLISE DE CONSUMO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DE ARROZ

CAROLINA HOCH VIEIRA FERNANDES¹, LESSANDRO COLL FARIA²,
RICARDO SCHERER POHNDORF³

¹ Graduanda em Engenharia Hídrica, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPEL, Pelotas – RS, carolinafernandesarq@gmail.com

² Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPEL, Pelotas – RS.

³ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPEL, Pelotas – RS.

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: Para a produção do arroz irrigado é necessário a utilização de equipamentos que consomem energia elétrica e o dimensionamento inadequado destes sistemas elétricos acabam acarretando um aumento no custo da produção do arroz. O objetivo do trabalho foi analisar o consumo de energia elétrica e a eficiência energética em um sistema de bombeamento de água para a irrigação de arroz, localizado no município de Camaquã / RS. Com base no estudo verificou-se que a eficiência total do conjunto principal foi de 81,5% e a energia consumida na irrigação para produzir 1 kg de arroz em casca foi de 134 kWh/t.

PALAVRAS-CHAVE: consumo de energia; eficiência de motor; rendimento de bomba;

ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND EFFICIENCY IN WATER PUMPING SYSTEM FOR RICE IRRIGATION

ABSTRACT: For rice production by irrigation, it is necessary to use equipment that consumes electrical energy and the wrong sizing of these electrical systems ends up causing an increase in the cost of rice production. The objective of this work is to analyze the electricity consumption and energy efficiency in the water pumping system for rice irrigation, located in the municipality of Camaquã / RS. Based on the study, it was found that the total efficiency of the main set was 81.5% and the energy consumed in irrigation to produce 1 kg of paddy rice was 134 kWh/t.

KEYWORDS: energy consumption; electric motor efficiency; pump efficiency;

INTRODUÇÃO: O arroz é considerado pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) como o alimento mais importante para a segurança alimentar do mundo e a espécie com maior potencial de aumento na produção para combater a fome no mundo (FAO, 2018; GOMES et al., 2004). O consumo aparente médio mundial de arroz beneficiado é de 54 kg/pessoa/ano. No Brasil são consumidos em média de 32 kg/pessoa/ano (SOSBAI, 2018). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2019), o Rio Grande do Sul (RS) é responsável pelo cultivo de mais de 70% da produção nacional. No cultivo, beneficiamento e na industrialização de arroz, motores elétricos são largamente utilizados para acionamento de dispositivos fluidomecânicos, como bombas e ventiladores. As áreas de arroz no RS são predominantemente irrigadas por inundação

(PINTO et al., 2016). Neste sistema, bombas hidráulicas são acionadas por motores elétricos que levam água até a lavoura. O setor rural consome 5,9% da demanda de energia elétrica nacional (BRASIL, 2017). Devido ao custo da energia elétrica, estudos que avaliem o gasto energético e busquem soluções para evitar o desperdício de energia são de grande relevância para a cadeia produtiva e para o desenvolvimento regional e tecnológico. O objetivo do trabalho é analisar o consumo de energia elétrica e a eficiência energética no sistema de bombeamento de água para a irrigação de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS: A unidade de bombeamento contém três conjuntos motobombas, responsáveis elevar o nível da água para distribuição em canais de irrigação de lavouras de arroz. O gerenciamento da unidade fica a cargo da Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD), no município de Camaquã - RS. Para avaliação *in loco* do consumo de energia elétrica e eficiência de sistemas motrizes utilizados na irrigação de arroz, foi utilizado um analisador de qualidade de energia elétrica trifásico (Cat Iv - Minipa - Et-5062), para se obter os parâmetros elétricos tensão, corrente, fator de potência e as potências ativa (P), reativa (Q) e aparente (S) dos sistemas motrizes utilizados para o acionamento das bombas hidráulicas de irrigação. O levantamento foi realizado na safra 2020/2021. O monitoramento do tempo total de funcionamento dos motores (t), realizado a partir de dados disponibilizados pela unidade, será utilizado para o cálculo do consumo energético (kWh), por meio da multiplicação da potência ativa do motor (kW) pelo tempo de total de funcionamento do motor (h). Com base nos dados de corrente elétrica e fator de potência, se obteve o rendimento do motor (W22 IR3 Premium Trifásico, 350 cv, WEG), de acordo com as curvas de desempenho disponibilizadas pelo fabricante. A eficiência da bomba de água (KMB, diâmetro 800/719) foi obtida por meio dos dados de vazão de água, determinada por medidor ultrassônico (FMS 175) e da obtenção do ponto de estado na curva de desempenho da bomba. A eficiência do conjunto motobomba foi calculado pela multiplicação das eficiências individuais do motor elétrico e da bomba. A comparação entre os valores encontrados para os três conjuntos motobombas foi realizada por meio do teste de Tukey, com confiança de 95%, determinada no programa *Statistic 7.0* (StatSoft, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir dos dados coletados, verificou-se que os valores de tensão elétrica na linha, considerando as 3 fases do motor, variaram entre 384 V e 389 V, considerando a rede elétrica 220/380 V. A corrente elétrica apresentou variação entre 377 A e 405 A. Foi observado uma variação cíclica, tendendo a uma função senoidal, para as potências ativa, reativa e aparente. O fator de potência permaneceu estável em 0,86.

TABELA 1. Comparação das variáveis elétricas monitoradas entre os três conjuntos motobombas, obtidos com analisador de qualidade de energia.

VARIÁVEL ELÉTRICA	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Tensão de linha média (V)	386,5±0,8a	381,4±1,5b	381,8±1,3b
Corrente de linha média (I)	389,5±9,3a	401,6±8,7a	411,4±5,8a
Potência ativa (kW)	226,7±1,1b	231,8±1,7a	221,9±1,6c
Potência aparente (kVa)	263,8±1,3b	266,6±1,2b	275,2±1,5a
Potência reativa (kVAr)	134,6±0,9c	151,8±0,8b	156,5±1,8a
Fator de potência	0,86±0,01a	0,82±0,01b	0,82±0,01b

Valor médio ± desvio padrão (n=3). Diferentes letras minúsculas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

Pode-se observar que o motor 1 apresentou menor corrente elétrica e potência reativa do que os motores 2 e 3. Além disso, o fator de potência do motor 1 foi superior ao fator de potência

dos motores 2 e 3. Isto se deu devido as características construtivas do motor, pois mesmo sendo de mesmo modelo que os demais, foi fabricado recentemente enquanto os motores 2 e 3 possuem construção mais antiga. A potência reativa é a potência responsável pela magnetização dos motores, porém não gera trabalho. Assim, quanto maior o seu valor, melhor é para o sistema, fazendo com que o fator de potência se eleve. A eficiência dos motores 1, 2 e 3 foram de 95,2, 94,5 e 94,5 %, respectivamente.

A eficiência do conjunto motobomba 1, foi obtida a partir dos dados medidos *in loco* da vazão da bomba e com o valor da rotação do motor, sendo assim possível a determinação da altura manométrica do sistema e a eficiência que a bomba. A rotação nominal do motor é de 1790 rpm, sendo a relação entre as polias do motor e da bomba de 4,35. Com isso, a rotação da bomba, foi calculado como 411,8. A vazão de água medida pelo sistema foi de 1530 L/s. Deve-se considerar que a vazão não é constante. Durante as medições, os valores de vazão variaram entre 1243 L/s e 1765 L/s. Por meio da análise das curvas de desempenho da bomba, foi determinado o seu ponto de estado. A altura manométrica encontrada foi de 8,9 m e o rendimento da bomba de 85,7%. Com isso, o rendimento total do sistema 1 foi de 81,5%.

O sistema de bombeamento usado para a irrigação de lavouras funcionou por sete meses. O início do bombeamento de água ocorreu em outubro, irrigando por inundação as lavouras de arroz, e terminando em abril. Inicialmente o sistema trabalhou com a operação de um conjunto motobomba, sendo o funcionamento dos outros dois conjuntos de acordo com a necessidade. De acordo com os eventos meteorológicos, especialmente a precipitação pluviométrica e as condições climáticas de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, que alteram a taxa de evapotranspiração, torna-se necessário bombear uma maior quantidade de água para as lavouras. A Tabela 2 apresenta o funcionamento do sistema de bombeamento para a safra 2020/2021.

TABELA 2. Período de funcionamento, vazão e volume mensal de água do sistema de bombeamento.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Out	Nov	Dez
Dias/mês	31	28	31	15	31	30	31
Horas/dias	21	21	21	21	21	21	21
Vazão (m ³ /s)	1,3	3,9	3,6	1,3	1,3	3,9	3,9
Volume (m ³ /mês)	3.046.680	8.255.520	9.140.040	1.474.200	3.046.680	8.845.200	9.140.040

*Nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro não houve registro de bombeamento de água.

De acordo com Irga (2021), a produtividade média do arroz irrigado na safra 2020/2021 foi de 9.010 kg ha⁻¹. A Tabela 3 apresenta os dados de funcionamento do sistema para a safra 2020/21 e área irrigada de lavouras de arroz.

TABELA 3. Período de funcionamento, volume de água e área irrigada pelo sistema na safra 2020/21

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO	Valor
Número de dias por ano (dias)	197
Número de horas por ano (horas)	4.137
Volume médio mensal (m ³)	6.135.480
Volume total anual (m ³)	42.948.360
Vazão médio mensal (m ³ /s)	2,7857143
Área irrigada 20/21 (hectare)	1.204

Pelo levantamento realizado e por meio dos dados obtidos junto a empresa que gerencia o funcionamento da unidade de bombeamento de água, foi calculado o consumo de energia em função quantidade de água bombeada, da área irrigada e da massa de arroz.

TABELA 4. Consumo de energia elétrica na irrigação de lavouras de arroz por inundação, safra 2020/2021.

CONSUMO DE ENERGIA ANUAL PARA IRRIGAÇÃO DO ARROZ	Valor
Energia consumida por volume de água (kWh/m ³)	0,034
Energia consumida por área irrigada (kWh/ha)	1.210
Energia consumida por massa de arroz (kWh/t)	134

A energia consumida na irrigação para produzir 1 kg de arroz em casca foi de 134 kWh/t. O valor da tarifa energética varia em função da concessionária de energia, demanda de energia pela empresa, horário de consumo de energia, potência reativa do sistema, bandeira tarifária, subsídios e outros fatores. Estimou-se neste ano um valor médio de R\$ 0,52 por kWh.

CONCLUSÕES: Foram verificados o consumo e a eficiência energética de uma unidade de elevação e bombeamento de água para irrigação de arroz. Dos 3 conjuntos motobomba analisados, foi verificado que a eficiência total do conjunto principal foi de 81,5%. Os meses de maior necessidade de bombeamento foram dezembro de 2020 e março de 2021, onde foi necessário acionar os 3 conjuntos motobombas simultaneamente. Foi necessário o gasto de 134 kWh por tonelada de arroz em casca irrigado.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do RS (FAPERGS) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em: 05/05/2019.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6, 2019/2019, n. 5, quinto levantamento. Brasília: Conab, 2019. ISSN: 2318-6852

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://fao.org>>. Acesso em: 17 out. 2018.

GOMES, A.S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação. 2004. 899p.

IRGA. **Boletim de resultados da safra 2020/21 em Terras Baixas: Arroz Irrigado e Soja. 2021**. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202109/27151231-boletim-de-resultados-da-safra-2020-2021-compressed.pdf> . Acesso em: 02/03/2022.

PINTO, M. A. B.; PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C.; FARIA, L. C.; SCIVITTARO, W. B. Produtividade de arroz irrigado por aspersão em terras baixas em função da disponibilidade de água e de atributos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1584–1593, 2016.

SOSBAI, Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205p.