

---

## ELEVAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO UTILIZANDO BOAS PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

*Rodrigo Ramos Medeiros – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul  
rodrigoramosmedeiros@gmail*

### RESUMO

O presente artigo apresentará uma proposta para eficiência energética em sistemas de bombeamento, instalados em uma indústria. Inicialmente realizou-se o levantamento do atual estado de conservação dos sistemas de bombeamento. Também foi avaliado o modelo atual de manutenção utilizado, o histórico de manutenção dos equipamentos analisados e o atual consumo energético destes. Em seguida, foi realizada uma reforma completa no equipamento, com a substituição de componentes e a instalação de sistemas que permitam manutenções preventivas, inspeções e lubrificações programadas. Após a reforma dos equipamentos, o consumo de energia foi reavaliado. Ao final do presente artigo apresenta-se o novo consumo dos equipamentos, evidenciando as melhorias alcançadas, bem como uma análise técnico-comercial acerca das melhorias observadas.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética em Bombas, Manutenção Centrada em Eficiência Energética, Eficiência Energética na Indústria.

### INTRODUÇÃO

Este artigo, através de uma aplicação prática em sistemas de bombeamento de uma planta química de uma indústria, pretende mostrar que com a implantação de planos de manutenção preventiva e boas práticas de manutenção, como inspeção e controle, após devolver as condições iniciais dos equipamentos, pode reduzir o consumo energético destes equipamentos.

### METODOLOGIA

Inicialmente será realizado levantamento do atual estado de conservação dos sistemas de bombeamento que utilizam bombas centrífugas. Será avaliado o modelo atual de manutenção utilizado, histórico de manutenção dos equipamentos analisados e atual consumo energético destes. Após, será realizado uma reforma completa no equipamento, realizando substituições de componentes e instalando sistemas que permitam manutenções preventivas, inspeções e lubrificações programadas. Com o equipamento reformado e posto novamente em

operação será analisado os novos consumos energéticos, bem como, uma análise técnico-comercial acerca das melhorias observadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta uma imagem das bombas centrífugas. Em (a) é mostrado uma bomba centrífuga convencional e em (b) um com tanque acoplado.



Figura 1 – Bombas centrífugas.

O objeto deste estudo serão duas bombas de cada tipo:

- bomba centrífuga convencional: BCC1 e BCC2; e
- bomba centrífuga com tanque acoplado: BTA1 e BTA2.

Tabela 1 – Valores de corrente [A] e Tensão [V] medidos, e potência [W] consumida calculada antes das intervenções.

| Equipamento | Corrente [A] |        |        | Tensão [V] |        |        | Potência [W] |
|-------------|--------------|--------|--------|------------|--------|--------|--------------|
|             | Fase 1       | Fase 2 | Fase 3 | Fase 1     | Fase 2 | Fase 3 |              |
| BCC1        | 14,1         | 14,1   | 14,7   | 460,0      | 463,0  | 461,0  | 6597,1       |
| BCC2        | 7,4          | 7,4    | 7,6    | 461,0      | 464,0  | 463,0  | 3454,6       |
| BTA1        | 3,8          | 4,0    | 3,9    | 459,0      | 461,0  | 458,0  | 1791,4       |
| BTA2        | 18,4         | 18,1   | 18,1   | 463,0      | 460,0  | 464,0  | 8414,5       |

Para a determinação da potência consumida pelos equipamentos foi realizada a medição da corrente em cada uma das fases de ligação do motor (três fases no total) com o

equipamento em funcionamento e carregado. Os valores medidos e a determinação da potência consumida antes das intervenções são observados na tabela 1.

Quanto as aplicações de melhorias nos equipamentos, inicialmente foi aplicado o primeiro pilar do TPM realizando melhorias individuais em cada um dos equipamentos. As melhorias incluíram: desmontagem completa dos equipamentos e limpeza; pintura dos equipamentos, devolvendo as condições originais; substituição de rolamentos; substituição das graxas das bombas e motores; e rejuvenescimento dos motores elétricos, incluído substituição dos rolamentos das tampas, jateamento e pintura geral, substituição do verniz do bobinado ou substituição do bobinado, balanceamento.

Após a aplicação das melhorias realizadas, descritas e ilustradas na seção anterior, iniciou-se o processo da promoção da manutenção autônoma, que consiste principalmente em: treinamento dos operadores; criação de um plano de inspeção dos equipamentos; e criação de um cronograma de lubrificação, identificando periodicidade, quantidade e tipo de lubrificante a ser utilizado, criando um padrão de cores, utilizando este padrão para identificação da graxa.

A necessidade de inspeção e lubrificação foram adicionadas, respeitando a periodicidade estabelecida pelo fabricante, em um controle já existente no qual são listadas as tarefas dos funcionários em determinado turno que estejam trabalhando. Para facilitar o processo de inspeção e lubrificação elaboraram-se manuais descritivos fotográficos e procedimentos de trabalho padrão simples para servir como orientador visual da tarefa. Estes procedimentos foram plastificados e fixados próximos aos equipamentos. A Figura 2 apresenta em (c) o procedimento de lubrificação utilizado como guia para a lubrificação do equipamento BCC2 e em Figura (a) exemplifica o procedimento de inspeção, utilizado na inspeção do equipamento BTA2.

Observa-se que a aplicação do TPM e criação dos manuais demonstrativos se estendeu aos demais equipamentos do setor. Abaixo é apresentado, na Figura 2 em (b) uma bomba centrífuga que é utilizada para bombear água.

Observa-se que foi utilizado um dispositivo de vidro que serve como indicador visual do nível de óleo e qualidade do mesmo. Onde este tipo de dispositivo visual

foi instalado, foi também utilizado sinais coloridos para indicar o nível máximo e mínimo de lubrificante a ser utilizado.

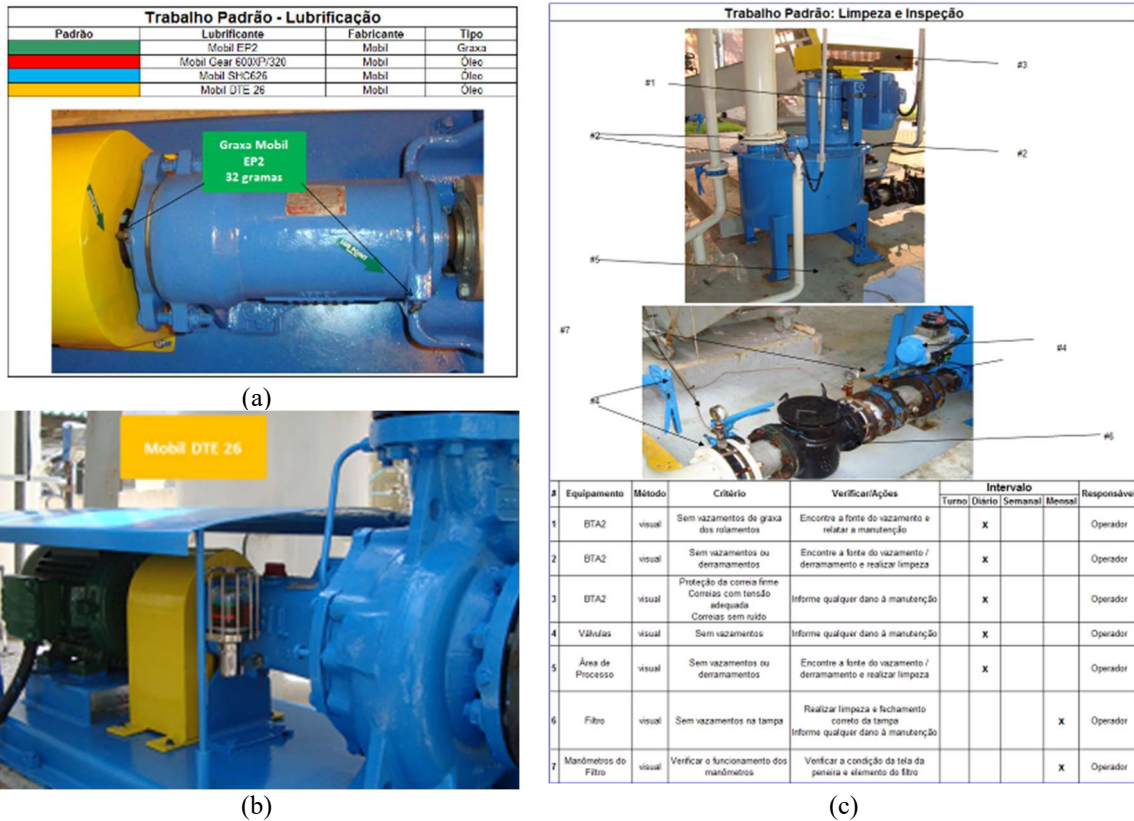


Figura 2 – Melhorias realizadas.

Após a realização das melhorias localizadas, que envolveram a manutenção aplicada e resgate dos equipamentos a condições de novos, e a criação de um plano de manutenção preventivo envolvendo principalmente lubrificação, foi realizado medição dos consumos dos equipamentos, seguindo a metodologia anteriormente apresentada na seção 5.3.2. Os resultados de consumo são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Valores de corrente [A] e Tensão [V] medidos, e potência [W] consumida calculada após melhorias.

| Equipamento | Corrente [A] |        |        | Tensão [V] |        |        | Potência [W] |
|-------------|--------------|--------|--------|------------|--------|--------|--------------|
|             | Fase 1       | Fase 2 | Fase 3 | Fase 1     | Fase 2 | Fase 3 |              |
| BCC1        | 10,9         | 11,1   | 10,7   | 460,0      | 463,0  | 461,0  | 5028,5       |
| BCC2        | 5,5          | 5,6    | 5,5    | 461,0      | 464,0  | 463,0  | 2560,1       |
| BTA1        | 2,7          | 2,7    | 2,7    | 459,0      | 461,0  | 458,0  | 1240,2       |
| BTA2        | 15,0         | 14,8   | 14,9   | 463,0      | 460,0  | 464,0  | 6888,8       |

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, com a realização dos objetivos propostos, que a manutenção adequada de um motor elétrico e da máquina por ele acionada representa uma economia significativa de energia elétrica, e conseqüentemente recursos financeiros. A partir das observações realizadas e da análise das falhas dos equipamentos, obtidas através de consulta ao histórico de manutenções, pode-se concluir que uma das principais causas de falhas dos equipamentos é dada pela lubrificação deficiente. Falta de lubrificação ou excesso são igualmente prejudiciais ao equipamento, e reduzem a sua vida útil, além de requererem um tempo maior de equipamento parado para uma possível manutenção corretiva. Também foi constatado que a falta de inspeção, mesmo que visual ou audível, contribui para que os problemas não sejam detectados tão logo apareçam.

A utilização de TPM torna-se uma abordagem inovadora para o processo de manutenção, a fim de otimizar a disponibilidade dos equipamentos, eliminando as paradas não programadas e promovendo a manutenção autônoma pelo operador através de atividades do dia a dia. A utilização de indicadores visuais torna o processo de implantação da manutenção autônoma do operador facilitada. Os indicadores de lubrificação e os guias de lubrificação e cuidados são autoexplicativos e facilitam o processo de identificação de pontos de lubrificação, lubrificante, quantidade, e frequência indicada, e pontos específicos a serem observados no equipamento (inspeções visuais, audíveis, etc.).

Neste trabalho procurou-se realizar um estudo introdutório a respeito de economia de energia elétrica em sistemas de bombeamento instalados na indústria de celulose e papel. Porém é importante salientar que, embora os resultados obtidos sejam positivos, este estudo pode ser aprofundado. Recomenda-se realizar este aprofundamento realizando a avaliação dos equipamentos utilizando a inversores de frequência ou soft starters, redimensionamento de motores a fim de utilizar o equipamento próximo da sua capacidade, e avaliar o que estas aplicações trariam de redução do consumo de energia elétrica. Também é importante fazer a verificação periódica da potência nos equipamentos foco deste trabalho, a fim de verificar a evolução do consumo energético.

## REFERÊNCIAS

BARTZ, Teonas. **Avaliação do Desempenho Organizacional Através da Implantação da Manutenção Produtiva Total**. UFSM, 2011. Tese de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

CHUFFA, Priscila. 1º Semana de Celulose e Papel de Três Lagoas (Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel). **Eficiência Energética – Conceituação e Aplicação em Indústrias - Case Lwarcel**. Três Lagoas, 2013.

FERRAZ, Álvaro J. V. Braga. **Influência da Manutenção nos Consumos Energéticos de Sistemas de AVAC**. FEUP: Porto, 2009. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Mestrado integrado em Engenharia Mecânica.

KARDEC, Alan. RIBEIRO, Haroldo. **Gestão Estratégica da Manutenção e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MONCHY, F. **A Função Manutenção – Formação para Gerencia da Manutenção Industrial**. São Paulo: Ed. Durban, 1989.

RIBEIRO, Haroldo. **Desmistificando O TPM: Como Implantar o TPM em Empresas fora do Japão**. São Paulo: Editora PDCA, 2010.

SEELING, Marcelo Xavier. **Desenvolvimento de um Sistema de Gestão da Manutenção em uma Empresa de Alimentos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. Tese de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization. **Energy efficiency in electric motor systems: Technical potentials and policy approaches for developing countries**. Viena, 2011. Disponível em: <[http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Research\\_and\\_Statistics/WP112011\\_Ebook.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Research_and_Statistics/WP112011_Ebook.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2023.

WEG Motores Ltda. **Instruções para Instalação de Motores Elétricos**. 2007.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG, 2004.