

ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DAS BOMBAS DE SELAGEM POR EXPELIDORES MECÂNICOS VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

João Marcos Bruno Vilela¹;
Orientador: Mauro Luiz Begnini
¹ Universidade de Uberaba - UNIUBE
marcosjbruno@hotmail.com

Resumo

Este estudo apresenta uma proposta da implantação de um selo centrífugo (expelidor) mecânico aplicado em bombas centrífugas de polpa de minério. Afim de reduzir o consumo de água e de energia elétrica, o selo centrífugo é aplicado em bombas de polpa que utilizam da água de selagem para fazer a retenção do material, na voluta da bomba. Dessa forma o uso de água no processo tende a ser minimizado senão eliminado, e por consequência, a utilidade das bombas de selagem passam a ser nulas, retirando assim um ativo do sistema de manutenção e confiabilidade. Ao final, após a implantação e monitoramento desse projeto espera-se obter como resultado uma redução no consumo de água superior a 3%, além de uma economia real no consumo energético á partir de 100MWh/mês.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Mineração. Bombas Centrífugas. Indústria.

1 Introdução

A indústria da mineração desempenha um papel crucial na economia global, pois dela extraímos a matéria prima para a aplicação nas mais diversas áreas impulsionando o crescimento e fornecendo bens essenciais à sociedade. No entanto, essa atividade industrial em muitas das vezes vem acompanhada de um alto consumo de energia, o que pode resultar em impactos ambientais significativos e custos elevados para as empresas e seus processos. Conforme definição da Organização das Nações Unidas (ONU), entende-se a mineração como a extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural, podendo ser sólido, como carvão e metais; líquido, como petróleo bruto; e gasoso, como o gás natural (DNPM-PE, 2020).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem-se a eficiência energética como a capacidade de gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia. Em outras palavras pode-se dizer que eficiência energética é a capacidade de produzir

mais com menos energia, maximizando o uso de recursos e minimizando desperdícios. Este é um objetivo multifacetado que abrange desde a otimização dos processos de produção até a implementação de tecnologias mais eficientes e a mudança de mentalidade organizacional (IBRAM, 2020).

Arelada a eficiência energética no âmbito industrial encontra-se a uso consciente de água, dado que a água é um recurso finito, e ao adotar medidas de economia de água, as indústrias contribuem para a conservação dos recursos hídricos, garantindo que haja água suficiente para as gerações presentes e futuras (ANA, 2022).

Internamente, onde através do uso de bombas centrífugas, por exemplo, a indústria destina a água a diversos departamentos, sendo empregada desde o consumo pessoal ao uso em processos fabris, como o uso para selagem de polpa de minério (RIJEZA, 2022).

Este trabalho teve como objetivo traçar a relação entre a economia de água no processo de bombeamento de polpa de minério com o uso de água para a selagem dos mesmos aplicando o uso de um selo centrífugo, podendo assim eliminar o uso de motores elétricos e por consequência a redução do consumo energético. Buscando entender como as estratégias de consumo de água podem afetar diretamente a eficiência energética do complexo de mineração, bem como identificar oportunidades para integrar a gestão eficiente de energia e água visando a sustentabilidade e a otimização dos recursos.

2 Desenvolvimento

As bombas centrífugas, também conhecidas como bombas dinâmicas rotativas radiais são caracterizadas pela capacidade de produzir altos valores de pressão com moderados valores de vazão, sendo elas constituídas por duas partes essenciais, identificadas na Figura 1 o rotor ao qual encontra-se ligado ao motor por meio de um eixo composto por palhetas que fazem a transferência suave da energia do motor ao material que está sendo bombeado e a voluta.

Figura 1 – Vista em Corte Bomba Centrífuga.

Fonte: Watertec, Adaptado.

Dentre as mais vastas aplicações, para o objetivo desse artigo serão citadas duas aplicações:

- Bomba de Selagem à Água:

Esse modelo de bomba de selagem, mostrado na Figura 2, utiliza água como meio de vedação para prevenir a entrada de ar e a saída de fluido.

Figura 2 – Bomba de Selagem.

Fonte: Acervo do Autor.

Seu funcionamento é bastante direto, sendo por meio de um motor que aciona um rotor. Este rotor, por sua vez, movimenta as pás da bomba, criando um vácuo que suga a água e a impulsiona para fora da bomba. A água é injetada na bomba para criar uma vedação preenchendo qualquer espaço que possa permitir a passagem de ar ou fluido.

- Bomba de Polpa de Minério:

Assim como bomba de selagem, a bomba de polpa de minério, representada pela Figura 3 é um tipo de bomba centrífuga robusta, utilizada na transferência de fluidos, geralmente água, contendo sólidos em suspensão, no caso, o transporte de minerais, sendo capaz de lidar com materiais altamente abrasivos e corrosivos (RIJEZA, 2022).

Figura 3 – Bomba de Polpa de Minério.

Fonte: Acervo do Autor.

Seu funcionamento baseia-se por meio de um motor que aciona um rotor. Este rotor, por sua vez, movimenta as pás da bomba, criando um vácuo que suga a polpa de minério e a impulsiona para fora da bomba.

A caixa de gaxetas é o principal dispositivo de vedação utilizado nesse tipo de bomba, que quando submetidas à ajustagem por meio de compressão, se adaptam ao diâmetro do eixo ou da luva. A presença de elementos abrasivos nas gaxetas, geralmente provenientes do fluido a ser bombeado, formam um elemento de desgaste para o eixo semelhante ao polimento (WEIR, 2020).

2.1. Sistemas de selagem:

As selagens se localizam em um alojamento na parte traseira do equipamento chamada de câmara de gaxetas (sistema “full flow” e “low flow”) e no anel do expeller (caso de vedação dinâmica). (METSO, 2022).

Existem 3 tipos de vedações possíveis em bombas:

- Selagem por Injeção de Água:

Comumente usado em bombas de água. A água é injetada na bomba para criar uma vedação que impede a entrada de ar e a saída de líquido atuando como um meio de vedação, preenchendo qualquer espaço que possa permitir a passagem de ar ou líquido. Tal maneira de vedação é eficaz,

entretanto, pode resultar em desperdício de água caso a bomba estiver constantemente em uso (PH BOMBAS, 2021).

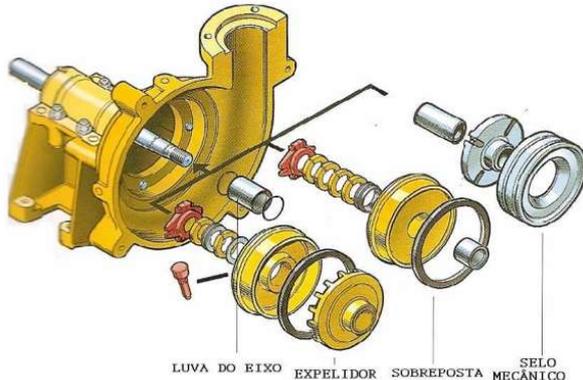
- Selagem Centrífuga:

Através do princípio da força centrífuga é gerada um movimento rotativo pela bomba para criar uma vedação. Quando a bomba está em funcionamento, a força centrífuga empurra o líquido para longe do centro, criando uma vedação que impede a entrada de ar. É considerada uma forma eficiente e não requer água ou qualquer outro meio de vedação, tornando-o ideal para aplicações onde a conservação de água é importante (WEIR, 2002).

- Selagem Mecânica:

Um dos métodos mais comum de vedação em bombas. A vedação mecânica consiste em duas faces, uma fixa e outra rotativa, que deslizam uma contra a outra para formar uma vedação. As faces são mantidas juntas por uma combinação de força mecânica e pressão do fluido, criando uma vedação eficaz que impede a passagem de líquido. Este método é altamente eficaz e durável, mas pode exigir manutenção regular para garantir que as faces da vedação não se desgastem. A Figura 4 sintetiza os três sistemas de vedação da bomba.

Figura 4 - Sistemas de vedação de eixo.



Fonte: WEIR, 2002.

2.2. Desperdícios durante o processo

No decorrer do processo, as bombas de selagem podem resultar em contratempos que podem minimizar ou até mesmo provocar a parada de polpa através de:

Vazamentos e conseqüentemente perdas de água caso as bombas de selagem à água não estiverem devidamente instaladas, ajustadas ou mantidas, podem ocorrer ao longo do sistema de vedação. Esses vazamentos, como mostrado em detalhe na Figura 5, não apenas representam uma perda de recursos hídricos, mas também resultam em custos adicionais de tratamento de água e recirculação da água no processo.

Figura 5 – Vazamento de Água Utilizada para Selagem.



Fonte: Acervo do Autor.

Consumo excessivo de energia quando mal dimensionadas ou operando com eficiência reduzida podem consumir mais energia do que o necessário para realizar suas funções, aumentando assim os custos operacionais e também contribuindo para o desperdício de recursos energéticos e emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de eletricidade.

Principais Causas de Vazamento em Sistemas de Vedação (METSU, 2022, adaptado):

- Desgaste excessivo do revestimento traseiro (placa traseira): Quando a placa traseira está muito desgastada, pode ocorrer vazamento.
- Defeito no retentor de vedação na caixa de gaxeta no sistema "full flow": Problemas no retentor de vedação podem levar a vazamentos em sistemas de fluxo total.
- Desgaste do anel lanterna: O anel lanterna desgastado pode comprometer a vedação e causar vazamentos.
- Desgaste excessivo na luva do eixo: Se a luva do eixo estiver muito desgastada, pode haver vazamento.
- Baixa pressão/vazão de água de selagem: Quando a pressão ou vazão da água de selagem está abaixo do ideal, vazamentos podem ocorrer.
- Falta de ajuste das gaxetas: Gaxetas mal ajustadas não conseguem vedar

corretamente, resultando em vazamentos.

- Falha na montagem das gaxetas: Erros durante a montagem das gaxetas podem levar a vazamentos.
- Tempo de estocagem ou montagem sem girar o eixo: Se o eixo não for girado durante o armazenamento ou montagem, as gaxetas podem não funcionar adequadamente.
- Tempo de troca das gaxetas ultrapassado: Gaxetas antigas devem ser substituídas dentro do prazo recomendado para evitar vazamentos.
- Altura manométrica do tanque (no caso de selagem dinâmica): Em sistemas de selagem dinâmica, a altura manométrica do tanque deve ser considerada para evitar vazamentos.
- Desgaste prematuro quando submetidas a condições de operação severas sem uma manutenção preventiva, podendo seu desempenho e vida útil serem comprometidos levando a falhas prematuras, necessidade de reparos frequentes e substituição antecipada de equipamentos, aumentando os custos de manutenção e desperdício de recursos.

Além desses podemos citar como consequências:

A perda ou redução da produção dada a redução significativa na saída da polpa acabada conforme mostrada na Figura 6, resultando em atrasos nas entregas, perda de receita e impacto na reputação da empresa.

Figura 6 – Vazamento de Polpa de Minério.



Fonte: Acervo do Autor.

A interrupção da produção devido a bomba de selagem parada, e por consequência a suspensão da bomba de polpa gera custos adicionais, incluindo o pagamento de horas extras para compensar o tempo perdido, despesas de reparo ou substituição do equipamento danificado e custos de expedição de emergência para atender a demanda.

Desperdício de matéria-prima, se a produção for interrompida durante o bombeamento, pode ocorrer desperdício de polpa, dado que não haverá mais água para continuar com a selagem da bomba de polpa.

O tempo de ciclo total do processo de produção pode aumentar quando com a parada. Afetando o planejamento da produção, a eficiência operacional e a capacidade ao atendimento aos prazos de entrega.

2.3. Selo Centrífugo.

O “expeller” ou expelidor é, na verdade, um rotor secundário posicionado atrás do rotor principal, alojado em sua própria câmara de selagem, próximo à carcaça principal da bomba. Funcionando em conjunto com o eixo, o expelidor gera uma força interna que impede a passagem do material, mantendo-o dentro da carcaça e evitando o retorno do material pelas gaxetas. Desta forma, protege o eixo e demais componentes que compõem o sistema de vedação, assegurando uma selagem seca. Essa selagem é conseguida porque a pressão total produzida pelo movimento do expelidor é maior que a pressão produzida pelo rotor principal, mantendo o material longe do sistema de vedação. (METSU, 2022).

3 Materiais e Métodos

O trabalho pode ser dividido em quatro partes, onde inicialmente, foi levantado a questão do constante desperdício tanto de polpa de minério já beneficiado, por ineficiência na pressão de selagem tanto pelo desperdício de água gerado pelas próprias bombas de selagem, realizado durante o mês de junho de 2023. Em seguida, um estudo foi levantado junto a uma empresa parceira especializada, buscando identificar quais bombas possuem as características de grandezas de projetos que as tornam viáveis para a aplicação, período de julho a agosto de 2023.

Após isso, foram criados projetos buscando a viabilidade de implantação do novo equipamento, o selo centrífugo. Por fim, com os valores necessários “em mão”, é confeccionado um selo centrífugo ao qual atenderá o sistema de bombeamento de polpa de minério em seu pleno desempenho, podendo assim eliminar o uso das bombas de selagem a água.

3.1. Identificação das Bombas Ideais

No decorrer dessa etapa, foram levantados in loco quais bombas de polpa seriam ideais e poderiam atender ao propósito da instalação do selo centrífugo, sendo:

- Altura dos tanques de polpa de minério de todas as bombas selecionadas;
- Volume máximo dos tanques de polpa de minério;
- Dados da polpa: granulometria, concentração sólidos;
- Velocidade nominal de trabalho, em RPM, da bomba de polpa;
- Opera por meio de um elemento de transmissão de potência/velocidade. Ex: Redutor, Inversor de Frequência, Variador Hidráulico, etc.

3.2. Levantamento das Características de cada Bombas De Selagem.

A seguir representados nos Quadros 1, 2, 3 e 4 são apresentados os parâmetros de cada bomba de selagem.

Quadro 1 – Dados de Placa Bomba de Selagem de 20Cv.

POTÊNCIA (CV)	20
FABRICANTE	WEG
RPM	3540
Nº PÓLOS	2 PÓLOS
CARCAÇA	160M
In(A)	25,2
TENSÃO	440
FS	1.15
IP	55
FP	0.86
CAT	N
REND.	91
IP/IN	7.5
ISOL	B

Fonte: Autor.

Quadro 2 – Dados de Placa Bomba de Selagem de 25Cv.

POTÊNCIA (CV)	25
FABRICANTE	WEG
RPM	3540
Nº PÓLOS	2 PÓLOS
CARCAÇA	160M
In(A)	25,2
TENSÃO	440

FS	1.15
IP	55
FP	0.86
CAT	N
REND.	91
IP/IN	7.5
ISOL	B

Fonte: Autor.

Quadro 3 – Dados de Placa Bomba de Selagem de 30Cv.

POTÊNCIA (CV)	30
FABRICANTE	WEG
RPM	3540
Nº PÓLOS	2 PÓLOS
CARCAÇA	160L
In(A)	25,2
TENSÃO	440
FS	1.15
IP	55
FP	0.88
CAT	N
REND.	89
IP/IN	7.8
ISOL	B

Fonte: Autor.

Quadro 4 – Dados de Placa Bomba de Selagem de 40Cv.

POTÊNCIA (CV)	40
FABRICANTE	WEG
RPM	3540
Nº PÓLOS	2 PÓLOS
CARCAÇA	200M
In(A)	48,8
TENSÃO	440
FS	1,15
IP	55
FP	0.88
CAT	N
REND.	91,7
IP/IN	6,5
ISOL	F

Fonte: Autor.

4 Resultados

Após percorrer cada instalação ao qual utiliza-se da selagem a água, identificou-se a

possibilidade de instalação do selo mecânico em 9 bombas de polpa de minério, mostrados no Quadro 5, que atendem aos requisitos citados no tópico 3.1 desse artigo:

Quadro 5 – Bombas selecionadas.

TAG	Potência e Rotação		
		Potência	
14.23.30	Potência	800	CV
	Rotação	582	RPM
14.23.88	Potência	700	CV
	Rotação	1190	RPM
14.23.05	Potência	500	CV
	Rotação	375	RPM
14.23.04	Potência	600	CV
	Rotação	404	RPM
14.23.50	Potência	700	CV
	Rotação	1189	RPM
14.23.51	Potência	700	CV
	Rotação	1189	RPM
14.23.18	Potência	500	CV
	Rotação	1189	RPM
13.23.01	Potência	500	CV
	Rotação	1191	RPM
13.23.02	Potência	710	CV
	Rotação	1191	RPM

Fonte: Autor.

5 Discussão

Com base nos estudos realizados, as medidas implementadas proporcionarão uma redução no consumo hídrico de 4,5% de água por ano. Arelado ao consumo de água, a economia energética também acompanhará com uma redução estimada entre 101,67 a 198,72 MW/mês. A eficiência energética demonstra o impacto positivo, não apenas em termos de redução de custos, mas também na diminuição da pegada de carbono.

Destaca-se, também, uma redução de 8 horas no tempo de manutenção de cada bomba de selagem, incrementando assim, a eficiência operacional e a redução dos custos associados à manutenção, permitindo uma alocação mais eficaz dos recursos em outras áreas do processo.

Por fim, a economia financeira gerada através da eliminação de aquisição de motores elétricos será de R\$126.734,93.

6 Conclusão

Os resultados empíricos apresentados neste estudo de caso corroboram de forma abrangente a

eficácia das medidas adotadas para promover a eficiência energética, a conservação de recursos hídricos e a otimização dos recursos humanos, além da redução de ativos no ambiente industrial. A análise quantitativa revelou uma redução no consumo de energia após a implementação das tecnologias do selo centrífugo, além das práticas operacionais otimizadas, demonstrando tratativas de redução nos custos de produção.

Ademais, os resultados obtidos com a aplicação de estratégias de conservação de água refletem como uma parcela como parte da integração do sistema de reuso de água já existente além da implementação de práticas de reciclagem demonstraram ser medidas eficazes na mitigação do impacto ambiental da planta industrial.

A redução na quantidade de Homem/Hora necessária para operar as instalações industriais e a otimização dos ativos em funcionamento foram atestadas pelos dados analisados. Através das tecnologias avançadas de monitoramento e controle, resultou em uma maior eficiência operacional, melhorando não apenas a produtividade, mas também a segurança no local de trabalho e a qualidade dos produtos finais.

A integração de práticas sustentáveis não apenas aumenta a resiliência da indústria em face aos desafios ambientais e econômicos, mas também contribui para a construção de uma economia mais verde e resiliente. Essas conclusões têm implicações significativas para a gestão estratégica de recursos em plantas industriais, incentivando a adoção de medidas proativas para promover a eficiência energética, a conservação de água e a otimização de recursos em toda a cadeia produtiva.

Referências

Arquivo de fornecedor de bombas centrífugas KSB. Disponível em: <<https://www.watertec.com.br/blog/tag/fornecedor-de-bombas-centrifugas-ksb/>>. Acesso em: 9 jun. 2024.

CARVALHO, D.F. Instalações Elevatórias: Bombas. 6.ed. Belo Horizonte: FUMARC, 1999.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica>>.

INDUSTRIAIS, S. BOMBA CENTRÍFUGA - Soluções Industriais. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/bomba-centrifuga>>. Acesso em: 9 jun. 2024.

LUÍS, D. et al. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/327044775.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2024.

Service Tips: Vedação para bombas de polpa.
Disponível em:
<<https://www.metso.com/pt/insights/blog/mineraca>

o-e-metais/service-tips-vedacao-para-bombas-de-polpa/#:~:text=O%20selo%20centr>. Acesso em: 9 jun. 2024.