

DETERMINAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PARA SUBSTITUIR O CONJUNTO SEDE/VÁLVULAS E AUMENTAR A DISPONIBILIDADE FÍSICA DAS BOMBAS

Rafael Ribeiro Gomes¹
Wederson Duarte Da Cruz²
Mateus Zanirate de Miranda³
Michel Pedrosa Machado⁴
Fabricio Souza Santos⁵
Pedro Genuíno de Santana Júnior⁶
Renata Pessoa Bifano⁷

renatabifano2008@gmail.com

ÁREA DO CONHECIMENTO: Engenharias

RESUMO

A manutenção ocupa uma importante função no aumento da eficiência da produção, disponibilizando recursos e está diretamente relacionada ao rendimento deste processo. Trata-se de um conjunto de procedimentos que garantem maior qualidade e garantia de desempenho dos ativos de uma empresa. A concorrência entre as organizações, para atender cada vez melhor o cliente, obriga as empresas a estarem sempre aprimorando seus processos produtivos para garantir maior eficiência na produção, sem que haja desperdício de matéria prima. O presente trabalho teve o objetivo de definir através de um estudo de confiabilidade qual a melhor estratégia para efetuar a substituição do conjunto sede/válvula, se é através de uma manutenção corretiva ou preventiva. Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa e retrospectiva, onde o recorte temporal utilizado para realização do estudo foi a partir de dados de julho 2019 a junho 2020. As variáveis que foram trabalhadas são: número de paradas das bombas, tempo e motivo de cada parada. Os dados obtidos serão processados estatisticamente através do software Reliasoft® partindo do princípio que atualmente não existe uma estratégia de manutenção baseada em confiabilidade para os conjuntos sede de válvulas. O papel estratégico da manutenção hoje é buscar a eficácia em suas manutenções a fim aumentar a disponibilidade dos equipamentos e aumento da produção com o menor custo possível. Avaliando os resultados encontrados, conclui-se que, para este componente, melhor estratégia para a empresa apresentada é a troca do conjunto sede/válvulas em manutenção corretiva, estratégia que após o resultado do trabalho será aplicada em EB2.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção, Mineroduto, Bombas Deslocamento Positivo.

¹ Graduado em Engenharia Mecânica - Universitário Vértice-UNIVÉRTIX-Matipó.

² Graduado em Engenharia Mecânica - Universitário Vértice-UNIVÉRTIX-Matipó.

³ Professor do Centro Universitário Vértice - Univértix

⁴ Professor do Centro Universitário Vértice - Univértix

⁵ Professor do Centro Universitário Vértice - Univértix

⁶ Professor do Centro Universitário Vértice - Univértix

⁷ Professora do Centro Universitário Vértice - Univértix

INTRODUÇÃO

A manutenção ocupa uma importante função no aumento da eficiência da produção, disponibilizando recursos e está diretamente relacionada ao rendimento deste processo. Trata-se de um conjunto de procedimentos que garantem maior qualidade e garantia de desempenho dos ativos de uma empresa (SOARES, 2021).

Segundo a norma NBR 5462/1994, termo manutenção tem grande importância para as empresas, pois são admitidas várias técnicas e ações a fim de manter ou recolocar um equipamento em seu estado, para que possa desenvolver suas funções. Dessa forma, a manutenção ocupa um papel crucial para o aumento da eficiência produtiva, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com segurança e confiabilidade dentro dos custos almejados (XAVIER, 2005).

A concorrência entre as organizações, para atender cada vez melhor o cliente, obriga as empresas a estarem sempre aprimorando seus processos produtivos para garantir maior eficiência na produção sem que haja desperdício de matéria prima. Nesse contexto, a manutenção faz a prevenção de avarias, garantindo a produção de bens e serviços de alta qualidade, com baixo custo de produção (VIANA, 2002).

O mineroduto trata-se de padrão de fluxo de sólidos granulares misturados com um líquido, geralmente água, que funciona como meio de transporte. As polpas de minério de ferro são bombeadas com bombas de deslocamento positivo do tipo pistão (bombas dedicadas ao bombeamento de líquidos pesados e viscosos em altas pressões) e por estarem diretamente ligadas ao processo produtivo da empresa, devem estar sempre em perfeitas condições. Para isso, é interessante manter esses equipamentos bem mantidos, de forma eficiente evitando assim custos desnecessários (CHAVES, 2012).

Esse tipo de bomba apresenta grande número de peças de desgaste e necessita que esteja em perfeitas condições de operação, para garantir um alto nível de disponibilidade, com alta confiabilidade (ELETROBRÁS, 2009).

Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de definir, através de um estudo de confiabilidade, qual a melhor estratégia para efetuar a substituição do conjunto sede/válvula, se é através de uma manutenção corretiva ou preventiva.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um mineroduto é um duto que transporta minério, geralmente por longas distâncias, até o processamento final do material. São utilizados para transportar minério com o menor impacto ambiental em relação aos meios de transporte mais convencionais (FURST, 2018). O uso de dutos em seu formato atual, com tubos metálicos, hermeticamente fechados e mecanismos de bombeamento para acionamento de produtos como petróleo, gás e pastas de minério, surgiu em 1865 nos EUA. Hoje, eles representam um sistema de transporte seguro, que abrange cinco continentes e é essencial para a economia global (FOGLIATTI, 2004).

As bombas são classificadas como máquinas de fluxo, cuja função é efetuar o escoamento do fluido de um ponto a outro, através da conversão de energia. Nelas o trabalho mecânico é uma forma de energia em que o meio de operação é um fluido que interage com um elemento rotativo e não se encontra confinado. Além disso, segundo o autor o fluido de trabalho altera seu nível de energia após sofrer efeitos dinâmicos transferidos à medida que trespasa pela máquina (ANCINES, 2012).

As bombas hidrostáticas são caracterizadas pela transferência de energia na forma de energia de pressão. A variação da energia cinética é muito pequena e pode ser ignorada. Aumentar o limite de fluxo significa aumentar a pressão sem reduzir significativamente o fluxo, o que teoricamente, não tem limite de pressão superior e pode aproveitar a quantidade de energia (capacidade) "ilimitada". No entanto, para evitar danos físicos ao sistema hidráulico, a capacidade máxima é limitada pela válvula limitadora de pressão (LINSINGEN, 2001).

As situações em que são utilizados sistemas hidráulicos são as mais variadas, cada uma com sua exigência de carga, velocidade, precisão de posicionamento, tempo de resposta, dentre outros. Para atender a essas necessidades, foram projetados tipos diferentes de bombas, cada uma com características distintas (FONSECA, 2013).

Estas características são determinadas pelo princípio de movimento utilizado. Como tal, as bombas hidrostáticas são classificadas em bombas de deslocamento positivo de engrenagem, de palheta, de pistão e de parafuso. Bombas de pistão e de palhetas de deslocamento positivo podem ser construídas para permitir fluxo variável a uma taxa de rotação (ou velocidade) constante. As bombas construídas dessa maneira são chamadas de bombas deslocamento de transformação. Conforme Fonseca (2013), existem dois grupos de bombas de deslocamento positivo: as bombas rotativas e as bombas alternativas.

Já as bombas alternativas, modelo utilizado para transporte nessa empresa, são compostas basicamente de uma camisa de pistão, válvulas de descarga e sucção, válvulas essas que foram analisadas nesse trabalho, pistão ou diafragma de acordo com a forma construtiva (SANTOS, 2007). Na Figura 01 é mostrada uma bomba alternativa de pistão com diafragma, modelo GEHO TZPM 2000, do fabricante Weir Minerals Netherlands.

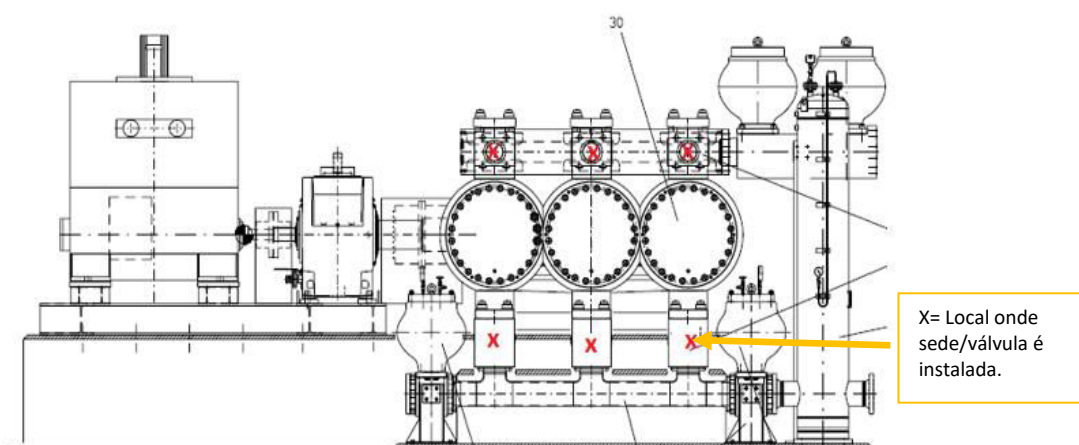


Figura 1: Desenho da bomba GEHO TPZM 2000.
Fonte: Adaptado de Weir (2006).

Segundo o manual da bomba GEHO TZPM 2000, os componentes que estão em contato direto com a polpa de minério de ferro são classificados como peças de desgaste, devem ser de fácil acesso para inspeção e reparação. Ainda segundo a WEIR (2006), as peças de desgaste - componentes sujeitos a trocas regulares - são as sede/válvulas de sucção e de descarga identificados na Figura 1.

A manutenção é formada por um conjunto de ações que ajudam no bom e correto funcionamento de um equipamento, também está relacionada com a conservação periódica, ou seja, com os cuidados e consertos que são feitos entre determinados períodos com o intuito de preservar, reparar ou repor algo que está estragado ou que não funciona corretamente, consertando para que volte a desenvolver a função requerida inicialmente (BENTO,2012).

Em geral, a diferença entre os tipos de manutenção está no propósito de cada ação. Isso porque a prevenção, como o nome sugere, é feita antes que ocorra um problema, enquanto o reparo é feito quando algo está impedindo o funcionamento da máquina ou do equipamento (BENTO,2012).

A manutenção preventiva é a manutenção realizada com o objetivo de prevenir problemas. Em geral, as intervenções planejadas são realizadas pela equipe de manutenção, evitando assim quebras de equipamentos e máquinas (KREMER E KOVALESK, 2008).

Sua principal vantagem é que, ajuda a minimizar a possibilidade de danos e desgastes, ao realizar esses procedimentos e verificações. Além disso, reduz custos associados à substituição de peças e componentes, e diminui riscos de parada, interrupção de máquinas de produção e causando grandes perdas.

Por outro lado, como a manutenção preventiva ocorre mesmo quando não há danos nos equipamentos, às vezes, possível que um gerente incorra em custos desnecessários (KREMER E KOVALESK, 2008).

A manutenção corretiva é encontrar maneiras de reparar problemas ou danos que os elementos já possuem. Como resultado, trata-se de uma manutenção não programada e, na maioria das vezes, envolve ações mais drásticas, como a substituição de peças e componentes danificados ou desgastados (COSTA, 2021).

Se realizada sem planejamento, essa manutenção gera custos elevados para as empresas e pode afetar a capacidade de produção, entregas e lucros mensais. No entanto, a manutenção corretiva, muitas vezes, pode ser evitada com a manutenção preditiva (COSTA, 2021).

A manutenção preditiva funciona como a manutenção preventiva. O que as separa é a forma como as ações são codificadas. No trabalho preventivo, o

programa de ação é baseado em etapas sem avaliar a estrutura e condição das máquinas (COSTA, 2021).

No caso de previsão, as ações de manutenção baseiam-se na inspeção sistemática e na observação regular de alterações de parâmetros ou condições de operação de máquinas e equipamentos. Cada uma de suas máquinas e equipamentos é analisado regularmente e as atividades de manutenção são realizadas apenas quando necessário, por exemplo, em caso de desgaste, especificação de nível inferior de lubrificante, entre outros (COSTA, 2021).

Portanto, a manutenção preditiva pode determinar o momento certo para realizar determinada ação, para evitar que equipamentos danificados prejudiquem sua operação e retardem as ações de manutenção corretiva. É por isso que é a ação que mais economiza recursos da empresa, pois as ações acontecem na hora certa, sem consumir recursos desnecessários (COSTA, 2021).

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa e retrospectiva.

A pesquisa foi desenvolvida através de dados em uma empresa de mineração da Zona da Mata Mineira. A referida empresa é uma organização global diversificada de mineração. Ela é responsável pela produção de minério de ferro, manganês, carvão, cobre, níquel, platina e diamante. Sua sede está localizada em Londres, Reino Unido, e seu escritório corporativo está situado no Brasil, em Belo Horizonte, Minas Gerais. A empresa possui operações na África do Sul, Chile, Canadá, Austrália e no Brasil.

O recorte temporal utilizado para realização do estudo foi a partir de dados de julho 2019 a junho 2020. Aos dados obtidos foi garantido sigilo e confidencialidade, sendo utilizados apenas para fins de pesquisa.

As informações que foram processadas neste estudo são referentes a válvulas aplicadas na estação de bombas 2 (EB2). A partir de dados fornecidos pela referida empresa, observou-se que o maior número de paradas ocorreu para intervir no conjunto sede/válvula das bombas.

As bombas de deslocamento positivo utilizadas nesse meio de transporte são as alternativas. Essas possuem relação inversa entre vazão e pressão, ou seja, quanto maior for a pressão gerada na câmara, menor será a vazão da bomba. Por ter essa característica, essas bombas são usadas em deslocamento de fluido viscosos (SANTOS,2007).

As variáveis que foram trabalhadas são: número de paradas das bombas, tempo e motivo de cada parada. Os dados obtidos serão processados estatisticamente através do software Reliasoft®.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação realizada com base em dados coletados das válvulas aplicadas na estação de bombas 2 (EB2), processada estatisticamente através do software *Reliasoft®*, parte do princípio que atualmente não existe uma estratégia de manutenção baseada em confiabilidade para os conjuntos sede de válvulas.

Em relação ao tempo de parada das bombas, as falhas no conjunto sede/válvulas deixaram o equipamento mais tempo parado (18,95%) conforme Figura 2.



Figura 2: Tempo de bomba parada.

Fonte: Dados da empresa.

Quando avaliado o total de paradas ficou evidente que o conjunto sede/válvula também apresentou destaque (25,29%) em relação ao número de vezes que as bombas ficaram paradas (Figura 3).

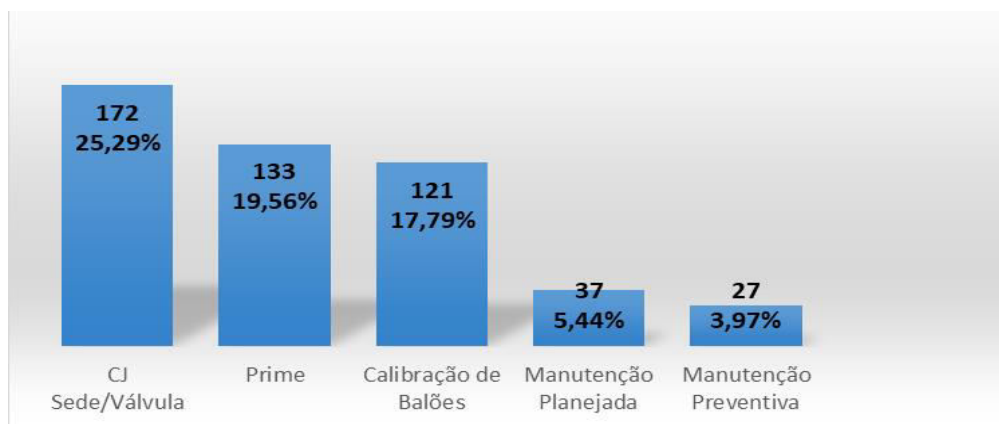


Figura 3: Número de parada de bomba

Fonte: Dados da empresa.

Na figura 02 e 03, o termo manutenção planejada é a forma como o operador da sala de controle imputa no sistema, ou seja, quando o equipamento é parado por qualquer motivo e essa atividade está programada, eles lançam no sistema como manutenção planejada.

Nesse contexto, tem-se como problema a falta de estratégia de manutenção baseada em confiabilidade para manutenções nas válvulas instaladas nas bombas principais do mineroduto.

Segundo Motta (2001), o tempo ótimo de manutenção ressalta o papel estratégico que a manutenção deve desempenhar, no qual a receita para as empresas depende diretamente da disponibilidade de seus equipamentos. Este modelo implicará na mudança de paradigma da eficiência para o da eficácia, isto é, priorizará a busca de disponibilidade dos equipamentos, com segurança e custos adequados, procurando efetuar um reparo rápido e bem executado.

Para a avaliação da viabilidade foram utilizadas as variáveis apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Variáveis coletadas para análise

Manutenção Corretiva	
Tempo total de troca de 1 válvula	2 horas

Manutenção Preventiva por oportunidade	
Aguarda a falha de uma das válvulas do conjunto para trocar preventivamente as outras duas;	
Tempo total para troca de 3 válvulas, sendo uma corretiva e as outras 2 preventivas	2,9 horas
Valores	
Custo do conjunto sede de válvula	R\$13.000,00
Preço do minério	US\$90,00
US\$1,00	R\$ 5,00
Dados operacionais baseados no projeto	
Vazão máxima da estação EB2	2105 m ³ /h
Vazão mínima da estação EB2	1850 m ³ /h
Porcentagem de sólido	71%
Densidade	2,31 t/m ³

Fonte: Dados da empresa.

No Quadro 2 é apresentado o resultado da simulação corretiva no qual foi considerado um tempo disponível de 8760 horas ano por equipamento, e a estação de bombas 2 (EB2) é composta por 10 bombas.

Quadro 2: Resultados da Simulação Corretiva – Manutenção Corretiva Geral do Sistema

Geral	
Tempo Disponível (h)	8759,04
Tempo Indisponível Total (h)	0,96
Resumo de Custo	
Custo Total	
Custo Total do Sistema	R\$ 5.435.053,00
Quantidade de válvulas trocadas	418
Resumo da Análise de Produção	
Produção	
Produção Total	30,236 Milhões
Unidades da Produção	
Capacidade Máxima	30,239 Milhões
Utilização Real	99,99%

Fonte: Dados da empresa.

No Quadro 3 é apresentado o resultado da simulação preventiva por oportunidade e manteve as considerações do Quadro 2.

Quadro 3: Resultados da Simulação Preventiva – Manutenção Preventiva Geral do Sistema

Geral	
Tempo Disponível (h)	8705,38
Tempo Indisponível Total (h)	54,62
Resumo de Custo	

Custo Total	
Custo Total do Sistema	R\$ 7.854.002,00
Quantidade de válvulas trocadas	604
Produção	
Produção Total	30,048 Milhões
Unidades da Produção	
Capacidade Máxima	30,239 Milhões
Utilização Real	99,37%

Fonte: Dados da empresa.

A Figura 4 é a projeção de custos no período de cinco anos com base nos resultados do Quadro 2 e Quadro 3. Está nítido que há uma diferença significativa entre o custo total em manutenção preventiva (linha vermelha) e em manutenção corretiva (linha verde).

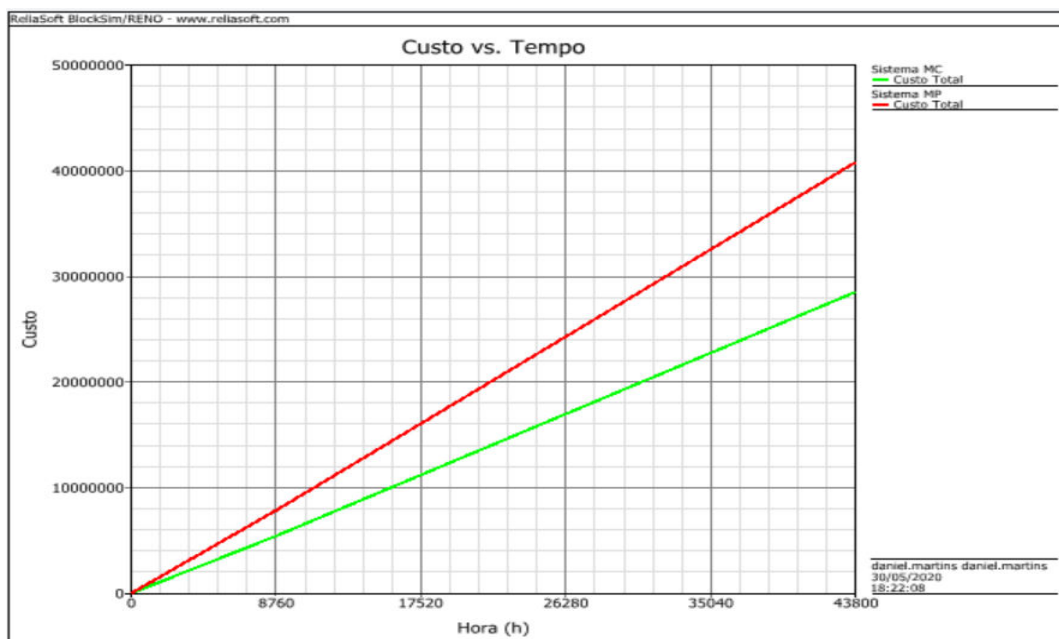


Figura 4: Custo vs. Tempo

Fonte: Dados da empresa

A disponibilidade anual do sistema usando a estratégia corretiva é maior em 53,6 horas em relação a manutenção preventiva. Isto é equivalente a uma disponibilidade para produção de 188 mil toneladas, que representa um potencial de ganho na casa de R\$ 84 Milhões. O custo anual dos componentes trocados de acordo com a estratégia corretiva também se mostrou favorável, uma vez que é menor em R\$ 2.418.949,00.

Analisando os Quadros 1 e 2 e a Figura 4, é notório que a melhor manutenção a ser aplicada neste componente, chamado sede/válvula, foi a corretiva. Os dados apresentados são contrários às afirmações de Viana (2002) e corroboram com o descrito por Xenos (1998).

Para Viana (2002), esse tipo de manutenção preditiva oferece várias vantagens para um sistema fabril, se comparada com a manutenção corretiva. Pode ser definida como os serviços realizados em intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falhas ou a deterioração de um determinado item.

Segundo Xenos (1998), no ponto de vista do custo de manutenção, a manutenção preventiva é mais cara, pois exige a troca de peças e a reforma de componentes antes de atingirem seus limites de vida útil. Todavia, ainda de acordo o autor, a frequência da ocorrência de falhas diminuem e há uma redução nas interrupções inesperadas de produção.

Segundo Abramam (2013), ainda se trabalha com muita manutenção corretiva não planejada e com manutenção preventiva em excesso. Entre 2002 e 2013, o tipo de manutenção mais empregada no Brasil foi a preventiva (36%), além disso, o segundo maior percentual é da manutenção corretiva (28%), já os outros tipos de manutenção, preditiva e engenharia de manutenção, foram menos utilizados, 19% e 17%, respectivamente.

O papel estratégico da manutenção, hoje, é buscar a eficácia em suas manutenções a fim aumentar a disponibilidade dos equipamentos e aumento da produção com o menor custo possível, conforme afirmação do Motta (2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliando os resultados encontrados, conclui-se que para este componente a melhor estratégia, para a empresa apresentada é a troca do conjunto sede/válvulas em manutenção corretiva, estratégia que após o resultado do trabalho será aplicada em EB2.

Desta forma, destaca-se a importância do trabalho do engenheiro e da engenharia de manutenção, na determinação da solução pontual de cada problema,

levando em conta a especificidade de cada sistema e encontrando de maneira analítica o cenário em que haja a maior produção possível gerando o menor custo de operação.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462: 1994** - Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABRAMAN – **A situação da Manutenção no Brasil**. Brasil: Rio de Janeiro, 2013.

ANCINES, C. A. **Determinação experimental e numérica das curvas de funcionamento de bombas centrífugas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

BENTO, F. da S. **O uso da manutenção preditiva como subsídio à manutenção preventiva**. Orientador: Dr^a Helen Silva Gonçalves, 2012. 56f. Trabalho de Graduação, (Bacharelado em Administração) - Curso de Administração, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

BOMBAS E SUA CURVA CARACTERÍSTICA. Disponível em https://www.feq.unicamp.br/images/stories/documentos/eq701_bombas.pdf/ Acesso em: 13 jun.2022

CHAVES, A.P. **Bombeamento de Polpa e Classificação**: Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. 4^o Edição. Oficina de Texto, 2012.

COSTA, M.A. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Orientador: Dr. Hernani Mota Lima. Monografia. 2013. 103f. Monografia. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

ELETROBRÁS. **Bombas: guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2009.

FOGLIATTI, M.C; FILLIPO, S; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais**: Aplicação ao sistema de transporte. Editora Interciência, 2004.

FONSECA, J. G. **Descrição do sistema elevatório de abastecimento de água no município de Mossoró – RN**. Universidade Federal do Semi-Árido – UFERSA, 2013.

FOUST, A.S., WENZEL, A.L., CLUMP, W.C., MAUS, L., ANDERSON, B.L. **Princípio das Operações Unitárias**. Segunda Edição. Rio de Janeiro, 1982.

FURST, O. **Mineroduto, o que é isto, para quê serve?** 2018. Disponível em: <https://bibocaambiental.blogspot.com/2018/04/mineroduto-o-que-e-isto-para-que-serve.html> Acesso em: 13 jun. 2022.

HAYRTON. **Por que no Brasil o transporte dutoviário é tão pequeno?** 2012. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2012/08/14/por-que-no-brasil-o-transporte-dutoviario-e-tao-pequeno/> Acesso em: 13 jun. 2022.

KREMER, C. D. KOVALESKI, J. L. **Determinação do momento ótimo para a realização da manutenção preventiva em equipamentos de uma indústria metalúrgica:** Revista interface tecnológica, Taquaritinga – São Paulo – Brasil, V.17. N.1, 2020.

LIMA, CA. **TELEMETRIA: Avaliação da produtividade de empilhadeiras em operações logísticas.** Orientador: Juliana Garcia Cespedes, 2021. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Paulo, Bacharel em Engenharia de Materiais. São José dos Campos, 2021.

SOARES, FR. **Sistema de tratamento de falhas para bombas de deslocamento positivo:** Orientador: Frederico Rocha Soares, 2021. 78 f. Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Ouro Preto, 2021.

VIANA, H. R. G. PCM- **Planejamento e Controle de Manutenção.** Qualitymark Ed, Rio de Janeiro. 2002.

SANTOS, S. L. **Bombas e Instalações Hidráulicas.** São Paulo: LCTE, 2007.

WEIR, M. N. **Manual de Instalação, Manutenção e Operação da bomba GEHO TZPM 2000.** Holanda: Netherlands, 2006.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 302 p.1998.