

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAVAGEM DE BOMBAS DE LODO DE
PROCESSOS METALÚRGICOS**

Por:

Mitchell Clerton Ramos de Brito

Gustavo Neves Dias

Leonardo Vieira Breves de Souza

Volta Redonda-RJ
2019

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAVAGEM DE BOMBAS DE LODO DE
PROCESSOS METALÚRGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, como necessidade parcial para se ter o título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Alunos:

Mitchell Clerton Ramos de Brito

Gustavo Neves Dias

Leonardo Vieira Breves de Souza

Orientadores:

Alexandre Alvarenga Palmeira

Alexandre Fernandes Habibe

Volta Redonda – RJ

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alunos:

Mitchell Clerton Ramos da Brito

Gustavo Neves Dias

Leonardo Vieira Breves de Souza

SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAVAGEM DE BOMBAS DE LODO DE PROCESSOS METALÚRGICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, defendido e aprovado em _____ de _____ de 2019 pela banca examinadora constituída por:

Prof. Doutor Alexandre Alvarenga Palmeira
Orientador

Prof. Doutor Alexandre Fernandes Habibe
Orientador

Prof. Esp. Rui Aurélio

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradecemos a Deus por nos agraciar com o necessário para concluir esta etapa importante da nossa jornada de vida, conhecimento e carreira, aos professores que intermediaram esta conquista e nos guiaram pelos melhores caminhos para que fossemos capazes de vencer esta fase, a instituição que nos abraçou e proveu meios e recursos para auxílio em nossa aprendizagem e formação. Por ultimo, fica nosso agradecimento aos colegas de curso, amigos e familiares que nos acompanharam e apoiaram desde o princípio e nos serviram de base para chegarmos ao fim desta dura etapa.

RESUMO

O trabalho toma por base um estudo a cerca de uma contingência para que se evita falhas duras e severas em um sistema simples operacional, evitando manutenções desnecessárias, gerando uma economia ao se cortar este custo e elevando o padrão operacional do equipamento em si. Com isso, o estudo é direcionado a diferentes meios e modalidades da tecnologia no que diz respeito à automatização, controle e procedimentos de trabalho ou operação com equipamentos do cunho da metalurgia ou em meio a sua linha de produção.

Ao avaliarmos o cenário, verificamos a baixa produtividade de estação de bombeamento de lodo e estudando o procedimento de operação e manutenção dos equipamentos, encontramos uma brecha que permite o uso de uma ferramenta de melhoria contínua, esta que direcionou as ações para um bloqueio de efeitos negativos e revelou um potencial para evitar perdas de produção por quebra de equipamento.

PALAVRAS-CHAVE: Procedimento, Melhoria Contínua, Tecnologia, Automação, Gestão Estratégica, Redução de custo de manutenção.

ABSTRACT

The work is based on a contingency study to avoid harsh and severe failures in a simple operating system, avoiding unnecessary maintenance, generating savings by cutting this cost and raising the operational standard of the equipment itself. With this, the study is directed to different means and modalities of the technology with regard to automation, control and procedures of work or operation with equipment of the metallurgy or in the middle of its production line.

When evaluating the scenario, we verified the low productivity of the sludge pumping station and studying the procedure of operation and maintenance of the equipment, we found a loophole that allows the use of a continuous improvement tool, which directed the actions to a block of effects negative results and revealed a potential to avoid production losses due to equipment failure

KEY WORDS: Procedure, Continuous Improvement, Technology, Automation, Strategic Management, Reduction of maintenance cost.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das bombas de pistões axiais	31
Tabela 2. Custo com peças manutenção por falha	53
Tabela 3. Custos com mão de obra para manutenções frequentes de falha	53
Tabela 4. Custo com peças para instalação de projeto	55
Tabela 5. Custos com mão de obra para montagem da proposta	56
Tabela 6. Custo com manutenção preventiva da proposta	57
Tabela 7. Custo total da proposta	57
Tabela 8. Balanço Financeiro de Viabilidade.	58
Tabela 9. Viabilidade Econômica do projeto por TIR e VPL.	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ete – Estação de tratamento de efluentes situada em Lagoa da Conceição.	17
Figura 2. Curva de trabalho mostra a diferença de operacionalidade dos tipos de bombas.	22
Figura 3. Curva de vazão mostra a diferença de operacionalidade dos dois tipos de bombas.	23
Figura 4. Curva de trabalho mostra a diferença de operacionalidade dos dois tipos de bombas.	23
Figura 5. Bomba de engrenagens externas.	25
Figura 6. Bomba de engrenagens internas.	26
Figura 7. Bomba de engrenagens internas tipo gerotor.	27
Figura 8. Bomba de parafusos.	27
Figura 9. Bomba de palhetas de deslocamento fixo com compensação de pressão.	29
Figura 10. Bomba palhetas variáveis.	30
Figura 11. Bomba de pistões axiais.	30
Figura 12. Bomba de pistões radiais.	31
Figura 13. Bomba Helicoidal.	35
Figura 14. Fluxograma de uma ETE simples.	39
Figura 15. PLC	41
Figura 16. Desenho esquemático do processo no projeto atual	47
Figura 17. Desenho esquemático do processo no projeto proposto	50

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Indicador MTBF	38
Equação 2 - Indicador MTTR	38
Equação 3 - Fórmula para calcular o VPL	59
Equação 4 - Fórmula para calcular o TIR	60

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAMAN	<i>Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos</i>
Hh	<i>Homem hora</i>
MTBF (TMPF)	<i>Mean time between failures (Tempo Médio para Falhar)</i>
MTTR (TMPR)	<i>Mean time to repair (Tempo Médio Para Reparo)</i>
PLC	<i>Programmable logic controller (Controlador Lógico Programável)</i>
PSI	<i>Pound force per squareinch (Força da libra por polegada quadrada)</i>
NBR	<i>Norma Técnica</i>
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
LPM	<i>Litros por minuto</i>
RPM	<i>Rotações por minuto</i>
VPL	<i>Valor Presente Líquido</i>
TMA	<i>Taxa Mínima de atratividade</i>
TIR	<i>Taxa Interna de Retorno</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Considerações Iniciais	14
1.2. Justificativa	15
1.3. Escopo do trabalho	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. ETE's e ETA's	16
2.2. Os tipos de bombas e suas aplicações em ETA's e ETE's	17
2.3. Bombas	20
2.3.1. Tipos de bombas	20
2.3.2. Diferenças entre bombas de deslocamento positivo e centrífugas	21
2.3.3. Bombas de deslocamento positivo	24
2.3.4. Bombas de engrenagens internas	26
2.3.5. Bombas de parafuso	27
2.3.6. Bombas de palhetas	28
2.3.7. Bombas de pistões axiais	30
2.3.8. Bombas de pistões radiais	31
2.3.9. Bombas helicoidais	32
2.4. Fatores de seleção de uma bomba com deslocamento positivo	35
2.5. Manutenção	36
2.5.1. Manutenção preventiva	36

2.5.2.	Manutenção preditiva	37
2.5.3.	Manutenção corretiva	37
2.5.4.	Indicador de gestão de manutenção - MTBF	38
2.5.5.	Indicador de gestão de manutenção - MTTR	38
2.6.	Composição do sistema de desidratação de lodo da planta metalúrgica	39
2.7.	Redução de custo na manutenção	40
2.8.	Válvulas borboleta com atuador pneumático	40
2.9.	Automação e PLC's	41
2.9.1.	Automação	42
2.9.2.	Temporizadores	44
	3. METODOLOGIA	46
3.1.	Projeto atual	46
3.2.	Detecção do problema	48
3.3.	Proposta	49
	4. CÁLCULO E ESPECIFICAÇÃO	51
4.1.	Especificação do projeto atual	51
4.2.	Especificação dos novos componentes para adequação do projeto	50
	5. VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO	52
5.1.	Custos com manutenção	52
5.2.	Custos com instalação do projeto	54
5.3.	Viabilidade do projeto	58
5.4.	TIR e VPL	59

6. CONCLUSÕES	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

A manutenção tem a função de viabilizar meios para prevenir, corrigir ou melhorar determinado equipamento ou maquinário, evitando falhas, se enquadrando nas condições das instalações físicas e equipamentos. As ações de manutenção são necessárias para o segmento industrial, que depende dos acertos deste setor para dar continuidade aos seus processos fabris com excelência.

Em mercado, e um ambiente que exige flexibilidade às mudanças tecnológicas e de controle e a busca por metas alcançadas, caracterizam a indústria nacionais. Para estar inserido nesse cenário é importante adotar práticas de controle que possibilitam a condução do processo com eficiência e que une as áreas mais importantes da empresa. Dentro desse cenário, o setor de manutenção tem grande importância no âmbito industrial, pois o funcionamento adequado e pleno dos equipamentos depende da eficácia e conhecimento de resposta da manutenção às ocorrências, sejam estas associadas a avarias, reparos ou serviços de manter (lubrificação, reaperto de parafusos entre outros).

A manutenção pode ser determinada como uma sequência de ações que visam assegurar o funcionamento corretos equipamentos e instalações, sendo que as intervenções sejam breves e corretas, buscando evitar avarias ou baixo rendimento. Envolve conservação, melhoria, troca e prevenção, com o objetivo de garantir a disponibilidade e a confiabilidade do maquinário.

A manutenção é responsável pela manutenibilidade e garantia de operação dos ativos, sendo responsável direto do capital resultado da empresa (OTANI E MACHADO, 2008). Sendo assim está associada a aspectos organizacionais como bons resultados, segurança, custo de retomada de operação, disponibilidade e confiabilidade, evidenciando a necessidade de um gerenciamento integrado com demais setores na fábrica, de modo a garantir um excelente rendimento em adequação das atividades de manutenção, capacidade de atendimento às ocorrências e acertos do setor.

Desta forma, a partir da importância do assunto abordado, a estudo objetiva a implantação de um sistema simples e direto para proteção de bombas de processos industriais.

1.2. Justificativa

O contexto atual das empresas encontra-se inseridas exige alta disputa de mercado e isso implica na constante melhoria da produção. Nesse âmbito, o papel do maquinário admite relevância fundamental, pois sua operacionalização eficiente vai determinar uma produção sem perdas e com melhores resultados. Sendo assim, a manutenção tem como função principal no desempenho da produção.

Temos vários termos de manutenção quanto ao tipo, levando em consideração a Furmann (2002), a maioria destas tem como base a forma atual de atuação, seja antecipação ou falha de funcionamento do maquinário. A forma como é executada irá determinar as características de quais tipos são a manutenção. Sendo assim, as manutenções mais conhecidas são:

- Manutenção corretiva;
- Manutenção preventiva;
- Manutenção preditiva.

Os tipos de manutenções se adequam ao planejamento que foi executado, as demandas de manutenção, a possibilidade de mão-de-obra especializada e de recursos necessários à execução das atividades de manutenção. Temos a seguir as principais peculiaridades que fazem parte de cada tipo de manutenção.

1.3. Escopo do trabalho

Este trabalho busca embasar tecnicamente a importância e necessidade de um plano de eliminação de desperdícios em um processo simples e fundamental de uma ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) dando fim a gastos com manutenção que não seriam necessários utilizando alguns recursos que podem ser trabalhados.

O desperdício é um custo extra que sobe os valores normais do produto ou atividade sem agregar qualquer tipo de valor ao produto ou benefício para o cliente. Outro modo de desperdício seria o inverso da abordada acima, ou seja, é a baixa utilização dos recursos disponibilizados, não utilizando todo o potencial disponível nos processos de fabricação e serviços.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ETE's e ETA's

O tratamento nas ETE's (estação de tratamento de efluentes) e ETA's (estação de tratamento de água) não é simples, sendo necessário um nível de qualidade alto no final dos processos. Portanto, a qualidade do maquinário usado determina não somente o resultado como o investimento operacional.

As estações de saneamento, assim como tratamento de água ou efluente, as bombas e a peça chave dos processos. O transporte nas ETA's e ETE's executa a função de extrema importância, sem ele, a água e o efluente não chegariam à área de tratamento e aos destinos determinados.

Nas estações de tratamento de água o transporte é de grande importância no processo desde a coleta de água no início do processo em reservatórios, rios ou mananciais até o abastecimento nas áreas demandadas. Na coleta elas têm como objetivo o envio de efluentes gerados nos processos até as ETE's que no tratamento exigem acompanhamento em suas rotinas.

Para fácil entendimento, em uma ETA, normalmente a represa está localizada abaixo do nível da estação de tratamento e do reservatório encarregado da distribuição sendo assim imprescindível sistema de bombeamento bom. O reservatório mencionado fica em um nível mais alto, pois a água é distribuída por gravidade aos consumidores.

Tanto para ETA's quanto para ETE's o bombeamento, possibilita a chegada da água e efluente para o tratamento. Entretanto, para o processo ser realizado com eficácia, a qualidade do equipamento interfere diretamente na qualidade do produto e no valor de operação, sendo que maquinário de qualidade elevado ou dimensionado para operação traz primordial diferença no processo.

Equipamento de qualidade é equipamento com melhor rendimento, tem condições de fazer as tarefas com a mesma potência menor, logo, consumo menor de energia. A capacidade de transporte esta ligada a atividade a ser executada, e bombas com projetos bem dimensionados podem ser feito com mais facilidade melhorando a vida útil do equipamento e diminuindo as manutenções. Além destes fatores citados, outros são importantes para poder falar da qualidade das bombas:

- Rendimento hidráulico e global;
- Durabilidade e capacidade para o bombeamento (ter eficiência contínua com um alto rendimento: a bomba deve ser o mais eficiente quanto for possível em função de economia de energia e com uma melhor eficiência hidráulica durante o seu uso;
- Usar materiais corretos para aplicação. Com materiais nobres e resistentes, e que variam se adequando ao líquido bombeado;
- Dimensionar corretamente os sistemas de rolamentos e de mancais;
- Pintura e revestimento e finalização de superfícies;
- Selagem: Faz a vedação entre o motor e a bomba. Nas bombas de médio porte, o selo exerce a função adicional de levar o líquido refrigerante da camisa de refrigeração da bomba. Outro exemplo interessante é a tecnologia de selo do tipo cartucho, que é mais eficiente e fácil de montar/desmontar. Este elemento tem muita importância para a vida útil da bomba.

2.2. Os tipos de bombas e suas aplicações em ETA's e ETE's

ETE ou Estação de Tratamento de Efluente é a unidade de operação do sistema de esgoto sanitário que utiliza de processos químicos, físicos ou biológicos que removem as cargas de poluentes do efluente, devolvendo o produto final ao ambiente, efluente já tratado, dentro da conformidade e com os parâmetros exigidos pela legislação de meio ambiente.



Figura 1 – Ete – Estação de tratamento de efluentes situada em Lagoa da Conceição.

O tratamento dos Efluentes denominado por Sistema Insular, a modalidade de aeração prolongada com lodo ativado de aeração de ação prolongada.

As Fases que compõe Tratamento:

- O tratamento prévio;
- Gradeamento: Esse sistema é composto por um par de grades mecanizadas tipo cremalheiras.

O tratamento secundário está composto com as seguintes unidades a seguir:

Seletor Biológico – É a unidade do processo com função, pelo misturador submergível, de misturar de maneira suave todo o efluente bruto, afluente com o lodo ativado vindo do processo de tratamento por aeração de forma prolongada, assim evitando o desenvolvimento de indesejáveis micro organismos no tratamento e assim melhorando a capacidade de sedimentar do lodo.

Câmara de desnitrificação, saindo da unidade anterior, a de mistura, passa por essa câmara que, por sua vez através de misturadores submersíveis, exerce a função de tornar menor o nitrato afetado pela ação de micro organismos bem específicos. Nas duas unidades as condições são atóxicas.

Tanques de aeração, a mistura é direcionada para o reator biológico que é constituído por tanques de aeração. Cada tanque é equipado com aeradores mecânicos, com eixo vertical, apoiados sobre plataformas de concreto.

Decantador secundário, a decantação acontece por decantadores com formato circular, onde os flocos formados se sedimentam e são direcionados para um poço que é interligado a um poço de sucção de uma bomba elevatória que faz o retorno de lama que, e por uma canalização remove para recirculação ou descarte da parte excessiva.

Os adensadores de lodo são do tipo gravimétricos, e conta com um removedor mecânico. A sua função é reduzir a quantidade de água encontrada no lama sedimentada no fundo dos decantadores.

O Sistema de desidratação composto de tanque para armazenamento de lama adensada em formato circular com um removedor mecânico robusto, um sistema de recalque com bombas para transferência de lama densa, sistema para condicionamento prévio químico com lama densa, assim o próximo passo é o processamento de lama por centrifugação até a destinação.

Existem dois tipos de aplicação de equipamentos de bombeamento relacionados à transferência de líquidos no processo de tratamento, depois na transferência para o armazenamento e distribuição. Os modelos de bombas mais comumente aplicados em ambos os tratamentos:

- Bomba submersível;
- Bomba centrífuga e horizontal;
- Bomba submersa para poço;
- Bombas fluxo axial (tipo turbina);
- Bomba diesel: normalmente usada locais distantes onde não se tem pontos de alimentação elétrica para a bomba ou para sistemas de emergência para o caso de falta de energia elétrica.

Alguns modelos de bombas podem ser utilizados tanto em ETE's quanto nas ETA's, mas outras não. Bombas de captação são basicamente de água e não de efluente. Há outras considerações na utilização versus o tipo da bomba. A água é mais fácil de bombear que o efluente, o qual é mais denso e possui sólidos. As bombas para efluente possuem tecnologia que não só possibilitam a passagem do fluido, mas também não causam o entupimento na presença de um sólido.

Nas ETE's, a maior parte das bombas usadas é o tipo submersível para lodo e efluente ou centrífugas por meio de sucção.

Os fatores a seguir definem a escolha do modelo de bomba:

- Altura manométrica;
- Desnível geométrico;
- Vazão;
- Características da tubulação;
- Características do líquido a serem bombeados.

O conceito do bombeamento para ETEs é derivado quando se trata de estações elevatórias que possuam características variadas. Sendo assim, a preocupação está relacionada às visões ambientais para que não ocorram transbordos, bloqueios de equipamentos e contaminação do solo ou lençol freático.

2.3. Bombas

Atribuimos o termo bomba para todo equipamento com capacidade de transferência de energia de determinada fonte, de maneira que possa realizar um determinado trabalho. Trabalho esse correspondente ao deslocamento de um volume de alguma substância líquida, através de tubulações, entre dois locais.

2.3.1. Tipos de bombas

As bombas, em seus tipos podem ser divididas em duas classes:

- Bombas de pressão por deslocamento positivo;
- As turbo bombas, também conhecidas como “rotodinâmicas”, “hidrodinâmicas” ou, simplesmente, “dinâmicas”.

Suas principais partes:

-O rotor (fixado a um eixo);

-A carcaça;

-O difusor (Estator).

O rotor ou impelidor tem por finalidade transmitir uma quantidade de energia cinética para a massa fluida por meio de uma energia mecânica da qual está rotacionando, transformando essa energia em pressão, por meio de um difusor. Essas transformações acontecem conforme o teorema de Bernoulli e seguindo a equação da continuidade.

As bombas possuem características de desempenho que são representadas em curvas formuladas e fornecidas por seus fabricantes. Nelas se traduzem o desempenho e funcionalidade esperada para cada bomba. Podem ser estimadas na fase de projeto da bomba, somente em casos de bombas fabricadas especialmente para um determinado projeto.

2.3.2. Diferenças entre bombas de deslocamento positivo e bombas centrífugas

A bomba de deslocamento positivo praticamente não tem seu fluxo prejudicado por conta do diferencial de pressão em seu processo, ele se mantém contínuo em seu fluxo e sem pulsações. As suas folgas internas são bem justas, o que minimiza o volume de água em circulação dentro da bomba. O que caracteriza a grande eficiência das bombas de deslocamento positivo. Com isso essas bombas trabalham com as mais altas viscosidades de fluidos.

O diferencial das bombas centrífugas é que elas utilizam a energia cinética para movimentar o líquido. O fluido entra na bomba pelo centro do rotor e ganha energia de acordo com que se move para a extremidade do rotor. Podem bombear grandes volumes de fluido, mas o fluxo e eficiência caem rapidamente à medida que a viscosidade e pressão se tornam maiores.

A curva abaixo com o desempenho e altura manométrica mostra a diferença na operacionalidade dos dois tipos de bombas:

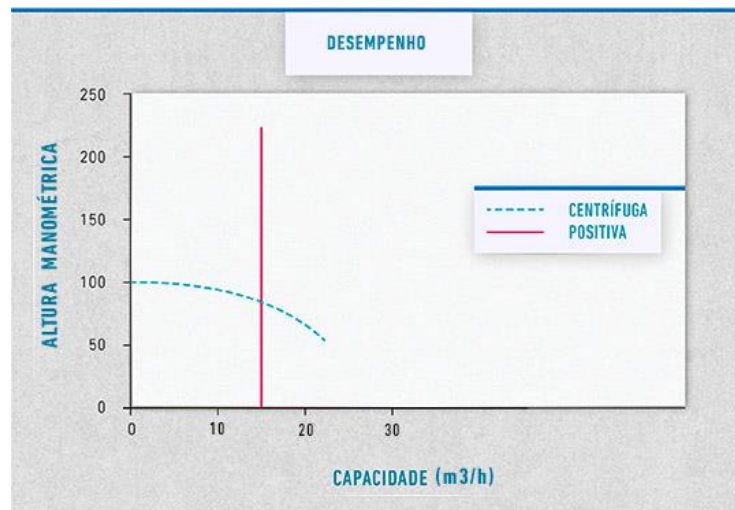


Figura 2 – Curva de trabalho que mostra a diferença de operacionalidade dos dois tipos de bombas.

Fonte: <https://www.aecweb.com.br>

A variação de fluxo na bomba será alterada de maneira residual de acordo com a coluna de fluido na tubulação de descarga da bomba, já a bomba com deslocamento positivo se mantém com a vazão estática, independentemente de sua pressão.

O efeito causado pela viscosidade da lama tem sobre a vazão da bomba deste tipo de bomba também serve como comparativo de diferenciação para estes tipos de bombas. O gráfico abaixo mostra que a bomba centrífuga tem diminuição da vazão à medida que a sua viscosidade aumenta, já a bomba com deslocamento positivo aumenta o seu fluxo. Isto ocorre devido ao fato de que os líquidos que apresentam alta viscosidade conseguem preencher as folgas no interior deste tipo de bomba, com isso obtém se maior eficiência volumétrica.

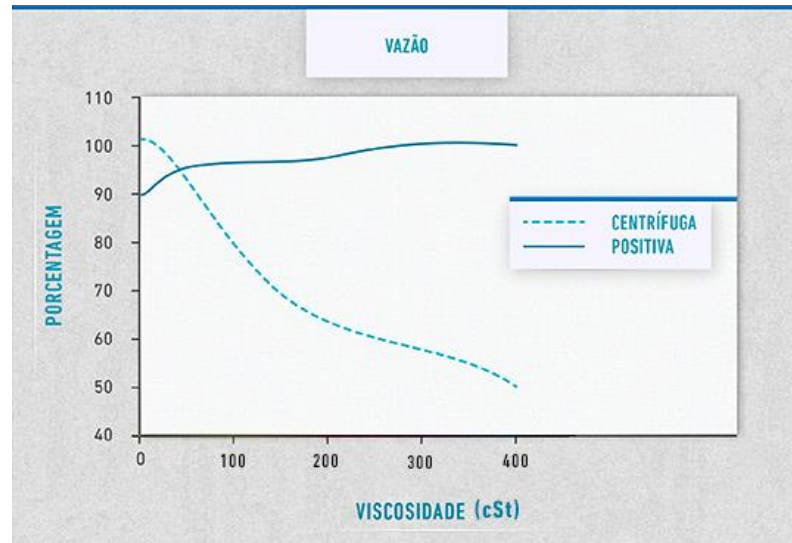


Figura 3 – A curva da vazão mostra uma diferença de operacionalidade dos dois tipos de bombas.

Fonte: <https://www.aecweb.com.br>

Acima podemos observar o efeito causado pela viscosidade sobre o fluxo desta bomba. Lembrando que quanto maior for o aumento da viscosidade do fluido bombeado, maior será a perda de carga sofrida nas tubulações.

Considerada a eficiência mecânica, estas bombas tem um comportamento distinto. Conforme é mostrado no gráfico abaixo de eficiência, percebemos o impacto sofrido pela eficiência da bomba devido às mudanças de pressão. Para ocasiões de pressões elevadas temos pouca alteração da eficiência da bomba com deslocamento positivo, contrariando as bombas do tipo centrífuga que tem sua eficiência diminuída.

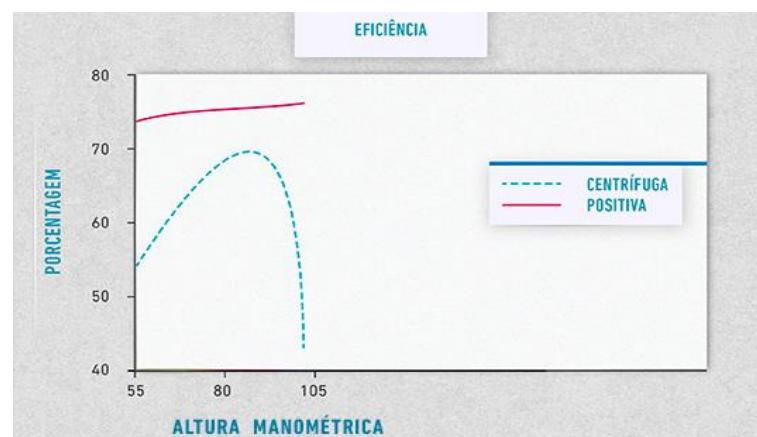


Figura 4 – Curva de trabalho mostrando a diferença de operacionalidade dos dois tipos de bombas.

Fonte: <https://www.aecweb.com.br>

Com isso, a aplicação para a bomba centrífuga se faz favorável nas seguintes condições:

- Bombeamento de produtos com baixa viscosidade;
- Processos com demandas de pressões baixas por transferência.

E a aplicação para a bomba com deslocamento positivo se faz favorável nas seguintes condições:

- Bombeamento de produtos de média à alta viscosidade;
- Processos com demandas de vazões e altas pressões baixas por transferência;
- Processos que são necessários um fluxo contínuo e constante de pressão e vazão.

Vamos abordar mais a fundo as bombas de deslocamento positivo, pois apresenta características mais interessantes para o processo de bombeamento se tratando de lodo e não sendo requerida uma vazão alta.

2.3.3. Bombas de deslocamento positivo

As bombas com deslocamento positivo tem a grande característica de fazer a transferência da energia pela forma de pressão, e com a variação de energia cinética muito pequena, praticamente desprezível. Ao aumentar a restrição ao escoamento causa aumento da pressão sem implicar em quedas consideráveis de vazão. (LINSINGEN, 2001).

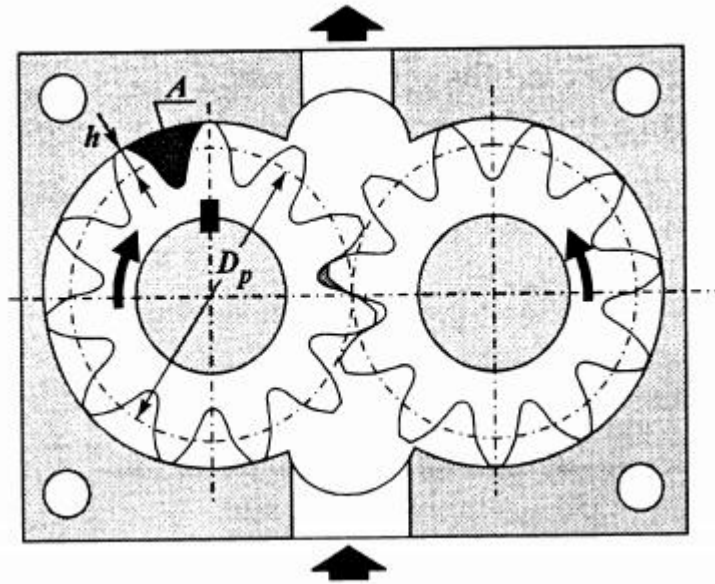


Figura 5 – Bomba de engrenagens externas.

Fonte: LINSINGEN, 2001

Bombas com engrenagens externas são mais aplicadas em circuitos hidráulicos, devido qualidades relacionadas abaixo (LINSINGEN, 2001; DETER, 1965):

- Preço relativamente baixo;
- Robustez;
- Pode ser aplicado em um grande domínio em viscosidades de fluídos hidráulicos;
- Baixa detecção de partículas no fluido hidráulico;
- A posição de montagem é indiferente;
- Grande gama de rotações permissíveis;
- Características para aplicação em sucção.

Mesmo com as especificações em comparação as demais bombas, a aplicação de bombas com engrenagens externas sendo passivo a limitações pelos dados de pressão e vazão máximas permissíveis (a adaptação para um intervalo de pressão e vazão aumenta o custo da bomba), e a mais aplicada dependendo também do modelo de bomba a ser empregada.

2.3.4. Bombas de engrenagens internas

Este modelo de bomba é construído de dois elementos, engrenagem motriz e movida, montadas excentricamente em uma carcaça e girando no mesmo sentido. Da mesma forma as bombas com engrenagens externas, o líquido é bombeado pelo engrenamento e afastamento do dente das engrenagens (LINSINGEN, 2001).

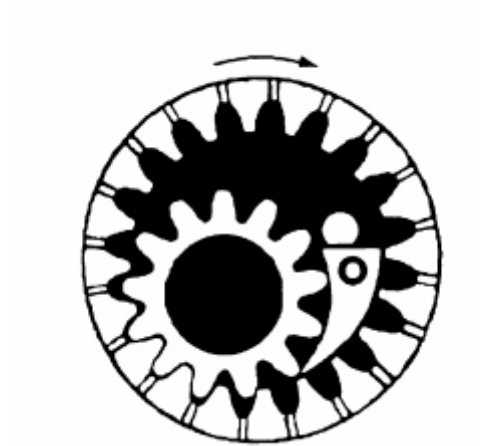


Figura 6 – Bomba de engrenagens internas.

Fonte: LINSINGEN, 2001

As bombas de engrenagens externas, bombas de engrenagens internas tem algumas vantagens:

- Rendimento volumétrico maior;
- Perda de carga menor;
- Pulsação na vazão menor;
- Produz menos ruído;
- Mais possibilidades para ser aplicado com fluidos de viscosidade maior.

Sendo assim, as bombas com engrenagens internas se torna montagem mais difícil e de custo mais elevado de produção. Sendo assim, essa bomba é aplicada em situações que as características são necessárias de fato e não serem aplicadas como bombas de propósito gerais (WARRING, 1969). Nas bombas com engrenamento externo, as bombas deste tipo podem ter o seu ponto máximo de pressão e desempenho reduzidos. Temos vários tipos de bombas com

engrenamento interno é bomba tipo gerotor, as engrenagens tem perfil trocoidal, com o pinhão tendo um ponto de engrenamento a menos. Este tipo de bomba pode obter uma operação silenciosa e uma vida útil longa.



Figura 7 – Bomba de engrenagens internas tipo gerotor.

Fonte: LINSINGEN, 2001

2.3.5. Bombas de parafuso

O funcionamento básico de deslocamento por parafusos tem mais de um fuso sendo ele helicoidal posicionado na carcaça. Vazão sendo axial e em direção ao rotor. O fluido é bombeado entre os flancos do fuso, o rebaixamento do outro e a carcaça. A rotação do fuso faz com que o fluido saía uniformemente até o final do eixo, sem alteração de volumétrica.

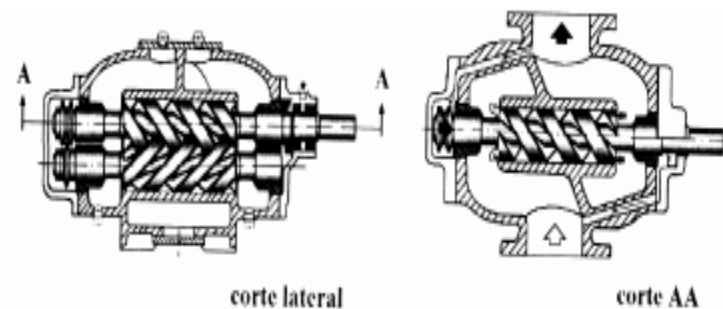


Figura 8 – Bomba de parafusos.

Fonte: LINSINGEN, 2001

As características desse modelo de bomba são:

- Escoamento praticamente isento de pulsação;
- Forças desbalanceadas axiais, facilmente compensadas;
- Recomenda operação a rotação elevada(máximo de 3600rpm);
- Deslocamento desde 2 até 800cm³/rot;
- Pressões operacionais de até 200bar;
- Devido alto atrito, temos baixo rendimento;
- Exigem viscosidade variando de 30 a 80 cSt;
- Custo mais alto em comparação a bomba com engrenamento e palhetas.

Esse modelo de bomba e mais utilizado em equipamentos de precisão ou em situações em que o ruído não deve existir ou ser ao máximo minimizado.

2.3.6. Bombas de palhetas

Bombas de palhetas tem como construção um rotor com ranhuras e palhetas móveis passam para fora do rotor, sendo posicionado dentro de um estator com medidas apropriada. Partículas de fluido são produzidas entre palhetas seguintes, com inicio e final do fluido por aberturas posicionadas nas tampas da lateral ou no estator.

No posicionamento de movimentação fixo, na maioria dos casos é feita o equilíbrio de forças, posicionando o rotor no centro em relação ao estator, assim tendo um aspecto elipsoidal.

Bomba tem mais de uma chegada do liquido e mais de uma saída, sendo oposto o que faz a forças hidráulicas radiais seja equilibrado. Essa configuração de posicionamento permite máxima pressão em comparação ao posicionamento sem equilíbrio de forças.

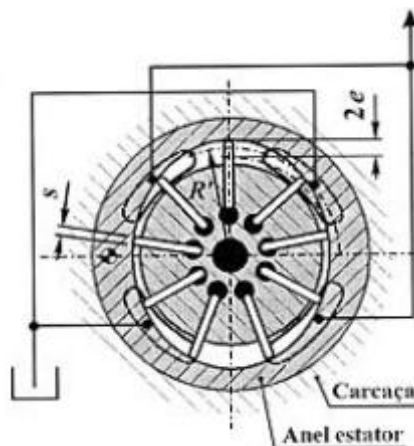


Fig. 9 –Bomba de palhetas de deslocamento fixo com compensação de pressão.

Fonte: LINSINGEN, 2001

A pressão máxima é de 175 bar, com variação de rotação de 600 e 4800rpm, com vazões de 10 e 150 lpm. Bombas compensadas possuem máxima pressão de 210 bar com vazão que atingem 600 lpm. Bomba com palheta em comparação às bombas com engrenagens possui menos pulsação de deslocamento, porém apresentam mais ruído em comparação a bombas de engrenagens internas. A parte negativa deste modelo de bombas é: maior fragilidade, pressões em funcionamento prolongado menor e rendimento relativo baixo (DIETER, 1965).

Funcionamento das bombas de palhetas de deslocamento variável segue o padrão de operação das bombas com palhetas e deslocamento fixo, com diferenças nas medidas do estator e estrutura e pela possibilidade de variação reversível do posicionamento do estator em comparação ao rotor. Esse modelo de bomba tem o estator circular e a variação do deslocamento se dá com a excentricidade do estator com o rotor. Devido ao posicionamento do estator, só existe uma entrada e uma saída, o que gera duas regiões de pressão distintas.

Desta forma, a força radial resultante age de forma desequilibrada sobre o rotor e não pode ser compensada. Em decorrência, a pressão máxima de regime é relativamente baixa, na ordem de 100 bar, podendo existir montagens com pressões de operação de até 160 bar (LINSINGEN, 2001).

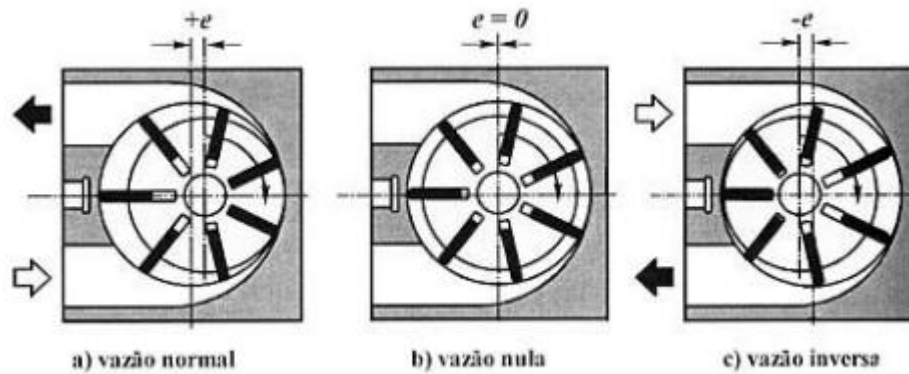


Figura 10 –Bomba de palhetas variáveis.

Fonte: LINSINGEN, 2001

Um ponto positivo das bombas com deslocamento variável é que a possibilidade de se realizar uma compensação interna de pressões, sem necessidade aplicar válvula de alívio para conseguir a compensação externa. E ainda as bombas de deslocamento, tanto com palhetas quanto com pistões, geram temperatura mais baixa que logo desperdiçam menos energia.

2.3.7. Bombas de pistões axiais

Estas bombas possuem como característica geométrica principal a disposição de pistões ajustadas em furos cilíndricos em tambor cilíndrico. O deslocamento do fluido é obtido através do movimento rotacional no plano inclinado, que gera o movimento dos pistões, e pode ser fixo ou variável. As bombas com pistões em formato axial pode ser posicionadas de duas maneiras: com o prato inclinado ou com o eixo inclinado.

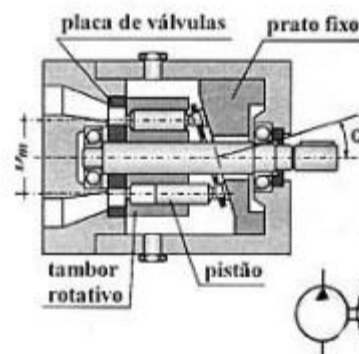


Figura 11 –Bomba de pistões axiais.

Fonte: LINSINGEN, 2001

Ocupando menos volume a bomba de prato inclinado, entretanto o de eixo inclinado tem rendimentos melhor e sensibilidade reduzida à particulados contaminadas.

		Pistões axiais com prato inclinado	Pistões axiais com eixo inclinado
Custo	Inicial Operação	alto baixo	alto baixo
Pressão (bar)	Operação Máxima	100 - 450 600	120 - 450 500
Deslocamento (cm ³ / rev)	Mínimo Máximo	0.1 500	1.5 1000

Tabela 1 – Características das bombaspistões axiais.

Fonte: IVANTYSYN & IVANTYSYNOVA, 2001

2.3.8. Bombas pistões radiais

Neste modelo de bombas temos eixos dos pistões perpendiculares ao eixo de acionamento. Os pistões possibilitam o posicionamento estrela em volta do eixo ou em frente ao virabrequim.

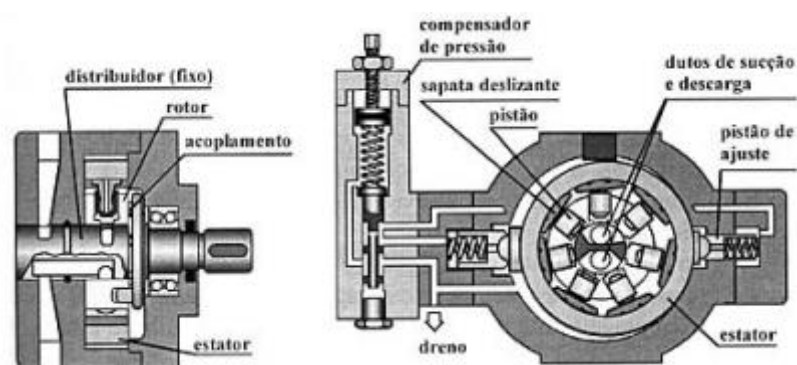


Figura 12 –Bomba de pistões radiais.

Fonte: LINSINGEN, 2001

2.3.9. Bombas helicoidais

Bombas helicoidais tem aplicação em toda a indústria. Tem mancais e fazem uso das pontas do eixo livre, aceitando operação com todos os modelos de acionamentos, servomotores, unidades hidráulica ou diesel. A bomba é adequada para aplicações em pressões elevadas.

Temos quatro modelos de rotores/estatores disponíveis, possibilita que a bomba possa ser alterada perfeitamente para sua necessidade. Bomba helicoidal é utilizada para todas as indústrias aonde sua aplicação se dá para viscosidade média e alta, abrasivos, sensíveis ao cisalhamento devem ser bombeados com suavidade e segurança.

Características Bomba Helicoidal:

- Bombeamento contínuo sem variação, independentemente das pulsações de pressão e viscosidade;
- Volume de bombeamento proporcional à velocidade de giro com grande precisão de dosagem em faixa de rotação;
- Grande capacidade para sucção e pressão;
- Selo mecânico e encontrado na frente, tornando sem necessidade o flushing em muitas aplicações;
- Flange de fixação fora do pé da bomba, auxiliando a troca do estator;
- Pressão de transporte de até 72 bar;
- Transporte suave de produtos;
- Conexões atendem todas as normas brasileiras e exteriores, como intervenções especiais;
- Fácil de manutenção.

Vantagens Bomba Helicoidal:

- Muitos tipos de rotor/estator e grande diversidade de materiais;
- Articulação adequada para cada caso;
- Selo mecânico padronizado.

Dados técnicos:

- Rotor: Pode ser produzido em diversos materiais sendo resistentes ao desgaste e corrosão.
- Estator: Vulcanização no tubo, com selo em ambos os lados e maior opção de borrachas e plásticos assim como metálicos. A abertura do início do estator com formato de funil facilitando a entrada do material na câmara de bombeio.
- Partes rotativas: Eixo de acoplamento do tipo cardan assim como o de articulações utilizado na transmissão de energia vinda do acionamento ao rotor.
- Vedação do eixo: Versão padronizada com selo mecânico de efeito simples, independente de rotação e resistência a perda de material. Selos com duplo ou simples efeito, diferentes tipos de fornecedores, selos, cartuchos e juntas sob aplicação.
- Sucção, descarga e carcaça: Flanges com rosca nas normas ASME, DIN e padronizados conforme normas internacionais. Partes da bomba construídas de ferro fundido, aço carbono, inoxidáveis e especiais.
- Mancal, eixo de ponta livre: Mais de um rolamento permite grande nível de estabilidade no eixo para aplicação com diversas vedações mecânicas. Ao longo do eixo livre possibilita o uso de qualquer modelo de controle, ate o diesel ou hidráulico.

Bomba Helicoidal pode ser encontrada em diversas dimensões para líquidos com até 500m³/h, pressões diferenciais com no máximo 48 bar, em diversos materiais como aço, aço-cromo-níquel e componentes com grande resistência a ácidos, como duplex, hastelloy e titânio, em muitas borrachas para o estator, desde borrachas naturais com grande resistência à abrasão, além de borrachas resistentes a óleos, ácidos, álcalis e viton, nas dimensões S, L, D e P para mudança de projeto a aplicação e diversos selos mecânicos, especiais e gaxetas.

Com isso ela bombeia meios com alta viscosidade, possuindo partículas sólidas ou não e meios com reduzida fluidez e muito pastosos, possuindo ou não partículas sólidas.

Bomba helicoidal pode transportar substâncias para aplicação em ambiental, industriais, químico e petróleo.

Bomba helicoidal é utilizada para todos os segmentos industriais para o transporte contínuo com pressão constante, suave e de reduzida variação e dosificação a velocidade do meio.

Grande possibilidade de utilização, e aplicado nas propriedades abaixo:

- Meios com alta viscosos;
- Meios líquidos ou pastosos;
- Com partículas sólidas;
- Sensíveis ao cisalhamento;
- Corrosivos ou não corrosivos;
- Thixotrópico e dilatante;
- Abrasivo;
- Adesivos.



Figura 13 – Bomba Helicoidal – deslocamento positivo.

Fonte: Catálogo do Fabricante – NEMO SY

2.4. Fatores de seleção de uma bomba com deslocamento positivo

Selecionar uma bomba dentre tantas opções é uma tarefa complicada. Muitas bombas podem ser adaptadas a outras aplicações de acordo com a necessidade e capacidade do equipamento, porém para situações mais específicas temos bombas mais adequadas à aplicação (PUMP SCHOOL, 1998). Por DIETER (1965), para determinar qual a bomba será mais adequada a determinado tipo de aplicação e sistema hidráulico devemos considerar alguns pontos como:

- Preço;
- Peso;
- Restrições;
- Pressão de trabalho;
- Faixa de velocidades de rotação;
- Condições de instalação;
- Sentido de rotação;
- Faixa de temperaturas para trabalho;
- Fluidos hidráulicos bombeados;

- Oscilações e vibrações de deslocamento, além de ruídos;
- Rendimento do sistema;
- Variações do deslocamento útil.

2.5. Manutenção

2.5.1. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é a forma de realizar serviços com antecedência a quebras, seguindo defeitos de equipamentos para reduzir e evitar falhas através da observação de redução no desempenho de determinado equipamento, obedecendo a um plano preventivo, baseado em intervalos de tempo definidos (PINTO E XAVIER, 2001). A norma NBR 5462 (ABNT, 1994) caracteriza manutenção preventiva como aquela que é efetuada em intervalos de tempo pré-determinados ou mediante critérios bem definidos, visando reduzir a probabilidade de falhas ou a degradação do desempenho de um item específico. Não se espera a ocorrência da falha para que a intervenção seja efetivada. Há um planejamento que indique a necessidade de realização da intervenção no equipamento como forma de evitar uma redução no desempenho do maquinário e até mesmo uma possível parada da linha de produção.

A manutenção preventiva influencia diretamente na confiabilidade (REIS ET AL., 2013), e agrega maior segurança à operacionalização do maquinário. Segundo Xavier (2003), o sucesso da efetividade de um plano de manutenção preventiva consiste no fato da correta determinação dos intervalos de tempo das intervenções, visando reduzir períodos de tempo inferiores ao necessário, e assim o uso desnecessário de peças de reposição e de paradas não desejadas. Esse tipo de manutenção admite como fundamentos principais: a maximização da confiabilidade e disponibilidade do equipamento, a ampliação do ciclo de vida do maquinário, melhorias evidentes na condução dos trabalhos de manutenção, melhoria no gerenciamento de estoques, reduz improvisos e incrementa a segurança na realização das atividades.

2.5.2. Manutenção preditiva

A manutenção preditiva também é conhecida como manutenção de condição ou com base nas características operacionais apresentadas pelo equipamento. A manutenção preditiva consiste em atividades de acompanhamento de parâmetros que indicam o desempenho do maquinário, de forma sistemática, possibilitando a identificação da real necessidade de intervenção. A norma NBR 5462 (ABNT, 1994) conceitua a manutenção preditiva como aquela que permite garantir uma qualidade de processo, com base em aplicação de técnicas de análise dentro do sistema de manutenção, utilizando-se de meios de supervisão central ou de amostragem, visando reduzir as intervenções de manutenção preventiva e corretiva. Os principais benefícios deste tipo de manutenção: a antecipação de falhas com tempo suficiente de modo que os equipamentos sejam reparados em segurança, reduzindo riscos de acidentes e perdas no sistema produtivo; reduções de prazos e dos custos com manutenção pela informação antecipada das falhas a serem reparadas; e a melhoria em condições operacionais nos equipamentos com objetivo de se obter menor desgaste e maior rendimento e produtividade. A aplicação desta técnica de manutenção, a preditiva, é uma grande quebra de tabus nos tipos de manutenção. Essa categoria de manutenção visa à consolidação de estratégias de manutenção, onde se realizam análises e acompanhamento do desempenho do maquinário, mediante as especificações do fabricante e os relatórios ou modelos de performance já implementados. Além disso, possibilita um menor custo em comparação com os demais tipos de manutenção, por se tratar de uma abordagem fundamentada no planejamento e na predileção das ocorrências.

2.5.3. Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é aquela realizada após a falha do equipamento, visando recompor suas funções requeridas. A manutenção corretiva consiste na operação de manutenção efetivada após a ocorrência da falha, visa à atuação para a correção de uma falha no equipamento ou no seu desempenho.

Exige a observância de duas condições: (i) a ocorrência efetiva da falha; e (ii) a observação de um desempenho abaixo do esperado. A manutenção corretiva acontece apenas quando há a incidência de uma parada na produção oriunda de uma falha ou quebra de equipamento, afetando diretamente a produção por interrupções que podem levar horas ou até

mesmo dias, a depender do nível de criticidade da falha, da capacidade de resposta da manutenção e da disponibilidade de peças e materiais de reposição.

Segundo O'Connor (2005), inclui todas as ações necessárias para levar um sistema de um estado de falha para um estado operacional ou disponível. Dessa forma, a manutenção corretiva é bastante onerosa do ponto de vista econômico, em virtude da interrupção da produção e de impactos no lucro. Para as indústrias modernas, tal manutenção não é a mais adequada, pois não possibilita segurança para o cumprimento de prazos em um plano de produção (BELMONTE E SCANDELARI, 2005).

2.5.4. Indicador de gestão de manutenção - MTBF – *Mean Time Between Failures*

O *mean time between failures* traduzido como tempo médio entre falhas, se trata de um indicador que mostra a administração da manutenção.

Equação 1 - Indicador MTBF

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total da máquina funcionando}}{\text{Número de falhas ocorridas}}$$

2.5.5. Indicador de gestão de manutenção - MTTR – *Mean Time To Repair*

O *mean time to repair* traduzido como tempo médio de reparo, é o indicador que mostra como se saber o tempo médio gasto por uma determinada equipa para a realização de um determinado trabalho.

Equação 2 - Indicador MTTR

$$MTTR = \frac{\sum \text{tempos de reparo}}{\text{Número de reparos realizados}}$$

2.6. Composição do sistema de desidratação de lodo da planta metalúrgica

O final do processo de uma ETE entende-se por desidratação de lodo, que nada mais é do que a secagem ou retirada de umidade dos sólidos retirados do efluente após o tratamento. A composição desse sistema é bem abrangente e variável de acordo com as especificações e aplicações que forem exigidas pelo processo.

Estamos trabalhando neste estudo com uma planta simples, partindo do princípio de que o lodo oriundo do processo já foi sedimentado e elevado até um espessador de lama com um dispositivo mecânico de raspagem que também mantém nivelado o lodo dentro de si.

E a partir da sedimentação no fundo desse espessador através de uma válvula captadora ou bloqueadora, por gravidade, este efluente desce para um poço que se situa no porão deste espessador, por sua vez onde se situa o sistema de bombeamento de lodo para o próximo nível da desidratação que é a centrífuga, e daí para um transporte que destina esse lodo desidratado para uma reciclagem própria por meio de queima para confecção de tijolos e aplicação na infra-estrutura própria, por sua vez essa centrífuga retira a água (contaminada) desse lodo, e a reaproveita aplicando-a de volta no início do seu processo de tratamento do efluente.

O transporte no final do processo pode ser feito da maneira que a aplicação for mais viável desde correias transportadoras, esteiras, e até caminhão com um caso mais simples.

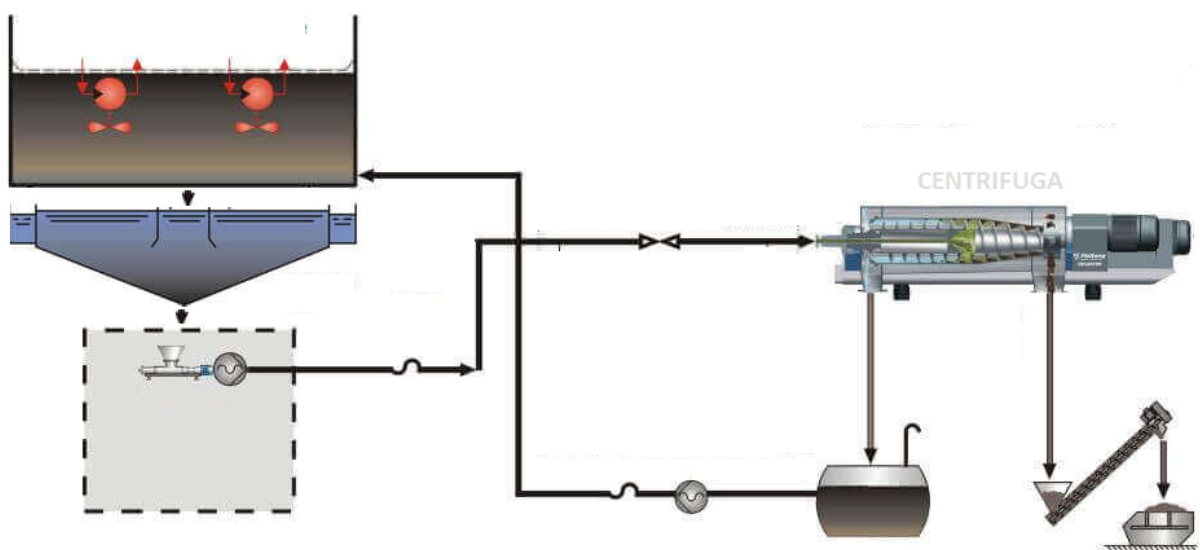


Figura 14 – Fluxograma de uma ETE simples.

2.7. Redução de custo na manutenção

Podemos ver os efeitos gerados pelo desperdício com a baixa qualidade de uso de mão de obra inadequada de inúmeras maneiras, a mais evidente é exatamente a baixa qualidade apresentada. Com isso temos a incidência de trabalhos mais demorados para serem executados com isso perdendo em produtividade, além do grande fantasma da manutenção que é o retrabalho. Uma outra forma de desperdiçar recursos de mão de obra é alocar uma equipe ou profissionais com pouca experiência ou conhecimentos técnicos para executarem serviços específicos e com grau de importância e criticidade elevados.

Muitas atividades de manutenção dependem de ferramentas adequadas e de boa qualidade, podendo interferir diretamente na agilidade e qualidade com que o serviço será realizado.

Com certeza um grande problema é a falta de programação estratégica e a adoção de um fluxo adequado para a realização das atividades. Isto com toda a certeza irá gerar um grande desperdício no tempo dos profissionais para liberarem a máquina para operar.

O mau gerenciamento dos estoques e falta de qualidade dos componentes de manutenção pode gerar perdas significativas em vida útil do equipamento e tempo de campanha em operação.

2.8. Válvulasborboleta com atuador pneumático

A válvula borboleta é chamada de um quarto de volta devido a sua forma de funcionamento que depende apenas de um giro de 90° para ter seu obturador fechado ou aberto em 100%, e a ser combinada com um atuador pneumático ela constitui a combinação mais frequentemente aplicada na automação de muitos processos industriais.

O Atuador Pneumático se trata de um dispositivo que é responsável pela conversão da energia armazenada com ar comprimido (a energia pneumática) para um movimento mecânico. Se constituem por um cilindro ou uma câmara da qual o ar atmosférico, é retido e deixado expandir.

O pistão é utilizado para realizar o trabalho, girar a haste da válvula borboleta para o comando de abrir, fechar ou modular a passagem do fluxo.

Essas válvulas tipo borboleta e equipadas com atuador pneumático podem ser utilizadas em varias aplicações, como: no fornecimento de água, ou nos processos de tratamento de efluentes, em equipamentos de proteção contra incêndios, em linhas de suprimento de gás, nos seguimentos de indústrias químicas e/ou petrolíferas, em sistemas de combustível, assim também como no setor de geração de energia. Podemos citar como as vantagens deste tipo de válvula: a sua construção é simples, além de não ocupar muito espaço, baixo peso e baixo custo quando comparado com os demais projetos de válvula.

Quanto ao uso do ar comprimido como fonte energia e movimento, vale destacar algumas vantagens: fácil armazenamento, quantidade em abundancia no ambiente, não gera riscos de faíscas para ser trabalhado em ambientes explosivos e não é poluente sendo atóxico.

2.9. Automação e PLC's

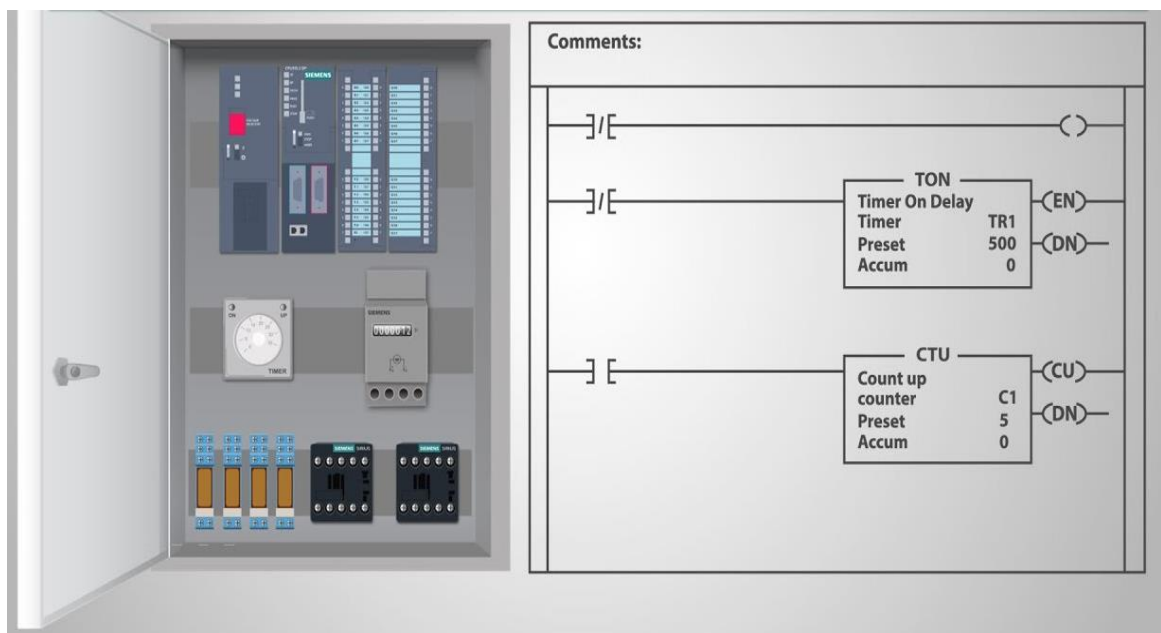


Figura 15 – PLC.

Fonte: www.realpars.com

2.9.1. Automação

A automação industrial ganhou destaque no início da Revolução industrial, com o intuito de aumentar a produção em escalas maiores. Várias inovações tecnológicas surgiram no período, afim, de aumentar a produtividade.

Com o uso da energia elétrica nas indústrias do aço e a química, o avanço no setor de comunicações e transporte e o surgimento dos computadores, a automação começou a fazer parte dos processos industriais.

Automação a cada ano que passa vem ampliando seu espaço no meio industrial além de sobrepor o trabalho humano em atividades exaustivas, também otimiza qualidade, tempo e custo. Entre os diversos equipamentos que são utilizados na automação o PLC controlador lógico programável é o mais importante com avanço da tecnologia os PLC's passaram a ser um sistema integrado, onde o controle de canais de comunicação são interligadas a computadores. O uso do PLC nos processos industriais oferecem inúmeros benefícios podemos destacar:

- Produtividade alta
- Consumo de energia baixa
- Confiabilidade
- Melhora na qualidade do produto alta
- Flexibilidade em diversas aplicações

Quando falamos em CLP é importante abordar também o termo memória que é o local onde são armazenados os dados para o bom funcionamento do CLP.

Os tipos de automação industrial são:

-Comandos pneumáticos, onde o ar comprimido pode ser utilizado pra automatizar equipamentos, isso por ser compressível e ter custo baixo. Um sistema pneumático é constituído por blocos, que podem ser geradores, distribuidores e atuadores.

-Válvulas direcionais, são válvulas que tem a função de distribuir o ar para os atuadores realizarem os trabalhos, são classificadas pelo número de vias, posições e forma de acionamento.

Estrutura do PLC funciona como um computador com três módulos basicamente.

1-Unidade central de processamento que supervisiona e controla as operações realizadas nos circuitos do PLC.

2-Bloco de memória que tem a função de armazenar programas desenvolvidos pelo fabricante e usuário.

3-Módulos de entrada e saída que podem ser digitais, analógicos e inteligentes, e tem funções como, armazenar e filtrar sinais recebidos.

Verificam falhas em sensores, fontes e cabos e protege contra sobre carga no sistema.

O PLC contém um programa, que foi desenvolvido para atender a necessidade do usuário, os sinais de transdutores, sensores são transmitidos para a entrada do controlador, que trabalha fazendo uma varredura em cada ciclo que consiste em três etapas.

Entrada – Os sinais do meio externo são lidos e transferidos pra a memória interna do PLC.

Programação – O programa é executado conforme sinais recebidos.

Saída – Valores estabelecidos são armazenados e aplicados em módulo de saída.

2.9.2. Temporizadores

Em automação, é comum a variável tempo ser incluída no processo. O temporizador é usado para definir um intervalo de tempo entre as operações, verificar se a operação está ocorrendo dentro do tempo definido.

Existem três tipos de temporizadores:

- Temporizador energizados (TON);
- Temporizador desenergizado (TOFF);
- Temporizador de pulso (TP).

Se forem utilizados temporizadores na energização e na desenergização e de pulso, é necessário que o programador siga as seguintes regras:

- Txx — Definir o número do temporizador de 0 a 31.
- Time base — Definir o tempo do temporizador de (1 s, 0,1 s e 0,01 s).
- Txx.P — Definir o valor do preset do temporizador, na faixa de 0 a 65 535.
- Txx.V — O valor atual do temporizador é definido pelo software. Podendo ser na faixa de 0 a 65 535.
- Q — O status de saída do temporizador é definido pelo software. É ativado quando o valor atual do temporizador é igualado ao valor do preset. Bit (0 ou 1).
- E — Definido pelo usuário o Enable do temporizador. Quando é ativado, faz a contagem do tempo, podendo ter Bit (0 ou 1). Na saída do temporizador, as operações aceitas são aquelas que tem o tamanho de 1 bit (nível lógico 0 ou 1). As variáveis utilizadas podem ser:
 - Qxx (saídas digitais).
 - Mxx (bits de memória).
 - MRxx (bits de memória retentiva).

- LTxx (LED dentro da IHM). O valor do preset do temporizador, são valores de tamanho a 1 word (valor de 0 a 65 535).

O temporizador na energização (TON), esse temporizador causa retardo na energização em sua saída. Para que isso ocorra, o tempo é contado quando a entrada é habilitada, indo do nível lógico “0” para o “1”. Quando seu valor (Txx.V) for igual ao tempo do preset (Txx.P), a saída do temporizador será comandada e acionada, seguindo do nível lógico “0” para o “1”. Se, a qualquer instante, a entrada for desabilitada, passando do nível lógico “1” para o “0”, então o valor do temporizador (Txx.V) será zero e será desabilitada sua saída, retornando ao nível lógico “0”.

O temporizador na desenergização (TOFF), esse temporizador, quando acionado sua entrada, o temporizador (Txx.V) zera e a saída (Txx.Q) segue para o nível lógico “1”, acompanhando conforme a entrada. O atraso acontece quando há desenergização, segue do nível lógico “1” para o “0”, então é iniciada a contagem do tempo que implicará o atraso na saída (Txx. Q). Quando o valor do temporizador (Txx.V) for igualado ao tempo do preset (Txx.P), a saída deste temporizador será desacionada, seguindo do nível lógico “1” para o “0”.

O temporizador de pulso (TP), esse temporizador, ao ser acionado sua entrada, e contendo o pulso de entrada menor que o tempo estipulado do preset (Txx.P) do temporizador, a saída terá o mesmo valor da entrada. Se a entrada ficar acionada por um tempo maior que o do preset (Txx.P) estipulado do temporizador, a saída terá seu acionamento somente pelo tempo do preset (Txx.P), ocasionando um pulso na saída. A partir do momento em que o valor do temporizador (Txx.V) for igualado ao tempo do preset (Txx.P), a saída do temporizador será desfeita, passando do nível lógico “1” para o “0”. Existe um fato muito relevante, onde pequenas variações no comportamento desse tempo, dependendo do fabricante. Alguns modelos existentes mantêm a saída do tempo ativada para pulsos curtos no enable e desligando após Txx.P. O que se faz necessário, consultar o manual dos fabricantes.

3. METODOLOGIA

3.1. Projeto Atual

O projeto existente a ser melhorado conta com um sistema simples de bombeamento de lama. O processo é constituído por Captação de água, Estações de clarificação de água, estações de tratamento de água e Estações de tratamento de efluentes oriundos das estações de clarificação. As estações de clarificação de água recebem água da Captação e após seu processo de tratamento gera água clarificada utilizada em equipamentos de processos metalúrgicos e resíduos das impurezas retiradas da matéria de entrada no processo. Assim como as Estações de tratamento de água que geram água tratada por meio de filtragens para consumos em áreas alimentícias, de vestiários e banheiros; e resíduos das impurezas retiradas da matéria de entrada no processo.

Todos estes resíduos gerados nesses processos são direcionados para a Estação de tratamento de efluentes de processo, que é o foco do trabalho, esta por sua vez tem os resíduos de processo como matéria inicial do processo. A composição deste processo se dá com a chegada dos efluentes das demais Estações em um espessador de lama, que armazena, sedimenta e dilui o resíduo de forma que o material mais espesso dessa para o seu fundo e a água suja retorne para o início do processo nas Estações de clarificação, a lama de fundo no espessador é o produto a ser trabalhado pela bomba em questão, existente em uma instalação abaixo do nível inferior do espessador de lama. É uma composição de 3 bombas de deslocamento positivo de uma maneira totalmente manual e direta, que coleta a lama diretamente do fundo do espessador e bombeia para uma calha de distribuição de onde essa lama é material de entrada em 3 centrífugas de desidratação de lama e delas a lama desidratada é direcionada a aterros sanitários e a água suja retirada da lama na centrífuga é retornada para o processo para ser reaproveitada na Estação de clarificação.

Estes equipamentos funcionam no regime de um operando, um em reserva e um em espera/Manutenção, o que quer dizer que de três bombas de deslocamento positivo no fundo do espessador apenas uma bombeia de acordo com a demanda do processo, uma bomba fica disponível para ser ligada como reserva em caso de falha de uma outra bomba e a terceira permanece desligada pronta para receber manutenção caso seja necessário.

Dentro desse processo existe o gargalo das bombas de fundo de espessador que apresentam freqüentes quebras semanais, e assim não cumprindo a configuração necessária para sua plena operação, pois com as falhas frequentes o rodizio de bombas é grande e em caso de uma falha com quebra o tempo necessário para reparo é maior dificultando a gestão destes ativos e podendo ocasionar um colapso por falhas por quebra subsequentes ficando assim por algum momento sem nenhuma bomba para dar continuidade à transferência de lama para as centrífugas fazendo girar o processo.

Sendo assim, existe um risco grave com a possibilidade de um colapso, podendo ocasionar uma ocorrência com impacto ambiental por conta de transbordo de matéria residual de processos metalúrgicos do espessador no solo e parada de outros processos na metalurgia com um efeito dominó pela parada desse processo estar diretamente ligada as demais áreas produtivas de uma empresa através do abastecimento de água como fluido para refrigeração de equipamentos e produtos aquecidos.

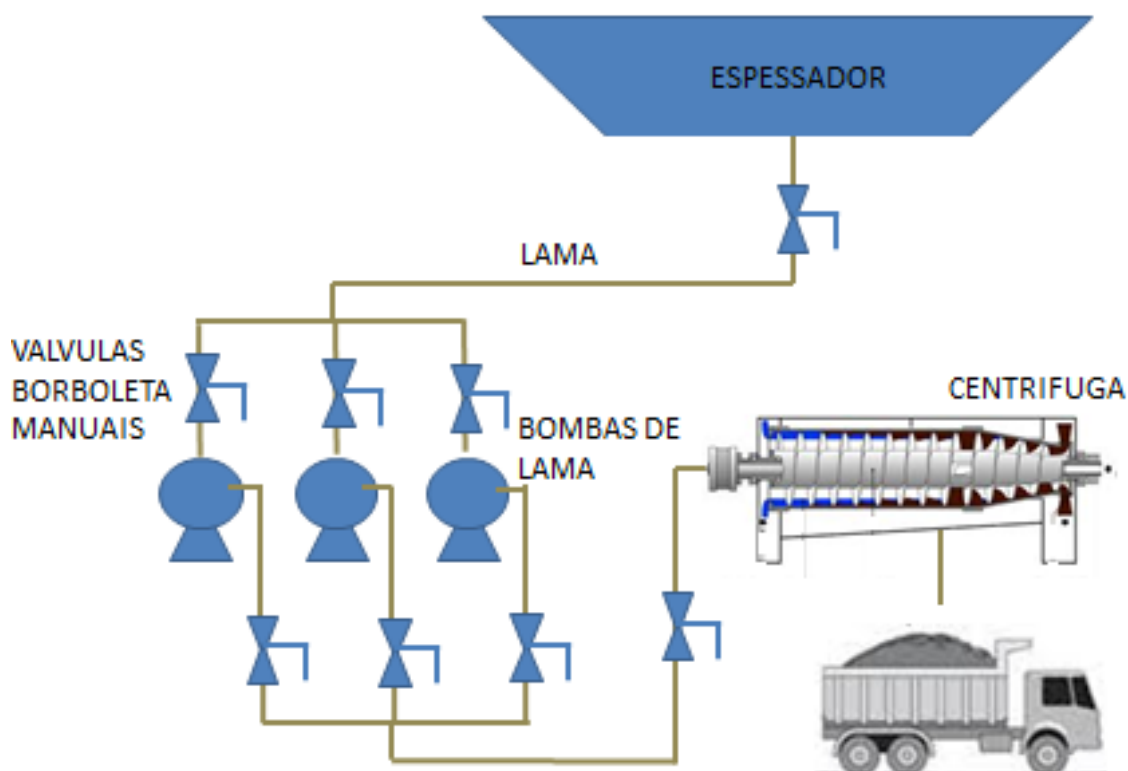


Figura 16 – Desenho esquemático do processo no projeto atual.

3.2. Detecção do problema

A base de nosso estudo é dentro da estação da ETE em si, mais precisamente no sistema de bombeamento de lama para as centrífugas de desidratação.

De acordo com o fabricante, sempre que a bomba for parada não importando a causa seja ela por baixa demanda de produção ou mesmo por desarme, a bomba deve ser lavada com água de modo que todo o resíduo contido no interior dela seja limpo evitando incrustações e o próprio travamento dos componentes internos.

Porém como em uma área de produção estes tipos de equipamentos simples não têm monitoramento contínuo, o que impossibilita que o operador em caso de desarme da bomba por qualquer defeito latente, venha a realizar esta limpeza por lavagem padrão por água conforme orientação do fabricante. O que pode ocorrer com alta frequência por falta de parâmetros no resíduo bombeado ou mesmo por ação humana.

Negar essa orientação simples tem graves consequências, pois com o enrijecimento dessa matéria no interior da bomba, seus componentes internos são travados o que pode gerar folgas que por sua vez vão causar desgastes progressivos até a quebra ou até mesmo a quebra imediata do equipamento.

A quebra da bomba gera muitos inconvenientes, como:

- Manutenções desnecessárias;
- Consumo de sobressalentes;
- Utilização de equipamentos, insumos e energia para realizar a manutenção;
- Perda de produção operacional.

Com um atenuante nessa gravidade, pois a parada do sistema de bombeamento causa a parada do sistema de desidratação de lodo, e estas centrífugas quando são paradas em meio a processamento de lodo precisam, assim como as bombas, de serem retrolavadas imediatamente por se tratarem de máquinas sensíveis e de custo elevado necessitam de atenção especial para que não sejam danificadas ou até mesmo perca o seu balanceamento.

3.3. Proposta

Com o estudo realizado, pode-se afirmar que alternativa para o caso é a implantação de um sistema de lavagem da bomba de forma automatizada de maneira que mesmo em caso de uma pane, a bomba sofrerá desarme, porém seu sistema automatizado irá suprir a necessidade que ter um acompanhamento humano sempre monitorando seu funcionamento regular.

Para isso, contamos com a implantação de um sistema de PLC para controlar abertura e fechamento de suas novas válvulas que serão instaladas na entrada e saída da bomba.

A lógica programada com temporizador irá identificar qualquer queda de tensão no motor da bomba, e após esse sinal através de comandos elétricos será fechada a válvula de entrada de lodo da bomba, um segundo sinal será enviado para abrir a válvula de injeção de água que alimentará a entrada da mesma bomba, o temporizador terá a função manter o intervalo dessas ações.

O seguinte passo é um comando para religar a bomba já abastecida com água para lavagem, o temporizador novamente será programado para manter a bomba ligada durante um período mínimo de 5 minutos para que seja retirada toda incrustação de lodo do interior da bomba.

Após este tempo, o PLC enviará um comando para desligar a bomba e um último comando para que a válvula de injeção de água se feche. Todas as interações de válvulas serão feita por comandos elétricos e movimentação por meio de solenóides pneumáticas em seus atuadores.

Com isso, é possível garantir um bom controle operacional, além do conforto e satisfação do corpo operacional por operar e monitorar todo o sistema através da sala de comando e se reduz os custos com manutenção.

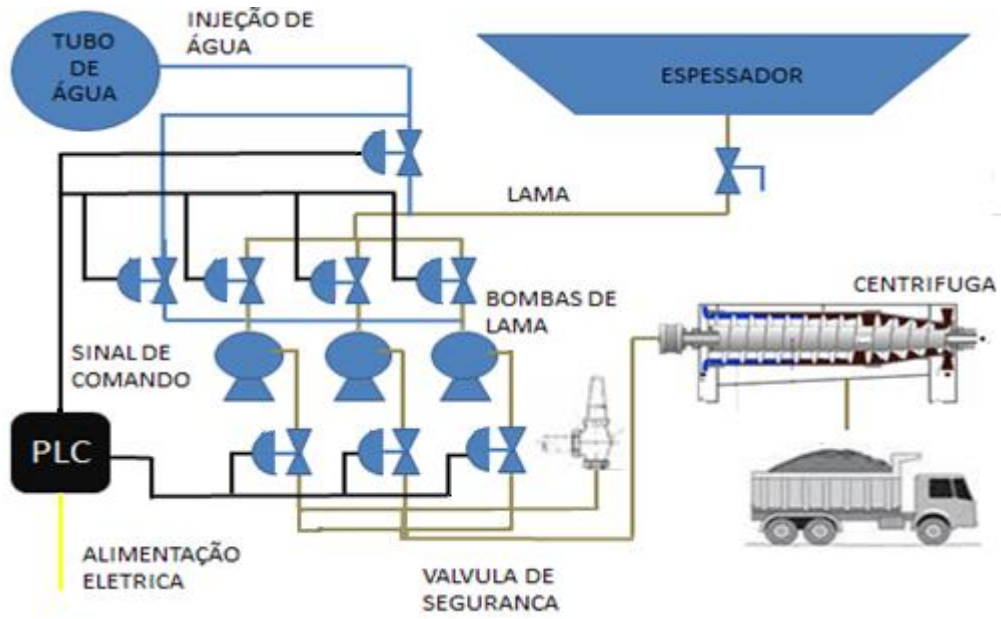


Figura 17 – Desenho esquemático do processo no projeto proposto.

4. CÁLCULO E ESPECIFICAÇÃO

4.1. Especificação do projeto existente

O projeto existente a ser melhorado conta com um espessador de lama de 1256 m³ de capacidade com raspadores que sedimentam e direcionam o lodo para o fundo, tubulações saindo do fundo do espessador com 6” de diâmetro e válvulas esfera para bloqueio da linha com corpo em aço carbono, com capacidade para 150 PSI e com acionamento por alavanca, antes e depois das bombas temos válvulas borboleta tipo wafer com o corpo em aço carbono, capacidade de 150 PSI e com acionamento por alavanca, o equipamento principal que são as três bombas helicoidais com transmissão por correias do tipo geometria S com capacidade de bombeamento em vazão de 39 m³/h e pressão de saída de 1,5 bar, com 200 RPM e conexões de saída em flanges construídos nas dimensões de 6” de diâmetro, equipada com um motor de 10 CV, 1160 RPM, carcaça 132M, trifásico e 60hz e por fim uma centrífuga de desidratação de lama de capacidade de m³/h.

4.2. Especificação dos novos componentes para adequação do projeto

O projeto proposto, além dos componentes já citados anteriormente, conta com válvulas do tipo borboleta wafer com acionamento por atuador pneumático de 6” de diâmetro para bloqueio das bombas de lama, válvulas do tipo esfera com acionamento por atuador pneumático de 2” de diâmetro para bloqueio das injeções de água, um PLC equipado com um temporizador de 0 a 5 minutos, contadores e válvulas solenóide.

5. VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Para efeito de Custo X Benefício do projeto idealizado e obtenção da ideia de que o projeto é viável para ser implementado, foram considerados os seguintes tópicos:

- Custo com manutenção:
 - Custo com materiais de insumo e peças de reposição - considerando o intervalo de frequência de falhas.
 - Custo com mão de obra - considerando o intervalo de frequência de falhas.
- Custo com a implementação do projeto:
 - Custo com aquisição de peças;
 - Custo com mão de obra para montagem e manutenção preventiva.

5.1. Custos com Manutenção

Dentro dos custos com materiais de insumo e peças de reposição foram considerados:

1. Rotor da bomba para substituição;
2. Estator da bomba para substituição;
3. Correias da bomba para substituição;
4. Selo mecânico da bomba para substituição;
5. Insumos (óleos, graxas, fitas de vedação, juntas, materiais de pequeno porte e baixo custo).

Custo com peças manutenção por falha	
Rotor da bomba para substituição	R\$900,00
Estator da bomba para substituição	R\$2.000,00
Correias da bomba para substituição	R\$120,00
Selo mecânico da bomba para substituição	R\$700,00
Insumos (óleos, graxas, fitas de vedação, juntas, materiais de pequeno porte e baixo custo)	R\$350,00
Total	R\$4.070,00

Tabela 2. Custo com peças manutenção por falha.

Dentro dos custos com mão de obra para manutenções frequentes de falhas foram considerados:

- Média de duas falhas em qualquer das três bombas por semana;
- Valor médio de custo por hora de cada profissional de manutenção em R\$ 50,00;
- Tempo de manutenção médio de 6 horas para desmontagem, troca dos kits de vedação, correias e rotor e estator da bomba.

Mão de obra	
Valor médio de custo por hora de cada profissional de manutenção	R\$ 50,00
Tempo de manutenção médio	6 horas
Número de profissionais	2 mecânicos
Custo por dia	R\$ 600,00
Custo por semana (2 ocorrências por semana)	R\$1.200,00
Custo por mês	R\$ 4.800,00
Custo por ano	R\$ 57.600,00

Tabela 3. Custos com mão de obra para manutenções frequentes de falhas.

5.2. Custos com instalação do projeto

Dentro dos custos com aquisição de peças foram considerados:

1. Válvula de Segurança Alivio calibrada para pressão de 1,5 bar com diâmetro de 2”;
2. Válvula do tipo borboleta com acionamento pneumático com diâmetro de 6”;
3. Válvula do tipo esfera com acionamento pneumático com diâmetro de 2”;
4. Tubo de aço A106 com 3,9mm de espessura de parede;
5. Painel Lógico Controlador (PLC);
6. Temporizador;
7. Válvulas solenoides;
8. Contator;
9. Insumos (Venis para acionamentos pneumáticos, cabos de energia e controle, parafusos e porcas, juntas de vedação, fita de vedação, materiais de pequeno porte e baixo custo).

Custo com peças para instalação do projeto (para três bombas)	
1 Válvula de Segurança Alivio calibrada para pressão de 1,5 bar com diâmetro de 2"	R\$6.000,00
2 Válvulas do tipo borboleta com acionamento pneumático com diâmetro de 6"	R\$3.400,00
2 Válvulas do tipo esfera com acionamento pneumático com diâmetro de 2"	R\$2.400,00
1 Tubo de aço A106 com 3,9mm de espessura de parede	R\$250,00
1 Válvula do tipo esfera com acionamento por alavanca 2"	R\$300,00
1 Painel Lógico Controlador (PLC)	R\$150,00
1 Temporizador	R\$200,00
1 Válvula solenóide	R\$1.500,00
1 Contator	R\$100,00
Insumos (Vinis para acionamentos pneumáticos, cabos de energia e controle, parafusos e porcas, juntas de vedação, fita de vedação, materiais de pequeno porte e baixo custo)	R\$250,00
Total	R\$43.650,00

Tabela 4. Custo com peças para instalação do projeto.

Dentro dos custos com mão de obra para montagem e manutenção preventiva foram considerados:

- Valor médio de custo por hora de cada profissional de manutenção em R\$ 50,00;
- Média de uma manutenção preventiva por mês, com 2 horas de duração e um profissional para conferir se as correias estão esticadas, lubrificar as partes móveis da bomba e válvulas e em caso de necessidade trocar alguma mangueira de ar comprimido das válvulas pneumáticas. Uma vez por ano será trocado o conjunto com kit de vedação, correias rolamento e rotor e estator (Tabela 7);
- Tempo de manutenção médio de 2 dias para montagem do sistema de PLC, automatização e parametrização do sistema e troca das válvulas de 2” e 6”, utilizando dentro desses dois dias dois mecânicos no primeiro dia apenas e 2 eletricitas e 1 instrumentista nos dois dias;

Mão de obra de instalação					
Tarefas	Mecânico	Eletricista	Instrumentista	1º dia	2º dia
Montagem do sistema de PLC	0	2	1	R\$ 1.200,00	R\$ 2.000,00
Automatização do sistema	0	0	1		
Parametrização do sistema		2	1		
Troca de 2 válvulas de 2”	2	0	0		
Troca de 2 válvulas de 6”	2	0	0		

Tabela 5. Custos com mão de obra para montagem da proposta.

Custo com manutenção preventiva da proposta					
Custo por manutenção preventiva mensal		Manutenção preventiva anual		Peças do kit anual	
Valor médio de custo por hora de cada profissional de manutenção	R\$ 50,00	Valor médio de custo por hora de cada profissional de manutenção	R\$ 50,00	Rotor da bomba para substituição	R\$ 900,00
Tempo de manutenção médio (horas)	2	Tempo de manutenção médio (horas)	8	Estator da bomba para substituição	R\$ 2.000,00
Número de profissionais (mecânico)	1	Número de profissionais (mecânico)	2	Correias da bomba para substituição	R\$ 120,00
Custo por mês	R\$ 100	Custo com peças	R\$ 4.070,00	Selo mecânico da bomba para substituição	R\$ 700,00
Custo por ano	R\$ 1.200,00	Custo por ano	R\$ 4.870,00	Insumos (óleos, graxas, fitas de vedação, juntas, materiais de pequeno porte e baixo custo)	R\$ 350,00

Tabela 6. Custo com manutenção preventiva da proposta.

Custo da proposta	
Mão de obra de instalação do projeto proposto	R\$ 3.200,00
Custo por manutenção preventiva mensal	R\$ 1.200,00
Manutenção preventiva anual	R\$ 4.870,00
Custo com peças para instalação do projeto	R\$ 43.650,00
Custo total da proposta	R\$ 52.920,00

Tabela 7. Custo total da proposta.

5.3. Viabilidade do projeto

De acordo com o levantamento de custos feito, o projeto se apresenta viável para implantação. De acordo com a Tabela 6 abaixo, o projeto elimina as condições de custo com manutenção e com essa redução de custo o projeto compensa seu investimento em aproximadamente 12 meses de funcionamento.

Os valores de perda com custo por ano que serão evitados dentro de 12 meses são valores superiores ao valor de investimento do projeto.

Balanco Financeiro de Viabilidade	
Perdas operacionais de manutenções corretivas	
Mão de obra gasta com manutenções corretivas	R\$ 57.600,00
Custo com peças manutenção por falha (corretivas)	R\$ 4.070,00
Total de Saídas	R\$ 61.670,00
Custo com Instalação e manutenção da proposta	
Custo com peças para instalação do projeto	R\$ 43.650,00
Manutenção preventiva	R\$ 6.070,00
Mão de obra de instalação	R\$ 3.200,00
Total de Saídas	R\$ 52.920,00

Tabela 8. Balanco Financeiro de Viabilidade.

5.4. TIR e VPL

O VPL ou Valor Presente Líquido é calculado para sabermos qual o valor atual de um investimento, e sua rentabilidade.

O cálculo do VPL é atualiza todo o fluxo de caixa de um investimento para o valor de hoje, utilizando uma taxa de desconto no cálculo conhecida como TMA ou Taxa Mínima de Atratividade.

Equação 3 - Fórmula para o cálculo da VPL.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1 + TMA)^j} - \text{Investimento Inicial}$$

FC = Fluxo de caixa;

TMA = Taxa mínima de atratividade;

j = Período de cada fluxo de caixa.

Dentro desta fórmula temos um somatório que faz a atualização de cada um dos valores do fluxo de caixa que sinalizam entrada de dinheiro ao investidor, subtraído do investimento inicial.

A TIR ou Taxa Interna de Retorno, em inglês IRR ou Internal Rate of Return, é uma taxa usada por referência para quando um investimento pode ter retorno igual à zero. A TIR é utilizada como uma taxa de desconto, pois atualizamos os valores para o momento inicial do investimento, de forma a se tratar de valor acumulado.

Quando tivermos o valor de TIR maior que TMA seu VPL será positivo e com isso o projeto é viável, porém quando a o valor de TIR for menos que TMA seu VPL será negativo indicando que seu investimento no projeto é inviável.

Equação 4 - Fórmula para o cálculo da TIR.

$$\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - \text{Investimento inicial} = 0$$

FC = fluxos de caixa;

i = período de cada investimento;

N = período final do investimento.

Utilizando dos dados do nosso projeto para o cálculo da viabilidade econômica do projeto. Podemos fazer algumas observações para a base de dados:

- Para o valor de investimento utilizamos R\$43.650,00 que é o valor de compra das peças mais R\$3.200,00 o valor gasto com mão de obra para instalação do projeto.
- Para o valor de retorno utilizamos R\$55.600,00 que é o valor obtido da subtração do valor de manutenção preventiva após o projeto instalado (R\$6.070,00) do valor que ganhamos com o projeto que eram as perdas com manutenções e peças (R\$61.670,00).
- Para a TMA que se trata da taxa mínima de atração para o projeto utilizamos uma taxa alta de 75%.
- Consideramos também um valor de decaimento nos valores ganhos durante os 5 primeiros anos devido a necessidades de manutenções periódicas extras devido a desgastes nos componentes tanto do sistema novo quando o que permanecer do existente decrescendo 15% ao ano cumulativamente do valor de ganho (R\$55.600,00).
- Fizemos uma previa temporal para demonstrar que a partir do quinto ano de utilização, os componentes podem ser trocados preventivamente por peças novas de acordo com a perda de funcionalidade e rendimento uma vez que suas manutenções serão mais frequentes e estará em uma campanha longa de funcionamento, com isso será renovado o ciclo de ganhos com o projeto a longo prazo.

Com isso pudemos chegar ao calculo seguinte:

TMA	75%
Projeto proposto	
Período (anos)	Fluxo de caixa
0	-R\$ 46.850,00
1	R\$ 55.600,00
2	R\$ 47.260,00
3	R\$ 40.171,00
4	R\$ 34.145,35
5	R\$ 29.023,55
VPL	R\$ 13.257,70
TIR	102%

Tabela 9. Viabilidade Econômica do projeto por TIR e VPL.

De acordo com a convenção da TIR e VPL, podemos observar que nosso valor de TIR (102%) foi maior que o valor de TMA definido (75%) e o valor de VPL foi positivo (R\$13.257,70), com isso podemos concluir que o projeto se apresenta viável.

6. CONCLUSÕES

Com este estudo pudemos concluir que as alterações e modernizações propostas no trabalho foram conclusivas de forma positiva trazendo benefícios a todo o processo e viabilizando melhores condições de funcionamento e operação.

Com a automatização do ponto de trabalho das bombas a operação fica livre da possibilidade de erros operacionais e o operador pode controlar e saber como está o funcionamento do equipamento da sala de controle.

Para o sistema as melhorias foram positivas visto que o equilíbrio operacional está estabelecido e com uma boa estabilidade operando de acordo com as recomendações do fabricante de forma a evitar paradas do sistema, quebras de equipamentos e aumento da vida útil do equipamento em comparação com a problemática apresentada.

Os custos do projeto se mostraram favorecedores à implantação, e com uma redução de custos operacionais e de manutenção satisfatórios. O projeto se mostrou viável após a realização dos cálculos econômicos e projetando ganhos a curto e longo prazo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOMBAS NEMO, MODELOS CURVAS DIMENSÕES. Página eletrônica: <www.docplayer.com.br>. Acesso em 16 de jun. 2019.

NETZSCH. Página eletrônica: <www.netzsch.com>. Acesso em 16 de jun. 2019.

ALFALAVAL. Página eletrônica: <www.alfalaval.com>. Acesso em 16 de jun. 2019.

VALVULAS BORBOLETA. Página eletrônica: <www.bongas.com.br>. Acesso em 11 de mai. 2019.

TEMPORIZADORES, CITISYSTEMS. Página eletrônica: <www.citisystems.com.br>. Acesso em 11 de mai. 2019.

VALVULAS, KSB. Página eletrônica: <www.ksb.pt>. Acesso em 10 de mai. 2019.

VALVULAS, METSO. Página eletrônica: <www.metsoautomation.com>. Acesso em 10 de mai. 2019.

VALVULAS, MIPEL. Página eletrônica: <www.mipel.com.br>. Acesso em 16 de jun. 2019.

ETES E ETAS. Página eletrônica: <www.peqengenhariajr.com.br>. Acesso em 24 de out. 2019.

DESIDRATAÇÃO DE LODO, PIERALISE. Página eletrônica: <www.pieralisidobrasil.com.br>. Acesso em 24 de out. 2019.

ETEs. Página eletrônica: <www.casan.com.br>. Acesso em 16 de jun. 2019.

CURVAS DE BOMBAS. Página eletrônica: <www.aecweb.com.br>. Acesso em 16 de jun. 2019.

LINSINGEN, IRLAN VON. (2001) - Fundamentos de Sistemas Hidráulicos.

PINTO, A.K.; XAVIER, J.N. (1999) Manutenção – Função Estratégica.

NETZSCH, BOMBAS HELICOIDAIAS. Página eletrônica: <www.netimpro.pt>. Acesso em 16 de ago. 2019.

IVANTYSYN, JAROSLAV IVANTYSYNOVA, Monika - Hydrostatic Pumps and Motors. Primeira edição, 2001.

ABNT NBR 5462,1994. Página eletrônica: <www.abntcatalogo.com.br>.Rio de Janeiro, acesso em 10 de ago. 2019.

FURMANN, J. C. Desenvolvimento de um modelo para melhoria do processo de manutenção mediante a análise de desempenho de equipamentos, 2002.

CHIOCHETTA, J. C.; HATAKEYAMA, K.; MARÇAL, R. F. M. Sistema de Gestão da Manutenção para a Pequena e Média Empresa, 2004.

KACH, S. C.; FELDEN, C. R. Gestão do sistema de manutenção com utilização das inovações tecnológicas disponíveis para otimização dos processos, 2011.

MIRSHAWKA, V. Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos, 1991.

BRISTOT, V. M.; BRISTOT, V. M; SCHAEFFER, L.; GRUBER, V. Manutenção preditiva em indústrias de revestimentos cerâmicos, 2012.

BELMONTE, D. L.; SCANDELARI, L. Gestão do Conhecimento: Aplicabilidade Prática na Gestão da Manutenção, 2005.

PLC, CURSO DE INICIANTEs. Página eletrônica: <www.realpars.com>. Acesso em 15 de jun. 2019.

SAAE, SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. Página eletrônica: <www.saae.sp.gov.br>. Acesso em 12 de jun. 2019.