



UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Curso de Engenharia de Produção

REMERSON LUIZ BRAGA

**SISTEMAS DE VEDAÇÕES PARA SOLUÇÕES DE
BOMBEAMENTO E DESPERDÍCIO DE ÁGUA**

Campinas
2015

REMERSON LUIZ BRAGA – R.A. 004201100062

**SISTEMAS DE VEDAÇÕES PARA SOLUÇÕES DE
BOMBEAMENTO E DESPERDÍCIO DE ÁGUA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof^o. Me. Aristides Magri

REMERSON LUIZ BRAGA

**SISTEMAS DE VEDAÇÕES PARA SOLUÇÕES DE
BOMBEAMENTO E DESPERDÍCIO DE ÁGUA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: 09/12/2015

Banca Examinadora:

Prof. Aristides Magri (Orientador)

Universidade São Francisco

Prof. Me Francisco Henrique (Examinador)

Universidade São Francisco

Prof. Dra Élen Nara Carpim Besteiro (Examinador)

Universidade São Francisco

**ATA DE ARGUIÇÃO FINAL DA MONOGRAFIA DO ALUNO
REMERSON LUIZ BARAGA**

Aos 09 dias do mês de dezembro do ano de 2015, às 19:00 horas, nas dependências da Universidade São Francisco, Campus Campinas, reuniu-se a Comissão da Banca Examinadora, para avaliação da Monografia do Trabalho intitulado “**SISTEMA DE VEDAÇÕES PARA SOLUÇÕES DE BOMBEAMENTO E DESPERDÍCIO DE ÁGUA**”, apresentada pelo aluno, como exigência parcial para conclusão do curso de graduação no Curso de Engenharia de Produção - Automação e Sistemas, da Universidade São Francisco, Campus de Campinas. Os trabalhos foram instalados às 19:00 horas pelo Prof. Ms. Aristides Magri, Orientador do candidato e Presidente da Banca Examinadora, constituída pelos seguintes Professores: Prof. Francisco Henriques da Universidade e pelo Prof. Élen Nara Carpim Besteiro, da Universidade São Francisco. A Banca Examinadora tendo decidido aceitar a monografia, passou à Arguição Pública do candidato. Encerrados os trabalhos às 19:15 horas, os examinadores, consideraram o candidato aprovado e com média final 9,5 (Nove e meio). E, para constar, eu Prof. Ms Aristides Magri (Orientador), lavrei a presente Ata, que assino juntamente com os demais membros da Banca Examinadora.

Campinas, 09 de dezembro de 2015.

Prof. Aristides Magri (Orientador)

Universidade São Francisco

Prof. Me Francisco Henriques (Examinador)

Universidade São Francisco

Prof. Dra Élen Nara Carpim Besteiro (Examinador)

Universidade São Francisco

“Eliminar Vazamentos é uma forma de preservar a natureza”.
“Fluke Vedações”

RESUMO

O estudo mostra os pontos importantes para os sistemas de bombeamento e combate ao desperdício de água, bem como a correta aplicação dos sistemas para o bom desenvolvimento das bombas centrífugas. O estudo de caso apresenta as vantagens e desvantagens dos sistemas de vedações por gaxetas e selos mecânicos, apresentando como objetivo principal identificar e quantificar os vazamentos provenientes das vedações nas bombas que operam em regime permanente e propor a substituição do sistema de vedação com gaxetas por selos mecânicos obtendo-se maior eficiência. A pesquisa empírica realizada na empresa Fluke Vedações, onde os dados foram coletados através de visitas técnicas baseado na captação de água bruta dos rios e lagoas para distribuição em usinas de açúcar e álcool, companhias de tratamento de água e esgoto, indústrias químicas e farmacêuticas, apresenta que os resultados são viáveis nos aspectos técnicos, econômicos e principalmente ambientais e sociais.

Palavras-chave: Água. Vazamentos. Vedações.

ABSTRACT

The study features the important points for the pumping systems and preventing waste of the water, well as the correct application of systems for the proper development of centrifugal pumps. The case study presents the advantages and disadvantages of sealing systems for gaskets and mechanical seals, with the main objective of identifying and quantifying the leaks elapsed seals in pumps operating in steady state and propose replacing the sealing system with gaskets for mechanical seals yielding greater efficiency. The Empirical research conducted at Fluke company, where the data were collected through technical visits based on raw water abstraction from rivers and lakes for distribution in sugar and alcohol, water treatment companies and sewage, chemical and pharmaceutical industries, presents the results are feasible in technical, economic and especially environmental and social.

Key words: Leaks.Seals.Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Componentes das bombas estação: motores, válvulas e tubulações	16
Figura 2	Vista do sistema de engaxetamento e preme-gaxeta.....	17
Figura 3	Bomba Imbil Modelo INI.....	19
Figura 4	Alojamento da gaxeta.....	20
Figura 5	Aplicação da Gaxeta Sealtek Style 1037 – Captação de Água Bruta.....	21
Figura 6	Conjunto de faces de vedação (Sede estacionária e Anel Rotativo).....	23
Figura 7	Tipos de sedes e selo mecânico em corte	24
Figura 8	Selo mecânico em corte.....	24
Figura 9	Tubulação apresentando vazamento.....	27
Figura 10	Aplicação da Fita Sealtex.....	28
Figura 11	Tubulação após a aplicação da Fita Sealtex.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Custos de Manutenção para gaxetas	36
Gráfico 2	Custos de Manutenção para Selo Mecânico	38
Gráfico 3	Comparativo de gastos Gaxeta x Selo mecânico	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Falhas ou defeitos de gaxetas	22
----------	-------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparativo de Gaxeta e selo mecânico	35
Tabela 2	Investimento e custos de manutenção para Gaxetas	36
Tabela 3	Investimentos e custos de manutenção para Selo mecânico	37
Tabela 4	Comparativo de gastos Gaxeta x Selo mecânico	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa.....	13
1.2	Objetivos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	Histórico do sistema de bombeamento	15
2.2	Desenvolvimento do sistema de Vedação	16
2.3	Bombas Centrífugas	18
2.4	Características das gaxetas	20
2.5	Selos Mecânicos	23
2.6	Vantagens do Selo Mecânico	25
2.7	O Quanto vaza um Selo Mecânico	25
2.8	Fitas de Vedação Sealtex	27
3	METODOLOGIA	29
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	31
4.1	Caracterização da Organização e do Ambiente de Negócio	31
4.2	Estado Atual	32
4.3	Análise do problema	33
4.4	Análise dos resultados	34
5	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo tem exigido cada vez mais das organizações, é uma busca contínua para melhoria de todos os processos organizacionais. Portanto, as empresas estão buscando padronizar os processos para manter-se acima da concorrência. A água tem um papel fundamental nesses processos, pois a partir de seu potencial, surgiram inovações como, a máquina a vapor, a usina hidrelétrica e muitos outros. Mais do que nunca, a vida da humanidade depende da água.

É muito importante minimizar o desperdício de água, levantamentos apontam que tem-se refogado milhares de litros por apenas uma bomba centrífuga, sendo que poderia abastecer uma família com cerca de 6 pessoas em localidades onde a seca é alarmante como África, Ásia e até mesmo o Brasil.

Segundo Filho (2015), sem água de boa qualidade não existe futuro para os núcleos sociais, sejam eles rurais ou urbanos. Como a água é um elemento fundamental para a vida, não é possível argumentar sobre qualidade de vida quando os recursos hídricos estão comprometidos. Se quisermos projetar um futuro melhor para as próximas gerações, precisamos necessariamente priorizar o tema “água” no contexto social, econômico ou político. Diante disso, a solução é a substituição de certos componentes em alguns equipamentos que proporcionam o uso excessivo desse bem renovável, adotando como exemplo a substituição do sistema de vedação com gaxetas por selos mecânicos. Um sistema correto de vedação age de forma rápida e eficaz, evitando os vazamentos e conseqüentemente abalos ao meio ambiente.

A parte teórica apresenta o histórico do sistema de bombeamento deixando claro o que é uma bomba centrífuga e seu desenvolvimento tecnológico ao longo do tempo. As características do sistema de vedação por gaxeta quanto de selo mecânico são apresentados com clareza, buscando mostrar as vantagens e desvantagens de cada sistema, tanto nos aspectos econômicos quanto ambiental e social.

1.1 Justificativa

Os recursos hídricos têm profunda importância no desenvolvimento de diversas atividades, como na produção agrícola a água representa 90% da composição física das plantas. A falta de água em períodos de crescimento dos vegetais pode destruir lavouras e até ecossistemas devidamente implantados. Na indústria é importante para obter diversos produtos, as quantidades de água necessárias são muitas vezes superiores ao volume produzido.

Portanto justifica-se nesse trabalho a importância desse recurso natural, tão falado e orientado nos últimos anos, buscando levantar uma das principais causas da escassez, que são os vazamentos ocorridos diariamente.

1.2 Objetivos

Objetivo Geral

Diante da escassez de água nos últimos anos, o tema escolhido a pesquisar foi soluções de vedações mais eficientes no combate ao desperdício de água por vazamentos nas empresas que utilizam sistemas de bombeamento.

Essa pesquisa tem o propósito de investigar a seguinte pergunta de pesquisa: Qual é a vedação mais eficiente? Como combater o desperdício de água?

Objetivos Específicos

- 1- Avaliar a substituição de equipamentos;
- 2- Comparar os sistemas de gaxetas e selos mecânicos;
- 3- Analisar gastos com água e energia
- 4- Provar as diferenças, levando em consideração o custo e desperdícios;
- 5- Esclarecer a melhor solução de bombeamento;

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico do sistema de bombeamento

Conforme Macintyre (1987), um dos primeiros sistemas implantados para a solução das necessidades de deslocamentos dos líquidos ocorreu na Nora Chinesa, onde através de uma roda dotada de caçamba para levar a água aos canais de irrigação. No poço de Josephus na cidade do Cairo, a água era retirada com duas plataformas com quase 100 metros de profundidade.

Na ilha de Creta, possivelmente foi a primeira cidade a utilizar tubos para distribuir água para a população e para o palácio em tubulações pressurizadas. Pois, as outras civilizações utilizavam canais superficiais (TSUTIYA, 2005).

A primitiva bomba de parafuso foi inventada por Arquimedes (287-212 a.C), na sequência, Ctesibus (270 a.C.) projetou a bomba de êmbolo ambos sendo de origem grega. Com o passar dos séculos, surgiram outros tipos de bombas e os desenvolvimentos projetados de acordo com as necessidades operacionais, projetos industriais, melhorias das condições e tecnologia das máquinas destinadas ao transporte de líquidos por escoamento forçados que são as bombas centrífugas. As gaxetas chegaram como evolução dos elementos vedante e refrigerador do eixo principal das mesmas.

Segundo Tsutya (2005), as bombas centrífugas com o sistema de gaxeta apresenta uma boa eficiência, porém, tem-se perda do produto recalçado, desgaste excessivo das luvas protetoras, falta de regulagem adequada e até mesmo o porte das bombas.

2.2 Desenvolvimento do sistema de vedação

As empresas necessitam minimizar as perdas durante os processos, portanto é de extrema importância esse estudo. Conforme Passeto e Frison (2009), o abastecimento de água tratada pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), é realizado por meio de centros de reserva de grande capacidade, abastecendo as zonas baixas das localidades por gravidade. Já nas zonas altas, onde os centros de reserva não atendem as cotas altimétricas necessárias, é implantado um sistema de elevação do produto para cotas mais altas, para que seja possível suprir todos os setores populacionais.

Para Silva e Gonçalves (2003), soluções em diferentes níveis têm sido implantadas no Brasil e no mundo para a crescente problemática da água. O uso racional desse bem renovável é um assunto analisado por diversos estudos, segundo uma abordagem sistemática das atividades a serem projetadas nas questões de redução dos desperdícios de água, as estações elevatórias é parte essencial para o sistema de abastecimento.

O desenvolvimento das tecnologias e equipamentos eletromecânicos estão sendo empregados cada vez mais generalizados nas estações elevatórias, solucionando os problemas de transporte de água.

A Figura 1 apresenta os componentes das estações elevatórias, como a casa de bombas, motores e painéis elétricos, válvulas e tubulações de sucção e recalque.



Figura 1. Componentes das bombas estação: motores, válvulas e tubulações.
Fonte: SABESP - ESTADO DE SÃO PAULO (2008).

Muitos dos conjuntos moto-bomba possuem a vedação e refrigeração do eixo pelo sistema de vedação por gaxetas, conseqüentemente, proporcionando vazamentos e perdas do produto durante o processo.

Segundo Pfleiderer e Petermann (1979), essas perdas que ocorrem dentro das caixas de selagem são devido ao atrito, às variações de seção e de velocidade, que em geral reduzem a pressão e são denominadas perdas hidráulicas. Existem também, as perdas por fuga de fluido que não influem na pressão ou tem uma influência de menor importância.

As perdas no labirinto ocorrem devido à existência de uma folga entre o rotor e a carcaça, chamado de labirinto, que é necessário por razões construtivas e através do qual uma parte do meio de trabalho flui para o tubo de sucção, evitando o rotor. Além destas, existe usualmente uma perda de fluido através da gaxeta, conforme Figura 2.



Figura 2. Vista do sistema de engaxetamento e preme-gaxeta
Fonte: SABESP - ESTADO DE SÃO PAULO (2008).

2.3 Bombas Centrífugas

Para Macintyre (1997), bombas centrífugas também são denominadas como máquinas dinâmicas ou turbo-máquinas, e tem como objetivo principal a transformação de energia, sendo necessariamente o trabalho mecânico umas das formas de energia, na qual o meio bombeado é um fluido, que concentra junto ao elemento rotativo e não se encontra momento algum

confinado. O fluido bombeado, através dos efeitos dinâmicos aos quais é submetido em sua passagem pela bomba, altera seu nível energético. As bombas centrífugas são compostas por diversos componentes, sendo o rotor e o sistema diretor os principais elementos responsáveis pelos fenômenos de transformação de energia.

As turbo-máquinas são classificadas como máquinas de fluxo geradoras, por receberem trabalho mecânico e transformar em energia do fluido, onde essa energia aumenta à medida que passa pela bomba. O nome bomba centrífuga se dá por ser uma força centrífuga responsável pela maior parte da energia que o fluido recebe em seu bombeamento. De acordo com os dimensionais dos canais formados pelas pás do rotor, são consideradas máquinas de fluxo de reação.

Os canais ficam em forma de difusor aumentando a pressão do produto bombeado que passa através deles. Conforme a trajetória do produto no rotor, as bombas centrífugas podem ser classificadas como radiais, com o escoamento do fluido em trajetória perpendicular ao eixo motor. As bombas são utilizadas nas mais diversas áreas, como centrais de vapor, indústrias químicas e petroquímicas, saneamento básico, empresas têxtil, usinas de açúcar e álcool, instalações de combate a incêndio, entre outros. Onde são divididas por três partes principais:

Corpo (carcaça) – envolve o rotor, direciona o produto em sua circulação pelo equipamento;

Rotor (impelidor) – contém um disco com palhetas onde o produto bombeado é impulsionado;

Eixo de acionamento – transmite força motriz para o acionamento do rotor.



Figura 3. Bomba Imbil Modelo INI
Fonte: Catálogo Imbil Soluções em bombeamento (2015).

Esse acionamento das bombas centrífugas se dá externamente através de motores elétricos, motores a diesel ou turbinas a vapor. O produto captado na sucção entra na cavidade de diâmetro menor escoando na direção do diâmetro externo pelos canais formados pelas palhetas do rotor.

Para introduzir as equações das bombas centrífugas é necessário fazer uma breve revisão mecânica dos fluidos através de três grandezas fundamentais - energia, vazão e potência.

Atualmente os fabricantes fornecem a curva característica ou curva de performance para cada bomba, levando em consideração o produto bombeado e dependendo da necessidade, sofrem correções quando aplicadas a fluidos com diferentes densidades e viscosidade. As curvas características das bombas centrífugas apresentam uma faixa de operação de vazão, (range de operação) onde a bomba deve trabalhar para obter um funcionamento estável como uma maior vida útil e eficiência. Conforme apresentado, podem-se obter os dados relacionados com as vazões, como: eficiência da bomba, capacidade de elevação e a potência necessária do motor em função da vazão. As bombas centrífugas utilizadas em sistemas BCS, devem operar preferencialmente dentro da faixa de operação, como também nas proximidades do ponto de mais alta eficiência.

2.4 Características das Gaxetas

A Figura 4 apresenta uma bomba centrífuga em corte, onde as gaxetas estão alojadas entre um eixo e um mancal e a sobreposta onde ocorrem os apertos e ajustes para regulagem das mesmas, conforme Proença (1987).

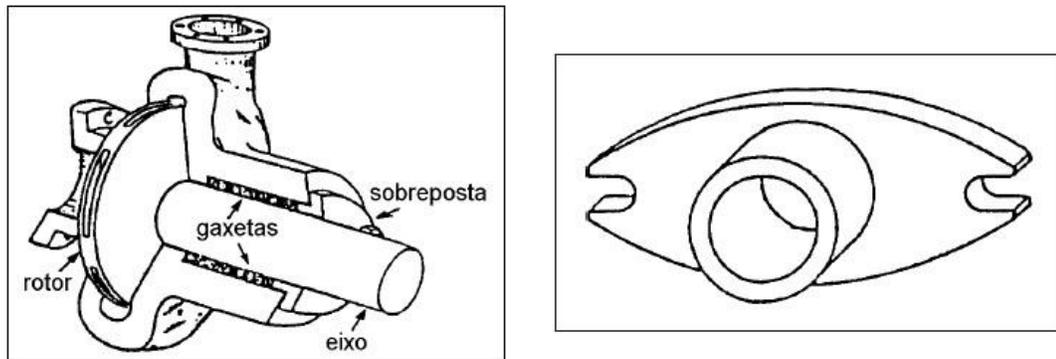


Figura 4. Alojamento da gaxeta

Fonte: Ferraz (2008).

A escolha da gaxeta adequada para cada tipo de trabalho deve ser feita com base em dados fornecidos pelos catálogos dos fabricantes. No entanto, os seguintes dados devem ser levados em consideração (Ferraz, 2008):

Identificar o material utilizado na confecção da gaxeta: existem vários tipos de materiais disponíveis, como em grafite, teflon, borracha, algodão, borracha, borracha sintética, feltro, espuma, couro, Fibra Aramidica etc. Dimensionais da caixa de gaxeta estão de acordo com o sistema de vedação utilizado e tamanho do equipamento a ser vedado; Fluido líquido ou gasoso bombeado pela máquina, pois, existem gaxetas apropriadas para cada tipo de gás e de acordo também com o tipo de líquido a ser bombeado ou vedado.

A Temperatura e pressão no alojamento da gaxeta, estas condições são primordiais para seleção da gaxeta, levando em consideração a aplicabilidade de cada tipo de gaxeta. Tipo de

movimento da bomba (rotativo/alternativo), ou seja, alternativo é um movimento do equipamento entre dois pontos e seguindo uma sequencia alternativa, já o movimento rotativo é quando se tem um eixo girando dentro de uma câmara onde contém um líquido que deve ser vedado.

O material utilizado na fabricação do eixo ou da haste, precisa estar de acordo com o tipo de serviço e exposição a ser efetuada. As luvas protetoras geralmente são produzidas em aço inox, mas dependendo de sua aplicação podem ser de bronze, latão, etc.



Figura 5. Aplicação da Gaxeta Sealtex Style 1037 – Captação de Água Bruta
Fonte: Fluke Vedações (2015).

O Quadro 1 apresenta os possíveis defeitos e falhas na utilização dos elementos de vedação denominados de gaxetas, bem como suas possíveis causas e origens, conforme Omel (2009).

Quadro 1. Falhas ou defeitos de gaxetas

Defeito	Possíveis causas
Excessivas reduções na seção da gaxeta situada em baixo do eixo.	Mancais baixos com o eixo atuando sobre a gaxeta; vazamento junto à parte superior do
Redução excessiva da espessura da gaxeta em um ou em ambos os lados do eixo.	Mancais gastos ou haste fora de alinhamento.
Um ou mais anéis faltando no grupo.	Fundo da caixa de gaxeta muito gasto, o que causa extrusão da própria gaxeta.
Desgaste na superfície externa da gaxeta.	Anéis girando como eixo ou soltos dentro da caixa.
Conicidade na face de um ou mais anéis.	Anéis adjacentes cortados em comprimento insuficiente, fazendo com que a gaxeta seja forçada dentro de um espaço livre.
Grande deformação nos anéis posicionados junto à sobreposta, enquanto os anéis do fundo se encontram em boas condições.	Instalação inadequada da gaxeta e excessiva pressão da sobreposta.
Gaxetas apresentam tendência para escoamento ou extrusão entre eixo e a sobreposta.	Pressão excessiva ou espaço muito grande entre eixo e sobreposta.
Face de desgaste do anel seca e chamuscada, enquanto o restante da gaxeta se encontra em boas	Temperatura de trabalho elevada e falta de lubrificação.

Fonte: Adaptado de Omel (2009).

2.5 Selos Mecânicos

O selo mecânico é um vedador de pressão que utiliza princípios hidráulicos para reter produtos bombeados nas bombas centrífugas. A vedação exercida pelo selo mecânico se processa em dois momentos: a vedação principal e a secundária, conforme Proença (1987).

A vedação principal é feita num plano perpendicular ao eixo por meio do contato deslizante entre as faces altamente polidas de duas peças, geralmente chamadas de Sede estacionária e anel de rotativo. A sede estacionária que fica acoplada na parte interna da sobreposta, e o anel rotativo é fixado ao eixo e gira com este componente, conforme Ferraz (2008).

ISO REAL



Figura 6. Conjunto de faces de vedação (Sede estacionária e Anel Rotativo)
Fonte: Setor Engenharia Fluke Vedações (2015)

Para que o conjunto de faces (Sede estacionária e Anel Rotativo) permaneça sempre em contato e pressionadas utilizam-se molas helicoidais conectadas ao anel rotativo. A Figura 7 mostra alguns tipos de sedes estacionárias e anel rotativos ou chamados de anéis de selagem, bem como um selo mecânico em corte e detalhamento da bomba centrífuga.

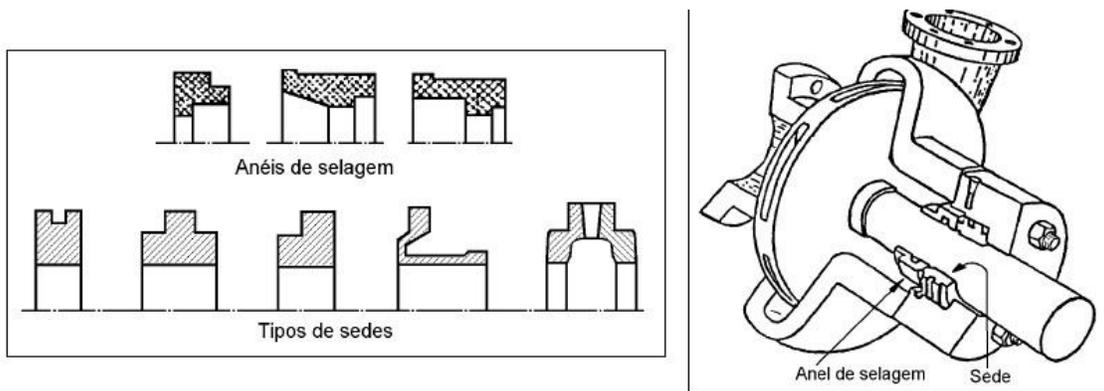


Figura 7. Tipos de sedes e selo mecânico em corte.
Fonte: Omel, (2009).

Os selos mecânicos apresentam vantagens em relação às gaxetas, pois não permitem vazamentos e podem trabalhar sobre grandes velocidades e em temperaturas e pressões elevadas, sem apresentarem desgastes consideráveis nas faces de vedação. Eles permitem a vedação de produtos tóxicos e inflamáveis, conforme Ferraz (2008). A Figura 8 mostra exemplos de selos mecânicos em corte, componentes de montagem e posições de ajustes.

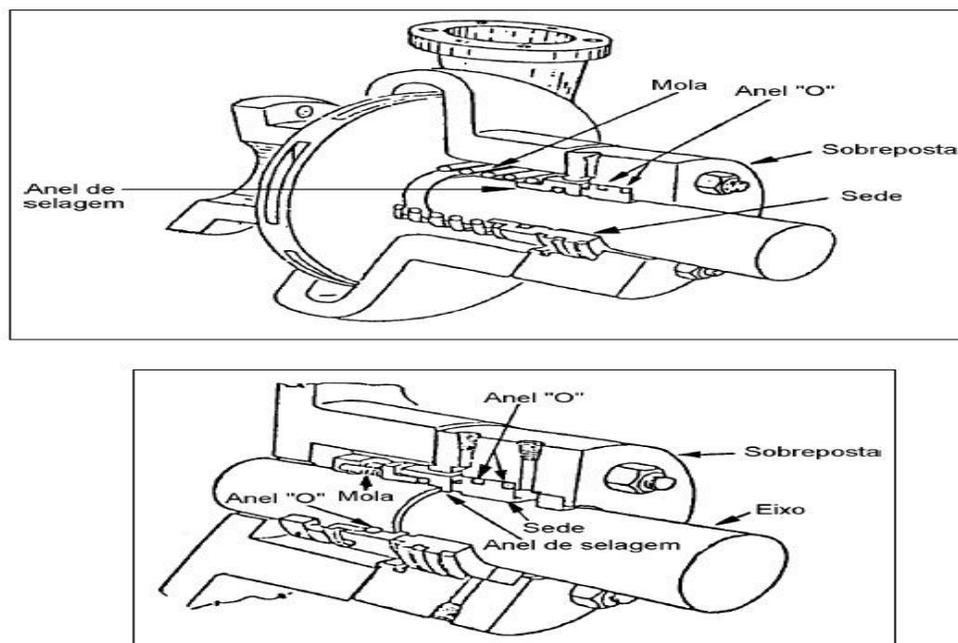


Figura 8. Selo mecânico em corte
Ferraz, (2008).

2.6 Vantagens do Selo Mecânico

Conforme Ferraz (2008), o selo mecânico é usado em equipamentos vários seguimento como refinarias de petróleo, bombas de lama bruta nos tratamentos de água e esgoto, bombas de submersão em construções, bombas de fábricas de bebidas, em usinas termo elétricas e nucleares, bombas de produtos químicos, etc. Como vantagens na utilização do selo mecânico tem-se, a redução do atrito entre o eixo da bomba e o elemento reduzindo assim a perda de potência, elimina o desgaste prematuro da luva protetora, a vazão ou fuga do fluido bombeado é mínima ou imperceptível, opera produtos tóxicos, corrosivos ou inflamáveis com segurança.

Para Shiels (2002), geralmente as falhas apresentadas nos componentes dos selos mecânicos são detectadas em inspeções visuais. Isto pode ocorrer devido à existência de cavitação anterior ou ao mesmo tempo da falha destes dispositivos.

2.7 O quanto vaza um Selo Mecânico

Em qualquer tipo de indústria, o melhor sistema de vedação é o selo mecânico. Sejam estes selos simples ou duplos, pressurizados ou não, selos de alta tecnologia a gás ou mesmo pequenos selos de fole de borracha em uma bomba de aquário ou até mesmo bombeamento de esgoto, é ponto tácito que à disponibilidade do equipamento sendo vedado, bem como a proteção ao meio ambiente, são consideravelmente minimizados após a instalação de um selo mecânico.

Entretanto, a disponibilidade quanto à proteção ao meio ambiente geram um custo, pois o selo é o componente mecânico mais frágil em todo conjunto do bombeamento. Com isso, o leva a ser responsabilizado pela maioria das paradas destes equipamentos. É fato que, após os levantamentos, percebe-se que geralmente o selo não é o agente da falha, porém, o primeiro elemento do equipamento a sofrer danos causados por um ou mais problemas externos a ele,

sejam vibrações, planos de ligação conectados indevidamente deixando assim o selo mecânicos girar sem produto gerando mudanças de temperatura, cavitação, contaminação, entupimentos, etc. Quando ocorrem as falhas dos selos mecânicos é necessário a uma parada imediata da bomba para as recuperações das vedações primárias e secundária do mesmo.

As paradas para manutenção não programadas causam custos além daqueles incorridos na simples reposição das peças danificadas. Acima do custo da manutenção, das horas paradas, gargalos de processos, etc., estão custos como a falta de disponibilidade do equipamento, os custos de equipamentos reservas para suprir estas paradas, redundâncias no processo, dos equipamentos de segurança para conter estas falhas; portanto, o mais importantes são os custos sociais e ambientais que sempre são muito mais importantes e imprevisíveis que quaisquer outros.

Para evitar todos estes custos, busca-se sempre o gerenciamento da falha dos equipamentos. Geralmente, quando tratamos de selos mecânicos o parâmetro de falha notado pelos engenheiros é o critério de vazamento. Daí a importância de determinarmos o que é vazamento, quantificar, monitorar, e tomar ações em cima destas informações.

Para o perfeito funcionamento de um selo mecânico, é imprescindível que este selo vaze. Sem este vazamento não ocorre à lubrificação entre as faces de vedação, e sem esta lubrificação não há vida útil das vedações primária e secundárias. Um selo mecânico é projetado, construído e testado para apresentar um vazamento. O valor deste vazamento não é uma escolha de quem o projeta, mas sim uma consequência da construção adotada para o bom funcionamento deste selo.

O problema nunca surge no momento da definição do que é vazamento, mas sim quando tentamos definir qual o vazamento que define a falha do selo. Do ponto de vista do selo mecânico, quanto maior o vazamento maior será sua vida, portanto não podemos definir que para o selo este ou aquele vazamento seja uma falha. Isto nos leva a definir o critério de falha não pelo vazamento em si, mas pelas suas consequências. Assim, a falha de um selo mecânico (pelo critério de vazamento) pode ser definida de duas formas, como o vazamento que causa alterações nas condições do processamento do produto que aquele selo se propõe a vedar e aquele vazamento que representa uma contaminação ao ambiente acima do permitido.

Para Castro (2014) considera-se como um critério de falha do selo mecânico o valor de 50 gotas por minuto, para um fluido de viscosidade próxima à da água, existem 20 gotas em um ml; assim: um selo mecânico apresenta falha quando permitir um vazamento de 2,5 ml/min ou mais, ou de outra forma: 150 ml/h.

2.8 Fitas de Vedação Sealtex

Conforme o catálogo de produtos da empresa Fluke Vedações (2014), a fita de vedação Sealtex é uma fita de secagem rápida para reparo de qualquer tipo de tubulação. A aplicação pode ser feita por apenas um profissional, e o produto seca em 20 minutos. Para fazer a aplicação, não é necessário parar a linha, ou desligar as tubulações de água. Ele pode ser aplicado em tubos com furos ou com superfície corroída.

A fita polimerizada rápida Sealtex pode chegar à dureza de até 80 SHORE após 15 minutos em contato com a umidade como catalisador. Esse tipo de vedação pode suportar uma ampla gama de produtos industriais como, Ácido Sulfúrico (10%, petróleo bruto, solda cáustica), suportando pressão máxima de até 50 bar.



Figura 9. Tubulações apresentando vazamentos
Fonte: Catálogo Fluke/Sealtex (2014).



Figura 10. Aplicação da Fita Sealtext
Fonte: Catálogo Fluke/Sealtex (2014).



Figura 11. Tubulação após aplicação da Fita Sealtext
Fonte: Catálogo Fluke/Sealtex (2014).

3. METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa é responsável por subsidiar o planejamento e desenvolvimento de uma investigação científica sobre um fenômeno observado (BERTO; NAKANO, 1998).

Na pesquisa, se utiliza um ou vários métodos combinados de observações com a intenção de entender, explicar e, se possível aplicar ou replicar para outros eventos semelhantes. Em ambos os casos a coleta de dados é sistemática, e utiliza: criatividade, percepção da relevância dos dados coletados, acréscimo de novas ideias, teorias, e atualizações constantes (CHAURIETAL,1995).

Para Brymam (1998), quanto ao tipo de pesquisa podem ser:

Pesquisas quantitativas:

- Os conceitos da hipótese devem ser mensuráveis e verificados. Transformação de conceitos em medidas;
- Demonstrar relação de causa-efeito na hipótese;
- A pesquisa deve dirigir-se para conclusões que possam ser generalizadas além dos limites restritos da pesquisa;
- A pesquisa deve ser capaz de ser aplicada.

Pesquisa Qualitativa:

- O pesquisador analisa os fatos sob a ótica do membro interno da organização;
- A pesquisa procura uma profunda compreensão do contexto da situação;
- A pesquisa destaca a ordem dos fatos no decorrer do tempo;
- Foco da pesquisa é mais desestruturado, flexível;
- A pesquisa normalmente adota mais uma fonte de dados.

De acordo com essa classificação nesta pesquisa será utilizada a metodologia qualitativa, por tratar-se de um estudo exploratório fundamentado em pesquisa bibliográfica por meio de livros, sites, artigos científicos e estudos acadêmicos. O método utilizado será o indutivo, pois

parte-se da análise de vários dados particulares baseado na contagem, apesar de muitas vezes trabalhar com probabilidades o que não é o caso do estudo em particular.

Outro método utilizado é o de estudo de caso, pois o mesmo é de caráter empírico, que analisa um determinado fenômeno, normalmente atual, dentro de um cenário de vida real. Tem por objetivo buscar compreender a razão de decisão ou explicar um conjunto de decisões tomadas, de que forma foram implementadas e quais foram os resultados alcançados (YIN, 2001).

Foram utilizados vários tipos de pesquisa nesse estudo, primeiramente empregou-se a pesquisa teórica para identificar as causas do problema e possíveis soluções que poderiam ser encontradas através de artigos e livros. Em seguida a pesquisa empírica aonde foi detectado um problema no ambiente mundial e utilizou-se de tentativa e erro para melhor solução do problema que trataram de relações de causa e efeito. Para finalizar a pesquisa de campo que foi além da observação dos fatos e foi possível a coleta de dados do que ocorreu na realidade, depois os dados foram analisados para solucionar o problema.

Essa pesquisa tem o propósito de investigar a seguinte pergunta de pesquisa: Quais são as vedações mais eficientes? Como combater o desperdício de água?

Para a resposta à pergunta estabelecida, será utilizada a pesquisa exploratória, através de um levantamento bibliográfico e documental que incluem a análise de estudos de casos, pois o objetivo é criar uma visão geral acerca da proposta de como combater o desperdício de água nas empresas, que ainda precisa ser validada e testada através de futuros trabalhos exploratórios, que pode ser investigativo com o uso de procedimentos mais sistematizados (GIL, 2008).

O presente trabalho se propõe a analisar a literatura disponível sobre a correta aplicação do sistema de bombeamento de água de forma que possam ser identificadas as boas práticas para sua implementação, fatores de sucesso, dificuldades e principais resultados obtidos. Para tanto, pode-se dividir as etapas de seu desenvolvimento em: (a) definição do tema; (b) levantamento de casos e conceitos relevantes os sistemas de vedação e; (c) análise da literatura; (d) identificação de boas práticas para aplicação e resultados obtidos; (e) análise crítica das informações coletadas. Assim, o resultado deste estudo apoia-se no método hipotético-dedutivo definido por Kaplan (1972).

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização da organização e do ambiente de negócio

A Fluke Vedações é uma empresa de capital 100% nacional que há quase duas décadas proporciona soluções de excelência para selagem de equipamentos em geral. Possui uma equipe de alto conhecimento técnico, atua no mercado nacional e internacional. Tornou-se referência de confiabilidade, segurança e flexibilidade no desenvolvimento de produtos personalizados, de acordo com a necessidade de cada um dos seus clientes.

A sede da Fluke está localizada em Campinas, cidade considerada um dos principais centros de produção e difusão de tecnologia de ponta no Brasil, além de ser um dos mais importantes polos industriais do país. E pensando nisso, a Fluke tem uma localização estratégica: no jardim do trevo, com fácil acesso às principais rodovias que cortam o Estado de São Paulo. A proximidade das rodovias Anhanguera, Bandeirantes, Santos Dumont e Dom Pedro I, otimiza a logística de recebimento e entrega de materiais, garante a eficiência no atendimento dos clientes. Além disso, a empresa também está a apenas 5 minutos do centro de Campinas, e a 10 minutos de um dos principais aeroportos do País: o Aeroporto Internacional de Viracopos. Mas de nada adiantaria a localização estratégica da Fluke se não fosse a equipe de vendedores e representantes, que estão presentes em diversos estados. Na região Sudeste em São Paulo, Minas Gerais, e Rio de Janeiro, está a maior concentração de colaboradores da Fluke. Uma estrutura fundamental para atender a região com maior diversidade de indústrias do país, incluindo multinacionais nas áreas químicas, petroquímicas e siderúrgicas. Nas regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste, a Fluke está presente na Bahia, Sergipe, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins, atendendo principalmente as Usinas de Açúcar e Álcool, Indústrias Químicas e Alimentícias.

Já na região Sul, a grande concentração de Indústrias de Papel e Celulose e Têxteis também tornou necessária a presença de representantes Fluke nos estados do Paraná e Santa Catarina. Todos os colaboradores são capacitados para oferecer uma assessoria completa em

campo. Além dessa estrutura, a Fluke conta também com um departamento interno de vendas, formado por profissionais treinados para oferecer todo o suporte técnico e comercial para clientes de todo o Brasil.

Graças à confiabilidade e respeito adquiridos em todo território nacional, a Fluke projeta e fabrica também produtos para outros países ao redor do mundo. Hoje os produtos desenvolvidos aqui já são encontrados em empresas de países da África e da Ásia. Também está presente nos Estados Unidos e México, além de diversos países da América do Sul, como Venezuela, Peru e Paraguai.

4.2 Estado atual

Com o aumento da participação no mercado, a necessidade de criar novas soluções e melhorar os produtos e serviços oferecidos, a Fluke desenvolveu não apenas seu departamento comercial, mas também sua parte técnica. Nos dias atuais a empresa conta com uma estrutura de engenharia e qualidade que garante a eficácia dos processos. Também continua a investir em tecnologia e na modernização da produção. Com a produção em série, proporcionou a redução de custos, aumento da produtividade e garantia de padronização na linha de produtos.

O objetivo a curto prazo é crescer diante da crise em que o país está passando, para isso, a Fluke está buscando parcerias para que venham agregar mais sua qualidade e desenvolvimento. No ano de 2014, a empresa assinou uma parceria com a empresa Italiana SEALTEK, onde tornou-se distribuidor exclusivo de soluções para vedações, como apresentado à Fita Sealtext, uma vedação de alta fusão no combate ao desperdício de água no país. A médio prazo, a empresa busca estar mais competitiva no mercado, utilizando de suas inovações e tecnologias que visam o desenvolvimento e sustentabilidade do país.

4.3 Análise do problema

O estudo foi desenvolvido diante das necessidades dos clientes na busca pela melhor eficiência em seus processos de sistemas de bombeamento na captação de água dos rios para diversas necessidades como saneamento, irrigação entre outros.

As águas superficiais empregadas em sistemas de abastecimento geralmente são originárias de um curso de água natural. As condições de escoamento, a variação do nível da água, a estabilidade do local de captação vão implicar em que sejam efetuadas obras preliminares a sua captação e a dimensão destas obras. A quantidade de água, qualidade da água, garantia de funcionamento, economia das instalações e localização são as condições que precisam ser analisadas.

Conforme apresentado no desenvolvimento, o objetivo principal desse estudo foi avaliar os vazamentos decorrentes nesses sistemas de bombeamento. Portanto, foram analisados os sistemas de vedação com gaxetas e selos mecânicos.

4.4 Análise dos resultados

Cada processo do sistema precisa ser analisado buscando a melhor solução para combater o desperdício de água. A quantificação dos vazamentos no sistema de vedação por gaxetas executa a vedação do eixo e carcaça da bomba em relação ao meio externo, refrigerando o eixo. Neste instante ocorre a perda do produto a ser recalcado. A proporção desta perda foi quantificada e controlada através de medições periódicas com pessoas treinadas, conduzindo de forma padronizada a atividade de medição. Optou-se por manter a mesma pessoa com o objetivo de manter esta padronização das medições.

Com provetas de polietileno graduada até 250 ml e 500 ml e cronômetro digital, executou-se as medições por grupo quantificando a perda do sistema. As medições de

vazamentos foram concretizadas durante as atividades de manutenção preventiva anuais, que ocorrem conforme programação e determinação do Sistema de Gerenciamento de Manutenção.

Os dados considerados para o projeto avaliou-se também a viabilidade técnica e econômica para a instalação do sistema, em relação à adequação, instalação e manutenção dos dispositivos de selo mecânico nas referidas bombas centrífugas dos sistemas de captação de água.

- Dados do projeto e condições operacionais para gaxetas:

Local: Rio (captação de água)

Modelo da Bomba: IMBIL INI 25-150

Rotação: 1750 rpm

Fluido bombeado: Água de rio

Temperatura: Ambiente 30°C

Pressão Sucção: Afogada

Pressão de Recalque: Max. 10 bar

Operação: 24 horas/dia;

- Cálculo dos investimentos:

- Custos das gaxetas: R\$ 360,00

- Luva em Inox 304: R\$ 410,00

- Mão de obra: R\$ 500,00

- Investimento inicial: R\$ 1270,00/Conjunto

Uma bomba trabalhando com gaxetas, geralmente sofrem duas intervenções anualmente, sendo que, a cada três paradas é necessário substituir a luva protetora do eixo.

Para a aplicação de Selo mecânicos foram consideradas as mesmas condições operacionais das gaxetas:

- Dados do projeto e condições operacionais para Selos Mecânicos

- Selo mecânico para condições operacionais: F3/70-RB-Q22Q22P-VF

- Modelo da bomba: Imbil INI 25-150

- Preço do selo mecânico: R\$ 1500,00

- Preço da Luva protetora em Inox 304: R\$ 1000,00
- Preço da Sobreposta: R\$ 1300,00
- Mão de Obra: R\$ 500,00
- Operação: 24 horas/dia;
- Investimento inicial: R\$ 4300,00/Conjunto

Uma bomba operando com selo mecânico, normalmente sofre uma intervenção a cada dois anos, sendo que, o selo mecânico pode passar pelo processo de recuperação, ou seja, substituição das vedações secundárias, que são os anéis Orings geralmente em Viton, EDPM, e retífica, lapidação e polimento das vedações primárias.

Considerando as características apresentadas, podemos encontrar os custos de consumo de água e energia apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparativo de gaxetas e selo mecânico

Dispositivo	Gaxeta	Selo Mecânico
Regime de operação (h/dia)	24	24
Vazamento (ml/min)	100	0,036
Vazamento (litros/ano)	51.840	18.9216
Consumo de energia (kWh)	0.4	0.3
Custo da água (R\$/litros)	0.000876	0.000876
Custo da energia (R\$/kWh)	0.57716	0.57716
Desperdício de água (R\$/ano)	45.41	0.02
Desperdício de Energia (R\$/ano)	2.022,36	1.516,77

Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).

A tabela 1 apresenta os valores de consumo de energia elétrica relativos à utilização dos sistemas de selagem com gaxetas e selos mecânicos nas bombas centrífugas, considerando atrito entre os componentes de vedação, força centrífuga na partida dos equipamentos.

Os dados foram informados pela Fluke Vedações (2015), amparados em testes efetuados em banca de desenvolvimento de produtos. Os valores de consumo de energia elétrica e água foram apresentados conforme a média dos últimos anos. Os componentes de troca periódica

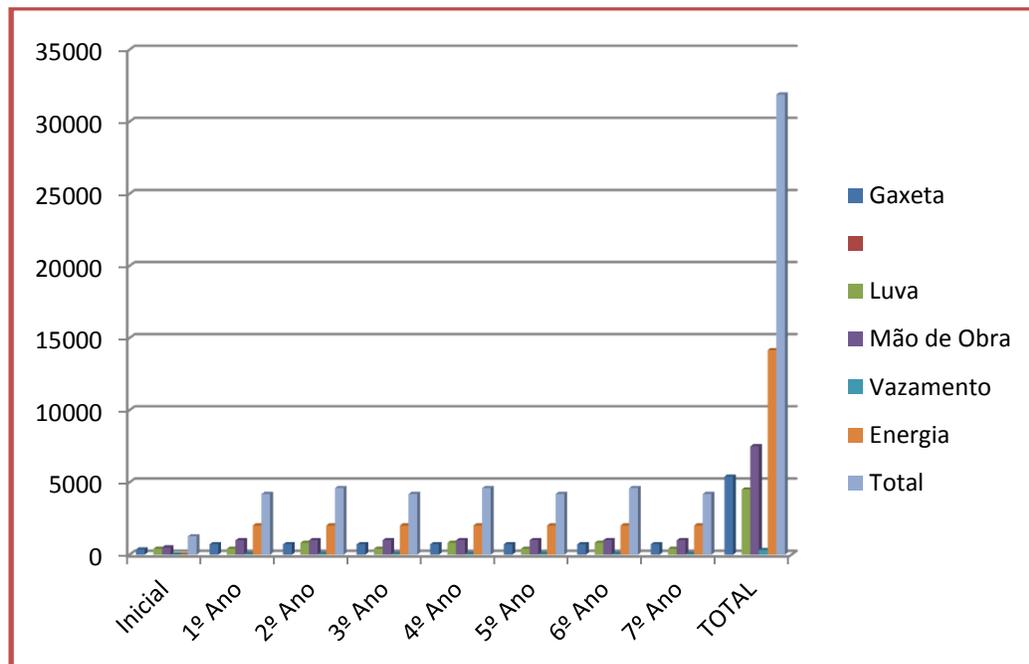
(gaxetas e luvas) por causa de desgaste foram considerados para substituição durante as manutenções preventivas.

Tabela 2 - Investimento e custos de manutenção para gaxetas

Preços (R\$)	Inicial	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	TOTAL
Gaxeta	360	720	720	720	720	720	720	720	5.400
Luva	410	410	820	410	820	410	820	410	4.510,00
Mão de Obra	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	7.500
Vazamento	0	45,41	45,41	45,41	45,41	45,41	45,41	45,41	317,87
Energia	0	2.022,36	2.022,36	2.022,36	2.022,36	2.022,36	2.022,4	2.022,4	14.156,52
Total	1270	4.197,77	4.607,77	4.197,77	4.607,77	4.197,77	4.607,8	4.197,8	31.884,39

Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).

Na tabela acima não foram considerados no desenvolvimento os valores de eixo e anéis devido à consideração inicial de equipamentos de qualidade e em bom estado de conservação. Porém, os componentes de troca periódica (gaxetas e luvas) foram considerados por causa de desgastes.



Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).

Gráfico 1 - Custos de Manutenção para gaxetas

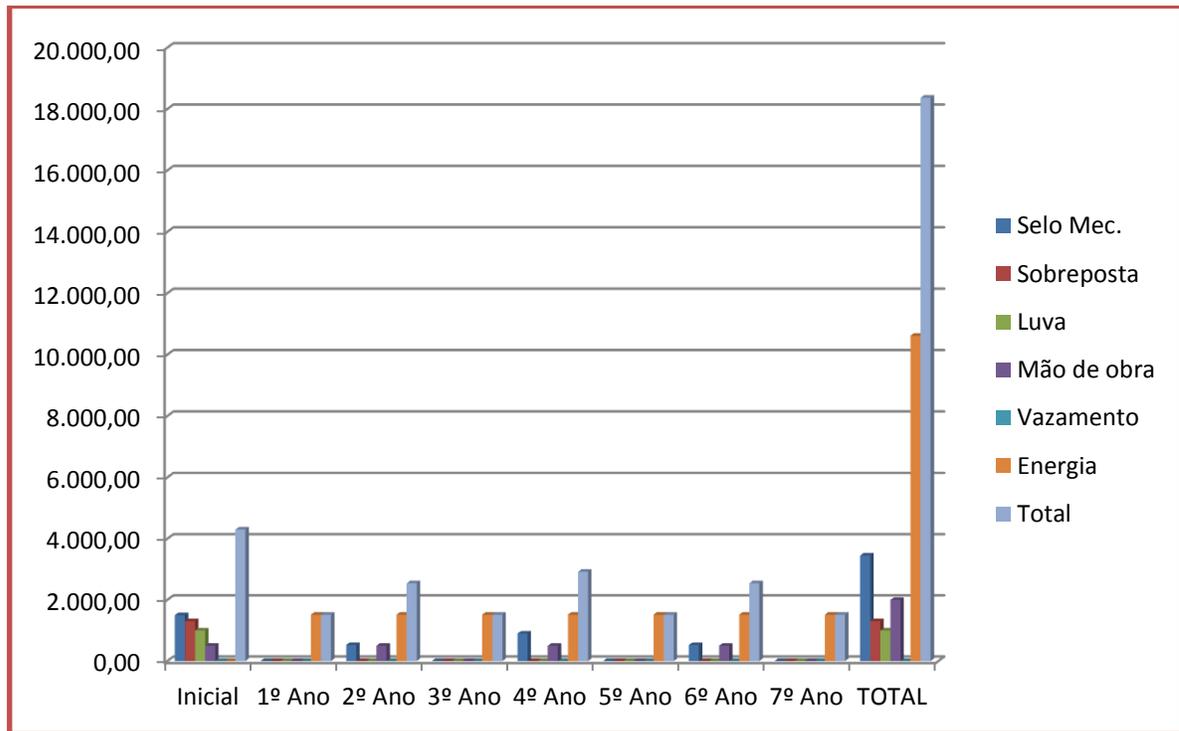
O gráfico apresenta claramente que no segundo, quarto e sexto ano foi feita as trocas das luvas protetoras, devido os operadores terem preenchido cada vez mais com gaxetas quando foram aparecendo os vazamentos, com isso, ocorre um desgaste maior da luva protetora.

Tabela 3 - Investimentos e custos de manutenção para selos mecânicos

Preços(R\$)	Inicial	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	TOTAL
Selo Mec.	1.500,00	0	525	0	900	0	525	0	3.450,00
Sobreposta	1.300,00	0	0	0	0	0	0	0	1.300,00
Luva	1.000,00	0	0	0	0	0	0	0	1.000,00
Mão de	500	0	500	0	500	0	500	0	2.000
Vazamento	0	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14
Energia	0	1.516,77	1.516,77	1516,77	1.516,77	1.516,77	1.516,77	1.516,77	10.617,39
Total	4.300,00	1516,79	2.541,79	1516,79	2.917	1516,79	2.542	1516,79	18.367,53

Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).

A tabela 2 apresenta um investimento inicial de R\$1270,00 para aplicação utilizando o sistema de vedação por gaxeta, contra R\$4300,00, apresentado pela gaxeta na tabela 3. Esse investimento inicial tem implicado constantemente na decisão dos clientes para a solução de bombeamento para suas bombas centrífugas. Porém analisando o gráfico abaixo vimos que após o investimento inicial do selo mecânico, só teremos gastos com a recuperação do mesmo no segundo ano, considerando 35% do valor pago inicialmente no selo para recuperação básica das faces de vedação e troca de O'rings. E no quarto ano a recuperação considerando 60%, com à trocas das faces de vedação, mola e O'rings.



Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).

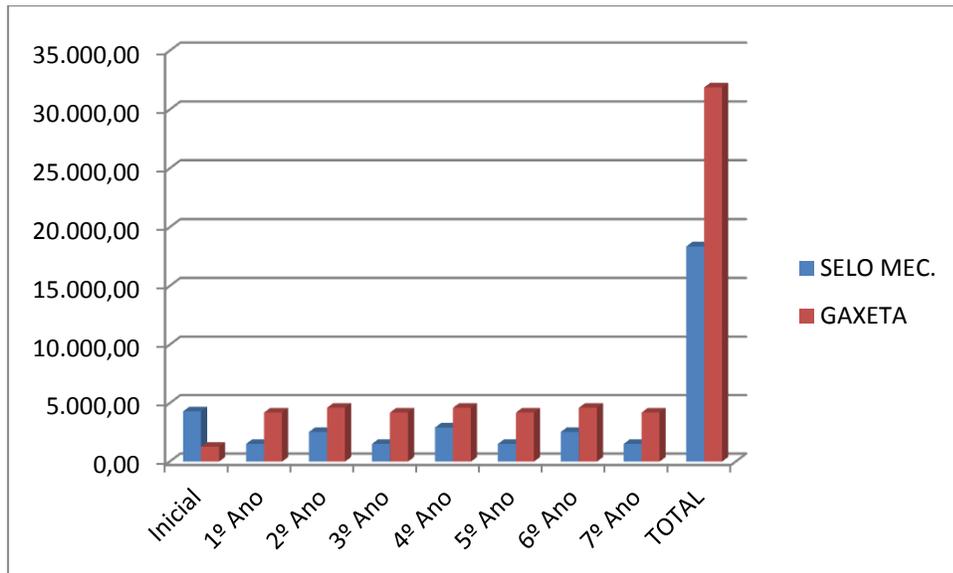
Gráfico 2 - Custos de manutenção para Selos Mecânicos

Quando analisamos a Tabela 4, observamos que o custo do processo de bombeamento decorridos os sete anos para o sistema de gaxeta é de aproximadamente 57% maior que o sistema por selo mecânico.

Tabela 4 - Comparativo de gastos gaxetas x selos mecânicos

Preços(R\$)	Inicial	1º Ano	2º Ano	3º Ano	4º Ano	5º Ano	6º Ano	7º Ano	TOTAL
SELO MEC.	4.300,00	1516,79	2.541,79	1516,79	2.917	1516,79	2.542	1516,79	18.367,95
GAXETA	1.270,00	4.197,77	4.607,77	4.197,77	4.607,77	4.197,77	4.607,77	4.197,77	31.884,39

Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).



Fonte: Catálogo Fluke Vedações - Comparativo Gaxeta x Selo mecânico (2015).

Gráfico 3 - Comparativo de gastos Gaxetas x Selo Mecânicos

Observa-se pelo gráfico acima que o investimento é totalmente amortizado a partir do 4º ano de operação do selo mecânico, bem como a economia com vazamentos de água e energia. Cabe salientar que muitas das vezes a água perdida pelas gaxetas atualmente não é aproveitada, cabendo estudo posterior para aproveitar este produto.

O sistema proposto é uma solução para eliminar as perdas de água pelas gaxetas por unidades de bombas, considerando que a solução definitiva seria a troca dos sistemas de vedação de gaxetas por dispositivos mais modernos como o selo mecânico.

O estudo não considerou para efeito de cálculo de viabilidade econômica, a lucratividade gerada pela comercialização da água tratada bombeada. Considerou-se somente a amortização do investimento com relação aos gastos de manutenção preventiva dos equipamentos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da escassez de água nos últimos anos, o estudo apresentou o melhor sistema de vedação para soluções de bombeamento e desperdício de água. O objetivo principal da pesquisa foi implantar melhorias, identificando e quantificando os vazamentos provenientes das vedações como gaxetas e selos mecânicos, ambos utilizados para vedar o produto bombeado nas bombas centrífugas.

Em resposta às questões-chaves que guiou esse estudo, pode-se afirmar que a melhor solução é propor a substituição dos sistemas com gaxetas por selos mecânicos, obtendo maior eficiência, os resultados foram analisados e identificados através das visitas técnicas feitas pela empresa.

A teoria-chave da pesquisa apresentada no desenvolvimento está convergente com a teoria investigada, ao apontar que a utilização do selo mecânico reduz o atrito entre o eixo da bomba e o elemento de vedação reduzindo conseqüentemente a perda de potência, eliminando o desgaste prematuro do eixo e da luva protetora, a vazão ou fuga do produto em operação é mínima ou imperceptível. Com isso, tivemos as seguintes conclusões:

O investimento inicial para aplicação de gaxetas é de aproximadamente R\$1.270,00, enquanto para selo mecânico temos um investimento de R\$4.300,00 por bomba. Uma bomba centrífuga trabalhando com gaxeta sofre duas intervenções anualmente, sendo que, a cada três paradas é necessário substituir a luva protetora do eixo. Uma bomba operando com os sistemas de vedação por selos mecânicos normalmente sofre uma intervenção a cada dois anos, sendo que, o selo mecânico pode passar pelo processo de recuperação, substituindo as faces de vedações. Sendo assim, o estudo apresenta uma estimativa que em 7 anos o gasto total com gaxeta é de aproximadamente 57% maior do que o sistema com selo mecânico. Conclui-se também, que a proposta é viável nos aspectos técnicos, econômicos e principalmente ambientais e sociais, em época de escassez dos recursos hídricos, as gaxetas apresentarão um desperdício de 51.840 litros/ano contra 18.920 litros/ano para os selos mecânicos.

REFERÊNCIAS

BERTO, R. M.V S.; NAKANO, D. N. Metodologia da pesquisa e a Engenharia de Produção In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ABEPRO. Niterói, 1998.

CASTRO. Willian. Quanto vaza um selo mecânico. São Paulo. WMF Solutions. 2014. Disponível em:< <http://www.wmf solutions.com.br/novo/artigos/Vazamento01>>. Acesso em: 22 jun. 2015.

FERRAZ, F. **Noções básicas de elementos de máquinas** – PCM Programa de certificação de pessoal de manutenção – SENAI / ES. 2008.

FLUKE VEDAÇÕES. **Catálogo Comparativo Gaxeta x Selo mecânico**. 2015. Campinas – SP.

GIL, A.C. **Pesquisa Social**. 5 ed. São Paulo. Atlas. 2008

IMBIL SOLUÇÕES EM BOMBEAMENTO. **Catálogo de produtos – Bomba modelo INI**. Disponível em:< <http://www.imbil.com.br>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

MACINTYRE, A. J, **Bombas e Instalações de Bombeamento**, Rio de Janeiro, 1987, p. 37-54 e 421-483.

OMEL DO BRASIL. Escola – **Detecção de falhas em bombas centrífugas**. 2009.

PASSETO, W. FRISON, N., PENEDO, A. A., **Água, sua importância em nossa vida – curso de conscientização ambiental**, Edição AESABESP, São Paulo – SP. 2009.

PFLEIDERER, C., PETERMANN, H., **Máquinas de Fluxo**, Rio de Janeiro, 1979. 12-13 p.

PROENÇA, J. F. de; UCHIMA, M. K. **Melhorias em sistemas de vedação de bombas hidráulicas centrífugas não afogadas de grande porte**, Revista DAE; 47(149): 147-50 Jun.- Set. 1987. Ilus., tab.

SABESP - **Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo**, São Paulo, 2008.

SEALTEK. **Catálogo de produtos internos da Fluke Vedacões**. 2015, Campinas – SP.

SILVA, G., GONÇALVES, O. M., **Programa Permanente de Uso Racional de Água**, USP - São Paulo. 2003.

SHIELS, S., **Centrifugal Pumps**, Elsevier Science, ISBN-10: 185617445X ISBN-13: 9781856174459, 2002.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo, 2005. 225-336 p.