

ESTUDO DE MANUTENÇÃO DE BOMBA CENTRÍFUGA COM USO EM INDÚSTRIA

Resumo

O texto aborda o processo de legitimação da hegemonia financeira no desenvolvimento da dinâmica de acumulação capitalista contemporânea. A suposição é a de que tal movimento foi liderado majoritariamente pela academia norte americana e que teve em JENSEN uma de seus principais agentes, ao elaborar a hipótese de que os acionistas minoritários, embora fossem os agentes expostos aos maiores riscos e incertezas naquele contexto, sistematicamente teriam seus interesses relegados a um plano de menor importância.

Pretende-se descrever como a atividade acadêmica nos Estados Unidos foi responsável por marcar o início dessa produção intelectual e fortaleceu o processo de legitimação dos acionistas, de modo a fazer prevalecer o interesse dos investidores, lançando as bases do hoje chamado capitalismo financeirizado, com impactos diretos em toda a dinâmica de produção e acumulação de riqueza, com significativos reflexos nos padrões de inserção e caracterização do mercado de trabalho atual, suscitando um sem-número de discussões a respeito da tendência natural desse novo padrão capitalista de gerar crises, dada a sua natureza fictícia.

Palavras-chave: financeirização, acumulação contemporânea, rentismo ativista, ativismo acadêmico.

Caroline Nascimento da Silva
carolinends7@gmail.com

Ceciliana Nascimento de Oliveira
ciii.cullen@gmail.com

Marina Gabriela Menezes Santiago
marinagabrielams@outlook.com

Rebecca Becker Gaspar
rebekabecker@hotmail.com

Alexandre Formigoni
a_formigoni@yahoo.com.br

Celso Jacobavicius
jacobavicius@uol.com.br

SADSJ- South American Development
Society jornal – São Paulo, Brasil.

Abstract

This work has the purpose to present briefly the concept of centrifugal pump and its operation in theory as well as the definitions of the types of maintenance, namely corrective, preventive and predictive, with a focus on Total Productive Maintenance. Starting from these concepts by presenting a specific model of centrifugal pump, the aspects related to maintenance of this equipment will be presented, focusing on preventive and predictive maintenance, also addressing issues of reliability centered maintenance. Aspects of the impact of failures will be addressed through verification of their occurrence and the cause / effect relationship, and the data presented in graphs and tables schematics. The necessary preventive maintenance on the pump analysis procedures, conditions and time needed related to these procedures will be presented.

Keywords: Centrifugal Pump, Maintenance, Reliability.

Introdução

A necessidade de manutenção surgiu paralelamente à implantação dos processos de produção em série, posto que neste as fábricas operavam com parâmetros mínimos de produção. Assim, foram criadas as primeiras equipes de manutenção, a fim de que os reparos fossem efetuados no menor tempo possível, sempre de forma corretiva. É, portanto, uma necessidade criada com a economia globalizada, que gerou um aumento na demanda por produtos e sistemas de melhor desempenho a preços competitivos (FOGLIATTO E DUARTE, 2009, p.1).

Com o crescimento das indústrias, a produção tornou-se mais ágil e, por conta disso, as intervenções corretivas passaram a se mostrar ineficientes. Assim surgiu a manutenção preventiva, que deveria também evitar a ocorrência de falhas com o escopo de otimizar o processo de produção. Assim, tornou-se necessária a realização de manutenção não apenas corretiva – quando se verifica a falha no equipamento – mas, também, preventiva e preditiva, as quais permitem ampliação do ganho geral do processo produtivo pelo atingimento do ponto máximo de operação dos equipamentos.

Referencial Teórico

Moubray, (2000) apresenta uma progressão cronológica da manutenção e a divide em três grandes momentos, a manutenção antes na segunda grande guerra mundial, depois o uso de conceitos com PERT/CPM e GANTT para melhoria dos processos de controle e uma terceira onda que se utiliza dos avanços da tecnologia da informação, estas informações são resumidas na figura 1.

Fase	Foco	Potencial	Utilização
1ª Geração (1930 - 1940)	Conserto após a falha.	Baixa disponibilidade do equipamento.	Manutenção Corretiva de emergência.
2ª Geração	Monitoramento com base no tempo. Manu-	Disponibilidade	Planejamento e con-

(1940 - 1970)	tenção Planejada	crescente	trole manuais.
3ª Geração (Desde 1970)	Engenharia de Manutenção. Confiabilidade e Manutenibilidade.	Softwares potentes de planejamento e controle.	Grupos de trabalho multidisciplinares.

Figura 1. Moubray, (2000) adaptado pelo autor.

TPM

A definição de O TPM (*Total Productive Maintenance*) para Nakajima (1989) é uma interação completa entre as máquinas e pessoas visando pleno funcionamento, elevados níveis de qualidade e segurança para o processo e para as pessoas, sendo estas, todos os colaboradores de forma que a responsabilidade pelo funcionamento dos equipamentos seja de todos.

O TPM (*Total Productive Maintenance*) é um sistema de manutenção que elimina perdas, reduz paradas, garante a qualidade e reduz custos. Sustenta-se na contínua melhoria do processo produtivo, adequação das atividades do operário aos meios e ao ambiente no qual se inserem, verificação estruturada das práticas adotadas e controle das equipes em fase de projeto. Esse modelo de manutenção surgiu no Japão, como uma evolução da manutenção corretiva pelos esforços de evitar os defeitos de qualidade ocasionados pelo desgaste dos equipamentos. (FOGLIATTO E DUARTE, 2009, p. 233)

É de substancial interesse que as falhas do processo sejam mitigadas, pois além das questões relacionadas à qualidade e aos custos, a redução de falhas interfere diretamente na segurança do pessoal e na qualidade do meio ambiente que é afetado pelas atividades da empresa (SIQUEIRA, 2012, p. 17). Os pilares desse estudo são a garantia de qualidade de produtos e processos e a otimização dos procedimentos de manutenção, para restaurar com ganho o sistema ao seu estado operante.

Tipos de manutenção: corretiva, preventiva e preditiva

Segue uma breve apresentação dos tipos de manutenção mais comuns de equipamentos industriais, a decisão quanto ao uso de cada uma delas fica a cargo dos departamentos de manutenção e de suas políticas de controle.

- a) Corretiva: é a manutenção realizada quando identificadas falhas e erros, não sendo periódica. É o tipo de manutenção considerada reativa, pois não é programada (FOGLIATTO E DUARTE, 2009, p.233);
- b) Preventiva: é a prevenção constante que envolve inspeção, reformas e reparos efetuados de maneira planejada e sistemática. Esse tipo de manutenção evita desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, também chamada de pro ativa (PEREIRA, 2011, p.27);
- c) Preditiva: é a verificação pontual dos equipamentos, com base nos relatórios e monitoramento que são continuamente realizados. Assim, com um estudo prévio dos equipamentos, é possível antecipar os problemas que podem representar gastos inesperados através de manutenção corretiva. Conhecida como Manutenção Produtiva Total, envolve todos os departamentos de uma indústria, para que opere com foco na ausência de falhas e no máximo de disponibilidade de seus equipamentos, a fim de se obter o máximo de lucratividade de um processo (PEREIRA, 2011, p. 31).

As empresas podem, no entanto, decidir por usar um ou vários dos métodos apresentados de acordo com seus objetivos e restrições de processo.

Manutenção baseada na confiabilidade

Um importante guia de manutenção SAE (2013) define o termo confiabilidade na manutenção como a probabilidade que o equipamento apresenta de operar sem paradas ou falhas, desde que sejam atendidas as suas necessidades específicas de operação e projeto.

O Processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), tem por função aumentar a eficiência da manutenção e analisar se, e quando a manutenção é executável, bem como sua efetividade e seu custo benefício. O MCC é um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado de sistema ou equipamento. Esse modelo permite trabalhar com uma probabilidade de um equipamento operar sem falhas durante um dado período (PEREIRA, 2011, p. 15).

A redução da probabilidade de falhas proposta pela Manutenção baseada na Confiabilidade tem como objetivo não somente diminuir os custos associados às falhas,

mas também reduzir os riscos associados à segurança e aos danos ambientais (FOGLIATTO E DUARTE, 2009). De acordo com Siqueira, 2012 a MCC procura estabelecer definições precisas dos objetivos da manutenção, preservando a capacidade dos equipamentos e dos sistemas que estes integram. Assim, de acordo com essa autora, são objetivos centrais da MCC:

- a) Preservação das funções dos equipamentos, com a segurança necessária;
- b) Restauração da segurança para a qual o equipamento foi projetado, após a sua deterioração pelo uso;
- c) Otimização da disponibilidade do equipamento;
- d) Minimização do custo do ciclo de vida;
- e) Atuação específica de acordo com os modos de falha apresentados pelo equipamento;
- f) Realização das atividades efetivamente necessárias;
- g) Ação direcionada aos efeitos e consequências das falhas;
- h) Documentação das atividades.

Por estas razões teóricas, no presente trabalho, serão perquiridos os efeitos e consequências das falhas do equipamento sob estudo, bem como quais as atividades de manutenção necessárias à otimização da operação e do ciclo de vida do mesmo.

Bomba centrífuga

Apresentados os conceitos preliminares de manutenção, este tópico apresenta uma aplicação de manutenção a um equipamento específico e o estudo de seus resultados, o caso estudado será uma bomba centrífuga.

A bomba centrífuga é considerada uma turbo-máquina e tem como função principal o bombeamento de líquidos em geral. Assim, encontra aplicação no saneamento básico, na irrigação de lavouras, em edifícios residenciais, na indústria de petróleo e na indústria em geral.

A figura 01 apresenta um esquema de funcionamento da bomba centrífuga em estudo.

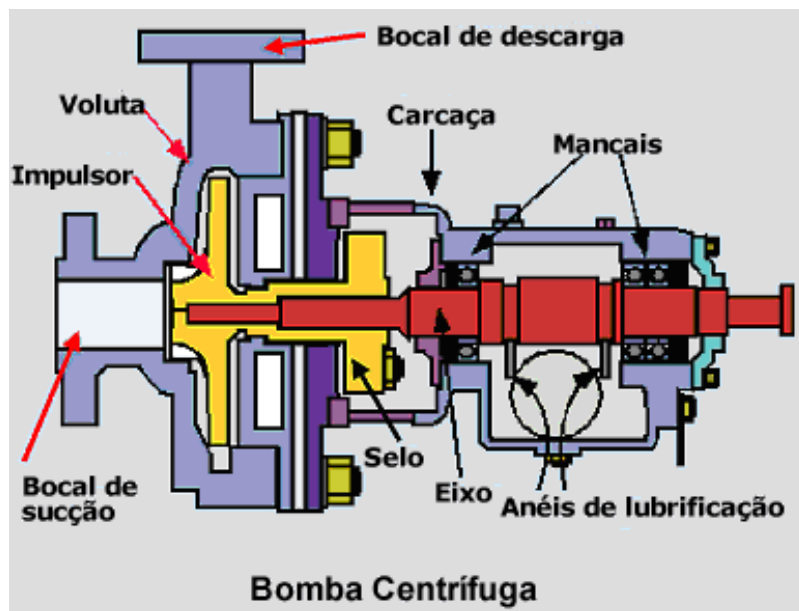


FIGURA 2 – Composição de uma Bomba Centrífuga (Fonte: <http://www.ufrnet.br/~lair/Pagina-OPUNIT/bombascentrifugas-2.htm>)

A potência e o acionamento de uma bomba têm origem externa, posto que são providos através de um *motor* (que, em geral, pode ser um motor elétrico, a diesel, uma turbina etc). A transferência dessa energia externa é efetuada por *rotores*, que situam no interior da bomba – estes rotores atuam girando, movimentando o fluido e transferindo, assim, a energia que recebe para o fluido que está sendo transportado, à medida em que este escoar de maneira contínua pelo seu interior, onde existem as *palhetas*.

O fluido em transporte entra na bomba por uma parte conhecida como *bocal de sucção*. Passando por este bocal de sucção, o fluido é encaminhado aos rotores, onde recebe energia potencial de pressão. Após, o fluido sai da bomba pelo *bocal de recalque*. É em razão desta transferência de energia que ocorre dentro da bomba que se torna possível elevar e transferir fluidos (MACINTYRE, 2013, p. 12)

Metodologia

A presente pesquisa está centrada no acompanhamento da rotina de manutenção da Bomba Centrífuga Agrimec, modelo BCI 300, em cenário em que se encontra dedicada à transferência de grandes volumes de água entre tanques de uma indústria, com va-

zão máxima de 222 l/s. A bomba sob referência contempla as seguintes especificações técnicas:

Comprimento (mm)	1200
Largura (mm)	900
Altura (mm)	1400
Tubulação de Sucção	300
Tubulação de Recalque	300
Válvula de Pé	380
Rotação Nominal (RPM)	540
Altura Manométrica (mca)	7
Altura Manométrica com motor	14
Potencia Absorvida [cv(kw)]	80 (59)
Acionamento	TDP
Sucção Máxima (mca)	6
Capacidade de Irrigação (quadros)	80
Peso Líquido	200

FIGURA 3 – Tabela de especificações técnicas da bomba centrífuga objeto do presente trabalho

Esta bomba foi desenvolvida especialmente pra trabalhar a baixas rotações, contendo o diâmetro do rotor, formato e curvatura das pás para proporcionarem um funcionamento mais suave e um maior rendimento da operação. Seu chassi é superdimensionado, possuindo rigidez adequada ao seu tipo de trabalho.

O equipamento tem resistência para levantar de até 14 metros e pode ser acionada por um motor com sistema de ampliação da rotação. É acompanhada de tubulação de sucção com 1,5 metro de comprimento, curva com flange a 45° e válvula de pé com crivo. Possui sistema de vedação do eixo por gaxeta de amianto 3/8", que é de fácil manutenção. Ainda, possui acionamento opcional com motor elétrico ou estacionário.

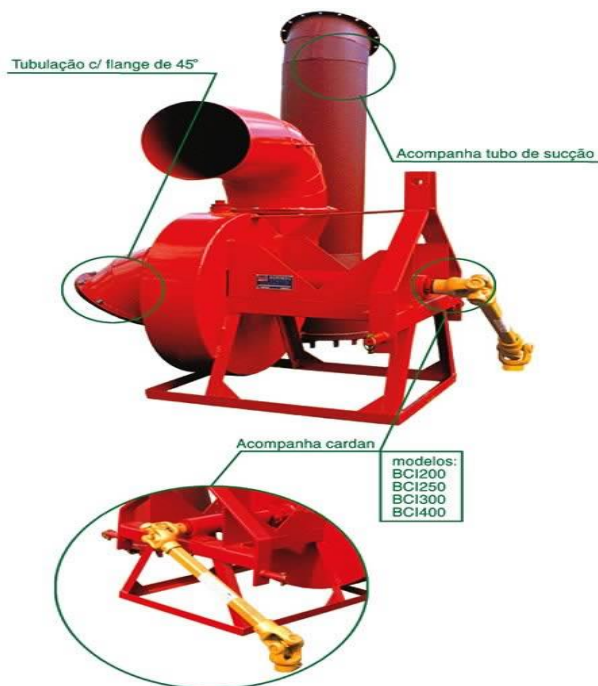


FIGURA 4 – Apresentação técnica da Bomba Centrífuga Agrimec, modelo BCI 300(Fonte: Manual do Fabricante)

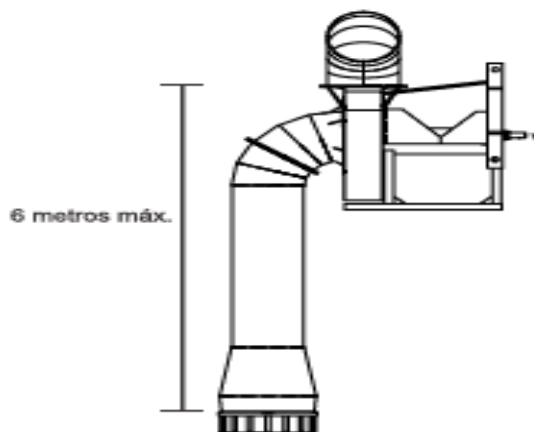


FIGURA 5 – Apresentação da instalação da Bomba Centrífuga Agrimec, modelo BCI 300 (Fonte: Manual do Fabricante)

Para estudo da manutenção deste modelo de bomba centrífuga, foram coletados dados durante o período de um mês, considerando-se a operação da bomba e os intervalos de manutenção programada, contemplando todos os insumos necessários à realização dos procedimentos de manutenção.

Análise dos dados de manutenção da bomba

A bomba centrífuga estudada neste trabalho usa uma estratégia de manutenção preditiva. Esta estratégia realiza o monitoramento contínuo do equipamento para prever o momento em que se iniciará o processo de desgaste e o ponto a partir do qual aumenta a chance de quebra do mesmo. Para isso, são monitoradas duas variáveis-chave: vibração de rolamentos e análise de contaminação de óleo lubrificante. O objetivo do monitoramento é acompanhar falhas em progresso para evitar a possível quebra da bomba centrífuga.

Com o objetivo de apresentar um exemplo de um estudo de forma sistêmica e científica de solução de problemas, serão apresentadas aplicações de algumas das sete ferramentas da qualidade propostas por Juran (1990)

Durante o período de observação do equipamento, as principais falhas observadas e identificadas foram elencadas na figura 6, através da ferramenta folha de estratificação dos problemas.

Tipo de Falha	Efeito	Causa	Incidência
Vazamento ou falha de selagem	Alterações nas condições do processamento do fluido que aquele selo se propõe a vedar; Contaminação do ambiente; Desperdício; Atraso do	Desgaste do equipamento; Ruptura por superaquecimento.	55%

	processo.		
Motorização e alimentação elétrica	Queda de energia; Elevação da temperatura; Redução do conjugado disponível para a carga.	Oscilação da energia; Queda no gerador de energia.	14%
Problema de instrumentação	Incerteza de medição.	Equipamento de medição mal calibrado.	15%
Mancais	Folga excessiva e descontrolada de mancais; Desgaste do mancal; Lubrificação insuficiente	Uso inapropriado; Má colocação.	12%
Elemento Acoplador	Imperfeições.	Defeitos.	4%

FIGURA 6 – Tabela das Principais Falhas de Bomba Centrífuga

Observa-se que a principal falha apresentada na tabela é o vazamento ou falha das selagens, que é caracterizada pela impossibilidade de acompanhamento preditivo, pois as falhas possivelmente acontecem em virtude de deficiências estruturais do projeto. Se o sistema usado nas bombas for de lubrificação a banho de óleo, o nível deve ser mantido em equilíbrio de marcas de mínimo e máximo, impressas na vareta de nível de óleo. Em seguida, através da ferramenta de gráfico de Pareto, por sua a facilidade de entendimento e o apelo visual, apresenta-se a incidência das falhas são em sua ordem decrescente de ocorrência e sua porcentagem acumulada, apresentados na figura 7.

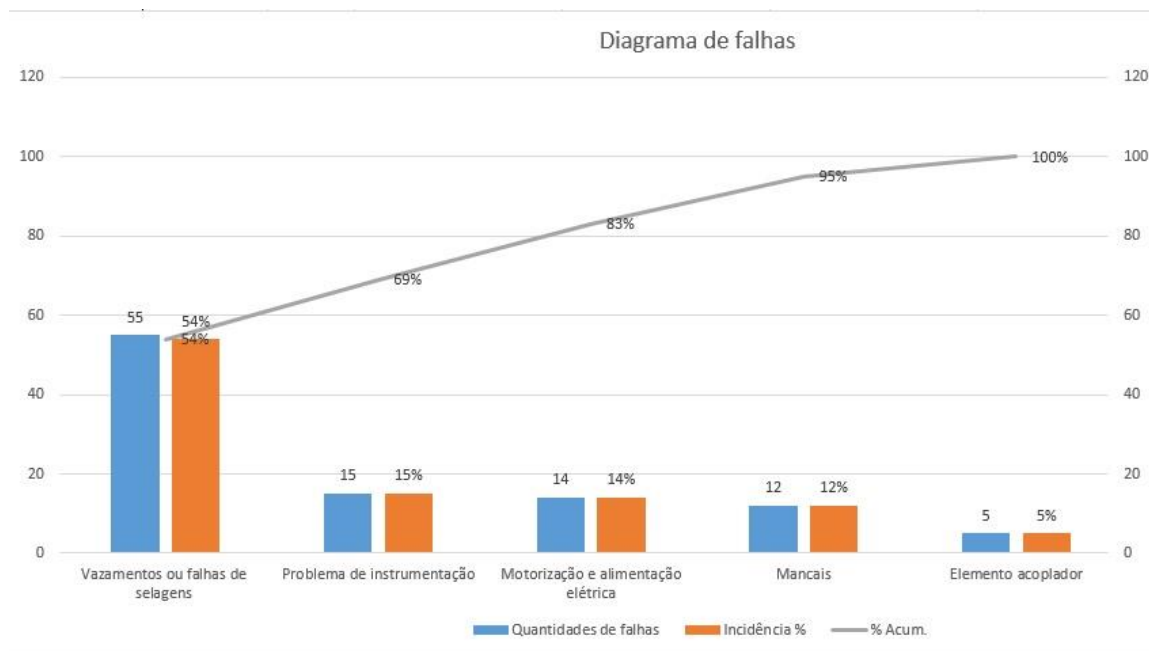


FIGURA 7 – Diagrama de Pareto com demonstração das falhas

Os procedimentos de manutenção preventiva de uma bomba centrífuga são relativamente simples, porém muito relevantes para sua boa operação e prolongamento do seu ciclo de vida. O primeiro procedimento preventivo de manutenção da bomba é limpeza da mesma, dado que a sujeira acumulada ao longo do tempo de operação pode causar danos sérios ao equipamento. É de se destacar que, durante a limpeza rotineira da bomba, é possível efetuar também uma inspeção visual na mesma, a fim de se detectar vazamentos ou partes soltas, por exemplo.

Na etapa de limpeza inclui-se a lubrificação e a troca de óleo da bomba. O óleo a ser usado deve ser de boa qualidade e isento de qualquer tipo de contaminação. Recomenda-se o óleo mineral puro e sem detergente.

O óleo recomendado para a bomba em análise é o óleo para Turbina 46, que é um lubrificante de qualidade *Premium* para sistemas de circulação, desenvolvido para aplicações em conjunto de turbinas a vapor e hidráulicas e em outros sistemas em que são requeridos óleos lubrificantes para longos períodos de utilização. Este tipo de óleo possui em sua fórmula óleos básicos altamente refinados e aditivos que proporcionam maior estabilidade química e térmica, rápida e completa separação da água, além de alta resistência à emulsificação.

O nível do óleo deve ser verificado diariamente e deve ser trocado a cada 2.500 horas de funcionamento. Por ser utilizada em ambiente úmido, sugere-se que o óleo seja trocado com menor intervalo de tempo.

Ainda quanto à lubrificação, deve-se ter cautela em relação ao preenchimento do reservatório de óleo, sendo de se salientar que a bomba é fornecida com caixa de mancais sem óleo. Portanto, é necessário enchê-la antes de operá-la de acordo com as especificações do fabricante. O nível do óleo do mancal deve ser periodicamente verificado e efetuada a reposição quando necessário. A reposição do óleo visa corrigir possíveis vazamentos.

A temperatura dos mancais pode ser de até 50 °C acima da temperatura ambiente, esta considerada em até 30°C, e, assim sendo, não deve ultrapassar a 80°C. Ainda, deve-se controlar a posição do conjunto girante observando o dispositivo indicador de posição, as válvulas de fechamento na linha sucção, inclusive de tubulações auxiliares, não podem ser fechadas durante o período em que a bomba estiver operando.

Outro ponto importante, antes de todo início de operação, é que a bomba não pode iniciar suas operações antes de ser preenchida completamente de água, não devendo funcionar a seco, sob pena de cavitação do sistema. A bomba deve funcionar sempre suavemente e livre de vibrações ou perturbações de qualquer natureza. Não é admissível a operação de longa duração contra a válvula de fechamento do recalque fechada.

Ainda, são outros aspectos a serem observados na manutenção preditiva da bomba:

- a) Reapertar parafusos ao final de cada jornada de trabalho e observar a reincidência de parafusos soltos;
- b) Verificar a ocorrência de ruídos estranhos durante a operação da bomba e do motor;
- c) Observar o estado da gaxeta de vedação do eixo e reapertar as porcas de regulagem, substituindo-as em caso de vazamento de água;
- d) Verificar a válvula de retenção (crivo), monitorando sua abertura e fechamento, com substituição da mesma em caso de problemas na vedação;
- e) Checagem diária do motor, que deve ser parado para limpeza da grade de sucção da bomba, evitando-se que detritos venham a se chocar no rotor;
- f) Observar continuamente se há aquecimento excessivo em sistemas térmicos ou elétricos;

- g) Verificar se a tubulação de apoio não se encontra furada ou desgastada.

Outro aspecto a ser considerado diz respeito às condições físicas do operador da bomba. Recomenda-se não permitir a operação caso seja verificado que o agente está sob efeito de cansaço ou doença ou trabalhando em jornada acima do permitido pela legislação em vigor, que comprometa diretamente suas condições físicas, sob pena de serem agravadas as condições de risco de acidentes.

Em relação ao tempo de reparo da bomba, tem-se que o mesmo é variável, a depender das condições que cercam não apenas a bomba, mas também os equipamentos que a ela se conectam (por exemplo, motor e etc.). Varia também de acordo com o tipo de manutenção a ser realizada: se corretiva, qual o tipo de defeito apresentado; se preventiva ou preditiva, quais os tipos de falhas que serão verificados e tratados.

Com o auxílio de um *Brainstorm* são listados os problemas que de maneira geral, são aspectos que interferem diretamente no tempo de manutenção da bomba:

- a) Disponibilidade de mão de obra: considerando-se que a mão de obra contempla não apenas os aspectos de realização dos procedimentos de manutenção, mas também de desmontagem e montagem da bomba para realização destes procedimentos;
- b) Disponibilidade das peças necessárias aos procedimentos de manutenção que serão realizados;
- c) Permissão de trabalho e adequação da operação para realização da manutenção no equipamento;
- d) Condições de deslocamento do equipamento: do local de operação até o local onde será realizada sua manutenção, incluindo-se os meios para o deslocamento (por exemplo, veículos);
- e) Disponibilidade de todas as ferramentas adequadas e necessárias aos procedimentos que serão executados;
- f) Área disponível para realização dos procedimentos de manutenção (desmontagem e montagem dos equipamentos);
- g) Condições climáticas favoráveis e período do ano em que será realizada a manutenção.

Assim, considerando-se as especificações do equipamento, seu tamanho, seu local de instalação e sua função dentro da operação e, ainda, supondo-se que todas as condições acima estejam plenamente satisfeitas e imediatamente à disposição no momento

em que for realizada a manutenção, supondo-se um dia com 8 (oito) horas de trabalho, para manutenção da bomba centrífuga objeto do presente trabalho, estima-se:

- a) $\frac{1}{2}$ (meio) dia para retirada de operação;
- b) 1 (um) dia para realizar o procedimento de desconexão (desmontagem);
- c) 1 (um) ou 2 (dois) dias para os procedimentos de manutenção, a depender do tipo de manutenção a ser realizada (corretiva ou preventiva) e a sua complexidade;
- d) 1 (um) dia para reinstalação (montagem);
- e) $\frac{1}{2}$ (meio) dia para efetivo retorno à operação.

Ou seja, o Tempo Médio para Reparo estimado para esse modelo de Bomba gira em torno de 4 (quatro) a 5 (cinco) dias de trabalho.

Conclusão

Após análise dos dados obtidos com o presente trabalho, em torno da operação de uma bomba centrífuga, observou-se que a prática da Manutenção Preventiva e Preditiva, com foco na Confiabilidade, é a melhor solução para a otimização dos processos da empresa, garantindo-lhe o melhor retorno em resultados, minimizando as perdas durante o processo.

Através de uma manutenção que seja programada e prevista dentro de parâmetros previamente conhecidos, é possível uma redução de custos com manutenção corretiva em torno de 70% (setenta por cento), dado que falhas mais simples como vazamentos de óleos, falhas na alimentação elétrica, parafusos frouxos e sujeira são facilmente identificadas e corrigidas, não se permitindo que as mesmas evoluam, desgastem ainda mais o equipamento e se transformem em falhas mais complexas e onerosas.

Certamente também, a Manutenção Preventiva permite maior agilidade na produção. Tal assertiva torna-se visível quando se contempla o Tempo Médio para Reparo do equipamento, que é estimado em 4 (quatro) a 5 (cinco) dias de trabalho. Em um cenário de Manutenção Preventiva ou Preditiva esse tempo de reparo não significa, necessariamente, parada da produção, dado que o equipamento certamente será substituído por um similar em reserva para continuidade da operação. Ao revés, esse mesmo tempo de parada, em

circunstâncias imprevistas de manutenção corretiva, poderá ensejar a parada completa da produção, gerando prejuízo não apenas com a manutenção do equipamento, mas em relação à lucratividade da empresa.

Assim, os procedimentos que foram adotados reduziram as falhas e a deterioração do equipamento, prolongando seu ciclo de vida, permitiram a detecção de falhas simples que poderiam evoluir para falhas mais complexas e revelaram falhas ocultas e suprimiram necessidades do equipamento geradas pelo desgaste previsto durante o processo.

Referências

FOGLIATTO, Flavio Sanson e DUARTE, José Luis Ribeiro. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009

GOMES, Glauco Ricardo Simões. *Revisão da Política de Manutenção de uma Unidade Fabril com Base em Parâmetros de Confiabilidade e Processo de Poisson*. Simpósio de Engenharia de Produção: Bauru, 2012.

JURAN, J. M.; *Juran planejando a qualidade*, São Paulo: Pioneira, 1990.

MACINTYRE, Archibald Joseph. *Bombas e Instalações de Bombeamento*. 2 ed. Saraiva: 2013.

MOUBRAY, John. *Manutenção Centrada em Confiabilidade*. Traduzido por Kleber Siqueira. SPES Engenharia de sistemas Ltda, São Paulo, Brasil. Edição Brasileira 2000.

NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda. 1989.

PEREIRA, Mario Jorge. *Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2011.

S.A.E. Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment. Michigan: National Center for Manufacturing Sciences, Inc., 2013.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. *Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.