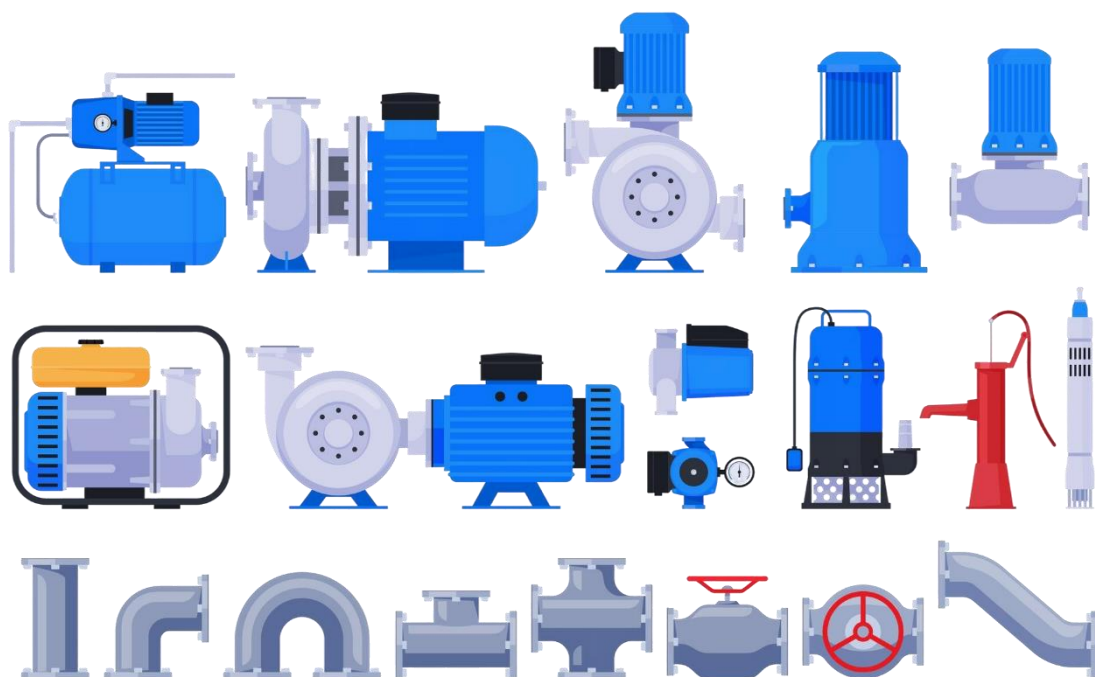


MANUTENÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS



Manutenção Preventiva e Corretiva

Manutenção Preventiva

As bombas centrífugas são componentes essenciais em sistemas hidráulicos industriais, civis, agrícolas e de saneamento. Sua operação contínua, muitas vezes ininterrupta, exige um planejamento rigoroso de manutenção para evitar falhas inesperadas e garantir desempenho estável. A **manutenção preventiva** é uma abordagem estratégica que visa antecipar desgastes e defeitos por meio de inspeções sistemáticas e substituição programada de componentes, como selos e rolamentos. Este texto aborda os fundamentos e práticas da manutenção preventiva em bombas centrífugas, com foco em plano de manutenção, lubrificação, alinhamento e substituição de peças críticas.

1. Plano de Manutenção e Inspeção Periódica

Um plano de manutenção preventiva é um conjunto de procedimentos técnicos definidos com base em parâmetros operacionais, especificações do fabricante e histórico do equipamento. O objetivo é minimizar paradas não programadas e prolongar a vida útil da bomba e de seus componentes.

a) Estrutura do Plano de Manutenção

Um plano eficiente deve incluir:

- **Periodicidade de inspeções:** diárias, semanais, mensais, semestrais ou anuais, conforme a criticidade da aplicação;
- **Checklists padronizados:** com itens de verificação como ruídos, temperatura, vazamentos, pressão, vazão e vibração;
- **Registro de dados operacionais:** para comparação com valores de referência ou limites de alarme;
- **Histórico de manutenção:** permitindo análise de falhas recorrentes e tomada de decisões corretivas baseadas em dados.

Além disso, a participação de operadores no processo de monitoramento contínuo é fundamental para detectar mudanças de comportamento no equipamento e acionar a equipe de manutenção em tempo hábil.

b) Inspeção Periódica

As inspeções visuais e operacionais devem buscar sinais como:

- Vazamentos nos selos ou gaxetas;
- Desgaste aparente em parafusos, conexões e suportes;
- Ruídos metálicos, chiados ou estalos;
- Temperatura excessiva no corpo da bomba ou nos mancais;
- Vibrações anormais.

Essas análises podem ser complementadas com medições instrumentais de vibração (acelerômetros), temperatura (termômetros infravermelhos) e alinhamento (relógios comparadores ou alinhadores a laser).

2. Lubrificação e Verificação de Alinhamento

a) Lubrificação

A lubrificação dos mancais e rolamentos é uma das atividades mais críticas na manutenção preventiva de bombas centrífugas. A função da lubrificação é reduzir o atrito entre as partes móveis, dissipar calor e proteger contra corrosão e contaminação.

Práticas recomendadas:

- Usar o tipo e a viscosidade de lubrificante indicados pelo fabricante (graxa ou óleo);
- Estabelecer intervalos de relubrificação com base em horas de operação, carga e ambiente;
- Não exceder a quantidade recomendada de graxa, evitando sobreaquecimento;
- Substituir completamente o lubrificante periodicamente, especialmente em ambientes contaminados por poeira, umidade ou produtos químicos.

Lubrificações mal executadas, com excesso ou falta de graxa, são causas frequentes de falha prematura em rolamentos.

b) Verificação de Alinhamento

O alinhamento correto entre o eixo do motor e o eixo da bomba reduz esforços mecânicos e prolonga a vida útil de rolamentos e acoplamentos. O desalinhamento provoca vibração, superaquecimento e aumento do consumo energético.

Etapas para verificação e correção:

- Desacoplar a bomba e medir o desalinhamento angular e paralelo com instrumentos apropriados;
- Ajustar a posição da bomba ou do motor por meio de calços metálicos ou parafusos de ajuste;
- Reapertar os parafusos de fixação e repetir as medições;
- Registrar os valores obtidos e acompanhar ao longo do tempo.

É recomendável verificar o alinhamento após cada intervenção mecânica, como troca de componentes, movimentação da base ou recalibração do motor.

3. Substituição de Selos e Rolamentos

a) Selos Mecânicos

Os selos mecânicos evitam vazamentos no eixo rotativo da bomba e devem ser substituídos em intervalos definidos, conforme a carga de trabalho e o tipo de fluido bombeado. Sua falha pode comprometer a integridade da bomba e causar danos ambientais ou à segurança do operador.

Indicações de desgaste:

- Gotejamento contínuo ou vazamento visível;
- Aumento na temperatura ao redor do selo;
- Ruído de atrito ou chiado próximo ao eixo.

Cuidados na substituição:

- Utilizar selos compatíveis com o fluido, temperatura e pressão de operação;
- Limpar cuidadosamente o alojamento e lubrificar as superfícies de contato (quando aplicável);
- Garantir a montagem correta sem forçar os componentes;
- Verificar o alinhamento do selo com o eixo.

Selos inadequados ou mal instalados tendem a falhar precocemente e gerar custos elevados com manutenção corretiva.

b) Rolamentos

Os rolamentos são responsáveis por suportar as cargas radiais e axiais aplicadas ao eixo da bomba. Seu desgaste leva a aumento de vibração, ruído e aquecimento, podendo danificar outros componentes.

Sinais de desgaste:

- Vibração crescente e intermitente;
- Ruído grave ou metálico ao girar;
- Superaquecimento persistente nos mancais;
- Folgas perceptíveis no eixo.

Procedimentos de substituição:

- Remover cuidadosamente os rolamentos antigos com extratores adequados;
- Limpar os alojamentos e verificar desgaste ou ovalização;
- Instalar os novos rolamentos com ferramentas específicas e sem impactos diretos;

- Reaplicar a lubrificação adequada e ajustar a folga axial conforme necessário.

O uso de rolamentos de qualidade e a realização de inspeções regulares são determinantes para a confiabilidade da bomba.

Considerações Finais

A manutenção preventiva em bombas centrífugas não deve ser encarada como um conjunto de ações pontuais, mas como parte de um sistema integrado de gestão de ativos. A execução disciplinada de planos de inspeção, lubrificação, alinhamento e substituição de componentes críticos assegura o funcionamento contínuo e eficiente do equipamento, reduzindo falhas e custos com paradas inesperadas.

Além de aumentar a confiabilidade e a vida útil das bombas, a manutenção preventiva contribui para a segurança do ambiente de trabalho, a economia de energia elétrica e a sustentabilidade das operações industriais. Empresas que adotam programas de manutenção estruturados obtêm vantagens competitivas e reduzem riscos operacionais.

Referências Bibliográficas

- Bernhardt, M. L. (2010). *Manual de Bombas Hidráulicas*. LTC – Livros Técnicos e Científicos.
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump Handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Luz, A. C. (2005). *Manual de Sistemas de Bombeamento*. Interciência.
- ISO 13709 – *Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries*.
- SKF Group. (2013). *Manual de Rolamentos Industriais*. SKF.
- Hydraulic Institute. (2011). *Centrifugal Pump Guidelines for Training and Education*.



Manutenção Corretiva em Bombas Centrífugas: Diagnóstico, Desmontagem e Recuperação de Componentes

As bombas centrífugas são máquinas rotativas amplamente empregadas na indústria para movimentar fluidos com segurança e eficiência. Apesar da adoção de estratégias de manutenção preventiva, falhas inesperadas podem ocorrer devido a desgaste natural, erros operacionais ou condições extremas de serviço. Nesse contexto, a **manutenção corretiva** visa restaurar o equipamento à sua condição funcional original por meio do diagnóstico técnico, desmontagem adequada, substituição de peças danificadas e recondicionamento dos conjuntos mecânicos. Este texto aborda os principais aspectos da manutenção corretiva de bombas centrífugas, com ênfase no diagnóstico completo de falhas, procedimentos de desmontagem e montagem, e substituição de componentes desgastados.

1. Diagnóstico Completo de Falha

O primeiro passo da manutenção corretiva é a identificação da causa raiz da falha. Um diagnóstico incompleto pode levar à substituição inadequada de peças e à reincidência do problema após a remontagem. O processo de diagnóstico deve considerar tanto os sintomas visíveis quanto os dados históricos de operação.

a) Sintomas Comuns de Falha

- **Vazamentos persistentes**, indicando falhas nos selos mecânicos, gaxetas ou corrosão da carcaça;
- **Perda de desempenho hidráulico**, com queda de vazão ou pressão, podendo indicar desgaste no rotor, obstruções ou folgas excessivas;
- **Vibração e ruídos anormais**, possivelmente causados por desalinhamento, desbalanceamento do rotor ou falhas em rolamentos;
- **Superaquecimento**, geralmente relacionado a atrito interno, falta de lubrificação ou cavitação.

b) Métodos de Diagnóstico

- **Inspeção visual**: observação de vazamentos, trincas, oxidação, folgas e contaminação;
- **Medições instrumentais**: utilização de termovisores, sensores de vibração, manômetros e tacômetros;
- **Análise de histórico operacional**: verificação de registros de pressão, vazão, temperatura e eventos de parada;
- **Análise de falhas anteriores**: identificação de padrões que possam indicar causas recorrentes.

Um diagnóstico eficaz deve culminar em um laudo técnico contendo a descrição do problema, hipóteses de causa, extensão dos danos e recomendações para reparo.

2. Procedimentos de Desmontagem e Montagem

A desmontagem de uma bomba centrífuga deve ser realizada de forma sistemática, com atenção à integridade dos componentes e à segurança dos operadores. O processo pode variar de acordo com o modelo e o fabricante, mas algumas etapas são comuns à maioria das bombas.

a) Desmontagem

1. **Desligamento elétrico:** desconectar o motor da rede elétrica e aplicar bloqueio e etiquetagem (lockout/tagout);
2. **Drenagem:** esvaziar a bomba e as tubulações associadas para evitar vazamento de fluido residual;
3. **Remoção da bomba:** desparafusar o conjunto da base, utilizando equipamentos de içamento quando necessário;
4. **Separação do acoplamento:** desacoplar o eixo do motor e o eixo da bomba;
5. **Desmonte da carcaça e do rotor:** retirar parafusos, tampas, selo mecânico, rolamentos e rotor;
6. **Identificação e armazenamento das peças:** separar os componentes em local limpo, identificando aqueles que serão reutilizados e os que precisarão de substituição.

Durante a desmontagem, é fundamental registrar com fotos ou desenhos a disposição original dos componentes, para garantir precisão no momento da remontagem.

b) Montagem

1. **Limpeza dos componentes:** todos os itens reaproveitados devem ser devidamente limpos com solventes ou detergentes industriais, secados e inspecionados;
2. **Substituição de peças danificadas:** rolamentos, selos, gaxetas e anéis de desgaste devem ser trocados por novos, conforme especificações do fabricante;
3. **Montagem do rotor e eixo:** reinstalar os componentes na ordem inversa da desmontagem, respeitando folgas e torque de aperto corretos;
4. **Reposição do selo mecânico:** montar com cuidado, alinhando as faces e verificando vedação;
5. **Alinhamento do conjunto:** após o acoplamento, realizar o alinhamento entre bomba e motor com precisão;
6. **Lubrificação:** aplicar graxa ou óleo nos mancais e rolamentos, conforme especificações;
7. **Testes de vedação e operação a seco:** realizar teste com o sistema desligado para verificar funcionamento mecânico antes do enchimento.

3. Limpeza e Substituição de Componentes Desgastados

Após a desmontagem, cada componente deve ser analisado individualmente para verificar sua condição e definir se poderá ser reaproveitado, retificado ou substituído.

a) Limpeza

A limpeza deve remover resíduos sólidos, produtos químicos, ferrugem e incrustações. Os métodos variam conforme o tipo de material e fluido bombeado:

- **Limpeza química:** uso de detergentes, desincrustantes ou desengraxantes industriais;
- **Jateamento abrasivo:** para remoção de ferrugem e incrustações mais resistentes;
- **Ultrassom:** indicado para peças menores ou com geometrias complexas.

As peças devem ser secas e protegidas contra oxidação até o momento da remontagem.

b) Substituição de Componentes

As peças mais comumente substituídas em manutenção corretiva são:

- **Rolamentos:** devem ser trocados sempre que apresentarem desgaste, ruído ou folga excessiva;
- **Selos mecânicos:** substituição obrigatória quando há vazamentos ou desgaste das faces;
- **Gaxetas:** devem ser trocadas a cada desmontagem, mesmo que aparentemente íntegras;
- **Anéis de desgaste:** são responsáveis pela folga hidráulica e, se desgastados, comprometem o rendimento da bomba;
- **Rotor:** se apresentar erosão, cavitação ou deformação, deve ser substituído ou recondicionado por usinagem.

Durante a substituição, devem ser observadas as especificações técnicas do fabricante, incluindo tolerâncias dimensionais, materiais compatíveis e normas de montagem.

Considerações Finais

A manutenção corretiva, apesar de reativa, é indispensável para restabelecer o funcionamento de bombas centrífugas após falhas ou avarias. No entanto, sua eficácia depende diretamente da qualidade do diagnóstico, da organização no processo de desmontagem e montagem, e da precisão na substituição dos componentes danificados.

Uma abordagem técnica, baseada em dados e em procedimentos padronizados, reduz o tempo de máquina parada e os custos de retrabalho.

Sempre que possível, as intervenções corretivas devem ser documentadas e utilizadas como base para aprimorar o plano de manutenção preventiva.

A qualificação da equipe de manutenção, o uso de ferramentas adequadas e o acesso a peças de reposição de qualidade são fatores que elevam a confiabilidade do sistema de bombeamento e asseguram a continuidade operacional dos processos industriais.

Referências Bibliográficas

- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump Handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Luz, A. C. (2005). *Manual de Sistemas de Bombeamento*. Interciência.
- Bernhardt, M. L. (2010). *Manual de Bombas Hidráulicas*. LTC – Livros Técnicos e Científicos.
- SKF Group. (2013). *Manual Técnico de Rolamentos Industriais*. SKF.
- Hydraulic Institute. (2011). *Guidelines for Rotodynamic Pump Repair*. Hydraulic Institute Standards.
- ABNT NBR ISO 14224 – *Coleta e Troca de Dados de Confiabilidade e Manutenção para Equipamentos Industriais*.



Boas Práticas e Segurança na Manutenção de Bombas Centrífugas: EPIs, Lockout/Tagout e Gestão de Resíduos

A manutenção e operação de bombas centrífugas envolvem riscos que podem comprometer a integridade física dos trabalhadores e a segurança ambiental, especialmente quando se lida com fluidos pressurizados, componentes móveis, eletricidade e produtos químicos. A adoção de **boas práticas de segurança**, o uso de **equipamentos de proteção individual (EPIs)**, a aplicação dos **procedimentos de bloqueio e etiquetagem (lockout/tagout)** e a **gestão adequada de resíduos e peças substituídas** são elementos indispensáveis para evitar acidentes e atender às exigências legais. Este texto aborda esses aspectos fundamentais da segurança na manutenção de sistemas de bombeamento centrífugo.

1. Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

Os EPIs são dispositivos de uso pessoal destinados à proteção contra riscos ocupacionais que não podem ser eliminados por meios coletivos. Seu uso é obrigatório conforme a Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6) do Ministério do Trabalho, devendo ser adequado ao tipo de atividade realizada e ao agente de risco envolvido.

a) EPIs mais comuns na manutenção de bombas

- **Capacete de segurança:** protege contra impactos provenientes de objetos em queda ou movimentações em áreas com tubulações aéreas;

- **Óculos ou viseira de proteção:** fundamentais contra respingos de fluidos pressurizados, partículas metálicas ou produtos químicos;
- **Luvas de proteção:** selecionadas conforme o risco (corte, abrasão, contato químico, calor). Luvas de borracha nitrílica são comuns em contato com óleos e solventes;
- **Protetores auriculares:** utilizados em ambientes ruidosos com presença de bombas em funcionamento contínuo;
- **Botas de segurança com biqueira de aço:** indispensáveis para proteger os pés contra queda de peças pesadas e escorregões em pisos úmidos;
- **Macacão ou uniforme de proteção:** preferencialmente em tecido resistente e com proteção química, quando necessário.

Cabe ao empregador fornecer os EPIs adequados, treinar os trabalhadores sobre seu uso e fiscalizar a correta utilização. Ao trabalhador, compete utilizá-los corretamente e comunicar irregularidades.

2. Procedimentos de Bloqueio e Etiquetagem (Lockout/Tagout)

O procedimento conhecido como **lockout/tagout** (bloqueio e etiquetagem) é uma técnica fundamental para garantir a segurança do trabalhador durante a intervenção em equipamentos que utilizam energia elétrica, hidráulica, pneumática, térmica ou mecânica. Seu objetivo é isolar completamente o equipamento de suas fontes de energia, impedindo acionamentos acidentais ou liberadores de energia residual.

a) Etapas do procedimento

1. **Identificação das fontes de energia:** localizar os dispositivos que fornecem energia elétrica e outros sistemas que possam manter energia acumulada;
2. **Desligamento do equipamento:** acionar o botão de parada e confirmar o desligamento total;
3. **Bloqueio físico (lockout):** aplicação de cadeados e travas nos disjuntores, válvulas ou registros, impossibilitando religamento sem autorização;
4. **Etiquetagem (tagout):** fixação de etiquetas visíveis com informações do responsável pelo bloqueio, data, motivo e previsão de liberação;
5. **Verificação de ausência de energia:** antes de iniciar a manutenção, deve-se testar se o sistema está efetivamente desenergizado;
6. **Execução da tarefa:** somente após todas as etapas anteriores e com autorização formal;
7. **Remoção do bloqueio:** após a conclusão dos trabalhos, apenas o responsável original pode retirar o cadeado e reativar o sistema.

A norma brasileira que trata de procedimentos similares é a **NR-10** (instalações elétricas) e a **NR-12** (segurança em máquinas e equipamentos), que recomendam medidas específicas para bloqueio de fontes de energia perigosas.

3. Armazenamento e Descarte de Peças e Fluidos

O gerenciamento adequado de resíduos gerados durante a manutenção de bombas centrífugas é essencial para a preservação ambiental, o cumprimento das leis e a segurança do local de trabalho. As boas práticas de armazenamento e descarte também evitam contaminações cruzadas e mantêm a organização da oficina ou área técnica.

a) Peças substituídas

- **Componentes metálicos (rolamentos, eixos, rotores):** devem ser separados por tipo de material e armazenados temporariamente em locais secos e cobertos para posterior reciclagem;
- **Selos mecânicos e gaxetas usadas:** podem conter resíduos químicos; devem ser acondicionados em recipientes fechados e sinalizados para descarte técnico;
- **Anéis de desgaste e vedações danificadas:** seguir os mesmos cuidados dos demais componentes contaminados.

O armazenamento temporário deve respeitar critérios de segurança, como empilhamento adequado, uso de bandejas e sinalização de risco. A reutilização de peças desgastadas é desaconselhada em sistemas críticos.

b) Fluidos residuais

- **Óleos lubrificantes e graxas usadas:** devem ser recolhidos em recipientes apropriados e encaminhados a empresas licenciadas para reprocessamento ou descarte;
- **Resíduos de produtos químicos e soluções de limpeza:** exigem identificação adequada e manuseio por profissionais treinados;
- **Águas contaminadas:** jamais devem ser lançadas em sistemas de drenagem ou esgoto comum sem tratamento prévio.

A legislação ambiental brasileira, especialmente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), determina que geradores de resíduos perigosos são responsáveis pelo correto descarte, inclusive com rastreamento e documentação técnica (manifesto de resíduos).

Considerações Finais

As boas práticas de segurança na manutenção de bombas centrífugas não são apenas exigências legais, mas requisitos indispensáveis para a proteção dos trabalhadores, a integridade dos equipamentos e o respeito ao meio ambiente. A correta utilização de EPIs, a aplicação disciplinada do lockout/tagout e o gerenciamento responsável de resíduos previnem acidentes, reduzem custos com passivos trabalhistas e ambientais e elevam o padrão de qualidade das intervenções técnicas.

Empresas que investem em segurança ocupacional e sustentabilidade demonstram compromisso ético, aumentam a confiabilidade operacional e fortalecem sua imagem institucional. A capacitação contínua da equipe de manutenção e o uso de procedimentos padronizados são ferramentas-chave para alcançar esses objetivos.

Referências Bibliográficas

- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6)**: Equipamentos de Proteção Individual.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10)**: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12)**: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.
- Brasil. **Lei nº 12.305/2010** – Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump Handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Luz, A. C. (2005). *Manual de Sistemas de Bombeamento*. Interciência.
- Bernhardt, M. L. (2010). *Manual de Bombas Hidráulicas*. LTC – Livros Técnicos e Científicos.