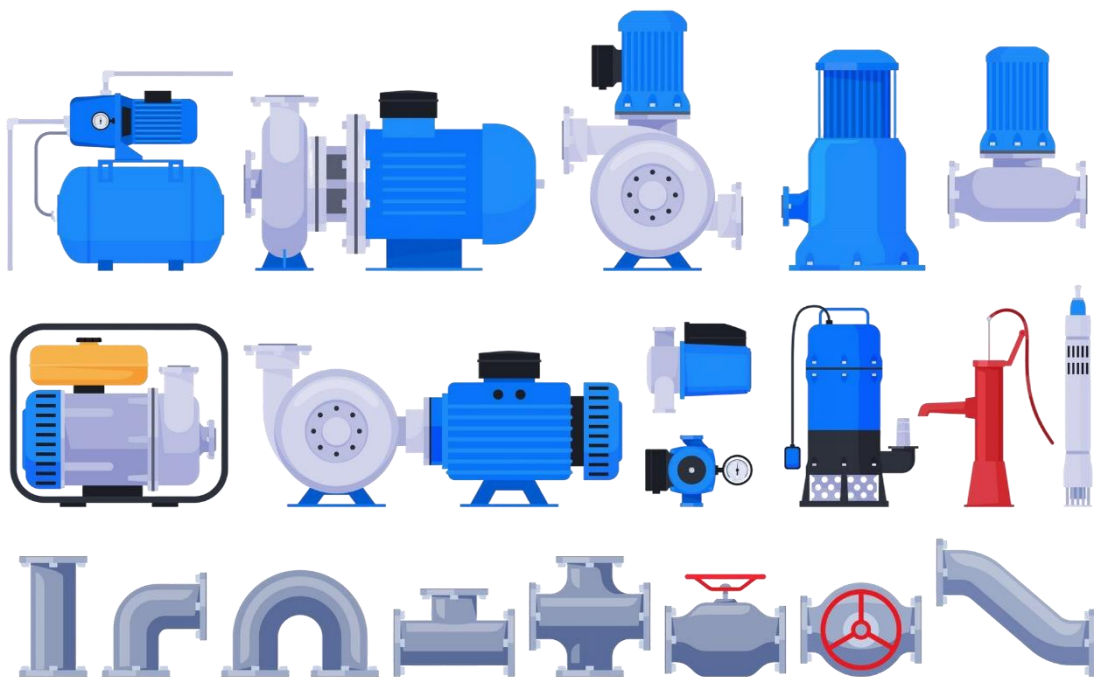


MANUTENÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS



Operação e Diagnóstico de Falhas

Instalação e Partida

A instalação correta de uma bomba centrífuga é um fator determinante para seu desempenho e longevidade. Erros nesta etapa podem resultar em falhas prematuras, vibrações excessivas, vazamentos e baixa eficiência energética. A partida adequada, precedida de verificações mecânicas, elétricas e hidráulicas, assegura que a bomba funcione dentro dos parâmetros de projeto. Este texto aborda os principais procedimentos técnicos para a instalação e partida de bombas centrífugas, incluindo alinhamento e nivelamento, vedação, conexão elétrica, preenchimento e escorva.

1. Alinhamento e Nivelamento

O **alinhamento** entre o eixo da bomba e o do motor acoplado é essencial para evitar esforços mecânicos indesejados nos mancais e nos acoplamentos. Já o **nivelamento** adequado assegura a estabilidade do conjunto e o correto fluxo do fluido.

a) Alinhamento

O desalinhamento é uma das principais causas de falhas em bombas e motores. Ele pode ser **angular** (diferença de ângulo entre os eixos) ou **paralelo** (deslocamento lateral dos eixos). Para garantir um bom alinhamento, recomenda-se:

- Utilizar relógios comparadores ou alinhadores a laser para medições precisas;
- Alinhar com o sistema na temperatura de operação prevista, pois a dilatação térmica pode alterar a posição relativa dos eixos;
- Realizar o reaperto de parafusos em sequência cruzada, evitando tensões desiguais.

Deve-se lembrar que o alinhamento deve ser verificado novamente após o enchimento das tubulações e antes da partida definitiva, pois o peso do fluido pode provocar deslocamentos.

b) Nivelamento

O nivelamento da base da bomba é verificado com o uso de níveis de bolha ou instrumentos digitais. Uma base desnivelada pode comprometer a integridade estrutural do conjunto, causar vibrações e comprometer o escoamento do fluido. Recomenda-se:

- Utilizar calços metálicos entre os pés da bomba e a base;
- Fazer o nivelamento antes da fixação definitiva com parafusos de ancoragem;
- Garantir que a base esteja livre de empenamentos e com boa rigidez.

O concreto da base deve ter cura adequada antes da montagem, e a superfície deve estar limpa e seca.

2. Vedação e Conexão Elétrica

a) Vedação

A vedação é o conjunto de elementos que impede o vazamento do fluido bombeado, especialmente ao redor do eixo rotativo. A escolha entre **selos mecânicos** e **gaxetas** deve ser feita conforme o tipo de fluido, pressão e temperatura de operação.

Durante a instalação, deve-se observar:

- A correta montagem do selo mecânico, respeitando as especificações do fabricante;
- A limpeza das faces de vedação antes da montagem;
- A lubrificação adequada (quando recomendada) para facilitar o assentamento;
- A instalação da linha de refrigeração ou de barreira, se o selo for do tipo duplo ou com câmara de resfriamento.

No caso de gaxetas, é fundamental:

- Cortar os anéis no comprimento correto e com emendas alternadas;
- Apertar a prensa-gaxeta de forma gradual e equilibrada;
- Permitir um leve gotejamento no início da operação para garantir lubrificação.

b) Conexão Elétrica

A conexão elétrica deve seguir os requisitos do motor e da norma NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão). As principais precauções incluem:

- Verificação da tensão e frequência da rede elétrica em relação às especificações da bomba;
- Utilização de disjuntores, contadores e relés térmicos adequados;
- Aterramento correto do motor e uso de cabos com isolamento compatível com a carga;
- Instalação de inversores de frequência (se necessário) para controle de rotação ou partida suave;
- Teste de continuidade e isolamento dos cabos antes da energização.

Deve-se também garantir que o sentido de rotação esteja correto. Um erro nesse ponto pode causar perda de eficiência e danos ao rotor.

3. Preenchimento e Escorva da Bomba

Antes da primeira partida, é essencial preencher completamente a bomba e o tubo de sucção com o fluido a ser bombeado, removendo o ar do sistema. Esse processo é conhecido como **escorva**. Bombas centrífugas **não são autoescorvantes**, exceto aquelas projetadas especificamente para isso, portanto a escorva manual é obrigatória na maioria dos casos.

a) Procedimentos de Escorva

- Abrir a válvula de alívio ou de respiro no topo da bomba;
- Preencher lentamente a bomba com o fluido através da válvula de escorva ou de um ponto de enchimento;
- Observar o fluxo de fluido até a saída da válvula de respiro, assegurando que todo o ar tenha sido eliminado;
- Fechar a válvula de alívio e conferir o nível no reservatório de sucção.

É importante garantir que o fluido esteja livre de bolhas de ar, pois a presença de ar pode causar **cavitação**, reduzindo a eficiência da bomba e danificando o rotor.

b) Verificações Finais Antes da Partida

Antes de energizar o motor, o operador deve verificar:

- Se o acoplamento está instalado corretamente e com folga axial adequada;
- Se os mancais estão lubrificados e livres de partículas;
- Se não há ferramentas ou objetos esquecidos na carcaça da bomba;
- Se as válvulas de entrada e saída estão na posição correta (em geral, válvula de descarga levemente aberta);
- Se há pressão suficiente na linha de sucção para evitar entrada de ar.

Considerações Finais

A correta instalação e partida de uma bomba centrífuga requerem atenção a detalhes mecânicos, elétricos e hidráulicos. Um sistema mal instalado pode comprometer toda a operação, mesmo com uma bomba tecnicamente adequada. Por isso, é essencial seguir as recomendações do fabricante, utilizar mão de obra qualificada e realizar inspeções criteriosas antes do comissionamento.

A escorva correta, o alinhamento entre os eixos, a vedação bem montada e a conexão elétrica adequada são os pilares de uma partida segura e eficiente. Quando esses cuidados são negligenciados, os custos com manutenção corretiva e perda de produção tendem a ser altos.

Referências Bibliográficas

- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump Handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Bernhardt, M. L. (2010). *Manual de Bombas Hidráulicas*. LTC – Livros Técnicos e Científicos.
- Luz, A. C. (2005). *Manual de Sistemas de Bombeamento*. Interciência.
- Hydraulic Institute. (2011). *Centrifugal Pump Guidelines*. Hydraulic Institute Standards.
- NBR 5410 – Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Instalações Elétricas de Baixa Tensão.



Operação e Monitoramento de Bombas Centrífugas: Leituras Críticas, Curva de Desempenho e Prevenção de Falhas

A operação adequada de bombas centrífugas exige monitoramento constante de variáveis como pressão, vazão, temperatura e vibração. Esses parâmetros são indicadores fundamentais do desempenho do sistema e ajudam a detectar condições de falha iminente, como cavitação ou superaquecimento. Além disso, compreender a curva de operação da bomba permite que ela seja utilizada dentro da faixa de rendimento ideal, otimizando a eficiência energética e prolongando a vida útil do equipamento. Este texto apresenta os principais aspectos da operação e monitoramento de bombas centrífugas, com base em critérios técnicos amplamente aceitos.

1. Leituras de Pressão, Vazão, Temperatura e Vibração

O monitoramento de parâmetros operacionais é indispensável para manter a bomba funcionando de forma estável e segura. Esses dados são coletados por instrumentos instalados na linha de sucção, descarga e no corpo da bomba, e sua análise deve ser contínua.

a) Pressão

A medição de pressão é feita na entrada (sucção) e na saída (recalque) da bomba, sendo fundamental para avaliar o desempenho hidráulico. Pressões abaixo do esperado na linha de descarga podem indicar desgaste interno, obstruções ou operação fora da curva de rendimento. Pressão negativa excessiva na sucção pode provocar cavitação.

b) Vazão

A vazão é o volume de fluido transportado por unidade de tempo, geralmente medido em m^3/h ou L/s . A bomba deve operar próxima à sua vazão nominal para garantir máxima eficiência. Vazões muito baixas ou muito altas em relação à vazão de projeto afetam negativamente o consumo de energia e a durabilidade do equipamento.

c) Temperatura

A temperatura do fluido e dos mancais deve ser monitorada para evitar superaquecimento. O aumento da temperatura pode indicar problemas de lubrificação, obstrução de fluxo, atrito excessivo ou falhas nos rolamentos. A temperatura também influencia a viscosidade e a densidade do fluido, afetando diretamente o desempenho hidráulico.

d) Vibração

As vibrações são sinais típicos de desalinhamento, desbalanceamento do rotor, cavitação ou falhas em rolamentos. A norma ISO 10816 estabelece limites para níveis de vibração aceitáveis. O monitoramento contínuo por sensores de vibração é recomendado para evitar falhas catastróficas.

O conjunto desses indicadores permite detectar anomalias precocemente e programar manutenções corretivas antes que danos severos ocorram.

2. Funcionamento em Curva de Operação

Toda bomba centrífuga possui uma curva característica que relaciona vazão e altura manométrica (pressão gerada). Essa curva é fornecida pelo fabricante e representa o comportamento hidráulico do equipamento.

a) Ponto de Operação

O ponto de operação é determinado pela interseção entre a curva da bomba e a curva do sistema hidráulico (perdas de carga e altura geométrica). O funcionamento ideal ocorre próximo ao ponto de **melhor rendimento** (Best Efficiency Point – BEP), onde a bomba opera com máxima eficiência e mínima vibração.

Desvios significativos do BEP, seja para vazões abaixo ou acima do ideal, geram:

- Maior desgaste por forças radiais;
- Vibrações e ruídos;
- Redução da vida útil dos rolamentos e selos;
- Aumento no consumo de energia.

b) Curva do Sistema

A curva do sistema é composta pela soma da altura estática (desnível entre o reservatório de sucção e o de recalque) e das perdas por atrito na tubulação. Alterações no sistema, como obstruções, válvulas fechadas parcialmente ou acúmulo de incrustações, modificam a curva e afetam o ponto de operação da bomba.

A análise comparativa entre as curvas da bomba e do sistema é ferramenta essencial para projetos de novas instalações, seleção de equipamentos e diagnóstico de falhas.

3. Evitando Cavitação e Superaquecimento

Dois dos problemas mais comuns em bombas centrífugas, responsáveis por falhas frequentes, são a cavitação e o superaquecimento. Ambos podem ser evitados com práticas de operação e manutenção adequadas.

a) Cavitação

A cavitação é a formação de bolhas de vapor no interior da bomba, causada pela queda de pressão na linha de sucção abaixo da pressão de vapor do fluido. Quando essas bolhas colapsam ao entrar em zonas de alta pressão, provocam impactos que danificam o rotor e a carcaça.

Sintomas típicos incluem:

- Ruídos semelhantes a “gravilha” ou estalos;
- Vibração excessiva;
- Perda de desempenho;
- Danos visíveis nas superfícies internas.

Para evitar cavitação:

- Manter pressão suficiente na sucção (respeitar o NPSH requerido pela bomba);
- Reduzir a temperatura do fluido quando possível;
- Minimizar perdas por atrito na tubulação de entrada;
- Evitar válvulas fechadas ou obstruções próximas à entrada da bomba.

b) Superaquecimento

O superaquecimento é consequência de atrito excessivo, falta de fluxo ou problemas nos rolamentos e selos. Pode ocorrer quando a bomba opera com vazão muito baixa (fluxo recirculante), quando o motor está sobrecarregado ou quando há falha na refrigeração.

Medidas preventivas:

- Evitar operar a bomba com válvula de recalque totalmente fechada por longos períodos;
- Garantir lubrificação correta dos mancais;
- Monitorar a temperatura dos rolamentos e do fluido;
- Utilizar sensores de sobre temperatura e dispositivos de proteção térmica no motor.



Considerações Finais

O bom desempenho de uma bomba centrífuga depende não apenas de sua seleção e instalação corretas, mas da condução precisa de sua operação e do monitoramento contínuo das variáveis críticas. Leituras regulares de pressão, vazão, temperatura e vibração fornecem dados fundamentais para a gestão do equipamento.

Compreender a curva de operação da bomba e seus limites operacionais garante maior eficiência energética, reduz o risco de falhas prematuras e contribui para a manutenção preditiva eficaz. A cavitação e o superaquecimento, causas comuns de paradas não programadas, podem ser evitados com planejamento técnico e supervisão constante.

Investir em treinamento da equipe, sensores de monitoramento e interpretação de dados operacionais é essencial para a confiabilidade e segurança de sistemas hidráulicos que utilizam bombas centrífugas.



Referências Bibliográficas

- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump Handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Bernhardt, M. L. (2010). *Manual de Bombas Hidráulicas*. LTC – Livros Técnicos e Científicos.
- Luz, A. C. (2005). *Manual de Sistemas de Bombeamento*. Interciência.
- Hydraulic Institute. (2011). *Centrifugal Pumps: Guidelines for Training and Education*. Hydraulic Institute.
- ISO 10816 – *Mechanical Vibration – Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts*.



Identificação de Problemas Comuns em Bombas Centrífugas: Diagnóstico de Falhas Operacionais e de Manutenção

As bombas centrífugas são amplamente utilizadas em processos industriais, agrícolas, prediais e de saneamento. Embora sejam confiáveis e robustas, estão sujeitas a diversos problemas operacionais, que, se não identificados e corrigidos adequadamente, podem resultar em falhas severas, perdas de eficiência, aumento do consumo energético e interrupção dos processos. Este texto apresenta os principais problemas que afetam o desempenho e a integridade de bombas centrífugas, com foco em vazamentos, ruídos, vibrações, desalinhamentos e falhas de vedação.



1. Vazamentos e Ruídos Anormais

a) Vazamentos

Os vazamentos em bombas centrífugas ocorrem principalmente na região do eixo, entre a carcaça e o ambiente externo. As principais causas são:

- Desgaste do selo mecânico ou gaxeta;
- Instalação inadequada dos elementos de vedação;
- Falhas na lubrificação do selo;
- Corrosão ou abrasão nas superfícies de contato;
- Flutuações de pressão e temperatura não previstas.

Consequências: além da perda de fluido e contaminação do ambiente, os vazamentos podem danificar equipamentos adjacentes, representar riscos à segurança (em caso de fluidos tóxicos ou inflamáveis) e comprometer o funcionamento contínuo do sistema.

Soluções: a inspeção periódica dos selos, substituição preventiva de gaxetas, verificação das condições de operação e uso de selos mecânicos apropriados ao fluido são práticas essenciais para evitar vazamentos recorrentes.

b) Ruídos Anormais

Ruídos incomuns são indicativos de problemas internos ou operacionais. Os sons podem ser classificados como:

- **Metálicos ou agudos:** possivelmente relacionados a contato inadequado entre rotor e carcaça ou peças soltas;
- **Estalos ou estalidos:** comuns em casos de cavitação, quando bolhas de vapor implodem nas paredes internas da bomba;
- **Roncados ou chiados:** podem indicar obstrução parcial na tubulação ou rolamentos com desgaste.

Diagnóstico: o uso de estetoscópios industriais ou sensores acústicos pode ajudar a localizar a origem dos ruídos. A inspeção visual e a verificação de pressão e vazão são complementares no diagnóstico preciso.

2. Vibrações Excessivas e Desalinhamentos

a) Vibrações Excessivas

Vibrações estão entre os primeiros sinais de problemas mecânicos em uma bomba centrífuga. Elas podem ter origem em diversas causas, como:

- Rotor desbalanceado ou danificado;
- Cavitação contínua;
- Acúmulo de sedimentos no impulsor;
- Folgas excessivas nos mancais;
- Falha nos rolamentos.

Consequências: vibrações elevadas podem acelerar o desgaste de rolamentos, provocar trincas em componentes estruturais, comprometer os selos mecânicos e levar a falhas catastróficas.

Soluções: o balanceamento do rotor, a inspeção periódica de folgas e o uso de sensores de vibração são medidas importantes para manter a bomba operando dentro de padrões seguros. A norma ISO 10816 estabelece critérios de severidade de vibração para equipamentos rotativos.

b) Desalinhamento

O desalinhamento entre a bomba e o motor acoplado é uma das causas mais comuns de vibração e desgaste prematuro. Pode ser:

- **Angular:** os eixos estão em ângulos diferentes;
- **Paralelo:** os eixos estão deslocados lateralmente;
- **Combinado:** mistura dos dois anteriores.

Causas comuns: montagem incorreta, movimentação térmica, recalques na fundação ou falhas na fixação da base.

Prevenção: utilizar alinhadores a laser, manter a base nivelada e verificar o alinhamento após ajustes ou manutenção são práticas recomendadas para evitar falhas decorrentes do desalinhamento.

3. Perda de Desempenho e Falhas de Vedação

a) Perda de Desempenho

Uma bomba centrífuga apresenta perda de desempenho quando não atinge a vazão ou a pressão especificada. Isso pode ocorrer gradualmente ou de forma súbita, sendo geralmente atribuído a:

- **Desgaste do rotor e anéis de desgaste;**
- **Obstruções na linha de sucção ou recalque;**
- **Entrada de ar na linha de sucção;**
- **Operação fora da curva de rendimento ideal (BEP);**
- **Redução na rotação do motor por falhas elétricas.**

Diagnóstico: comparações entre dados operacionais (pressão, vazão) e a curva original da bomba ajudam a identificar desvios. O monitoramento de corrente elétrica e rotação do motor também pode revelar perdas de torque.

Soluções: realizar manutenção preventiva, limpar tubulações, substituir componentes desgastados e assegurar que a bomba esteja operando dentro da faixa de vazão e altura manométrica recomendadas.

b) Falhas de Vedação

As falhas de vedação comprometem a integridade do sistema e são frequentemente causadas por:

- **Instalação incorreta do selo mecânico;**
- **Incompatibilidade de materiais com o fluido bombeado;**
- **Excesso de temperatura e pressão;**
- **Partículas sólidas que danificam as superfícies de vedação;**
- **Desbalanceamento hidráulico no rotor.**

Consequências: vazamentos contínuos, perda de pressão, entrada de contaminantes e falhas subsequentes em rolamentos e motor.

Prevenção: uso de selos apropriados, instalação correta com ferramentas adequadas, controle de temperatura e uso de filtros para proteger o sistema.

Considerações Finais

A identificação e correção precoce de problemas operacionais em bombas centrífugas é fundamental para garantir a continuidade dos processos industriais e evitar paradas não programadas. A observação de vazamentos, ruídos, vibrações e perda de desempenho permite intervenções técnicas oportunas, reduzindo custos com manutenção corretiva e danos colaterais.

Programas de manutenção preditiva e preventiva, aliados ao uso de sensores de monitoramento e ao treinamento adequado da equipe de operação, são práticas que aumentam significativamente a confiabilidade dos sistemas de bombeamento. O conhecimento das principais falhas e suas causas capacita o profissional técnico a tomar decisões mais assertivas e fundamentadas.

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.
- Hydraulic Institute (2011). *Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems*. Hydraulic Institute.
- ISO 10816 – *Mechanical Vibration – Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts*.

