

PLANO DE MANUTENÇÃO PARA COMPRESSORES PARAFUSOS

Henrick Lopes¹, Wanderson Almeida Silva¹; Arthur Farias Silva², Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica - Multivix São Mateus (ES)

²Engenheiro Mecânico – Docente - Multivix São Mateus (ES)

³Engenheira Agrônoma – Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi abordar a importância de elaborar um plano de manutenção eficaz para compressores, seja preventiva, preditiva ou corretiva. Além disso, explorou-se o funcionamento dos diversos tipos de compressores, bem como os diferentes tipos de manutenção aplicáveis a cada um deles. A metodologia usada foi o estudo de caso com aprofundamento na pesquisa bibliográfica. Tendo como estudo de caso, uma manutenção preventiva de um compressor do tipo parafuso seguindo os parâmetros bibliográficos já estabelecidos. Utilizou-se como referencial teórico, trabalhos de autores de artigos científicos e livros de autores renomados que tiveram enorme contribuição para o desenvolvimento do tema. Após o estudo realizado, se observou através dos estudos das fontes bibliográficas estudadas as práticas de manutenção, que quando bem gerida pelos seus responsáveis, se tem ganhos inestimáveis para a empresa e seus colaboradores, evitando as falhas indesejadas e não programadas, gerando confiabilidade e benefícios em segurança, qualidade, produtividade e custo. Com isso, conclui-se que a manutenção preventiva, com atividades de inspeção regular, checagem de ruídos, troca de filtros e rolamentos, é essencial para se evitar falhas graves e conseqüentemente reduzir os custos com manutenções corretivas. A literatura destaca que quando se segue um plano de manutenção adequado, é possível minimizar os custos de operação e evitar paradas indesejadas, aumentando assim a confiabilidade do sistema e a segurança nas operações industriais. Assim, essa pesquisa fornece uma base sólida para a implementação e evolução dos planos de manutenção para serem mais eficazes, visando prolongar a vida útil dos equipamentos e otimizar seu desempenho, impactando diretamente na produtividade e na competitividade entre as empresas.

Palavras-chave: plano de manutenção; compressores tipo parafuso; gestão de manutenção.

ABSTRACT

The objective of this work was to address the importance of developing an effective maintenance plan for compressors, whether preventive, predictive or corrective. In addition, the operation of the various types of compressors was explored, as well as the different types of maintenance applicable to each of them. The methodology used was the case study with in-depth bibliographic research. Taking as a case study, preventive maintenance of a screw compressor following the bibliographic parameters already established. The theoretical reference used was works by authors of scientific articles and books by renowned authors who made an enormous contribution to the development of the theme. After the study carried out, it was observed through the studies of the bibliographic sources studied the maintenance practices, which, when well managed by those responsible, have invaluable gains for the company and its employees, avoiding unwanted and unplanned failures, generating reliability and benefits in safety, quality, productivity and cost. Therefore, it can be concluded that preventive maintenance, with regular inspection activities, noise checks, filter and bearing replacement, is essential to avoid serious failures and consequently reduce costs with corrective maintenance. The literature highlights that when an adequate maintenance plan is followed, it is possible to minimize operating costs and avoid unwanted downtime, thus increasing system reliability and safety in industrial operations. Thus, this research provides a solid basis for the implementation and evolution of maintenance plans to be more effective, aiming to extend the useful life of equipment and optimize its performance, directly impacting productivity and competitiveness among companies.

Keyword: maintenance plan; screw compressors; maintenance management.

1 INTRODUÇÃO

Vasos de pressão são recipientes que servem para armazenar fluidos sob alta ou baixa pressão de acordo com a exigência do processo. Esses vasos armazenam fluidos para diversas aplicações nos processos industriais e demandam uma enorme responsabilidade técnica e especializada para o seu projeto, fabricação, manutenção e inspeção, sendo o quesito segurança e confiabilidade o mais importante (Oliveira, 2022).

Os compressores são equipamentos de extrema importância nas indústrias e são utilizados para aumentar a pressão dos gases ou ar. O não cumprimento do planejamento de manutenção desses equipamentos, podem ser um dos fatores cruciais para a ocorrência de falhas, visto que sua estrutura está constantemente exposta a altas pressões e variações de temperaturas.

Para garantir o pleno funcionamento desses equipamentos tem-se a NR-13 que seu objetivo, segundo a Portaria do MTB de 2022, é estabelecer os requisitos mínimos para que esses equipamentos operem com total segurança, garantindo a integridade estrutural do mesmo abordando ainda os aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, para garantir a segurança do equipamento e dos trabalhadores.

Os compressores se dividem em diferentes tipos, sendo os mais usuais os de parafuso, de pistão e os centrífugos. Cada modelo tem sua particularidade e desenvolvimento para atender a uma necessidade específica, como pressão, volume e tipo de uso. A eficiência e confiabilidade desses equipamentos são fatores primordiais nas indústrias, pois o ar comprimido é muitas das vezes indispensáveis nos processos fabris, entre outras utilidades. Com uma manutenção adequada eles não só garantem o funcionamento de outros equipamentos, como também reduzem o consumo de energia e aumentam a produtividade.

Nesta pesquisa buscou-se explorar a importância dos compressores nas indústrias, destacando o seu funcionamento e suas principais falhas, dentre elas, um agravante que é a erosão e a corrosão devido ao acúmulo de impurezas no sistema. Também explorando a importância das inspeções e manutenções preventivas que

garantem as condições básicas para que este equipamento opere com total segurança.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPRESSORES

Após Jhon Smeaton em 1762, ter inventado um cilindro de sopro acionado por uma roda d'água, se teve um dos maiores avanços técnicos dos compressores com John Wilkinson que construiu uma máquina furadeira para canhões, que podia produzir grandes cilindros de ferro fundido, sendo usados em máquinas a vapor e máquinas sopradoras. Considerado um dos pioneiros na construção do primeiro compressor, em 1776, Wilkinson produziu o primeiro protótipo de um compressor mecânico, que seria usado em sua própria oficina. Devido a alguns componentes como as válvulas fabricadas em madeira e as juntas feitas em couro, o protótipo de Wilkinson só podia produzir até 1 bar de pressão, que era o que esses componentes suportavam (Veloso, 2014).

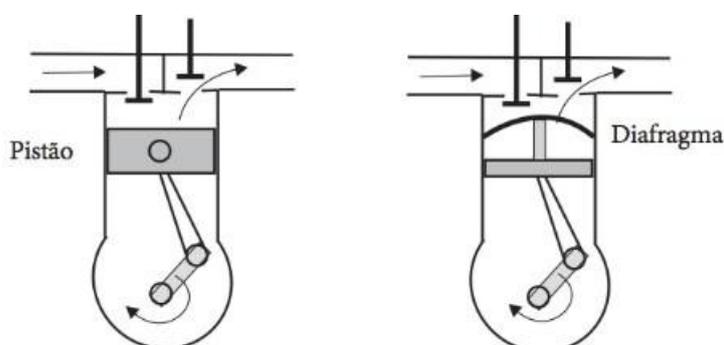
Em 1870, foi comprovada a primeira grande transmissão de ar comprimido, ocorrendo na construção do túnel Mont Cenis, nos Alpes suíços, quando se utilizou perfuratrizes pneumáticas de rocha, que operam com 6 bar de pressão. Na década de 30 do século XX, apareceram os primeiros compressores do tipo parafuso, que foi patenteada em 1878 por Heinrich Krigar, na Alemanha (Veloso, 2014).

Nos dias de hoje, esses equipamentos apresentam uma tecnologia em constante evolução, com uma grande diversidade de modelos com inovações voltadas para eficiência energética, controles de ruídos e sustentabilidade, sem que agridam o meio ambiente.

Os compressores são divididos em duas classes, compressores dinâmicos ou turbocompressores e compressores de deslocamento. Os compressores dinâmicos, ou turbocompressores, aproveitam o trabalho mecânico do motor de acionamento acoplado a eles para dar velocidade ao fluido de trabalho, transformando energia mecânica em energia cinética, que passa pelo difusor e é convertida em energia de pressão. Esses compressores têm fluxo de massa contínuo tanto no sentido radial quanto no axial. São constituídos por duas partes básicas: o impelidor rotativo, que é composto por pás, e o difusor, localizado em sua carcaça (Filippo, 2015).

Já os compressores de deslocamento transformam o trabalho mecânico diretamente em energia de pressão. Nesse caso o fluido é empurrado da admissão para a descarga pelo movimento de um elemento ao pressionar esse fluido dentro de uma câmara, esse tipo de compressor se subdivide em duas classes, alternativos e rotativos. Os alternativos podem ser de pistão ou de diafragma. Esses compressores transformam o movimento do motor em movimento alternativo geralmente comandado por um conjunto de bielas (Filippo, 2015), como mostra a Imagem 1.

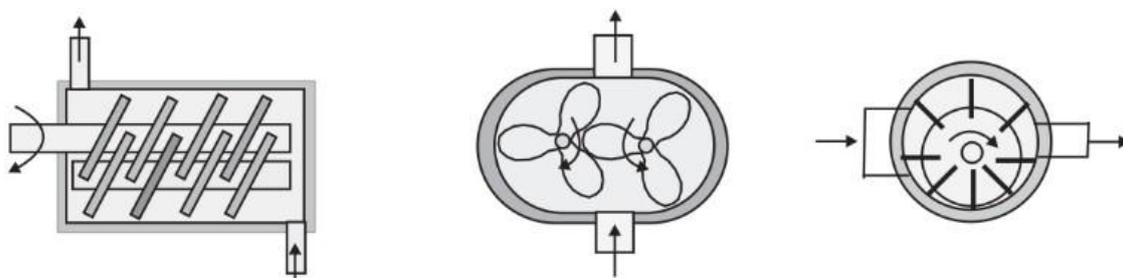
Imagem 1: Compressor alternativo: pistão e diafragma



Fonte: Filippo, 2015.

Nos compressores de deslocamento rotativo, os elementos de compressão são constituídos por pares de parafusos ou lóbulos, já o de palhetas é constituído por apenas um rotor, a sua câmara de compressão fica nos espaços vagos entre o rotor e a carcaça, tendo vazão contínua em sua descarga (Filippo, 2015), como mostra a Imagem 2.

Imagem 2: Compressores rotativos: Parafuso, Lóbulo e Palheta



Fonte: Filippo, 2015.

Independente da geometria dos elementos de compressão, seja de parafuso, lóbulo ou palheta, o volume da câmara que é indicado em cm^3 será constante, tendo também uma denominação de cilindrada. Em proporções iguais como por exemplo 1000 cilindradas equivalem a 1000 cm^3 , ou 1000 cc , sendo esse o volume deslocado V_d a cada giro do eixo do compressor, medida em $[\text{cm}^3/\text{rot}]$.

A vazão volumétrica do compressor é indicada pela equação

$$Q = V_d \cdot N$$

Onde:

Q: Vazão volumétrica

V_d : Volume de deslocamento N: Rotação ou velocidade angular

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO EM COMPRESSORES

A manutenção em compressores é fundamental para garantir sua eficiência e sua durabilidade, mesmo com o avanço da tecnologia tanto os equipamentos quanto suas ferramentas de produção têm uma duração limitada contudo irão falhar em algum momento de sua vida útil daí a importância da manutenção para manter ou ajustar sua funcionalidade segundo (Santos; Colosimo; Motta, 2007).

A manutenção pode ser dividida em três principais partes, o primeiro a ser tratado e a manutenção preditiva tem como base garantir a qualidade do equipamento utilizando parâmetros específicos de cada parte do componente sendo elas qualidade de óleo, vibrações, temperatura entre outros requisitos. A partir dessas análises tem uma base de quando deverá ser feita a manutenção diminuindo então o tempo e gastos não planejados.

Já a manutenção preventiva tem como finalidade reduzir ou evitar falhas no sistema ou no equipamento com planos de diagnósticos determinados de tempos em tempos. Segundo Gregório, Santos e Prata (2018) o planejamento de aplicação deste tipo de manutenção pode ser feito em etapas para que se torne mais simples e que tenha o devido resultado com êxito.

Manutenção corretiva trata basicamente com a correção de peças e equipamentos que estão defeituosos, sendo ela a forma primária e com maior custo e tornando então impossível eliminá-las sendo que não tem possibilidade de previsões futuras. Sendo dividida em duas partes a manutenção corretiva não planejada que é a correção de falhas de forma não planejada, após o problema ocorrer. Envolve altos custos devido a quebras inesperadas, perdas de produção, impactos na qualidade e despesas indiretas. E também a manutenção corretiva planejada que corrige falhas ou desempenhos abaixo do esperado com base em decisões gerenciais, considerando monitoramentos preditivos ou a opção de operar até a falha. Sua eficácia depende da qualidade das informações obtidas no acompanhamento do equipamento.

Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) que combina técnicas como árvores de decisão e análise de falhas para apoiar decisões de manutenção de forma eficaz. Sua aplicação ideal ocorre desde as primeiras etapas do projeto de equipamentos, evoluindo conforme o desenvolvimento. A MCC visa preservar a função do equipamento, identificar modos de falha, priorizar requisitos funcionais e selecionar tarefas de manutenção eficazes, melhorando a disponibilidade, confiabilidade e segurança do sistema.

Manutenção produtiva total (MPT) envolve os operadores na manutenção dos equipamentos, promovendo melhoria contínua e gestão da qualidade total. A ideia é que os próprios operadores, por conhecerem bem os equipamentos, sejam responsáveis por sua manutenção.

2.3 MANUTENÇÃO EM COMPRESSORES

As manutenções dos compressores são essenciais para garantir o pleno funcionamento do equipamento e também prolongar a sua vida útil. Estes equipamentos têm uma vasta aplicação nas indústrias, comércios, na área hospitalar, alimentícia, entre outras. O seu bom desempenho depende diretamente dos cuidados que se deve ter com sua manutenção, sendo ela regular e preventiva.

Uma das falhas mais comuns em compressores é a dos rolamentos. Segundo Defendi (2020) para se fazer a checagem do seu nível da falha, deve-se fazer uma análise de vibração, pois os rolamentos quando avariados apresentam aceleração com variações, ele também ressalta que no início do desgaste os picos de aceleração são em média de 4 m/s² e quando o desgaste está mais avançado os picos são em média de 10m/s².

Para detectar esse tipo de avaria é necessário se fazer uma manutenção preditiva. Almeida (2016), acrescenta que, em uma manutenção preditiva é possível indicar as reais condições de funcionamento do equipamento, em outras palavras o agente de manutenção deve ouvir a máquina.

Essas manutenções se dividem em três principais tipos, sendo elas: preventiva, preditiva e corretiva. A manutenção preventiva é aquela programada em intervalos pré-determinados sem que o equipamento esteja em falha, obedecendo a critérios específicos, principalmente as recomendações do fabricante. A manutenção corretiva é aquela que é realizada após a pane ou falha do equipamento sendo ela de maior custo, visto que a falha do equipamento pode danificar outros componentes. A preditiva consiste em realizar a manutenção do item só quando necessário, aproveitando ao máximo a vida útil dos componentes. Esse tipo de manutenção se aplica com técnicas de análise de dados e monitoramento, detectando distúrbios como vibrações anormais, óleo contaminado, oscilação de pressão, trincas, entre outros. (Gregório; Silveira, 2018).

Segundo Almeida (2016) o desenvolvimento desses tipos de manutenções fizeram com que os seus procedimentos práticos como, montagem, desmontagem, substituição de peças e alinhamento, também evoluíssem.

Dentre os variados tipos de compressores usados na indústria, se destacam os de pistão e os de parafusos. Para Filippo (2015) manter a lubrificação desses equipamentos de forma adequada garantem o prolongamento da sua vida útil. Os seus elementos móveis estão sempre em contato uns com os outros, por tanto, a suas superfícies devem estar sempre bem lubrificadas, da mesma forma, outros elementos como os rolamentos e engrenagens devem receber a mesma atenção.

Nos compressores de pistão a lubrificação é necessária no conjunto biela-manivela e nas partes em contato do pistão e cilindro, somente na parte inferior, a parte superior é onde fica localizada a câmara de compressão que é vedada pelos anéis de vedação do pistão, ressaltou Filippo (2015).

Nos compressores do tipo parafusos, a lubrificação é essencial para diminuir o atrito e conseqüentemente o desgaste entre a rosca dos parafusos e da carcaça do equipamento, a lubrificação desses elementos é feita em forma de gotículas que são injetadas junto com o ar comprimido. Algumas gotas de lubrificante ficam dispersas no ar, e devem ser removidas por um filtro e depois utilizadas novamente, explicou Filippo (2015).

Para Rodrigues, Miranda e Kurowsky (2021), com a lubrificação observaram-se o aumento do desempenho do equipamento, na qualidade, na confiabilidade e um aumento de produção, além de diminuir consideravelmente as falhas indesejadas.

O ar, que é o fluido de trabalho, é capturado no próprio ambiente. Filippo (2015), ainda ressalta que esse ar capturado vem carregado de impurezas, como poeira e micropartículas sólidas, além da umidade presente na atmosfera. Quando o fluido entra em processo de compressão, pode também arrastar fragmentos de lubrificante que quando todos esses elementos se juntam podem causar sérios danos ao equipamento. A poeira e as partículas sólidas causam desgaste por erosão, e associado ao lubrificante pode causar entupimento nas tubulações, e por último a água derivada da umidade do ar pode causar oxidação e corrosão por toda a instalação. O processo de separação dessas impurezas é feito por filtros apropriados, que demandam rigorosos planos de manutenção para que eles não percam as suas propriedades filtrantes.

Segundo Reis (2021), um plano de manutenção bem elaborado e adequado para cada situação com parâmetros e frequências bem definidas, gera um grau de confiabilidade bem positiva no processo de manutenção, reduzindo drasticamente as paradas indesejadas para uma manutenção corretiva não programada.

Para Gregório e Silveira (2018), para se elaborar um plano de manutenção eficiente, um dos primeiros passos é a coleta e análise de dados que irá alimentar uma matriz de indicadores de manutenção, que por sua vez, irá constar informações do histórico de intervenções no equipamento, sendo por exemplo, tempo total de funcionamento, tempo médio entre falhas e de anormalidades em seus componentes. Um tipo de checklist é usado para fazer essa coleta de dados, atestando as condições de funcionamento do equipamento. Depois de alimentar a matriz de indicadores de manutenção com esses dados, o gestor responsável terá informações necessárias e confiáveis sobre o histórico de funcionamento do

equipamento para tomar as melhores decisões e melhorar cada vez mais o plano de manutenção visando sempre a segurança, meio ambiente, qualidade, produção e custo em sua execução.

A Imagem 3 abaixo, mostra um exemplo de checklist para a coleta de dados.

Figura 3: Exemplo de checklist

VERIFICAÇÃO OPERACIONAL - TPM														P11 cc 2240 ver. 1 - Fev/13
ITENS A SEREM VERIFICADOS PELO OPERADOR DIARIAMENTE														
MAQUINA PARADA A- Nível de Óleo - Unidade Hidráulica B- Nível de Óleo - Unidade de Lubrificação C- Verificar Unidade de Conversação D- Limpeza do Reservatório da Refrigeração* E- Limpeza da Máquina F- Cones das Ferramentas G- Filtro do Painel Elétrico H- Proteções e Coberturas Articuladas					MAQUINA EM FUNCIONAMENTO I- Pressão da Unidade Hidraulica J- Pressão da Bomba de Refrigeração L- Verificar Vazamentos: Ar/Óleo M- Verificar Ruído N- Verificar Vibração					Equip: C.U. ROMI D600 Patrimônio: C.C.: 3165 Relativo ao mês:				
*Conforme manual do equipamento, a limpeza do reservatório deve ser realizada semestralmente, ou antes deste período se necessário.														
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.
A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-	A-
B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-	B-
C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-	C-
D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-	D-
E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-	E-
F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-	F-
G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-	G-
H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-	H-
M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.
I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-	I-
J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-	J-
L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-
M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-
N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-	N-
op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:
TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:
Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.

*A verificação desta deve ser firmada pelo líder do setor/turno **Cada coluna é referente ao dia verificado ***Op: n° da chapa.

Fonte: Biehl; Sellitto, 2015.

Após o plano de manutenção ser concluído, deve-se seguir as etapas de execução e colocar o plano em prática, fazendo as manutenções preventivas nos intervalos conforme foi definido. Essa aderência dos intervalos de manutenção será o fator primordial para o plano ser bem-sucedido e atingir os resultados esperados.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho foi um estudo de caso e a pesquisa bibliográfica com aprofundamento sobre manutenção em compressores do tipo parafuso, sendo ele um TECNO SUPREME SDI 100 HP, que garante uma compreensão abrangente e fundamentada do tema. Este processo não só fornece

uma base teórica sólida para trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa, mas também contribui para o desenvolvimento de práticas mais seguras e eficientes na gestão de manutenções preventivas, que garantem o prolongamento da vida útil do equipamento.

A estratégia para o desenvolvimento do trabalho foi definida de forma a explanar os conhecimentos nos principais modelos de compressores usados nas indústrias, desde o seu surgimento até aos dias atuais, bem como a evolução dos processos de manutenção, que cada vez mais, vem proporcionando uma grande confiabilidade nos processos industriais, aumentando a capacidade produtiva, na redução de custos e também fazendo com que seja cumprido os requisitos básicos de segurança para a operação do equipamento.

Segundo Gregório e Silveira (2018) a manutenção está em constante evolução, visto que as necessidades das empresas mudam e novas tecnologias passam a ser aplicadas.

Para que se tenha o resultado proposto foi utilizado diversos meios de consulta como artigos científicos, livros, revistas científicas e trabalhos de conclusão de cursos de graduação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA E ETAPAS DA MANUTENÇÃO

Após o monitoramento e coleta de dados abordados nas manutenções preditivas, conseqüentemente se tem a necessidade de se executar a manutenção preventiva do equipamento, podendo ser a substituição de óleo lubrificante, filtros, válvulas, ou até mesmo maiores reparos nos componentes internos, sendo eles substituídos ou reparados de forma que retorne o mais próximo possível a sua forma original de acordo como fabricante.

Nas Imagens abaixo, se tem um compressor do tipo parafusos que após inspeções de monitoramento detectou-se ruídos anormais que ocasionaram a perda de rendimento do equipamento, tendo como causa provável o mau funcionamento ou a falha dos rolamentos. Manter o equipamento em operação aceleraria de forma exponencial os danos internos do equipamento, tornando o reparo inviável.

Após a fase de coleta de dados e de planejamento da manutenção, se inicia a desmontagem do equipamento que está acoplado a um motor elétrico, como mostra a Imagem 4(B).

Imagem 4 - Desacoplamento do compressor



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

O desacoplamento do compressor em relação ao motor elétrico deve ser feito de forma segura com o motor elétrico totalmente desligado de sua alimentação, para que evite os riscos de acidentes. Em uma bancada é feito o processo de desmontagem das tampas e outros componentes do compressor, como é mostrado na Imagem 5(A).

Imagem 5 - Desmontagem da tampa e outros componentes



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o processo de desmontagem e limpeza dos componentes internos, é feita uma inspeção visual em todos os elementos que compõem o compressor. Nessa inspeção foi detectado que os rolamentos do eixo de acoplamento compressor/motor apresentavam sinais de aquecimento da pista interna e o rolamento dos fusos da tampa traseira também apresentava sinais de desgaste e danos na aranha dos roletes, mostrado na Imagem 6(B).

Imagem 6 - Inspeção nos rolamentos



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a inspeção dos rolamentos, foi feita a separação dos fusos da carcaça para a limpeza e em seguida a inspeção mostrados na Imagem 7(B). Todos os elementos internos foram limpos e inspecionados, verificando a integridade e o nível de desgaste desses componentes.

Imagem 7 - Limpeza e inspeção dos componentes internos



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificando que somente os rolamentos apresentavam sinais de dano, os demais componentes se encontravam íntegros, sem o indício de perda severa de material ou aquecimento. Confirmando assim o que diz Defendi (2020) pois os rolamentos quando avariados apresentam aceleração com variações onde o desgaste desses rolamentos é maior podendo afetar outras peças internas. Foi adquirido novos rolamentos seguindo todos os requisitos do fabricante para a montagem do compressor, como mostra as Imagens 8A e 8B.

Imagem 8 - Montagem dos rolamentos



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a montagem dos rolamentos, foram montados os fusos na carcaça e a instalação da tampa com os rolamentos novos mostrados na Imagem 9(B).

Imagem 9 - Montagem dos fusos na carcaça



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, foi feito o ajuste de pré-carga com porcas de trava e a montagem final da tampa para ser feita a fase de testes e em seguida o acoplamento do compressor no motor elétrico. A Imagem 10 (A) a qual mostra o ajuste de folga dos rolamentos em relação aos fusos e o fechamento com a tampa.

Imagem 10 - Ajuste de folga e fechamento da tampa



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a montagem completa do compressor, o equipamento foi instalado no motor elétrico para a execução dos testes operacionais. Na partida foi observado que o compressor operou normalmente sem apresentar ruídos e sem anormalidades aparentes.

O plano estratégico de manutenção preventiva que foi adotado foi de enorme contribuição para o sucesso da atividade. O compressor que por sua vez é de alto valor, teve a sua vida útil prolongada, fazendo com que o equipamento opere com segurança, qualidade, eficiência e com a redução de custos. É relevante mencionar que um equipamento operando com avarias, compromete todos esses quesitos citados anteriormente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compressores do tipo parafuso são amplamente utilizados em ambientes industriais devido a sua eficiência, robustez e capacidade de operação contínua, porém o problema em seus rolamentos é bastante comuns seja ele devido a desgaste natural ou até mesmo impureza em seu sistema de lubrificação que é causado pela falta da devida manutenção.

A revisão de fontes bibliográficas nos mostra que a manutenção preventiva, com atividades de inspeção regular, checagem de ruídos, troca de filtros e rolamentos, é essencial para se evitar falhas graves e conseqüentemente reduzir os custos com manutenções corretivas. A literatura destaca que quando se segue um plano de manutenção adequado, é possível minimizar os custos de operação e evitar paradas indesejadas, aumentando assim a confiabilidade do sistema e a segurança nas operações industriais.

Assim, essa pesquisa fornece uma base sólida para a implementação e evolução dos planos de manutenção para serem mais eficazes, visando prolongar a vida útil dos equipamentos e otimizar seu desempenho, impactando diretamente na produtividade e na competitividade entre as empresas.

REFERÊNCIA

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: Princípios Técnicos e Operações**. Rio de Janeiro: Érica, 2016. E-book. p.26. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519807/> Acesso em: 12 nov. 2024.

BIEHL, N. C.; SELLITO, M. A. TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica. **Produção Online**, v.15, n. 4, p. 1123-1147, out. /dez. 2015. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1632> Acesso em: 07 nov. 2024.

DEFENDI, Vanderlei. **Sistema de manutenção preditiva aplicado a compressores radiais industriais utilizando análise de vibração**. Universidade de Caxias do Sul. Bento Gonçalves, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/8849/TCC%20Vanderlei%20Defendi.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 11 nov. 2024.

FILIPPO, Guilherme Eugênio Filho F. **Bombas, Ventiladores e Compressores - Fundamentos**. Rio de Janeiro: Érica, 2015. E-book. Pág. 282. ISBN 9788536519630. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519630/> Acesso em: 04 nov. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SILVEIRA, Aline M. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p. Capa. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026971/> Acesso em: 21 out. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.63. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595025493/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OLIVEIRA, Fernando da Silva. **Análise Comparativa entre dois Vasos de Pressão Cilíndricos: Aço x PRFV-Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2022-Doi (<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48596>). Disponível em: FINAL - TCC Fernando ESTUDO COMPARATIVO AÇO X PRFV.pdf (ufrn.br). Acesso em: 5 out. 2024.

PORTARIA MTP. NR13. **Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-13-atualizada-2022-retificada.pdf>. Acesso em: 5 out. 2024.

REIS, Igor Augusto Alves. **Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidade de uma siderúrgica de grande porte**. Universidade Federal de Ouro Preto - João Monlevarde, MG, 2021 - Trabalho de conclusão de curso – Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3090/6/MONOGRAFIA_Revis%c3%a3oPlanoManuten%c3%a7%c3%a3o.pdf Acesso em: 05 nov. 2024.

RODRIGUES, Jonathan; MIRANDA, Diego Alves; KUROWSKY, Edilson José - **Aplicação de um plano de manutenção em máquinas de conversão de papel Tissue** - Universidade da Região de Joinville, São Bento do Sul - SC, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Diego-Miranda-7/publication/354385089_APLICACAO_DE_UM_PLANO_DE_LUBRIFICACAO_EM_MAQUINAS_DE_CONVERSAO_DE_PAPEL_TISSUE/links/6136089a2b40ec7d8beae69f/APLICACAO-DE-UM-PLANO-DE-LUBRIFICACAO-EM-MAQUINAS-DE-CONVERSAO-DE-PAPEL-TISSUE.pdf Acesso em: 12 nov. 2024.

SANTOS, Wagner Baracho.; COLOSIMO, Enrico Antonio.; MOTTA, Sergio Brandão. Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 193-202, jan.-abr. 2007 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/gxHHQMgHYBxC7j3yMvDnwjD/?format=pdf> Acesso em: 31 out. 2024.

VELOSO, Norwil. **O advento do ar comprimido**. **Revista M&T**, São Paulo, Ed-180, junho 2014. Disponível em: <https://revistamt.com.br/Materias/Exibir/o-advento-do-ar-comprimido> Acesso em: 09 nov. 2024