



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

MATHEUS SALMITO RODRIGUES PONTE

**PREVENÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO DE FALHAS EM BOMBAS E
COMPRESSORES NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS.**

FORTALEZA

2018

MATHEUS SALMITO RODRIGUES PONTE

PREVENÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO DE FALHAS EM BOMBAS E
COMPRESSORES NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Filipe Xavier Feitosa.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P857p Ponte, Matheus Salmito Rodrigues.
Prevenção e minimização do impacto de falhas em bombas e compressores nos processos industriais /
Matheus Salmito Rodrigues Ponte. – 2018.
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Filipe Xavier Feitosa.

1. Manutenção preventiva. 2. Bombas. 3. Compressores. 4. Manutenção autônoma. 5. Gestores. I. Título.
CDD 660

MATHEUS SALMITO RODRIGUES PONTE

PREVENÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO DE FALHAS EM BOMBAS E
COMPRESSORES NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Trabalho final de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovada em: 26/11/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Filipe Xavier Feitosa. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Rílvia Saraiva de Santiago Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Jose Evandro da Penha Junior
Fresenius Kabi

Ao meu avô Mauro (*in memoriam*) e a minha
mãe Kátia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me capacitado continuamente ao longo da jornada dentro do curso de Engenharia Química, sempre me ensinando a perseverar e enfrentar os desafios.

A minha mãe Kátia que sempre foi e sempre será meu exemplo de vida, meu apoio e me ensinou a jamais parar, apesar dos desafios.

Ao meu irmão Bruno que é meu exemplo de superação e de inteligência.

Aos meus avôs, meus tios e primos que sempre apoiaram minha mãe, eu e meu irmão.

Ao Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia Química pela oportunidade de desenvolver diversas habilidades técnicas e não técnicas, mais especialmente aos meus contemporâneos no programa que me ajudaram e me fortaleceram em todas as adversidades e que seria injusto citar o nome de apenas alguns, mas todos estarão sempre guardados no meu coração.

Ao Grupo de Pesquisa em Termofluidodinâmica Aplicada que me deu uma oportunidade de ter uma experiência concreta e frutificante no ambiente laboratorial e de pesquisa, principalmente a todos os participantes do grupo, incluindo alunos, professores e a Doutora Regiane Pinheiro que foi minha orientadora durante todo o período de pesquisa e o Prof. Dr Filipe Xavier meu orientador do TCC e do estágio.

A empresa Solar Coca Cola, em especial as minhas supervisoras Marina e Sandolene, que me proporcionaram a primeira oportunidade de adentrar no ambiente industrial.

A Fresenius Kabi, em especial ao meu Supervisor Evandro, que me aproximaram da real atuação do Engenheiro Químico e que me proporcionaram experiências técnicas fantásticas e a expansão do meu conhecimento.

A todos que me ajudaram no preenchimento do formulário do meu TCC, Fernanda, Letícia, Kennedy, Ismael, Mariana, Klycia, Hiluy, Thaine, Beatriz, Yasmin, Marina, Ruth, Paula, Caio, Lucas, Santis, Renan, Carlos, Clara, Epifânio, todos aqueles que preencheram e em especial a Raissa e Amanda que me ajudaram bastante na elaboração do meu TCC.

A todos os meus amigos do Farias Brito, do Lumen, da Engenharia Química e tantos outros lugares que sempre foram e sempre serão uma parte muito importante da minha vida.

RESUMO

A concorrência no meio industrial aumenta constantemente, tornando indispensável o desenvolvimento de novas técnicas e práticas para diminuir os custos de produção e aumentar a qualidade dos bens. Com a constante evolução das tecnologias e da indústria, o setor de manutenção também precisou se adaptar, desenvolvendo novas tecnologias, mas, também, melhorando a gestão de manutenção do equipamento, mudando o foco da correção de falhas para a prevenção. Nasce, então, a manutenção preventiva. Visando entender a atual situação desse tipo de manutenção dentro das indústrias, os objetivos do presente trabalho incluem a caracterização dos tipos de manutenção preventiva em bombas e a ocorrência deste tipo de manutenção em bombas e compressores. Além disso, busca-se averiguar a possibilidade de inclusão de bombas e compressores reservas nos processos e a determinação dos responsáveis por esse tipo de manutenção nos compressores. O foco principal do trabalho será dado para bombas e compressores, pois são os equipamentos mais comuns em fábricas. Ademais, também estão incluídos nos objetivos, o estudo da manutenção autônoma e da importância de conhecimentos sobre manutenção para os gestores. Com o intuito de realizar a análise, foi elaborado um formulário que buscava atingir todos os objetivos supracitados. O questionário foi então enviado para gestores de fábricas e profissionais da área de manutenção para que fosse possível obter as respostas. Foi observado uma grande utilização de bombas e compressores reservas nos processos, além de um grande emprego das técnicas da manutenção preventiva nesses equipamentos. Foi possível notar que a manutenção autônoma também é parte importante da gestão dos equipamentos. Ademais, percebe-se que os gestores de processos e produção devem conhecer pelo menos o básico sobre a manutenção dos equipamentos possuem.

Palavras Chaves: manutenção preventiva, bombas, compressores, gestores, indústrias, manutenção autônoma.

ABSTRACT

The competition in the industrial environment increases constantly making the development of new techniques and practices to reduce costs of production and increase quality of goods indispensable. With the constant technological and industrial evolution, the maintenance sector also needed to adapt itself, developing new technology but also improving the management of equipment maintenance changing focus from correcting flaws to preventing them. Then preventive maintenance was born. In order to understand the current situation of this kind of maintenance inside industries, the aim of this study is to describe the types of preventive maintenance in pumps and the occurrence of this kind of maintenance in pumps and compressors. Besides that, the aim is to ascertain the possibility of addition of pumps and backup compressors in the process and to determine the responsible for this kind of maintenance in the compressors. The main focus of this study will be pumps and compressors because they are more common in factories. Furthermore, there are also some other objectives included such as autonomous maintenance and importance of assuring the manager has expertise in maintenance. In order to make the abovementioned analysis, a questionnaire was prepared which aimed to achieve all the objectives above. The questionnaire was then sent to factories' managers and professionals in the maintenance sector so that was possible to obtain the answers. It was observed a large use of pumps and backup compressors in the procedures besides a big use of preventive maintenance in the equipment. It was possible to notice that autonomous maintenance is also an important piece in the maintenance management. In addition, one becomes aware that managers of process and production must know at least the basic about their equipment maintenance.

Keyword: preventive maintenance, pumps, compressors, managers, industries, autonomous maintenance.

Lista de Figuras

Figura 01 – Ociosidade por falta de planejamento	5
Figura 02 – Como calcular o OEE?.....	8
Figura 03 – Tipos de bombas de deslocamento positivo.....	9
Figura 04 – Escala Likert	12
Figura 05 – Perguntas 1 e 2 do formulário.....	15
Figura 06 – Escala Likert.....	16
Figura 07 – Perguntas 3, 4 e 5 do formulário.....	16
Figura 08 – Perguntas 6 e 7 do formulário.....	17
Figura 09 – Pergunta 8 do formulário.....	17
Figura 10 – Pergunta 9 do formulário.....	17
Figura 11 – Perguntas 10 e 11 do formulário.....	18
Figura 12 – Pergunta 12 do formulário.....	18
Figura 13 – Pergunta 13 do formulário.....	19
Figura 14 - Pergunta 14 do formulário.....	19
Figura 15 – Resultados da pergunta 1.....	22
Figura 16 – Resultados da pergunta 2.....	23
Figura 17- Resultados da pergunta 3.....	24
Figura 18 – Resultados da pergunta 4.....	25
Figura 19 – Resultados da pergunta 5.....	26
Figura 20 – Resultados da pergunta 6.....	27
Figura 21 – Resultados da pergunta 7.....	27
Figura 22 – Resultados da pergunta 8.....	28

Figura 23 – Resultados da pergunta 10.....	30
Figura 24 – Respostas da pergunta 11.....	31
Figura 25 – Respostas da pergunta 12.....	32
Figura 26 – Respostas da pergunta 13.....	32
Figura 27 – Respostas da questão 14.....	33

Lista de tabelas

Tabela 01 – Ramos das Fábricas do espaço amostral.....	20
Tabela 02 - Perfil dos respondentes.....	21
Tabela 03- Resultados da pergunta 9.....	29

Lista de Abreviaturas e Siglas

OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Plan, Do, Check, Act

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos gerais	2
1.2 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Manutenção industrial	3
2.1.1 Tipos de Manutenção	4
2.2 Manutenção preventiva x Manutenção preditiva	6
2.3 Bombas e compressores	8
2.3.1 Bombas	8
<i>2.3.1.1 Bombas de Deslocamento Positivo</i>	9
<i>2.3.1.2 Turbobombas</i>	10
<i>2.3.1.3 Bombas Centrífugas</i>	10
<i>2.3.1.4 Bombas especiais</i>	11
<i>2.3.1.5 Fabricantes</i>	11
2.3.2 Compressores	11
<i>2.3.2.1 Compressores de Deslocamento Positivo</i>	11
<i>2.3.2.2 Compressores Dinâmicos</i>	12
<i>2.3.2.3 Fabricantes</i>	12
2.4 Escala Likert	12
3 METODOLOGIA	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1 Resultados e discussões gerais	20
4.2 Perguntas relacionadas à manutenção	22
4.3 Perguntas relacionadas às bombas	26
4.4 Perguntas relacionadas aos compressores	30
5 CONCLUSÃO	34
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A facilidade de ultrapassar as barreiras de entrada no meio industrial está aumentando constantemente através dos incentivos fiscais, agências que disponibilizam financiamentos a juros baixos, além da ampliação das vias de propagação do conhecimento. Devido a esses fatores, se torna de extrema importância uma gestão industrial de excelência que consegue se antecipar aos problemas e também tem capacidade para reduzir os impactos de intempéries não previstas. Dessa forma, é possível diminuir os custos inerentes aos processos, possibilitando que a empresa tenha uma vantagem em relação aos concorrentes.

Um dos grandes problemas para uma indústria, se não for o maior, são as paradas não programadas do processo fabril que causam perda de tempo, de insumos e também podem causar atrasos nas entregas dos produtos finais, principalmente nos casos em que a fábrica produz no modelo *make to order*, ou seja, inicia a fabricação somente após o pedido do comprador. No modelo *make to stock* os impactos podem ser amenizados através de uma gestão apropriada do estoque, visto que a produção é direcionada para o estoque, onde vai esperar a confirmação dos pedidos previstos na previsão de demanda feita pelo planejamento de produção da fábrica.

As consequências citadas anteriormente podem prejudicar bastante a saúde financeira e a visão que o mercado possui da empresa. Os fatos supracitados ocorrem, pois muitos processos contínuos consomem muitos recursos para vencer o período de transiência e o custo de perda de venda pode ser altíssimo.

Dessa forma, pode se adentrar em um ponto crucial dentro da gestão de qualquer negócio, onde se deve investir seus recursos. Por muito tempo se investiu os recursos da manutenção para consertar os equipamentos somente após as falhas, ou seja, sem qualquer tipo de planejamento, nesses casos os equipamentos que “decidiam” quando e onde ocorreria a manutenção. Contudo, ao longo da constante evolução industrial viu-se a necessidade de antecipar e programar paradas para manutenção, evitando surpresas. A partir daí, a manutenção passou a ser realizada com enfoque na previsão de potenciais problemas e na intervenção antes deles ocorrerem. Assim, a falha que antes era certa, pode ser evitada.

A manutenção preventiva passou a ocupar um espaço estratégico no planejamento industrial, pois ela tinha e ainda tem recursos para prevenir paradas de fábrica devido a quebra de peças e equipamentos. Através do estudo do histórico dos equipamentos, da vivência industrial e das instruções dos fornecedores é possível desenvolver um plano de manutenção

preventivo eficaz e eficiente. Além disso, vale salientar que para realizar esse tipo de manutenção não é necessário uma mão de obra extremamente qualificada.

A gama de equipamentos existente dentro da indústria é muito grande, podendo variar conforme o porte e o tipo da fábrica. Entretanto, existem alguns equipamentos que estão presentes em quase todas as indústrias, como é o caso das bombas e dos compressores. O primeiro equipamento citado é utilizado para promover o deslocamento de fluidos incompressíveis, sendo possível citar a água, que mesmo não sendo insumo para o processo, ela precisará ser deslocada para consumo dos funcionários da fábricas. O segundo equipamento pode ser utilizado diretamente no processo, mas o que torna sua utilização praticamente universal é a produção de ar comprimido que serve para acionamento de válvulas pneumáticas, regeneração de deionizadores, na produção de embalagens e em outras diversas funções.

1.1 Objetivos gerais

O presente trabalho possui como objetivos gerais definir estratégias de manutenção preventiva, principalmente em bombas e compressores, para evitar a ocorrência de falhas, e, como consequência, diminuir os custos de paradas e aumentar a eficácia geral dos equipamentos. Além de avaliar o emprego da manutenção autônoma e a necessidade de o gestor de processos conhecer o básico sobre manutenção.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os tipos de manutenção preventiva em bombas, ocorrência deste tipo de manutenção e averiguar a possibilidade de incluir bombas reservas nos processos;
- Determinar os responsáveis pela manutenção preventiva em compressores, ocorrência deste tipo de manutenção e averiguar a possibilidade de incluir compressores reservas nos processos;
- Determinar a função dos operadores na manutenção autônoma;
- Avaliar a necessidade do gestor de processos possuir conhecimentos básicos sobre manutenção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção industrial

Com a implantação da produção em série, instítuida por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da Manutenção Corretiva(Moreira, 2017).

Após a Segunda Guerra Mundial aumentou significativamente a necessidade por uma produção mais ágil e ao mesmo tempo confiável; as intervenções corretivas, aquelas que ocorrem após a falha ou quebra do ativo, não eram mais suficiente. A manutenção preventiva surgia não só para corrigir as falhas, mas também para evitá-las, a manutenção tornou-se tão importante quanto a operação(Moreira, 2017).

Percebeu-se que o modelo de manutenção proposto anteriormente era extremamente oneroso e prejudicial aos processos, devido a isso, passou se a gastar mais recursos para planejar a manutenção e, dessa forma, transferir o poder de decisão de quando e onde realizar a manutenção das máquinas para os gestores do processos. Vale salientar que as falhas durante o funcionamento das fábricas não foram extintas, mas foram reduzidas consideravelmente. Como diria Peter Druker na frase “ A melhor forma de prever o futuro é criá-lo.”

Inicialmente, a previsão era realizada a partir do histórico de falhas das peças do equipamento e da vida útil que o fabricante estipulava, ou seja, a previsão era realizada baseada no tempo. Posteriormente, a estratégia foi modificada visto que os equipamentos podem ter vida útil diferente dependendo das condições de operação dos mesmos e os cuidados tomados. O enfoque foi alterado e direcionado para a análise da condição e do estado das peças, dessa forma foi possível diminuir os custos relacionados aos materiais, visto que peças em bom estado de conservação não são mais substituídas, mas foi necessário aumentar a qualificação dos funcionários já que a verificação do estado da peça requer maior preparo do que a simples substituição.

2.1.1 Tipos de Manutenção

Antes de adentrar mais a fundo no assunto se faz necessário definir os conceitos dos tipos de manutenção já mencionadas e de alguns tipos de manutenção que ainda vão ser tratadas no presente estudo, sendo elas: manutenção corretiva planejada, manutenção corretiva não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva(KARDEC e NASCIF, 2010).

- **Manutenção Corretiva:** é a atuação para a correção de falha ou do desempenho menor do que o esperado, sendo possível separar entre manutenção corretiva planejada e não planejada.

- **Manutenção Corretiva Não Planejada:** Caracteriza-se pela manutenção em fato já ocorrido, não existindo tempo para preparação do serviço.

- **Manutenção Corretiva Planejada:** Consiste na correção do desempenho menor do que o esperado ou correção de falha por decisão gerencial, nesse caso existe um planejamento prévio para a execução do serviço.

- **Manutenção Preventiva:** Consiste na atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho obedecendo a um plano previamente elaborado baseado em intervalos definidos de tempo.

- **Manutenção Preditiva:** Consiste na atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

- **Manutenção Detectiva:** Consiste na atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Além das manutenções citadas acima, ainda existe a manutenção autônoma que pode ter caráter corretivo ou preventivo, por exemplo, mas possui as especificidades citadas abaixo.

- **Manutenção Autônoma:** Consiste em ações simples tomadas pelos próprios operadores das máquinas, como limpeza e ajustes para evitar danos aos equipamentos.

Ao analisar todos os tipos de manutenção, pode surgir a seguinte pergunta: deve-se dar prioridade para qual tipo de manutenção?

Um jeito mais fácil de se responder seria invertendo a pergunta, deve-se evitar qual tipo de manutenção? A resposta seria a manutenção corretiva não planejada, pois a quebra de

uma peça pode desencadear outros problemas nos equipamentos, além disso, se a máquina for vital para o processo e não possuir reserva, provocará parada não planejada da fábrica, resultando na perda de produtos, clientes e de tempo. Vale salientar também que uma manutenção não planejada é ainda mais demorada do que se fosse planejada, pois os profissionais ainda teriam que verificar qual o real problema, separar os materiais e ferramentas, além de outras atividades, como exemplificado na figura 01.

Figura 01 – Ociosidade por falta de planejamento



Fonte: Engeteles, 2018.

Vale salientar que é praticamente impossível zerar a ocorrência de manutenções corretivas se considerarmos um longo período de tempo, mas é recomendável que o número de manutenções preditivas e preventivas seja consideravelmente superior ao de manutenções corretivas, devido ao impacto negativo gerado por esse tipo de intervenção.

A manutenção corretiva planejada é uma estratégia válida e bastante utilizada nas indústrias, pois o planejamento produz um trabalho mais rápido, eficiente e seguro. Entretanto, esse tipo de manutenção indica que já ocorreu uma falha no processo que provoca um desempenho menor da máquina ou parada total de um equipamento não crítico do processo, ambos resultando em algum tipo de perda, seja de produção, insumos ou segurança. Logo, a manutenção corretiva planejada pode ser usada nos casos dos equipamentos não críticos do processo, apesar disso, deve ser avaliado pela gerência se vale a pena esperar o melhor momento

para efetuar a manutenção ou se deve parar a máquina para realizar a manutenção imediatamente.

Até agora só foi tratado de correção de falhas, não seria melhor evitá-las? A resposta é sim. Atualmente, em médias e grandes empresas, o enfoque é no planejamento da manutenção para que se possa evitar as falhas nos equipamentos, para tal podem ser utilizadas dois tipos de manutenção, a preventiva e a preditiva.

Vale salientar que a palavra chave é planejamento, ou seja, não é vantajoso elaborar planos de manutenção preventivos e preditivos para todos os equipamentos, deve-se estudar quais equipamentos e peças são críticos para a produção, para o processo, para a segurança ou para outros quesitos cruciais.

2.2 Manutenção preventiva x Manutenção preditiva

Logo, a resposta da pergunta inicial, com algumas ressalvas, seria que as manutenções que buscam evitar as falhas são mais indicadas para os pontos críticos do processo. Ressaltando que mesmo nesses casos deve ser analisado se vale a pena efetuar as manutenções preventivas e preditivas, mesmo na maioria dos casos a resposta sendo sim.

A manutenção preventiva baseia-se em planos periódicos de substituição e verificação de componentes dos equipamentos para evitar que ocorram falhas nos mesmos. O plano não é imutável, visto que inicialmente pode se adotar as recomendações dos fabricantes ou experiências anteriores, mas, posteriormente, a partir do recolhimento dos dados da manutenção, o plano pode ser ajustado para ser mais apropriado para as condições de funcionamento do equipamento.

No caso da manutenção preditiva são avaliados um ou mais parâmetros dos equipamentos, principalmente vibração, temperatura ou características dos óleos, para monitorar o estado e condições das máquinas. A partir dos dados gerados são plotados gráficos que devem ser analisados para que possa ser tomada a decisão de intervir ou não no processo.

A manutenção preditiva é mais vantajosa que a preventiva, pois interfere menos no processo e evita a retirada de peças que ainda estão em boas condições. Entretanto, devido a necessidade de equipamentos e mão de obra especializados o custo desse tipo de manutenção ainda é alto, sendo, dessa forma, pouco utilizado no Ceará e no Brasil.

Devido aos fatores citados anteriormente, o foco desse trabalho será nas manutenções preventivas em fábricas e as técnicas mais utilizadas.

As manutenções detectivas são muito importantes e devem ser realizadas sempre que necessário, entretanto por se restringirem a comandos, controles e sistemas de proteção não serão detalhadas no presente estudo.

Vale ressaltar que a manutenção autônoma é uma parte importante da manutenção preventiva e da minimização dos impactos das falhas nos processos. Logo, é necessário um bom entendimento das possibilidades de uso dessas técnicas para que se possa realizar planos de manutenção eficientes.

As ações propostas pelo planejamento e controle de manutenção preventiva devem ser constantemente revisadas, e uma das ferramentas mais comuns é o Ciclo PDCA, também conhecido com Ciclo de Deming ou Ciclo de Shewhart que propõe melhoria contínua no sistema através de um ciclo de 4 ações principais, sendo elas definidas como: planejamento, fazer, checagem e ação.

O Overall Equipment Effectiveness, OEE, com tradução literal de eficácia geral do equipamento é mundialmente utilizado para medir a eficiência de um processo ou de uma máquina. Para tal, ele leva em consideração 3 fatores, disponibilidade, performance e qualidade. Todos os fatores são afetados diretamente ou indiretamente pelo estado de conservação e pela manutenção do equipamento.

A disponibilidade se refere ao tempo que o equipamento ou processo estão aptos a trabalhar, representado em termos de porcentagem do tempo total.

A performance se refere à produção do equipamento ou processo, representada em termos de porcentagem da produção máxima possível no mesmo período de tempo.

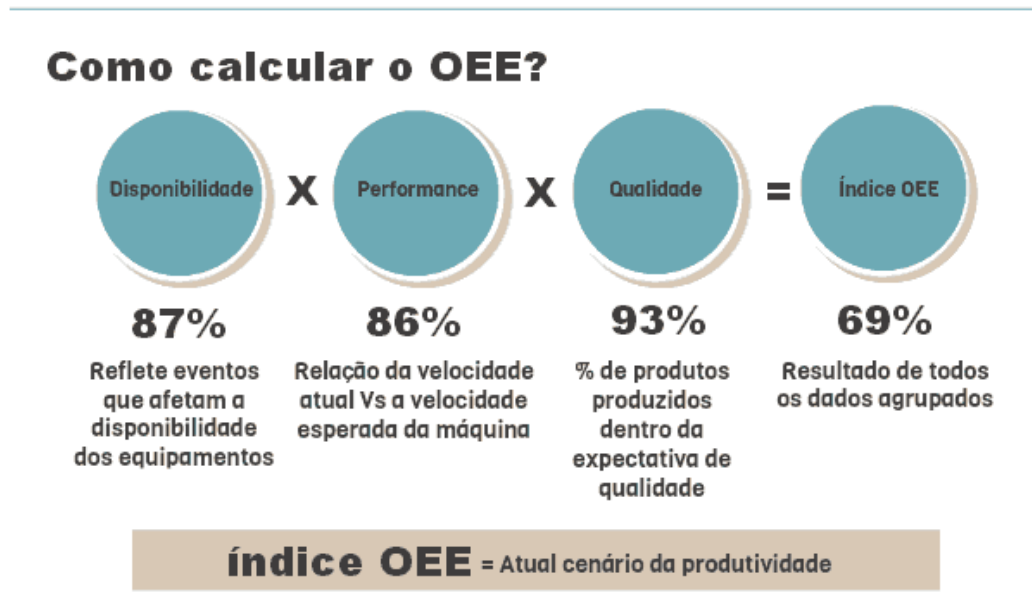
Facilmente é perceptível que a disponibilidade e a performance estão diretamente ligadas a manutenção, pois se a indústria possuir um planejamento de manutenção eficiente as máquinas vão parar menos devido à ocorrência de falhas e funcionarão próximas a eficiência máxima.

A qualidade se refere a quantidade de produtos em condições de venda, representada em termos de porcentagem da quantidade total de produtos produzida.

A princípio pode ser um pouco mais difícil perceber a influência da manutenção nesse aspecto, mas os defeitos nos produtos podem ser causados por problemas no equipamento, como, por exemplo, em indústrias de bebidas é necessário que o nível do líquido esteja acima do mínimo, caso a enchedora apresente problema nos bicos de enchimento ou no controle do nível, muitas garrafas poderão apresentar nível abaixo do especificado, provocando o desperdício de muito produto, pois, uma vez engarrafado com volume abaixo do mínimo, o produto não pode ser vendido e não pode ser mais aproveitado no processo.

O OEE é calculado pela multiplicação dos três fatores, como apresentado na figura 02.

Figura 02 – Como calcular o OEE?



Fonte: Citisystems, 2011.

A média mundial de valores do OEE é 60%, possuindo, nesses casos, grande potencial de melhoria nos processos e equipamentos. Considera-se como excelente quando o valor atinge 85% ou mais, sendo a eficiência considerada de classe mundial e estando entre as mais eficientes do mundo.

A partir do OEE, pode se perceber a importância de um bom planejamento e controle de manutenção para se evitar desperdícios e aumentar a eficiência da máquina.

2.3 Bombas e compressores

2.3.1 Bombas

Bombas são máquinas geratrizes, isto é, que recebem trabalho mecânico, geralmente fornecido por uma máquina motriz, e o transformam em energia hidráulica, comunicando ao líquido um acréscimo de energia sob as formas de energia potencial de pressão e cinética(MACINTYRE, 2008).

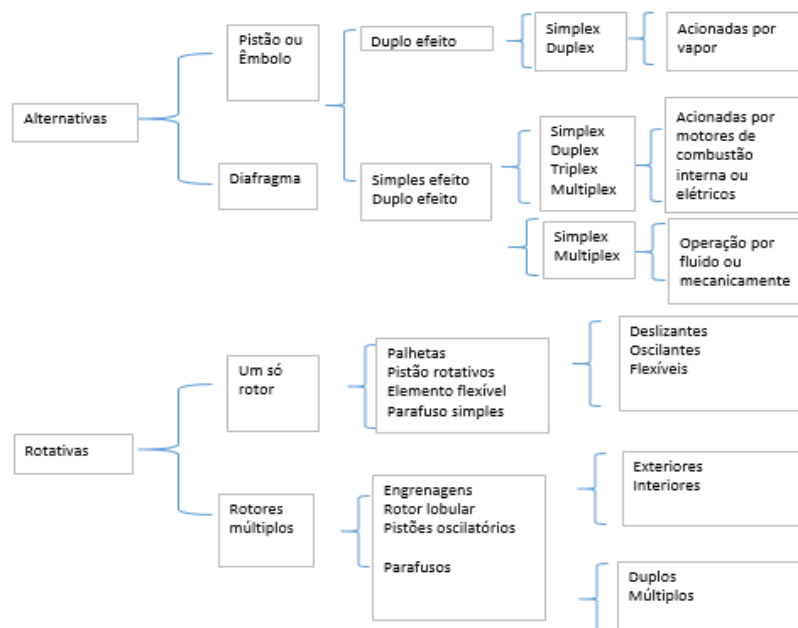
Esses equipamentos possuem como principal função promover o deslocamento de fluidos incompressíveis. Nos projetos industriais permitem que as perdas de cargas ao longo do processo sejam compensadas, além de fornecer energia suficiente para que os fluidos possam superar diferenças de alturas entre os equipamentos dos processos e para que seja possível aumentar a pressão e a velocidade do fluido.

A forma como o trabalho mecânico é transformado em energia hidráulica e o modo de transferência permite separar as bombas em três grupos, sendo eles: bombas de deslocamento positivo, turbobombas e bombas especiais(MACINTYRE, 2008).

2.3.1.1 Bombas de Deslocamento Positivo

Possuem uma ou mais câmaras, em cujo interior o movimento de um órgão propulsor comunica energia de pressão ao líquido, provocando o seu escoamento. Proporciona então as condições para que se realize o escoamento na tubulação de aspiração até a bomba e na tubulação de recalque até o ponto de utilização(MACINTYRE, 2008).

As bombas de deslocamento positivo ainda podem ser divididas em outros modelos, como apresentado na figura 03:



Fonte: Macintyre, 2018.

2.3.1.2 Turbobombas

As turbobombas, também chamadas bombas rotodinâmicas e kinetic pumps pelo Hydraulic Institute, são caracterizadas por possuírem órgão rotatório dotado de pás, chamado rotor, que exerce sobre o líquido forças que resultam da aceleração que o rotor imprime ao líquido. Essa aceleração, ao contrário do que se verifica nas bombas de deslocamento positivo, não possui a mesma direção e o mesmo sentido do movimento do líquido em contato com as pás(MACINTYRE, 2008).

A finalidade do rotor, também chamado impulsor ou impelidor, é comunicar a massa líquida aceleração, para que adquira energia cinética e se realize assim a transformação da energia mecânica de que está dotado.

As principais formas de classificar as turbobombas são através da trajetória do líquido no rotor, através do número de rotores existentes e através do número de entradas para a aspiração(MACINTYRE, 2008).

Ao classificar as turbobombas através da trajetória do líquido no rotor, pode-se dar ênfase para o tipo denominado como bombas centrífugas puras ou radiais, pois é o tipo mais simples e mais empregado de turbobombas(MACINTYRE, 2008).

2.3.1.3 Bombas Centrífugas

Nas bombas centrífugas o líquido penetra no rotor paralelamente ao eixo, sendo dirigido pelas pás para a periferia, segundo trajetórias contidas em planos normais ao eixo. As trajetórias são, portanto, curvas praticamente planas contidas em planos radiais (MACINTYRE, 2008).

Um cuidado que deve se tomar no gerenciamento de bombas centrífugas é em relação a escorvação, ou seja, a bomba deve ser preenchida com o fluido incompressível antes de começar o funcionamento(CREMASCO, 2012). É possível encontrar modelos auto-escorvantes no mercado, prevenindo problemas relacionados a falta de escorvação.

Além disso, deve se evitar a cavitação nas bombas, processo pelo qual ocorre a formação de bolhas no fluido de escoamento devido a queda de pressão e que pode promover desgastes nos rotores e demais peças das bombas ocasionado quando as bolhas colapsam(CREMASCO, 2012).

As bombas centrífugas são usadas no bombeamento de água limpa, água do mar, condensadores, óleos, lixívias, para pressões de até $16 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$ e temperaturas de até 140°C .

Existem bombas centrífugas também de voluta, para a indústria química e petroquímica, refinarias, indústria açucareira, para água quente até 300°C e pressões de até 25 kgf .cm⁻² (MACINTYRE, 2008).

Um dos componentes que requer maior atenção na manutenção preventiva desses equipamentos é o Selo Mecânico, pois é responsável por evitar vazamentos entre o eixo rotativo e a carcaça da bomba.

2.3.1.4 Bombas especiais

As bombas especiais são equipamentos com características próprias e que não se encaixam nas outras duas classificações, sendo possível citar como exemplo as bombas com ejetor, bombas de emulsão de ar e pulsômetro(MACINTYRE, 2008).

2.3.1.5 Fabricantes

As empresas KSB Brasil Ltda, NETZSCH e Bosch Rexroth Brasil são exemplos de fabricantes de bombas industriais.

2.3.2 Compressores

Compressores são máquinas operatrizes que transformam trabalho mecânico em energia comunicada a um gás, preponderantemente sob forma de energia de pressão(MACINTYRE, 2008).

É possível classificar os compressores em dois tipos, sendo eles os compressores de deslocamento positivo e os compressores dinâmicos(CREMASCO, 2012).

2.3.2.1 Compressores de Deslocamento Positivo

São aqueles nos quais sucessivos volumes de gás são confinados em um espaço fechado. Por meio da redução ou deslocamento desse espaço o gás tem sua pressão elevada, ou seja, é a compressão como comumente entendida(Hahn, 2004). É possível encontrar no mercado compressores de deslocamento positivo dos tipos alternativos de pistão, rotativos de parafusos, rotativo de palhetas, anel líquido e rotativo roots.

2.3.2.2 Compressores Dinâmicos

São aqueles nos quais um elemento rotativo em alta velocidade imprime uma aceleração ao gás, convertendo velocidade em pressão(Hahn, 2004). É possível encontrar no mercado compressores dinâmicos dos tipos centrífugo, helicoidal, axial, axial-centrífugo e centrífugo Sundyne.

2.3.2.3 Fabricantes

As empresas Atlas Copco Brasil Ltda e a Schulz Compressores são exemplos de fabricantes de compressores industriais.

2.4 Escala Likert

A escala de verificação de Likert consiste em tomar um construto e desenvolver um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, para as quais os respondentes emitirão seu grau de concordância(Silva e Costa, 2014).

A escala Likert inicialmente inventada por Rensis Likert em 1932 era constituída por 5 pontos. Entretanto, com o desenvolvimento das análises, a escala se diversificou e a quantidade de números de pontos ficou a critério do pesquisador, contanto que o conceito da escala se mantenha e exista simetria entre o número de respostas positivas e negativas. Na figura 04 é possível visualizar um exemplo de escala Likert.

Figura 04 – Escala Likert



Fonte: Próprio Autor.

A confiabilidade das respostas e a facilidade que o entrevistado vai ter na hora de responder são essenciais na pesquisa. Entretanto, nem sempre esses itens vão ser diretamente

proporcionais, pois a confiabilidade cresce com o número de pontos da escala, mas a facilidade na hora de responder diminui.

Estudos empíricos mostram que, em escalas de múltiplos itens com mensuração refletiva em relação ao construto, a confiabilidade é melhor em escalas cujos itens são medidos com mais de 7 pontos, e diminui quando os itens possuem menos de 5 pontos(Silva e Costa, 2014). Desse modo, escalas com menos de 5 pontos não são recomendadas na maioria dos casos.

Em escalas com um grande número de pontos se aumenta a dificuldade para responder e também para determinar a representação de cada ponto dentro da escala. Esses aspectos devem ser levados em consideração na momento da criação das perguntas e das escalas.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho é do tipo descritivo e analítico, buscando avaliar qualitativamente como ocorre a manutenção dentro de uma indústria. Para tal, será analisado o papel dos gestores, não se limitando aos gestores de manutenção, o papel dos operadores e as estratégias de manutenção em bombas e compressores. Vale salientar que o estudo terá a manutenção preventiva como foco, pois não possui custo elevado e evita paradas na produção.

Como mencionado anteriormente, o espaço amostral será o ambiente industrial e as empresas buscadas são aquelas em que já existem engenheiros químicos ou têm potencial para empregá-los. Enquadram-se nesses requisitos, por exemplo, os setores têxtil, petroquímico, farmacêutico, alimentos e muitos outros que possuem transformação da matéria.

A grande maioria das fábricas estão localizadas no Ceará, entretanto, não ocorreu limitação regional na pesquisa, sendo possível ampliar a análise para empresas lotadas fora do Estado, mas que possuam engenheiros químicos formados na Universidade Federal do Ceará atuando firmemente no processo.

A análise será feita a partir de um formulário elaborado pelo autor do trabalho para avaliar aspectos importantes da gestão fabril, sendo os pontos principais: manutenção autônoma, importância da manutenção preventiva, estratégia da manutenção preventiva em bombas e compressores e a necessidade de múltiplos conhecimentos do gestor.

O formulário foi elaborado na plataforma Google Drive da empresa Google LLC, onde ficou hospedado durante toda a pesquisa. Através do link de acesso, disponibilizado pela plataforma, foi possível encaminhar o formulário para que as pessoas efetuassem o preenchimento.

O alvo da pesquisa são os gestores de processo, produção, manutenção de indústrias e funcionários ligados ao setor de manutenção para que sejam identificadas as políticas de manutenção de cada fábrica. Sendo assim, o formulário foi encaminhado para engenheiros químicos e graduandos em engenharia química, além de pessoas externas ao curso, que atuam no setor industrial para que o mesmo seja respondido por pelo menos 1 uma pessoa capacitada de cada empresa.

O formulário foi elaborado a partir das políticas de manutenção de uma indústria farmacêutica que aplica os conceitos de manutenção preventiva nas bombas e compressores. Além dos aspectos técnicos que foram baseados nas políticas supracitadas, o questionário ainda possui duas seções, uma para caracterizar o funcionário e outra para caracterizar a empresa e a função do gestor na empresa. Ao todo são 5 seções, as duas citadas anteriormente, uma

relacionada à manutenção em geral, uma relacionada à manutenção em bombas e a última relacionada a manutenção em compressores. As três seções relativas a manutenção possuem ao todo 14 questões, sendo elas enumeradas de 1 até 14.

A seção Perguntas Relacionadas ao Funcionário é composta por dois questionamentos, sendo eles o nome e a formação. As perguntas servem para ter um controle de quem já respondeu o formulário e a qualificação do mesmo.

A seção Perguntas Relacionadas à Empresa é composta por quatro questionamentos, sendo eles o nome da empresa, o cargo e o setor do funcionário e o horário de funcionamento do setor.

A seção Perguntas Relacionadas à Manutenção é composta por cinco questionamentos, sendo possível, através deles, avaliar a importância da manutenção preventiva, a necessidade de conhecimento de manutenção para gestores fabris e a utilização da manutenção autônoma.

As duas primeiras perguntas da seção Perguntas Relacionadas à Manutenção são as seguintes: “Gestores de processos e de produção devem conhecer pelo menos o básico acerca da manutenção dos equipamentos que administram” e “A manutenção preventiva é vantajosa para uma empresa”, como se tratam de perguntas de caráter opinativo, optou-se pela utilização da Escala Likert de cinco pontos para que fosse possível avaliar com maior precisão a concordância ou não com as afirmações. É possível visualizar as perguntas na figura 05.

Figura 05 – Perguntas 1 e 2 do formulário.

1-Gestores de processos e de produção devem conhecer pelo menos o básico acerca da manutenção dos equipamentos que administram.	<input type="radio"/> Concordo Totalmente.
	<input type="radio"/> Concordo Parcialmente.
	<input type="radio"/> Não Concordo Nem Discordo.
	<input type="radio"/> Discordo Parcialmente.
	<input type="radio"/> Discordo Totalmente.
2-Manutenção preventiva é vantajosa para uma empresa.	<input type="radio"/> Concordo Totalmente.
	<input type="radio"/> Concordo Parcialmente.
	<input type="radio"/> Não Concordo Nem Discordo.
	<input type="radio"/> Discordo Parcialmente.
	<input type="radio"/> Discordo Totalmente.

Fonte: Próprio autor.

Como é possível visualizar, as respostas estão em termos de concordância e discordância, mas podem ser transformadas em escala numérica para facilitar a análise, conforme exemplificado na figura 06.

Figura 06 – Escala Likert.

1	2	3	4	5
Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Não Concordo Nem Discordo	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente

Fonte: Próprio autor

As demais perguntas da seção se referem as políticas de manutenção autônoma da empresa sendo elas: “Os operadores são instruídos a limpar periodicamente os equipamentos que não apresentam riscos a integridade física do funcionário?”, “Os operadores têm autonomia para efetuar pequenos reparos?” e, “Caso a resposta anterior tenha sido sim, como os operadores aprendem a efetuar tais reparos?”. As perguntas 3, 4 e 5 e suas respectivas possibilidades de respostas são apresentadas na figura 07.

Figura 07 – Perguntas 3, 4 e 5 do formulário.

3-Os operadores são instruídos a limpar periodicamente os equipamentos que não apresentam riscos a integridade física do funcionário?		
<input type="radio"/> Sim		<input type="radio"/> Não
4-Os operadores têm autonomia para efetuar pequenos reparos?		
<input type="radio"/> Sim		<input type="radio"/> Não
5-Caso a resposta anterior tenha sido sim, como os operadores aprendem a efetuar tais reparos?		
<input type="radio"/> Treinamentos	<input type="radio"/> No exercício da função, ou seja, aprendem através do trabalho diário na função.	<input type="radio"/> Outros:

Fonte: Próprio autor.

A pergunta 3 se refere a atuação dos operadores na prevenção de falhas nos equipamentos, através da limpeza periódica do maquinário. A questão 4 se refere a atuação dos operadores para sanar pequenos problemas que podem ocorrer durante o processo. Para realizar as intervenções corretivas citadas anteriormente o operador necessita de conhecimento, a pergunta 5 do formulário busca avaliar como o funcionário adquire.

A seção Perguntas Relacionadas às Bombas é constituída de 4 questionamentos sobre as estratégias praticadas pela empresa para prevenir falhas nas bombas e para amenizar os efeitos.

As perguntas 6 e 7 da podem ser visualizadas na figura 08.

Figura 08 – Perguntas 6 e 7 do formulário.

6-A empresa trabalha com a utilização de bombas reservas em locais críticos para o processo?		
<input type="radio"/> Sim.	<input type="radio"/> Não.	<input type="radio"/> Parcialmente.
7-Periodicamente existe uma alternância entre a bomba reserva e a bomba em funcionamento para que nenhuma fique muito tempo parada?		
<input type="radio"/> Sim.	<input type="radio"/> Não.	<input type="radio"/> A empresa não possui bomba reserva.

Fonte: Próprio autor.

As duas primeiras perguntas da seção têm como objetivo avaliar a utilização das bombas reservas no processo e, no caso de existência de bombas reservas, se a prática de alternância das bombas em funcionamento ocorre.

A figura 09 apresenta a pergunta 08 do formulário.

Figura 09 – Pergunta 8 do formulário.

8-Manutenção preventiva nas bombas é feita em quais casos?	<input type="radio"/> Somente em bombas críticas para o processo produtivo.
	<input type="radio"/> Somente em bombas que não possuem reserva.
	<input type="radio"/> Somente em bombas críticas para o processo e que não possuem bomba reserva.
	<input type="radio"/> Em todas as bombas.
	<input type="radio"/> Em nenhuma bomba.

Fonte: Próprio autor.

A oitava pergunta técnica do formulário e terceira dessa seção busca mapear as bombas nas quais ocorrem a manutenção preventiva dentro das empresas.

A figura 10 apresenta a pergunta 09 do formulário.

Figura 10 – Pergunta 9 do formulário.

9-Marque os tipos de manutenção preventiva que são feitas nas bombas.	<input type="radio"/> Verificação das vazões e pressões.
	<input type="radio"/> Verificação do rolamento.
	<input type="radio"/> Verificação de possíveis vazamentos.
	<input type="radio"/> Verificação do selo mecânico.
	<input type="radio"/> Verificação de possíveis peças desgastadas.
	<input type="radio"/> Inspeção do quadro elétrico.
	<input type="radio"/> Não efetuamos manutenção preventiva em bombas.
	<input type="radio"/> Não possuo informações sobre os detalhes da manutenção preventiva em bombas.
	<input type="radio"/> Outros:

Fonte: Próprio autor.

A última pergunta dessa seção busca avaliar os tipos de manutenção preventiva que são feitas nas bombas, dando ênfase nas bombas centrífugas que são as mais comuns no ambiente fabril. Vale salientar, que a verificação e a inspeção geral dos equipamentos são de extrema importância para se confirmar ou não a necessidade de troca de uma peça, por isso, as ações da manutenção preventiva são voltadas, principalmente, para esses tipos de atividades.

O segundo ponto é em relação a periodicidade das atividades citadas, a pesquisa em questão não tem como objetivo determinar esse tempo, pois o mesmo depende das condições de operação dos equipamentos e do Ciclo PDCA realizado pela empresa.

Ademais, as opções de respostas citadas na questão 9 não são específicas para nenhum modelo de bomba, por isso, a consulta do manual do equipamento antes da implantação do plano de controle de manutenção é extremamente necessária para se ter um ponto de partida e para levar em consideração especificidades do equipamento.

A seção Perguntas Relacionadas aos Compressores possui 5 questionamentos, sendo os três primeiros análogos aos questionamentos da seção anterior.

A figura 11 apresenta as perguntas 10 e 11 do formulário.

Figura 11 – Perguntas 10 e 11 do formulário.

10-A empresa trabalha com a utilização de compressores reservas em locais críticos para o processo?		
<input type="radio"/> Sim.	<input type="radio"/> Não.	<input type="radio"/> Parcialmente.
11-Periodicamente existe uma alternância entre o compressor reserva e o compressor em funcionamento para que nenhum fique muito tempo parada?		
<input type="radio"/> Sim.	<input type="radio"/> Não.	<input type="radio"/> A empresa não possui compressor reserva.

Fonte: Próprio autor.

A figura 12 apresenta a pergunta 12 do formulário.

Figura 12 – Pergunta 12 do formulário.

12-A Manutenção preventiva nos compressores é feita em quais casos?	<input type="radio"/> Somente em compressores críticos para o processo produtivo.
	<input type="radio"/> Somente em compressores que não possuem reserva.
	<input type="radio"/> Somente em compressores críticos para o processo e que não possuem reserva.
	<input type="radio"/> Em todos os compressores.
	<input type="radio"/> Em nenhum compressor.

Fonte: Próprio autor.

Os compressores são equipamentos mais complexos e, na maioria das indústrias, existem em menor número se comparado com as bombas. Devido aos dois fatores mencionados,

existe maior presença de empresas terceirizadas na manutenção desse tipo de maquinário quando comparado com as bombas. A complexidade do equipamento expande a gama de manutenções preventivas que podem ser realizadas no aparelho, podendo ocasionar imprecisões nas respostas. Com o intuito de amenizar o problema, optou-se por avaliar apenas se as diretrizes dos fabricantes relativas as manutenções preventivas estão sendo seguidas. Ademais, se avaliou também quem executa essas atividades.

É possível visualizar a pergunta 13 e suas respostas na figura 13.

Figura 13 – Pergunta 13 do formulário.

13-Quem é responsável pela manutenção preventiva dos compressores?	<input type="radio"/> Empresa terceirizada indicada pelo fornecedor.
	<input type="radio"/> Os próprios funcionários da empresa detentora do compressor.
	<input type="radio"/> Não efetuamos manutenção preventiva em compressores

Fonte: Próprio autor.

Figura 14 - Pergunta 14 do formulário.

14-A manutenção preventiva nos compressores é realizada de acordo com as diretrizes dos fabricantes do equipamento?		
<input type="radio"/> Sim.	<input type="radio"/> Não.	<input type="radio"/> Parcialmente.

Fonte: Próprio autor.

Com o intuito de evitar o não preenchimento de alguma resposta por motivo de esquecimento, todas as perguntas não dependentes de outras eram de caráter obrigatório para a finalizar o formulário. Entretanto, os funcionários tinham a opção de anular qualquer resposta dada anteriormente, seja por motivo de falta de conhecimento ou sigilo.

Os resultados do questionário serão apresentados por meio de gráficos e tabelas, sendo analisados quantitativamente e qualitativamente. Será utilizado a conversão para valores numéricos de respostas nos casos em que a Escala Likert for adotada. Vale salientar que o foco da pesquisa são as políticas de manutenção preventiva praticadas pela indústria, logo, o universo existente na pesquisa são as fábricas e a amostra que servirá de base para o estudo será formado pelas indústrias representadas pelos seus funcionários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados e discussões gerais

O formulário foi enviado via link da plataforma Google Drive da empresa Google LLC para gestores de produção, de processos, de manutenção e para funcionários ligados aos setores de manutenção das fábricas envolvidas na pesquisa. Na tabela 01 são apresentados os ramos das empresas presentes na amostra.

Tabela 01 – Ramos das Fábricas do espaço amostral.

Identificação	Ramo da fábrica	Identificação	Ramo da fábrica	Identificação	Ramo da fábrica
Empresa A	Energias Renováveis	Empresa F	Ferragens	Empresa K	Defensivos agrícolas
Empresa B	Cosméticos	Empresa G	Higienização têxtil	Empresa L	Agroindustrial
Empresa C	Petroquímica	Empresa H	Alimentícia	Empresa M	Geração de Energia
Empresa D	Têxtil	Empresa I	Bebidas	Empresa N	Têxtil
Empresa E	Alimentícia	Empresa J	Geração de Energia	Empresa O	Farmacêutica

Fonte: Próprio autor.

Por questão de confidencialidade os nomes das fábricas foram substituídos por nomes fictícios. Ao todo, 15 empresas tiveram suas políticas de manutenção preventiva representadas na pesquisa, sendo 14 lotadas no estado do Ceará e 1 lotada no estado de São Paulo. Os ramos das empresas no espaço amostral são bem diversos, existindo empresas petroquímicas e alimentícias, por exemplo. Ao todo, existem 12 ramos diferentes sendo representados na pesquisa. Dessa forma, pode se analisar o conjunto das indústrias e não um ramo específico.

As empresas foram representadas por funcionários que conhecem as práticas de manutenção preventiva da fábrica para que fosse possível obter as respostas necessárias do formulário. Para que seja possível validar as respostas dadas é necessário conhecer o perfil dos colaboradores respondentes do questionário. Para tal, foi perguntado a formação, o cargo e o setor do mesmo para que seja possível traçar o perfil. Felizmente, todas as respostas foram aceitas, pois os funcionários se encaixam na descrição mencionada anteriormente cujo critério principal era o contato direto com a gestão de processos, de manutenção, de produção ou serem ligados à manutenção fabril.

Na tabela 02 é possível visualizar o perfil dos funcionários que responderam o questionário.

Tabela 02 - Perfil dos respondentes.

Formação	Cargo	Setor
Licenciatura em Química	Técnico de Operação e Manutenção	Processos, Utilidades
Farmacêutico Industrial	Gerente Industrial	Industrial
Engenheiro químico	Engenheiro de petróleo	Projetos
Técnico em Mecânica, Graduando em Engenharia Mecânica	Supervisor de Utilidades O&M	Utilidades
Engenheiro Químico	Analista de Processos	Produção
Técnico Eletromecânica	Supervisor de Produção	Industrial
Engenharia Química	Trainee	Produção
Engenheiro Químico	Analista de Processos	Processos Industriais
Biólogo	Coordenador de Produção	Processo de Fabricação
Graduando em Engenharia Mecânica	Estagiário de Manutenção	Manutenção
Graduando em Engenharia Mecânica	Estagiário	Manufatura
Engenheira Química	Trainee Industrial	Fábrica de Açúcar
Engenharia Elétrica	Estagiário	Engenharia
Técnico em mecatrônica	Supervisor de manutenção	Manutenção
Técnico mecânico industrial e tecnólogo mecatrônico	Supervisor de manutenção mecânica	Manutenção

Fonte: Próprio autor.

É possível identificar que a grande maioria dos respondentes são engenheiros ou estão ligados ao setor de manutenção, fato justificando pela forte presença de engenheiros nos cargos de gestão industrial e pela pesquisa ser voltada para a gestão de equipamentos.

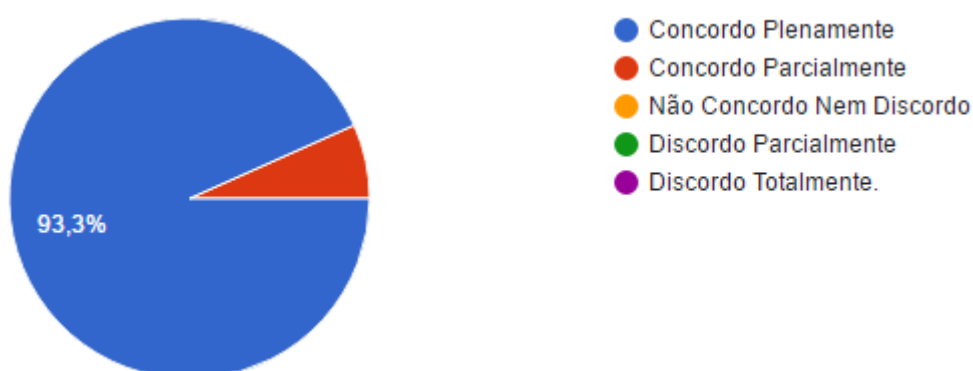
Pode se questionar a presença de um biólogo na pesquisa, mas o fato do mesmo ocupar o cargo de coordenador de produção ratifica o conhecimento no assunto e a vivência na área.

4.2 Perguntas relacionadas à manutenção

A seção do formulário intitulada de perguntas relacionadas a manutenção é voltada para a avaliação da função dos gestores de processos e produção na manutenção das suas áreas, na avaliação da importância da manutenção preventiva e no perfil de utilização da manutenção autônoma nas fábricas.

A primeira pergunta da seção possui o seguinte texto: “Gestores de processos e de produção devem conhecer pelo menos o básico acerca da manutenção dos equipamentos que administram”. A pergunta tem caráter opinativo e suas respostas estão representadas na figura 15.

Figura 15 – Resultados da pergunta 1.



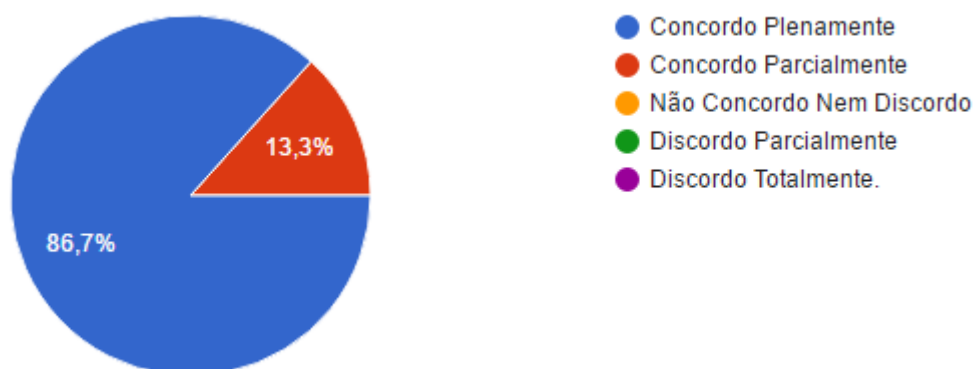
Fonte: Próprio autor.

Todos os respondentes concordaram que os gestores industriais devem ter pelo menos o conhecimento básico relativo a manutenção dos seus equipamentos, variando apenas quanto ao grau de concordância. Se os resultados forem transformados em escala numérica, de 1 para Discordo Totalmente até 5 para Concordo Plenamente, o resultado seria 4,93 em uma escala que vai apenas até 5. Logo, o conhecimento sobre manutenção de equipamentos não é importante somente para os setores de manutenção, mas também para os “donos” das máquinas,

visto que uma atuação conjunta eficiente na análise do problema é crucial para sanar o problema e para minimizar os impactos gerados.

A segunda pergunta da seção possui o seguinte texto: “a manutenção preventiva é vantajosa para uma empresa”. A pergunta tem caráter opinativo e suas respostas estão representadas na figura 16.

Figura 16 – Resultados da pergunta 2.



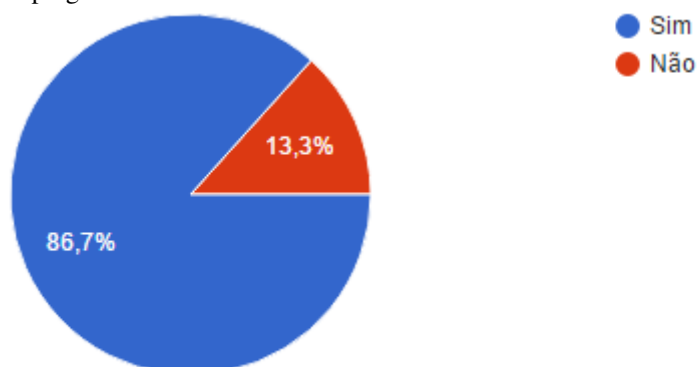
Fonte: Próprio autor.

Todos os respondentes concordaram que a manutenção preventiva é vantajosa para uma empresa variando apenas quanto ao grau de concordância. Se os resultados forem transformados em escala numérica, de 1 para Discordo Totalmente até 5 para Concordo Plenamente, o resultado seria 4,87 em uma escala que vai apenas até 5. Logo, é recomendado que as indústrias utilizem a manutenção preventiva nos equipamentos. Entretanto, deve-se analisar quais as peças e os equipamentos estarão no plano de manutenção preventiva para que a prática traga benefícios para a empresa, sendo possível utilizar o Ciclo PDCA como ferramenta para obter êxito na atividade. Vale ressaltar que a manutenção preventiva pode ser bastante onerosa para a empresa caso ela não seja feita de forma consciente e planejada.

A partir da terceira pergunta da seção os questionamentos buscam definir as práticas empregadas pela fábrica representada pelo funcionário, sendo as perguntas três, quatro e cinco voltadas para a manutenção autônoma.

A pergunta três da seção possui o seguinte texto: “Os operadores são instruídos a limpar periodicamente os equipamentos que não apresentam riscos a integridade física do funcionário?”. As respostas da terceira questão estão representadas na figura 17.

Figura 17- Resultados da pergunta 3.



Fonte: Próprio autor.

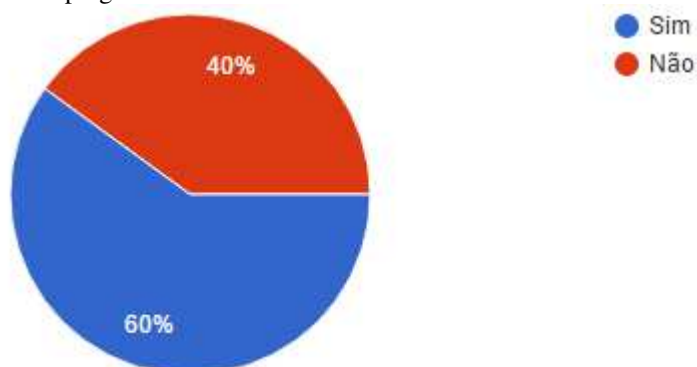
A limpeza dos equipamentos também pode ser considerada uma prática preventiva de manutenção, pois previne o desgaste das máquinas que seria provocado pelo acúmulo de sujeira no equipamento. A atividade citada também é considerada uma prática da manutenção autônoma, visto que é praticada pelo usuário do aparelho. Como apresentado no gráfico, cerca de 87% das empresas instruem os funcionários a limpar periodicamente os equipamentos, se essa atividade não apresentar risco. Dessa forma, percebe-se que os operadores também possuem grande importância na manutenção preventiva e na conservação do maquinário, sendo interessante incentivar o funcionário a desenvolver o sentimento de posse, para que, a partir disso, ele se sinta motivado a realizar todas as atividades.

Uma ideia interessante é separar os equipamentos entre os funcionários para que cada colaborador fique responsável pela limpeza de pelo menos uma máquina. Por exemplo, se a empresa possui dois operadores que trabalham em dois turnos diferentes, mas que são responsáveis por operar as mesmas máquinas, é possível separar esses equipamentos entre os dois colaboradores e cada um fica responsável pela limpeza e conservação de metade do maquinário.

Vale salientar que a prática supracitada é mais utilizada em equipamentos que ficam em ambientes fechados sem o contato com intempéries, como sol e vento. Em ambientes abertos a prática é menos utilizada devido as características do meio.

A pergunta quatro da seção possui o seguinte texto: “Os operadores têm autonomia para efetuar pequenos reparos?”. As respostas da quarta questão estão representadas na figura 18.

Figura 18 – Resultados da pergunta 4



Fonte: Próprio autor.

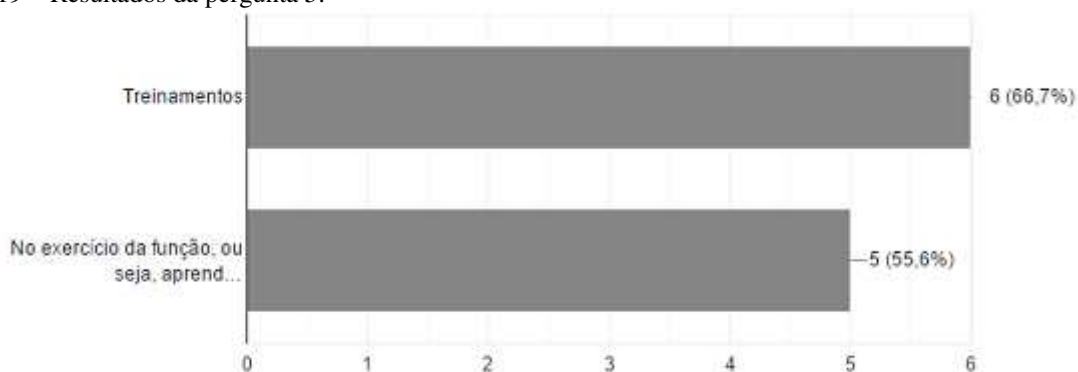
A quarta questão da seção busca analisar a função dos operadores caso ocorram falhas ou quebras de equipamentos ou peças, se os operadores atuam meramente informando o ocorrido e no máximo analisando a causa ou se também atuam nos reparos, caso sejam mais simples. A manutenção autônoma aparece novamente, mas, dessa vez, nas atividades corretivas. Os resultados foram equilibrados com uma pequena predominância da resposta sim, indicando que os funcionários tem autonomia para efetuar pequenos reparos no processo. Sugerindo que os operadores devem ser aptos a realizar diversas tarefas, não só a operação em si.

A principal consequência positiva dessa possibilidade de ação dos operadores é a diminuição do tempo para sanar o problema, entretanto os colaboradores devem estar preparados para exercer tal atividade, pois a falta de preparo pode agravar os danos ou até provocar acidentes.

A pergunta 5 vem justamente para analisar o treinamento dos operadores e possui o seguinte texto: “Caso a resposta anterior tenha sido sim, como os operadores aprendem efetuar tais reparos?”. Os respondentes possuíam três opções, sendo elas: “Treinamentos”, “No exercício da função”, ou seja, aprendem através do trabalho diário na função, e a opção “Outros” que possibilita a escrita de outra forma de aprendizado. Vale salientar que essa pergunta só recebeu nove respostas, visto que dos 15 respondentes apenas nove marcaram a opção sim na pergunta anterior.

As respostas da quinta pergunta estão representadas na figura 19.

Figura 19 – Resultados da pergunta 5.



Fonte: Próprio autor.

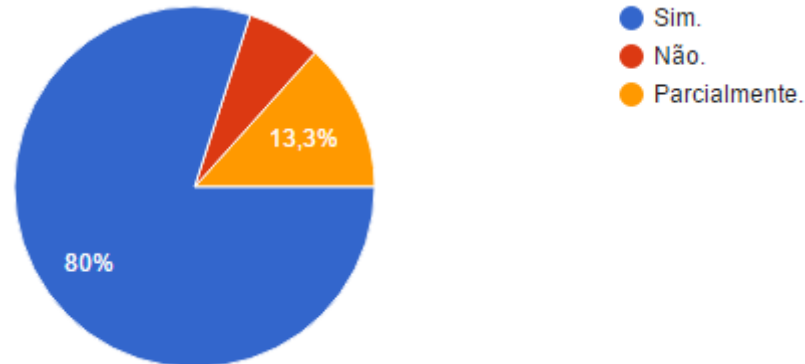
Na pergunta cinco dessa seção era possível preencher mais de uma opção, por isso o gráfico apresenta um somatório de 11 respostas totais se somarmos as respostas referentes as duas opções. Ao todo quatro pessoas responderam a primeira opção, 3 responderam a segunda opção e 2 pessoas responderam as duas opções. Os resultados não apresentam nenhuma tendência visto que foram bem próximos. Entretanto, avalia-se que as duas formas de aprendizado são utilizadas atualmente dentro da indústria, ficando a cargo dos gestores avaliar qual é a mais eficiente a partir do perfil do funcionário e da tarefa a ser realizada. Vale ressaltar que existe uma tendência de as empresas de grande porte adotarem os treinamentos como prática de transmitir o conhecimento, visto que, das empresas de grande porte que responderam sim na pergunta 4, apenas 1 não usa treinamentos como método de aprendizado.

4.3 Perguntas relacionadas às bombas

A seção intitulada Perguntas relacionadas às bombas é voltada para a análise das práticas empregadas nas bombas para minimizar e prevenir o impacto de falhas nesses equipamentos.

A primeira pergunta da seção possui o seguinte texto: “A empresa trabalha com a utilização de bombas reservas em locais críticos para o processo?”. As respostas dessa questão estão representadas na figura 20.

Figura 20 – Resultados da pergunta 6.

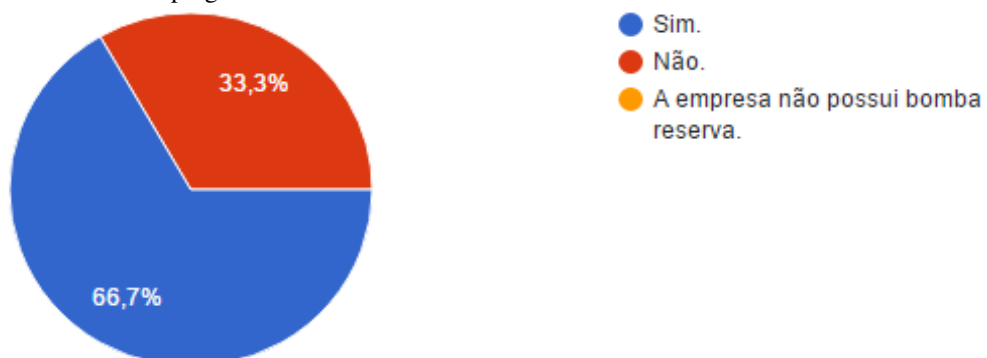


Fonte: Próprio autor.

A existência de uma bomba reserva nos pontos críticos para o processo pode ser considerada como uma boa prática para minimizar os impactos gerados pelas falhas. Caso a bomba fique inativa, haverá outra bomba paralela e independente da primeira para substituí-la de imediato. Ao analisar o gráfico pode se perceber que as respostas sim e parcialmente foram predominantes, englobando 93,3% das respostas, ou seja, 14 das 15 fábricas estudadas usam bombas reservas pelo menos em parte dos pontos em que são necessários o uso desse tipo de equipamento. Logo, essa prática é considerada vantajosa por grande parte das empresas para evitar paradas no processo. O fato de as bombas serem equipamentos baratos se comparados às outras máquinas dos processos contribui consideravelmente para o resultado apresentado.

A segunda pergunta da seção possui o seguinte texto: “Periodicamente existe uma alternância entre a bomba reserva e a bomba em funcionamento para que nenhuma fique muito tempo parada?”. As respostas dessa questão estão representadas na figura 21.

Figura 21 – Resultados da pergunta 7.



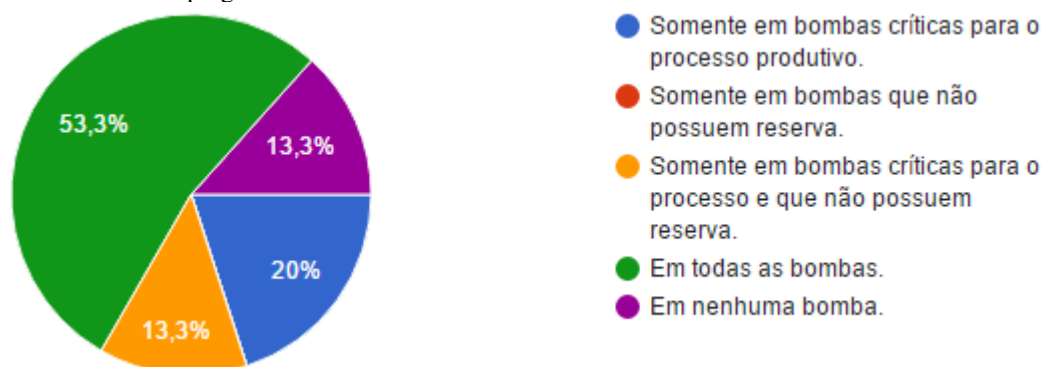
Fonte: Próprio autor.

Nos pontos do processo em que existem bombas reservas é possível alternar periodicamente o uso das bombas com o intuito de preservar as bombas de desgastes provocados pelo uso contínuo das mesmas ou por longos períodos de inatividade. Além disso, é difícil prever o estado real de funcionamento de uma bomba que está parada por muito tempo. A partir da análise do gráfico acima é possível observar que a prática de alternância dos usos das bombas é bastante empregada na indústria, pois 66,7% dos entrevistados admitem o uso, cabe ressaltar que das cinco empresas com respostas negativas, uma não possui bomba reserva, por isso, não pode realizar tal prática. Logo, conclui-se que a alternância é considerada uma boa prática.

As duas últimas perguntas dessa seção buscam caracterizar a manutenção preventiva nas bombas, coletando dados para a análise dos tipos de manutenção preventivas que são feitas nesses equipamentos e quais bombas são alvos dessas ações.

A terceira pergunta dessa seção possui o seguinte texto: “Manutenção preventiva nas bombas é feita em quais casos?”. As respostas dessa questão estão representadas na figura 22..

Figura 22 – Resultados da pergunta 8.



Fonte: Próprio autor.

É possível concluir, a partir do gráfico, que a manutenção preventiva em bombas é empregada nas fábricas, totalizando 86,6% das indústrias pesquisadas, ou seja, 13 das 15 empresas. Percebeu-se também que a maioria das empresas possui planejamento de manutenção preventiva para todas as suas bombas do parque fabril, até para aquelas que não estão em pontos críticos para o processo ou que possuem reserva para substituí-las. Vale salientar também que as bombas críticas para o processo requerem uma atenção maior, visto que as empresas que não realizam manutenção preventiva em todas as bombas focam suas ações para as bombas nessa situação.

A quarta pergunta dessa seção possui o seguinte texto: “marque os tipos de manutenção preventivas que são feitas nas bombas.” Os respondentes possuíam nove opções, sendo elas: “verificação das vazões e pressões”, “verificação do rolamento”, “verificação dos possíveis vazamentos”, “verificação do selo mecânico”, “verificação de possíveis peças desgastadas”, “inspeção do quadro elétrico”, “não efetuamos manutenção preventiva em bombas”, “não possuo informações sobre os detalhes da manutenção preventiva em bombas” e a opção “outros” que possibilitava o acréscimo de ações não mencionadas nos itens anteriores. Vale ressaltar que a periodicidade dessas ações não foram avaliadas na presente pesquisa e que era possível marcar mais de um item da questão.

Dez respostas serão consideradas válidas para a caracterização, visto que quatro pessoas responderam não possuo informações sobre os detalhes da manutenção preventiva e uma respondeu não efetuamos manutenção preventiva nas bombas. As respostas dessa questão estão representadas na tabela 03.

Tabela 03- Resultados da pergunta 9.

Ação	Número de respostas	Porcentagem
Verificação das vazões e pressões.	5	50%
Verificação do rolamento.	10	100%
Verificação de possíveis vazamentos.	10	100%
Verificação do selo mecânico.	10	100%
Verificação de possíveis peças desgastadas.	7	70%
Inspeção do quadro Elétrico	6	60%
Verificação de ruídos e vibrações anormais.	1	10%
Tamanho da amostra	10	100%

Fonte: Próprio autor.

A validade das opções presentes no questionamento pode ser ratificada pelo alto percentual de respostas em cada um dos itens, possuindo um mínimo de 50% para a resposta com o menor percentual, considerando apenas as respostas predefinidas. Esse indica que as

ações são realmente praticadas na indústria. Vale salientar que a opção verificação de ruídos e vibrações anormais foi incluída por um respondente.

Todas as indústrias do espaço amostral verificam o rolamento, possíveis vazamentos e o selo mecânico. Conclui-se que essas ações são de fundamental importância no planejamento da manutenção preventiva e devem estar presentes nas políticas de manutenção preventiva. A verificação de possíveis peças desgastadas e a inspeção do quadro elétrico estão presentes em 70% e 60%, respectivamente, das indústrias pesquisadas, indicando que são boas práticas de manutenção preventiva.

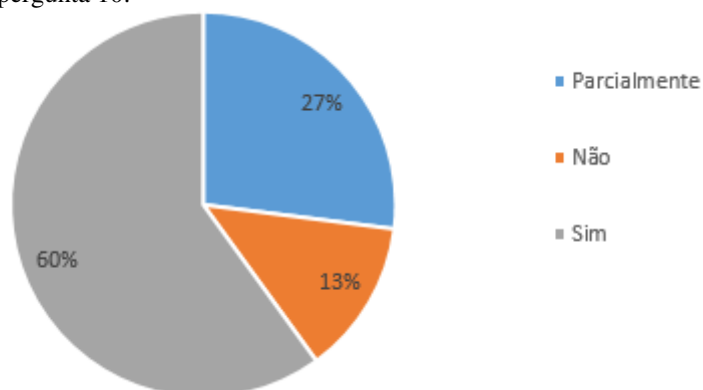
A verificação de ruídos e vibrações anormais, por ter sido incluída por um respondente, e a verificação das vazões e das pressões, por estar presente em apenas metade das empresas estudadas, podem ser incluídas no Ciclo PDCA da empresa para se avaliar a inclusão ou não dessas ações nas políticas de manutenção preventiva da planta.

4.4 Perguntas relacionadas aos compressores

A seção intitulada perguntas relacionadas aos compressores busca avaliar aspectos inerentes da manutenção preventiva, além da existência e a utilização de compressores reservas.

A primeira pergunta da seção possui o seguinte texto: “A empresa trabalha com a utilização de compressores reservas em locais críticos para o processo?”. As respostas dessa questão estão representadas na figura 23.

Figura 23 – Resultados da pergunta 10.



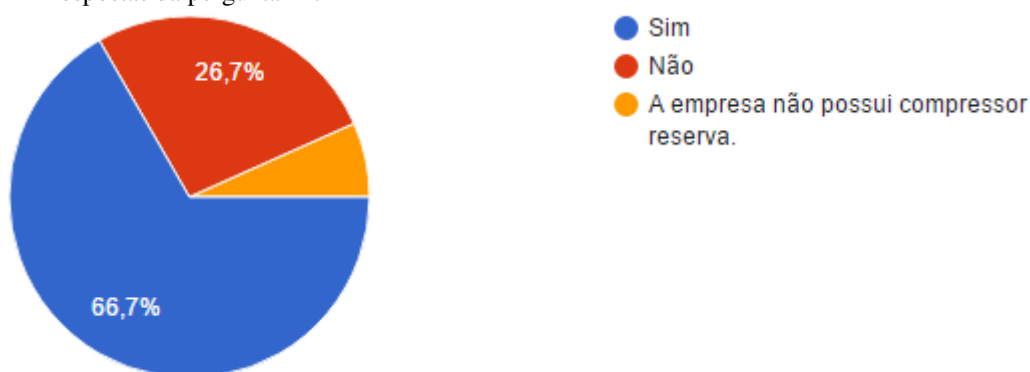
Fonte: Próprio autor.

A porcentagem de indústrias que utilizam compressores reservas em todos os pontos críticos diminuiu em relação às bombas, esse fato pode ser justificado, pois compressores são equipamentos mais caros. Apenas 13% das fábricas pesquisadas não possuem

compressores reservas em nenhum ponto crítico da fábrica, podendo ser considerada até uma ação de risco, visto que o ar comprimido é uma das utilidades fundamentais para as fábricas e uma parada nesse equipamento pode provocar paradas generalizadas nas indústrias. 87% das plantas estudadas possuem compressores reservas em pelo menos um ponto crítico, sendo possível concluir que o investimento em compressores reservas para locais estratégicos é considerado vantajoso.

A segunda pergunta da seção possui o seguinte texto: Periodicamente existe uma alternância entre o compressor reserva e o compressor em funcionamento para que nenhum fique muito tempo parado?. As respostas dessa questão estão representadas na figura 24.

Figura 24 – Respostas da pergunta 11.



Fonte: Próprio autor.

Assim como no caso das bombas, a alternância do compressor em funcionamento pode ser utilizada para prevenir desgastes nos equipamentos provocados por longos períodos de inatividade ou de funcionamento, além disso é difícil prever o real estado de funcionamento de um compressor que está a muito tempo parado. Os resultados são similares aos encontrados nas bombas, das quinze empresas estudadas, dez promovem a alternância e cinco não promovem, sendo que dessas cinco, apenas três possuem compressores reservas. Logo, conclui-se que a alternância é uma boa prática.

A terceira pergunta da seção possui o seguinte texto: “Manutenção preventiva nos compressores é feita em quais casos?”. As respostas dessa questão estão representadas na figura 25.

Figura 25 – Respostas da pergunta 12.

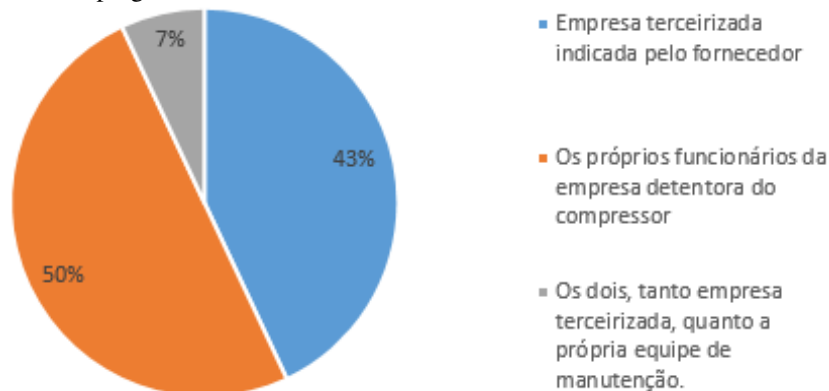


Fonte: Próprio autor.

É possível concluir a partir do gráfico que a manutenção preventiva é empregada nos compressores, visto que pelo menos 93,4% das empresas têm planos de manutenção preventiva para esses equipamentos, porcentagem maior que as bombas. Esse fato pode ser explicado pela dependência das fábricas em relação ao ar comprimido, logo, os compressores não podem parar sem um planejamento prévio.

A quarta pergunta da seção possui o seguinte texto: “Quem é responsável pela manutenção preventiva dos compressores?” As respostas dessa questão estão representadas na figura 26.

Figura 26 – Respostas da pergunta 13.



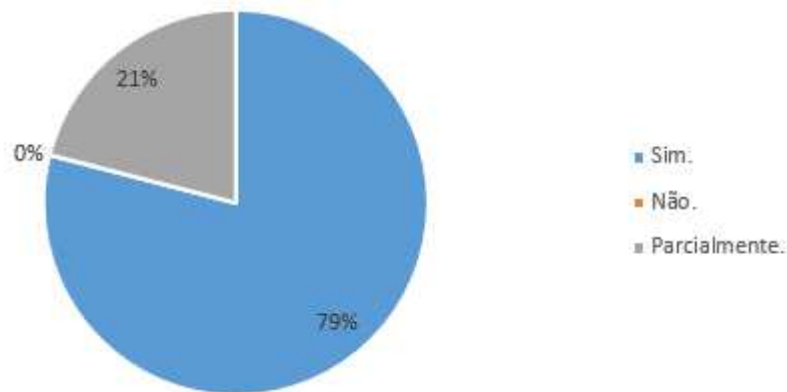
Fonte: Próprio autor.

O espaço amostral da questão quatro são as 14 empresas que possuem manutenção preventiva dos compressores no seu escopo de trabalho. Percebe-se que não existe predominância em relação ao responsável pela atividade, pois em 50% dos casos os próprios funcionários realizam a atividade e em 43% empresas terceirizadas são responsáveis. Logo, não

é possível afirmar uma tendência nesse quesito, deve-se avaliar apenas o conhecimento técnico das pessoas ou empresas responsáveis pela atividade. Em uma das fábricas entrevistadas existe trabalho conjunto entre a empresa detentora e a terceirizada para realizar a atividade. Vale ressaltar que essa opção não foi predeterminada, sendo incluída na opção outros.

A quinta questão dessa seção busca definir as diretrizes propostas na manutenção preventiva dos compressores, possuindo o seguinte texto: “A manutenção preventiva nos compressores é realizada de acordo com as diretrizes dos fabricantes do equipamento?”. As respostas dessa questão estão representadas na figura 27.

Figura 27 – Respostas da questão 14



Fonte: Próprio autor.

A pergunta busca comparar superficialmente as diretrizes utilizadas com as diretrizes definidas pelos fabricantes. O espaço amostral definido nessa questão é o mesmo da pergunta anterior, ou seja, 14 empresas. É possível concluir que a manutenção preventiva é realizada a partir das orientações dos fabricantes, sendo que 79% das empresas seguem fielmente e 21% seguem parcialmente. Logo, admite-se que os fabricantes têm papel direto na elaboração dos planos de manutenção preventiva. Por isso, ao iniciar um planejamento desse tipo, deve se iniciar pelas diretrizes dos fabricantes e promover mudanças a partir da experiência acumulada, podendo utilizar o Ciclo PDCA para auxiliar na tarefa.

5 CONCLUSÃO

A análise permitiu avaliar as políticas de manutenção de 15 indústrias de diferentes ramos de atuação, com predominância para as fábricas localizadas no Ceará. Ao analisar o perfil dos respondentes é possível validar as respostas, visto que suas funções são estritamente ligadas ao processo, produção ou manutenção, sendo a maioria formada na área de atuação.

Conclui-se que o conhecimento básico sobre manutenção é importantíssimo para qualquer gestor fabril, pois para que a falha seja corrigida de maneira eficiente e rápida, se faz necessário um trabalho conjunto das áreas da empresa, tanto manutenção quanto os “donos” da máquina devem estar em sintonia.

Ademais, percebe-se o emprego da manutenção autônoma dentro das plantas de produção, como uma ferramenta útil para preservar os equipamentos e ainda pode ajudar a desenvolver o sentimento de posse que muitas empresas pregam.

A manutenção preventiva mostrou-se vantajosa e uma poderosa arma contra as paradas no processo, sendo empregada por quase todas as empresas do espaço amostral. Entretanto, os planos de manutenção preventiva devem ser planejados adequadamente para que não ocorra gastos desnecessários.

Bombas e compressores são equipamentos cruciais para qualquer processo produtivo, logo, para prevenir incidentes e paradas no processo, podem ser adotadas algumas práticas como a utilização de bombas e compressores reservas e alternância entre os equipamentos em funcionamento, além de um eficiente planejamento e controle de manutenção.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os compressores são equipamentos mais complexos do que bombas, por isso, é possível continuar o presente trabalho a partir da análise dos tipos de manutenção preventivas que são feitas nesses tipos de máquinas.

Ademais, pode se realizar uma pesquisa voltada para definir a periodicidade recomendada da alternância dos equipamentos e das ações da manutenção preventiva. Vale ressaltar que a periodicidade vai ser diretamente dependente das condições de uso, logo, a análise deve ser mais criteriosa e levar em consideração situações semelhantes.

Além disso, uma pesquisa comparativa entre as manutenções preventivas e preditivas poderia definir estratégias na escolha do melhor tipo de manutenção.

A gama de possibilidades é imensa, sendo possível variar o equipamento, o modelo, além de outros fatores.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, C.; *O que é o índice OEE e para que serve?*, 2013. Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/o-que-e-o-indice-oee-e-para-que-serve/>>. Acesso em 20.out.2018.

Ciclo PDCA: uma ferramenta imprescindível ao gerente de projetos!, 2017. Disponível em: <<https://www.projectbuilder.com.br/blog/ciclo-pdca-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos/>>. Acesso em: 02.out.2018.

CREMASCO, M. A. *Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos*, 1. ed. São Paulo: Ed. Edgar Blucher Ltda, 2012.

HAHN, A. *Compressores: Guia Avançado*, 1. Ed. Rio de Janeiro: Procel Indústria, 2004.

KARDEC, A. P.; NASCIF, J.; *Manutenção: função estratégica*, 3. ed. rev. e amp. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MACINTYRE, A. J.; *Equipamentos industriais de processo*, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MOREIRA, T. C. N; *A história da evolução do sistema de gestão de manutenção*. 2017. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650/>>. Acesso em: 15.set.2018.

O que é Selo Mecânico?, 2007. Disponível em: <<http://www.ultraseal.com.br/noticias/o-que-e-selo-mecanico/>>. Acesso em 05.nov.2018.

SILVA, S. D. J.; COSTA, J. F.; *Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion*. PMKT – Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia São Paulo, v. 15, p. 1-16, outubro. 2014. Disponível em:

<http://www.revistapmkt.com.br/Portals/9/Volumes/15/1_Mensura%C3%A7%C3%A3o%20e%20Escalas%20de%20Verifica%C3%A7%C3%A3o%20uma%20An%C3%A1lise%20Comparativa%20das%20Escalas%20de%20Likert%20e%20Phrase%20Completion.pdf>. Acesso em: 02.nov.2018.

SILVEIRA, C. B.; *OEE, cálculo de eficiência da planta e integração de sistemas*, 2011. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/oe-calculo-eficiencia-equipamentos-integracao-sistemas/>>. Acesso em: 20.out.2018.

TELES, J.; *Como elaborar planos de manutenção preventiva*, 2018. Disponível em: <https://engeteles.com.br/plano-de-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 15.out.2018.