

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANTONIO FERNANDO DOS SANTOS NETO**

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA MOTORES  
ELÉTRICOS DE UMA PLANTA FABRIL**

Campina Grande, Paraíba  
Dezembro de 2018

ANTONIO FERNANDO DOS SANTOS NETO

## ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA MOTORES ELÉTRICOS DE UMA PLANTA FABRIL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

**Área de Concentração:** Eletrotécnica

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.

**Orientador**

Campina Grande, Paraíba  
Dezembro de 2018

ANTONIO FERNANDO DOS SANTOS NETO

## ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA MOTORES ELÉTRICOS DE UMA PLANTA FABRIL

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

**Área de Concentração:** Eletrotécnica

Aprovado em: 06 / 12 / 2018

---

**Jalberth Fernandes de Araújo**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

---

**Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador

Campina Grande, Paraíba  
Dezembro de 2018

Dedico este trabalho aos meus pais, que com muita dificuldade conseguiram fazer com que eu realizasse um sonho.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, pois sem a intenção Dele eu não conseguiria encarar e aguentar todas as dificuldades encontradas até aqui.

Aos meus pais, Claudijan Fernando e Aleksandra da Silva Santos, pelo incentivo e toda dedicação que tiveram.

Aos meus irmãos, Clauber e Aline, que me apoiaram e souberam compreender todos os momentos difíceis, de anseios e ausência que passei.

Ao Pseudomitos, grupo de estudo formado por amigos da graduação com intuito de sanar dúvidas e compartilhar dificuldades encontradas na graduação.

Aos meus familiares, que me acompanharam nesta jornada, trazendo incentivo e força para que eu tivesse êxito. Em especial, agradeço aos meus avós, Arlete, Maria José, Antonio Fernando e Vicente Januário, que foram decisivos para que esse meu objetivo tornasse realidade.

Agradeço a minha estimada patroa Dona Socorro e ao escritório MCS – Projetos e Consultoria em Engenharia Elétrica, lugar onde eu trabalhei durante os últimos quatro anos de minha graduação.

Agradeço aos colaboradores do escritório Amadeu Projetos; Ricardo Amadeu, Allan Silva (quem abriu meus olhos para engenharia elétrica), Felipe Nobrega, Maiara Jihane, Pasccolly Túlio e Tarcisio Feitosa.

Agradeço a página Eletrica Academy por compartilhar experiências de um profissional que utiliza a termovisão como ferramenta de trabalho.

Agradeço ao coordenador da manutenção Caio César, e ao eletricista Thiago Carvalho, por colaborar sanando dúvidas e compartilhando experiência no setor da manutenção.

Por fim, agradeço ao meu orientador Célio Anésio, que durante toda a graduação me ajudou de forma determinante, não apenas com conhecimento teórico e prático, mas também, com conselhos e com relatos por ele passado que foi de grande valia para que este trabalho fosse concluído.

“Mantenha suas atitudes positivas, porque suas atitudes tornam-se seus hábitos. Mantenha seus hábitos positivos, porque seus hábitos tornam-se seus valores. Mantenha seus valores positivos, porque seus valores... Tornam-se seu destino.”

Mahatma Gandhi

## RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se um estudo introdutório a respeito dos tipos de manutenção, servindo de base para entender as melhores práticas de manutenção e quando elas devem ser aplicadas de forma eficaz em uma planta fabril. Complementando a fundamentação teórica, foram descritas as falhas que corriqueiramente apresentam-se em motores elétricos. Neste referido trabalho, foi apresentado também, instrumentos de medição capaz de identificar falhas incipientes em motores elétricos. E como aplicação do estudo, foi elaborado um plano de manutenção com objetivo de aumentar a vida útil dos motores elétricos da planta fabril.

**Palavras Chaves:** Plano de Manutenção, Falhas, Motores Elétricos, Disponibilidade.

## ABSTRACT

In this work, an introductory study about the the types of maintenance is presented as basis for understanding the best practices of maintenance and when they should be applied effectively in a manufacturing plant. Complementing the theoretical basis, the shortcomings that usually present itselfs in electric motors. In this work is also presented, measuring instruments capable of identifying faults incipient electric motors. And as an application of the study, a maintenance plan to increase the life of the manufacturing plant.

**Key Words:** Maintenance Plan, failures, electric motors, availability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Evolução Temporal da Manutenção Industrial. ....	13
<b>Figura 2:</b> Imagem termográfica de um motor elétrico. ....	19
<b>Figura 3:</b> Curto-circuito entre espiras. ....	20
<b>Figura 4:</b> Analisador de motor e qualidade de energia Fluke 438-II. ....	22
<b>Figura 5:</b> Este instrumento verifica a vibração em motores elétricos. ....	23
<b>Figura 6:</b> Instrumento de Termovisão. ....	24
<b>Figura 7:</b> Máquina de produção de macarrão. ....	25
<b>Figura 8:</b> Motor elétrico sem placa de identificação. ....	28
<b>Figura 9:</b> Motor elétrico com placa de identificação legível. ....	29
<b>Figura 10:</b> Organograma primário da manutenção. ....	31

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS .....	11
1.2	MÉTODOS ADOTADOS .....	12
1.3	ESTRUTURA .....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	14
2.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	15
2.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	15
2.4	PRODUTIVA DIGITAL.....	16
3	PROBLEMAS EM MOTORES ELÉTRICOS.....	18
3.1	SUPERAQUECIMENTO .....	18
3.2	CURTO-CIRCUITO .....	19
3.3	PROBLEMAS GERAIS DA PLANTA EM ESTUDO.....	20
4	INSTRUMENTOS PARA PREDIÇÃO DE FALHAS.....	22
4.1	ANALISADOR DE QUALIDADE DE ENERGIA.....	22
4.2	ANALISADOR DE VIBRAÇÃO .....	23
4.3	ANALISADOR TERMOGRÁFICO .....	23
5	ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO .....	25
5.1	CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....	27
5.2	CRONOGRAMA.....	30
5.3	INTEGRAÇÃO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO .....	30
5.4	PRONTUÁRIO DA MANUTENÇÃO .....	32
5.5	ORIENTAÇÕES GERAIS.....	32
6	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

# **1 INTRODUÇÃO**

Com advento da globalização, os sistemas de produção estão cada vez mais competitivos, e a busca por produtos com alta qualidade a custos competitivos está cada vez maior. Com isso, os conhecimentos a respeito das técnicas de manutenção vêm ganhando evidência no setor produtivo para que os custos de produção sejam reduzidos e as falhas que causam interrupção na produção sejam as mínimas possíveis.

O gerenciamento das atividades de manutenção está cada vez mais evidente com o aumento da competitividade industrial. Dentro desse contexto, a manutenção preventiva e preditiva são as maiores aliadas dos planos de gerenciamento estratégico da manutenção, garantido aumento da confiabilidade e disponibilidade de todo sistema produtivo.

Em seu sentido mais amplo, as técnicas de manutenção devem trazer soluções eficientes e eficazes. Programas de manutenção preditiva e preventiva começaram a substituir o conceito de quebrar/consertar, passando a ter diretrizes estratégicas visando a maximização dos lucros e reduzindo as perdas por hora de inatividade [1].

Dessa forma, torna-se necessária a realização de um estudo que proporcione a criação e implementação das técnicas de manutenção que venham garantir a integridade das máquinas, permitindo assim, a operação contínua, pelo maior tempo possível.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresenta-se como uma alternativa na busca de elaborar um plano de manutenção moderno e simplificado, visando aumentar a vida útil dos motores elétricos de uma planta fabril alimentícia, além disso, reduzir os custos de manutenção das máquinas.

## **1.1 OBJETIVOS**

O objetivo deste relatório foi elaborar um plano de manutenção simplificado e eficaz com propósito de aumentar a vida útil dos motores elétricos. Desse modo,

possibilitando que uma máquina de produção de macarrão passe a operar com maior confiabilidade e reduzindo o tempo de inatividade da produção.

## **1.2 MÉTODOS ADOTADOS**

O método para fundamentar este trabalho teve como base a realização de estudo introdutório da manutenção a partir de livros, trabalhos anteriores e artigos publicados na bibliografia.

Para elaboração do plano de manutenção, foi preciso acompanhar o dia a dia da equipe de manutenção, fazer questionário para coordenador e corpo técnico da manutenção, e ouvir relatos durante as atividades realizadas por esses profissionais.

## **1.3 ESTRUTURA**

No capítulo 2, foi apresentada uma fundamentação teórica a respeito da manutenção, visando justificar os métodos de manutenção utilizado neste trabalho. Após essa fundamentação teórica, no capítulo 3, foram apresentados problemas recorrentes em motores elétricos, para assim, no capítulo 4, foram apresentados instrumentos de fundamental importância para análise das condições dos motores elétricos. Por fim, no capítulo 5 foi elaborado um plano de manutenção conforme a necessidade da planta em questão.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com intuito de fundamentar o Plano de Manutenção (PM), serão levantadas definições básicas a respeito da manutenção. Por sua vez, a manutenção pode ser relacionada com a garantia de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos de tal forma que atenda todo processo produtivo com segurança [2].

A norma brasileira (NBR 5462) define manutenção como “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item num estado no qual possa desempenhar uma função requerida” [3].

Em linhas gerais, a manutenção está relacionada com a correção e prevenção de falhas, entretanto, tratando-se de uma planta fabril, deve-se levar em consideração os custos para reparos e o tempo de inatividade da produção, passando assim, a ser considerada como uma ferramenta estratégica para o sistema de gestão da empresa.

Hoje existem diversos tipos de manutenção, e na Figura 1 pode-se entender que a evolução temporal justifica o porquê ser tão difícil implementar um PM em todas as plantas fabris, considerando que as melhores práticas são recentes.

**Figura 1:** Evolução Temporal da Manutenção Industrial.



Fonte: Benício (2017).

Com o surgimento de novos métodos de manutenção, o entendimento que a manutenção reflete direto no valor final e na qualidade do produto é recente. Como nos últimos anos tiveram avanços consideráveis na tecnologia dos equipamentos de monitoramento operacional das máquinas, os programas de gerenciamentos da manutenção estão cada vez mais aperfeiçoados e eficazes.

Quando é feito o gerenciamento da manutenção, procura-se observar o tipo de manutenção mais adequado para cada planta, ou seja, não existe um tipo de manutenção que seja o melhor, e sim, qual o método mais adequado para cada situação. Portanto, para poder implementar um plano de manutenção consistente, apresenta-se a seguir, a definição de alguns métodos de manutenção e seus benefícios.

## **2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA**

Considerada como o método de manutenção mais elementar entre os tipos de manutenção existentes, a manutenção corretiva em sua essência se baseia no ato de reparar só após a ocorrência da falha. Embora seja um método de simples implementação, para sua otimização e aplicação em uma planta fabril é necessário que haja soluções eficientes e eficazes que prolongue a ocorrência dessas falhas.

Cabe destacar que esse tipo de manutenção é a que necessita de mais recurso durante a apresentação de uma falha tendo em vista que quando ocorre uma falha em um motor, a depender do grau de importância do setor produtivo e de onde ocorreu o defeito, acaba comprometendo todo o sistema de produção.

A manutenção corretiva é dividida em duas classes; manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada. A não planejada é aquela que acontece a correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato [5]. Já a planejada ocorre, por exemplo, pela decisão gerencial de operar até a ocorrência da falha, ou em função de um acompanhamento preditivo [6].

Portanto, para escolher a manutenção corretiva como método na gestão estratégica da manutenção, deve-se ter a situação em que o reparo não demore a ponto de comprometer a produção. Também deve-se levar em consideração a

necessidade de ter peças para reposição, ferramentas para execução e colaboradores qualificados para identificação e reparo de falhas.

## **2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

A manutenção preventiva está centrada na prevenção e redução de falhas, e também, na alteração de desempenho da máquina, obedecendo a um plano previamente determinado, o qual tem intervalos de tempos definidos [2].

De fato, é comprovado, pelos trabalhos anteriormente publicados na bibliografia, como exemplo o de Costa e de Nacabú, que ao aplicar um plano de manutenção preventiva a empresa passa a ter avanços consideráveis na confiabilidade e disponibilidade da produção. Os benefícios são diversos, Nancabú [7] destacam eles como: redução da perda de produção, manutenção mais econômica e eficaz, controle rigoroso de peças sobressalentes, redução do custo de produção.

Os benefícios que a manutenção preventiva traz, é resultado do acompanhamento dos motores elétricos e de um cronograma de atividades necessárias para que se tenha um prolongamento da vida útil. Essas atividades se baseiam no acompanhamento de grandezas elétricas, lubrificação dos motores e acompanhamento da temperatura.

Para a execução de um plano de manutenção preventiva exige-se um comprometimento de todos os colaboradores da planta, seja de cargos gerenciais como coordenadores de manutenção, seja de cargos operacionais, como técnicos e operadores da máquina.

## **2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA**

A manutenção preditiva está relacionada com o ato de previsão (prever), ou seja, identificar elementos ou parâmetros que mostrem o que pode ocorrer no futuro próximo. Assim sendo, pode-se definir como o tipo de manutenção que requer um acompanhamento de variáveis ou parâmetros de modo sistêmico, visando a necessidade ou não de intervenção [5].

Em linhas gerais, Nancabú [7] define como ponto ótimo para a realização da manutenção preditiva em um equipamento, o ponto a partir do qual a probabilidade de o equipamento falhar assume valores indesejáveis. Isso pode ser atribuído porque não adiantaria nada acompanhar um motor elétrico, identificar alterações nos parâmetros do motor e nada fazer, mesmo sabendo que algo de errado está acontecendo com o equipamento analisado.

Embora a detecção de falhas de forma antecipada seja de fundamental importância na redução de prejuízo na produção, ela exige a aquisição de equipamentos específicos. Pelos benefícios que tais equipamentos podem oferecer, deve ser visto como forma de investimentos e não como despesas para a empresa.

Para se ter a manutenção preditiva como método de gestão estratégica da manutenção, é razoável que haja inspeções periódicas nos motores elétricos. Essas inspeções devem ser realizadas por pessoas capacitadas e com equipamentos adequados. Benício [4] deixa claro em seu trabalho a importância de se ter pessoas capacitadas para realizar tais atividades, pois são elas quem realizarão as medições e vão gerar uma prescrição com todos os diagnósticos do motor analisado.

Para finalizar, qualquer que seja o método de manutenção utilizado como gestão estratégica em uma unidade fabril que venha a ter êxito, deve-se ter seu total detalhamento e sofrer atualizações periódicas, pois é a planta fabril que indicará os setores com maior vulnerabilidade e que requer maior atenção do setor de manutenção.

## **2.4 PRODUTIVA DIGITAL**

A manutenção produtiva digital se assemelha com a preditiva. Entretanto, a produtiva digital requer níveis elevados de automatização no acompanhamento dos motores elétricos [7].

O fato desse método proporcionar o acompanhamento em tempo real dos dados que estão sendo analisados, acarreta em um tipo de manutenção com investimentos iniciais mais onerosos para a empresa. Por isso, na elaboração do plano de manutenção deste trabalho, será levado em consideração apenas os métodos anteriores.



### **3 PROBLEMAS EM MOTORES ELÉTRICOS**

Esta seção tem como objetivo abordar falhas em motores elétricos que são comumente apresentados em uma planta fabril. Não é do interesse deste trabalho trazer definições robustas das causas e soluções dessas falhas, mas sim, justificar a implementação do PM e a sugestão da aquisição dos equipamentos especificados no capítulo 4.

#### **3.1 SUPERAQUECIMENTO**

Superaquecimento em motores elétricos ocorrem de forma recorrente nas plantas fabris. As causas de superaquecimento em motores elétricos segundo Hand [1] podem ser: linha, operador, controle, falha do motor, localização e manutenção. Desbalanceamento entre fases, sobrecarga do motor, operação equivocada da máquina, ambiente fora das condições exigidas pelo fabricante do motor, reflete diretamente no desempenho e operação dos motores elétricos.

Como pode ser visto, superaquecimento em motores podem ser ocasionados por diversas causas então, é de grande valia ter o acompanhamento sucinto desses motores no intuito de antecipar uma falha mais grave. Catálogos de fabricantes costuma deixar claro a temperatura ambiente e a temperatura máxima que o motor deve ficar em condições nominais. Vale destacar, que na planta em estudo, que foi apresentada no capítulo 5, os motores da máquina funcionam em regime contínuo o que os levam a operarem com temperatura elevadas.

O acompanhamento da temperatura dos motores elétricos, com auxílio de termovisores, como fonte de prevenção de falhas mais graves vem ganhando destaque de empresas de consultorias. A partir de treinamentos direcionados, uma equipe de manutenção qualificada pode fazer esse acompanhamento e trazer ótimos resultados para a unidade indústria.

Com a crescente necessidade de melhorar a eficiência na manutenção, novas ferramentas para auxílio de análises por imagem vêm surgindo. A Fluke [8], em seu catálogo apresentam informações pertinentes da manutenção e a importância da

termografia na manutenção preditiva. Essas inspeções não implicam em procedimentos que exijam o desmonte ou contato direto com equipamento. Na Figura 2 apresenta-se um exemplo de uma imagem termográfica de um motor elétrico.

**Figura 2:** Imagem termográfica de um motor elétrico.



**Fonte:** Fluke (2018).

Fator de sobrecarga pode ser visto nas inspeções básicas de corrente e tensão, e também com auxílio de imagens termográfica, e uso do tacômetro que pode informar de forma rápida se o motor está sobrecarregado. Sempre que possível, antes de tomar uma decisão, é importante fazer relações com as medições coletadas, por exemplo, ao constatar alteração na velocidade do motor comparar com as imagens recentes de termográfica para identificar se o motor também está aquecendo.

A depender do modelo do motor elétrico os rolamentos possuem ou não graxas. Para aqueles que têm, existe a necessidade de realizar procedimentos de manutenção com intuito de prolongar o máximo possível a vida útil do sistema de mancais. Não realizar esse tipo de procedimentos, pode levar a aquecimentos indesejáveis. A WEG [9] recomenda em seu manual; fazer observações para saber o real estado dos mancais, lubrificação e limpeza, exame minucioso dos rolamentos.

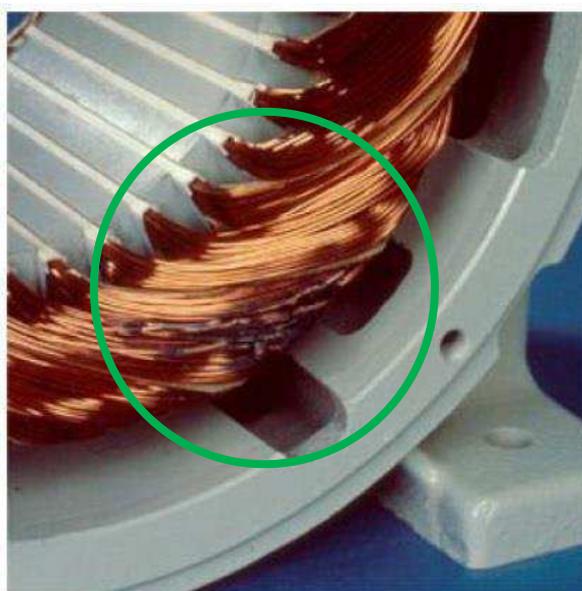
### **3.2 CURTO-CIRCUITO**

No contexto industrial a ocorrência de falhas que exige a substituição dos motores elétricos deve ser identificada com precisão. Hand [1], aponta que curto-

circuito é uma avaria comum em um enrolamento e o exige o rebobinamento ou substituição do motor.

Este tipo de falha no isolamento é tipicamente causado por contaminação do enrolamento, abrasão, vibração ou surtos de tensão, podendo ser agravadas por falhas ou ineficiência do processo de impregnação [10]. Em sua dissertação, Silva apresenta a imagem de um motor com as espiras em curtos, que pode ser visto na Figura 3.

**Figura 3:** Curto-circuito entre espiras.



**Fonte:** Adaptado de [10].

Falha de curto-circuito é um problema que requer profissionais com conhecimentos avançados na manutenção, normalmente as empresas preferem terceirizar esse tipo de serviço. Mesmo esse tipo de serviço sendo terceirizado, sugere-se que a planta tenha um histórico dos problemas dos motores, apontando as áreas problemáticas que devem ser melhoradas.

### **3.3 PROBLEMAS GERAIS DA PLANTA EM ESTUDO**

Durante o período de estudo na fábrica da Vitamassa, situada em Caruaru-PE, foi relatado pelos técnicos da manutenção elétrica as falhas que

corriqueiramente ocorrem na fábrica. As principais falhas são: cabo rompido, desgastes das bobinas e desarmes de motores.

As vibrações, embora não foi relatado pelo corpo técnico da planta em estudo, são problemas comuns em motores elétricos. Folgas, defeitos ou desalinhamento nos rolamentos ou mancais das máquinas produz uma frequência específica que em condições normais de funcionamento teria outro tipo de comportamento [11].

Mediante o exposto, foram apresentadas medidas para que essas falhas não ocorram com tanta frequência, e quando ocorrer, seja solucionada com celeridade. De toda forma, o acompanhamento visual e com instrumentos de medição, é fundamental para antecipação de falhas e prolongamento do funcionamento dos motores elétricos.

No próximo capítulo, foram mostrados instrumentos necessários para identificação de falhas em motores elétricos.

## 4 INSTRUMENTOS PARA PREDIÇÃO DE FALHAS

Quando trata-se de eletricidade, instrumentos de medição de corrente e tensão são imprescindíveis. Saber utilizar esses instrumentos é de fundamental importância para garantir a segurança e também as tomadas de decisões a partir das análises feitas.

Alguns instrumentos de medição podem ajudar a identificar, prever, prevenir, e até resolver falhas de naturezas elétricas ou mecânicas. Falhas de natureza elétrica, como harmônicos indesejáveis, desequilíbrio de fases, e alteração na potência do motor, deve ser identificado por analisadores de qualidade de energia que pode ser visto a seguir.

### 4.1 ANALISADOR DE QUALIDADE DE ENERGIA

O desbalanceamento de tensão fará um motor funcionar a uma temperatura mais elevada, podendo ocasionar falhas [1]. Correntes elevadas, também indicam algum tipo de falha no motor, como enrolamento em curto ou aberto. Nessa linha, na Figura 4, mostra-se um analisador de qualidade de energia elétrica capaz de obter facilmente os valores de tensão, corrente, potência e fator de potência.

**Figura 4:** Analisador de motor e qualidade de energia Fluke 438-II.



Fonte: Adaptado de [12].

## 4.2 ANALISADOR DE VIBRAÇÃO

A vibração é a principal causa de falha nos rolamentos dos motores, em seu manual [9] a WEG deixa claro os cuidados que deve-se ter com problemas de vibrações nos motores. Na Figura 5 mostra-se um modelo de um analisador de vibrações em motores elétricos.

**Figura 5:** Este instrumento verifica a vibração em motores elétricos.



**Fonte:** Adaptado de [1]

Com inspeções feitas de forma programada, caso seja encontrado níveis de vibrações fora do padrão, ações corretivas pode então ser programadas antes que problemas mais graves venham ocorrer [1].

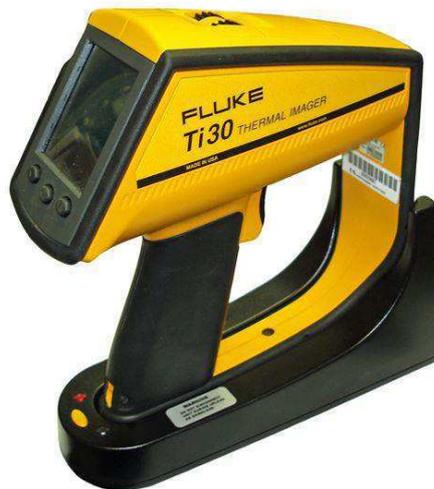
Na análise de vibração, é necessário que o sensor esteja em um local que não sofra outras influências, em locais rígidos e protegidos para que possa funcionar plenamente e trazer resultados satisfatórios.

## 4.3 ANALISADOR TERMOGRÁFICO

A análise por termovisão é uma técnica não invasiva que possibilita a medição de temperaturas ou a avaliação das diferenças da distribuição térmica, a partir do princípio da radiação infravermelha [13]. A preocupação com aquecimento, acima do esperado, em motores vem se destacando e evoluindo cada vez mais.

Os termovisores podem ser encontrados de todas formas e tamanhos, mas o princípio de funcionamento será o mesmo e os resultados equivalentes. Na Figura 6, mostra-se um equipamento considerado pequeno e de fácil manuseio, fator que deve ser levado em consideração para aplicação de inspeção dentro da indústria.

**Figura 6:** Instrumento de Termovisão



**Fonte:** Adaptado de [8].

Após a realização do monitoramento dos motores, as imagens devem ser guardadas para que possa ser feita uma análise comparativa com registros anteriores. Isso deve ser feito com intuito de acompanhar e estabelecer um histórico de comportamento de cada motor.

## 5 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O estudo foi desenvolvido com base em uma máquina de produção de macarrão. Essa máquina é composta por 114 motores elétricos e tem a capacidade de produzir em média 2.200 kg/h de massa pronta de macarrão. O processo de fabricação pode ser resumido nas seguintes etapas: batedor da massa, prensa, corte, pré-aquecimento, secagem e resfriamento.

Afim de compreender melhor a magnitude da máquina a Figura 7 busca mostrar em forma de perspectiva todo o conjunto da máquina. Embora não possa ser visto por essa figura, os motores que fazem parte da máquina ficam na parte interna ou na parte superior da máquina.

**Figura 7:** Máquina de produção de macarrão.



**Fonte:** Próprio Autor.

Visando elaborar um PM que possa atender de forma eficiente e prático as necessidades da planta em análise, foi realizado um questionário para identificar a situação da manutenção no que tange o aumento de vida útil dos motores elétricos.

Nesse questionário, cabe também, identificar os instrumentos utilizados na realização de inspeções, o volume de informações sobre a parte produtiva da máquina, e também como funciona a interação entre o corpo técnico e de coordenação.

No Quadro 1, consta o questionário que foi aplicado ao coordenador responsável pela equipe de manutenção da máquina. Cabe destacar, que a máquina em estudo é composta por uma equipe de manutenção elétrica, como também, por uma equipe de manutenção mecânica. Como é de interesse deste trabalho trazer contribuições relacionadas a durabilidade e continuidade de funcionamento dos motores, o questionário foi aplicado apenas a equipe responsável pela parte elétrica.

**Quadro 1:** Questionário aplicado ao coordenador responsável.

QUESTÕES	SIM	NÃO	JUSTIFICATIVA
1. A empresa possui algum controle de despesas com manutenção?		X	
2. Existe histórico de falhas dos equipamentos?	X		
3. Existe algum sistema informatizado do controle da manutenção.		X	
4. Existe cronograma de atividades para manutenção?		X	
5. Existe equipamentos sobressalentes para reparo?	X		
6. Existe conhecimentos das falhas comuns?	X		
7. Existe algum tipo de serviços nos motores elétricos que é feito por empresa terceirizada?	X		rebobinamento
8. A coordenação tem conhecimento da perda, em reais, por hora de inatividade?	X		
9. Durante desligamentos programados de natureza adversa, é aproveitado esse tempo para realização de alguma inspeção nos motores da máquina?		X	

**Fonte:** Próprio Autor.

A troca de informações com o profissional que trabalha de forma cotidiana com a máquina é imprescindível e enriquecedora para elaboração e implementação do PM. É esse profissional quem passa pelas dificuldades no dia a dia, como também é quem acompanha de perto toda a produção da máquina.

Atualmente, os colaboradores da parte elétrica da máquina ficam sobre alerta para qualquer intervenção na máquina. Durante a ocorrência de uma falha, um sinal sonoro é emitido e a equipe vai ao local da ocorrência para que seja sanado o problema de forma mais rápido possível. Sabendo disso, o questionário apresentado

no Quadro 2, foi aplicado ao técnico para que se tenha maior conhecimento da planta.

**Quadro 2:** Questionário aplicado ao técnico responsável pela parte elétrica.

QUESTÕES	SIM	NÃO	JUSTIFICATIVA
1. O colaborador do setor da manutenção é responsável pelo reparo dos motores?	X		
2. Existe histórico de falhas dos equipamentos?		X	
3. Existe cronograma de atividades para manutenção?		X	Mas existe pausas na produção para manutenção.
4. Existe equipamentos sobressalentes para reparo?	X		
5. Existe paradas para lubrificação dos equipamentos?		X	
6. Existe conhecimentos das falhas comuns?	X		

**Fonte:** Próprio Autor.

A partir das respostas obtidas e apresentadas nos quadros 1 e 2, como na planta não existe equipamentos para predição de falhas e nem cronograma de atividades preventivas, pode-se concluir que o modelo de manutenção existente na planta é o da manutenção corretiva com influência da manutenção preventiva. Baseado na fundamentação teórica e nas limitações da planta, pode-se obter um melhor desempenho para manutenção da máquina em estudo, usar o modelo da manutenção preditiva e preventiva, concomitantemente.

Como a máquina funciona 24h por dia, é interessante adotar métodos de análises e intervenções não invasivas, de maneira a obter resultados satisfatório sem redução significativa da produção. As alterações de metodologia de trabalho julgadas necessárias para melhorar o desempenho da equipe de manutenção face a vida útil dos motores elétricos, deverá ser apresentada e discutidas em reuniões com supervisores e encarregados, para que posteriormente possa ser, de fato, implementado o plano de manutenção.

## 5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O PM passa pelo levantamento dos motores elétricos quanto a sua importância para o funcionamento da máquina. Esta etapa consiste no levantamento

e na etiquetagem dos dados de placa do motor, pois a partir dela pode-se identificar as condições ideais para operação do motor.

Um banco de informações deve ser criado com intuito de deixar salvo as etiquetas dos motores, como também, a informação contendo o local que o motor está operando. Foi visto em planta que a máquina possui um *layout* ilustrativo desenvolvido pela equipe de automação contendo imagens dos motores da máquina e seu campo de atuação. Então, na etiquetagem cabe fazer uma relação com essas informações dos motores que já estão ilustrados para que possa ter contribuições efetivas para equipe de manutenção.

Como forma de ilustração para equipe técnica, foi coletada imagens das placas dos motores elétricos por meio de fotografia, focando nas informações de corrente, tensão, potência, rendimento, fator de potência e velocidade de rotação do motor. Durante a coleta de imagens dos dados de placa, foi visto que nem todos os motores possuíam sua identificação, como mostra-se na Figura 8. Essa limitação já era esperada, e justamentente por isso é recomendável essa etiquetagem dos motores e o seu registro de informações, tornando-se assim uma ferramententa imprescindível para o sucesso do PM.

**Figura 8:** Motor elétrico sem placa de identificação.



**Fonte:** O próprio Autor.

Com o banco de informação contendo as etiquetas dos motores juntamente com o local de operação na máquina, fica mais fácil para que o técnico possa fazer a inspeção e realizar diagnóstico preciso. Em caso de não existência dos dados de placa do motor, pode ser feito ensaios visando estimar tais valores, como não é do interesse deste plano a realização desse tipo de procedimento, recomenda-se que nas substituições dos motores por mais novos, seja feita a coleta dessas informações. Na figura 8, pode-se observar com precisão os valores de interesse para acompanhamento da equipe de manutenção.

**Figura 9:** Motor elétrico com placa de identificação legível.



**Fonte:** O próprio Autor.

No Quadro 3 estão as informações extraídas do motor da Figura 9 e que devem estar presentes em locais de fácil acesso da equipe responsável pela aferição das condições dos motores. A referência M46 representa o motor e o local que ele está, essa informação deve ser a mesma apresentada na IHM (Interface Homem Máquina).

**Quadro 3:** Informações que deve constar na etiqueta dos motores elétricos.

Ref	Pot. W	Tensão V	Corrente A	Velocidade rpm	Rend. %	FP
M46	75.000	380	141	1775	94,6	0,85

**Fonte:** Próprio Autor.

## 5.2 CRONOGRAMA

Um cronograma de manutenção deve ser implantado e seguido por toda equipe que opera a máquina. Coordenadores, técnicos e operadores devem ficar alinhados para fazer a manutenção e os diagnósticos para que se possa tomar providências direcionadas.

O cronograma proposto e exposto no Quadro 4, tem como finalidade apresentar o conjunto de boas práticas para a gestão da manutenção que deve estar em consonância com os catálogos dos fabricantes de motores elétricos da máquina. É razoável que esse cronograma atenda às necessidades da planta sem que cause impacto significativo na produção.

**Quadro 4:** Cronograma de atividades para inspeção nos motores elétricos

<b>Atividade</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Semanalmente</b>	<b>Cada 3 meses</b>	<b>Anualmente</b>
Inspeção de ruído e vibração	X			
Controle do fator de serviço		X		
Análise de aquecimento		x		
Limpeza e lubrificação			X	
Reaperto de parafusos			X	
Limpeza dos mancais e substituição – se possível				x

**Fonte:** Próprio Autor.

Baseado nas limitações da planta, é recomendável que durante a execução dessas atividades, seja escrito um relatório de atividades realizada pela equipe técnica, afim de manter o plano atualizado e eficiente. Com esta prática, os coordenadores poderão acompanhar de forma detalhada e estruturada toda parte de manutenção da máquina, podendo gerir e alocar os recursos destinados à manutenção de forma eficiente e controlada.

## 5.3 INTEGRAÇÃO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO

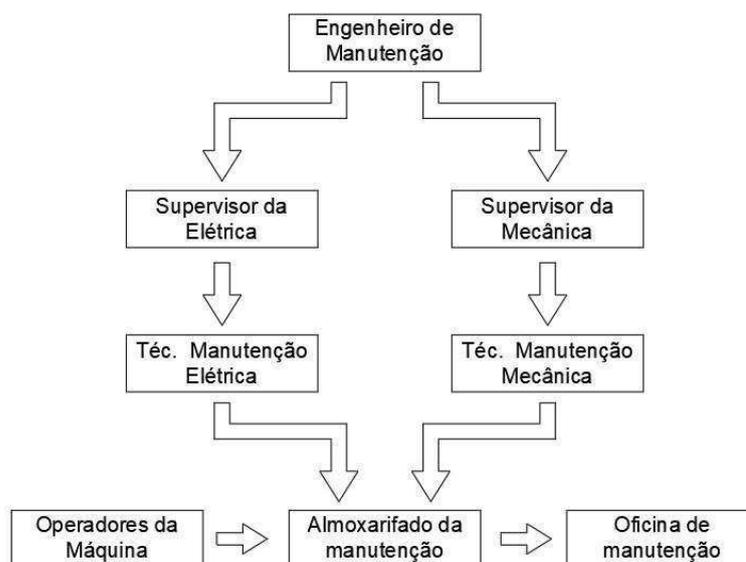
Os encarregados da planta relataram a inexistência de uma integração da equipe de manutenção, até mesmo, de funcionários do próprio setor. Como exemplo, foi relacionado que durante a ocorrência de falha no turno da tarde, o responsável pela manutenção no turno da manhã não tem o conhecimento da falha que ocorreu. Segundo colaboradores, essa falta de integração acontece porque a

ficha de ocorrência de falha é recolhida pelo turno da manhã antes que a equipe técnica tome conhecimento das falhas do dia anterior.

Para que o plano de manutenção possa ser implementado e consolidado dentro da planta fabril, é necessário que haja comunicação entre todos os setores e que essa comunicação seja de duas vias, possibilitando um diálogo e surgimento de ideias capaz de fortalecer a gestão da manutenção. Como a função da manutenção perpassa os objetivos organizacionais, deve-se ser feita a melhora da comunicação e troca de informações entre os colaboradores, aproveitando o controle já existente na planta.

Estabelecer uma organização da equipe de manutenção que mais se adeque a planta, exige uma avaliação por um longo período de tempo. Na Figura 9 está apresentado um organograma primário para a manutenção.

**Figura 10:** Organograma primário da manutenção.



**Fonte:** O próprio Autor.

A principal mudança que deve ocorrer na planta com relação ao comportamento dos colaboradores é a existência de interação entre as funções distintas. Os operadores devem seguir as instruções dos técnicos da manutenção para que em uma falha possam agir de forma correta sem prejudicar a máquina.

Outro fator questionado em planta é a situação do almoxarifado. Atualmente, existe uma limitação na utilização de peças de reposição, às vezes, precisa-se de

peça que tem em estoque, mas por motivo desconhecido da equipe de manutenção essa peça não pode ser liberada. Então, o plano de manutenção deve contemplar a criação de um almoxarifado destinado às equipes de manutenção, facilitando o trabalho da equipe técnica e evitando que problemas simples sejam agravados.

#### **5.4 PRONTUÁRIO DA MANUTENÇÃO**

O prontuário da manutenção deve conter informações sobre as atividades realizadas em cada motor, como também o histórico de paradas e, se possível, a causa das paradas. É necessário também que este prontuário fique disponível para o funcionário após a troca de turno, para que o operador do turno distinto tenha conhecimento das atividades que foram realizadas na máquina.

A principal função do prontuário é servir como base para elaboração de relatório e criação de histórico da manutenção. Em posse dessas informações, a equipe de planejamento pode direcionar atividades nas áreas de maior ocorrência de falhas. As informações que devem estar no prontuário são listadas a seguir:

- a) Horário da parada e retorno de funcionamento da máquina;
- b) Motivo que ocasionou a ocorrência;
- c) Nome do operador;
- d) Responsável pela solução do problema;
- e) Houve reparo ou substituição do motor;
- f) Em caso de substituição, se tinha peça disponível em estoque;
- g) Informar quando tinha acontecido a última inspeção no motor que apresentou problema;

#### **5.5 ORIENTAÇÕES GERAIS**

O trabalho realizado foi orientado para maximização da vida útil dos motores elétricos, enfatizando os métodos de inspeção preditiva para aumento da

disponibilidade dos equipamentos e redução de custo da produção. A forma adotada para elaboração do Plano de Manutenção levou em consideração os problemas encontrados na planta e relatados pelos colaboradores.

O controle de gastos com a manutenção é imprescindível para que o plano de manutenção possa ser implementado com sucesso entretanto cabe a empresa fazer investimentos necessários para que o plano possa ser executado de forma plena e que seus objetivos venham ser alcançados.

Os investimentos julgados necessários seria a aquisição de instrumentos de medição que contemplem as análises de vibração, velocidade de motores (taco) e aquecimento (termovisores). Outro investimento exposto é a reformulação do almoxarifado que deve passar a contemplar a equipe de manutenção com mais eficiência.

## 6 CONCLUSÃO

No presente trabalho, foram estudados métodos de manutenção no âmbito de uma planta fabril, com finalidade de aplicação da gestão estratégica da manutenção para aumento da vida útil dos motores elétricos. Os métodos de manutenção foram basicamente o da corretiva, preventiva e preditiva.

Para se ter melhorias no que tange a vida útil dos motores elétricos de uma fábrica de macarrão, foi desenvolvido um plano de manutenção como sugestão para implementação na fábrica. O contato com colaboradores que trabalham na planta, foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

No plano de manutenção apresentado para implementação, foi sugerida a compra de equipamentos para análise de temperatura, velocidade e vibração dos motores. Também foi sugerido uma mudança na política de preenchimento do prontuário contendo anotações a respeito das falhas da máquina. Com relação à logística de peças sobressalentes, deve-se criar um setor no almoxarifado para tratar apenas das peças da reposição da máquina.

Em suma, a manutenção como função estratégica para aumento de vida útil dos motores elétricos tem espaço para agregar melhorias e tonar a unidade fabril ainda mais competitiva, como visto nas literaturas anteriores a elaboração do plano.

Para que o programa de atividades possa ser implementado de forma eficaz, é recomendado e imprescindível que toda equipe de gestão, coordenação, manutenção e operação estejam devidamente esclarecidas com relação as medidas adotadas e as finalidades propostas no plano de manutenção.

Por fim, destaca-se, a importância das disciplinas de Instalações Elétricas, Máquinas Elétricas e seus respectivos laboratórios como base de conhecimento para elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] HAND, A. **Motores elétricos: manutenção e solução de problemas**. 2<sup>a</sup>. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Flavio Adalberto Poloni Rizzato.
- [2] KARDEC, ; NASCIF,. **Manutenção: função estratégica**. 3<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- [3] NBR 5462, A. **Confiabilidade e Manutenibilidade**. [S.l.]: [s.n.], 1994.
- [4] BENÍCIO, L. P. D. S. **Manutenção, sua conceituação e contexto histórico: aplicação de algumas técnicas em motores elétricos; Trabalho de Conclusão de Curso; Pg. 21**. Universidade Federal de Campina Grande - UFCG: [s.n.], 2017.
- [5] OTANI, M. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa - Paraná, n. SSN 1808-0448, 2008.
- [6] COSTA, M. D. A. **Gestão estratégica da manutenção: Uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Universidade de Juíz de Fora. Juíz de Fora. 2013.
- [7] NANCABÚ, P. **Procedimento para manutenção preventiva na empresa de resíduos sólidos urbanos do centro "ERSUC"**. Universidade de Coimbra. Coimbra. 2011.
- [8] FLUKE. Fluke - Inspeção de Motores Elétricos. Disponível em: <[http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/4061459\\_7120\\_POR\\_B\\_W.PDF](http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/4061459_7120_POR_B_W.PDF)>. Acesso em: nov. 2018.
- [9] WEG. **Catálogo - Manual de Motores Elétricos**. <http://www.coe.ufrj.br/~richard/Acionamentos/Catalogo%20de%20Motores.pdf>: [s.n.].
- [10] SILVA, V. A. D. **suporte, Detecção de falhas em motores elétricos através das máquinas de vetores de**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas

- SP. 2012.

- [11] MARÇAL, R. F. M. **Um método para detectar falhas incipientes em máquinas rotativas baseado em análise de vibrações e lógica Fuzzy.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS. Porto Alegre. 2000.
- [12] FLUKE. **Analisador de motores e de qualidade de energia Fluke 438-II.** [S.l.]. 2017.
- [13] FRANÇA, P. V. D. O. **Estudo de implementação da gestão e eficiência energética na indústria têxtil: métodos aplicados para eficiência energética.** Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Campina Grande. 2018.
- [14] FLUKE, M. Disponível em: <[https://http2.mlstatic.com/116878-multimetro-digital-fluke-115-trms-fluke-D\\_NQ\\_NP\\_241615-MLB25277779553\\_012017-O.webp](https://http2.mlstatic.com/116878-multimetro-digital-fluke-115-trms-fluke-D_NQ_NP_241615-MLB25277779553_012017-O.webp)>. Acesso em: nov. 2018.