

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

BRUNA MOSSEN RIOS

JOHN JESUS ALMEIDA

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS:
ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA AS
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS
COLUNA-MG**

TEÓFILO OTONI / MG

2016

BRUNA MOSSEN RIOS

JOHN JESUS ALMEIDA

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS:
ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA AS
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS
COLUNA-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica. Orientador Prof. Gracielle Antunes de Araújo.

TEÓFILO OTONI / MG

2016



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS: ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA AS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS COLUNA-MG**, elaborado pelos alunos Bruna Mossen Rios e John Jesus Almeida foi aprovada por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Teófilo Otoni, 03 de dezembro de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador

Examinador

Examinador

*Dedicamos este trabalho à Deus pelo discernimento e
a nossa família que nos apoiaram em todos os momentos e
que sempre nos deu exemplos de vida e conduta.
Nossas vidas inteiras se baseiam em vocês.*

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de todas as coisas por ter nos dado força durante esta caminhada. A nossa família que nos apoiaram em todos os momentos.

A nossa orientadora, a professora Gracielle A. de Araújo, por ter nos guiado pelo caminho certo e ao professor Fernando Espindola que nos apoio nessa jornada.

A ciência da eletricidade têm nos revelado a verdadeira natureza da luz, tem providenciado inúmeras aplicações e instrumentos de precisão e deste modo tem adicionado vastamente a exatidão ao nosso conhecimento.

Nikola Tesla

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

FAPEG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Góias

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ND – Norma de Distribuição (CEMIG)

QDG – Quadro de Distribuição Geral

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Plano de manutenção aplicado nas instalações elétricas do laticínios coluna	27
FIGURA 2: Sequência de medidas para evitar falhas	33
FIGURA 3: Laticínios Coluna.....	50
FIGURA 4: Cabeamento de entrada de energia do Laticínios Coluna	55
FIGURA 5: Quadro de Distribuição com ligações apresenta não conformidades com a norma	56
FIGURA 6: Temperatura elevada do condutor fase no quadro de distribuição	56
FIGURA 7: Detalhes da instalações de motores elétricos	57
FIGURA 8: Iluminação do setor de produção	58
FIGURA 9: Fiação sem proteção mecânica e emendas	59
GRÁFICO 1: Ponto ideal para manutenção	31
TABELA 1: Condutividades elétricas relativas do cobre e alumínio	35
TABELA 2: Modelo de ficha individual de equipamentos	61
TABELA 3: Itens verificados em inspeção visual das instalações elétricas	63

RESUMO

Devido ao alto custo da energia o setor elétrico brasileiro tem sido abordado sobre o tema eficiência energética, apesar da falta de conhecimento das vantagens de um sistema de gestão de energia elétrica. Um aproveitamento eficiente no consumo energético reduz custos e aumenta a produtividade, assim como a competitividade do ramo industrial. O desgaste das instalações elétricas e equipamentos ao longo do tempo é inevitável, diminuindo sua eficiência e elevando o aumento do consumo de energia e custos de produção. Em virtude disto este trabalho tem o propósito de definir um plano de gestão da manutenção para o Laticínios Coluna da cidade de Coluna – Minas Gerais, a partir de uma metodologia técnica para implantação de um Sistema de Manutenção direcionado para as Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Visando reduzir as ocorrências de falhas elétricas e seus decorrentes danos e prejuízos, justificando a partir deste trabalho a execução de um plano de manutenção para as instalações elétricas, concluiu-se que a aplicação desse plano de gestão oferece ao laticínio uma metodologia de manutenção que elevará a confiabilidade e segurança das instalações elétricas.

Palavras-chave: Plano de Manutenção. Instalação elétrica Industrial. Energia.

ABSTRACT

Due to the high cost of energy, the Brazilian electricity sector has been approached on the topic of energy efficiency, despite the lack of knowledge of the advantages of an electric energy management system. An efficient use energy consumption reduces costs and increases productivity, and competitiveness of the industrial sector. The detrition of electrical installations and equipment over time is inevitable, reducing its efficiency and increasing the raise in energy consumption and production costs. As a result of this, this work has the purpose of defining a maintenance management plan for the Dairy Coluna of the city of Coluna - Minas Gerais, based on a technical methodology for the implementation of a Maintenance System directed to the Low Voltage Electrical Installations. In order to reduce the occurrence of electrical failures and their consequent damages and losses, justifying from this work the execution of a corrective and preventive maintenance plan of the electrical installations, it was concluded that the application of this management plan offers to the dairy a methodology of maintenance which will increase the reliability and safety of electrical installations.

Palavras-chave: Maintenance System. Industrial Electrical Installations. Energy.

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GERAL	25
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	25
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	27
3.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO.....	28
3.2 IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO	29
3.3 CONCEITOS SOBRE MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	29
3.4 PERIODICIDADE DAS MANUTENÇÕES EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ...	31
3.5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS	32
3.6 ANÁLISE DA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	32
3.6.1 MAPEAMENTO DAS FALHAS	32
3.7 CONDUTORES DE BAIXA TENSÃO	33
3.7.1 Condutores de Cobre ou Alumínio	34
3.7.1.1 Condutividade Elétrica	34
3.7.1.2 Peso	35
3.7.1.3 Conexão	35
3.8 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES.....	36
3.8.1 Critérios de Dimensionamento	36
3.9 FATOR DE POTÊNCIA	37
3.9.1 Correção do Fator de Potência.....	37
3.10 CÁLCULO DE DEMANDA.....	38
3.11 FATORES UTILIZADOS EM PROJETO.....	38
3.12 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO.....	38
3.12.1 Barramentos.....	39
3.12.2 Disjuntores	39
3.13 CURTO-CIRCUITO NAS INSTALAÇÕES	39
3.14 NORMAS APLICADAS	40
3.14.1 Norma Reguladora 10 (NR10).....	40
3.14.2 Norma Reguladora 12 (NR12).....	41
3.14.3 ND 5.1 – CEMIG	42
3.14.4 NBR 5410 – Instalações Elétricas em Baixa Tensão	42

3.14.5 NBR 15749 – Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento.	43
3.14.6 ABNT NBR IEC 60309-1 - Plugues E Tomadas Para Uso Industrial	43
3.14.7 NBR 5471 – Condutores Elétricos.....	44
3.14.8 NBR 5419 – Proteção de Estruturas Contra Descarga Atmosférica	44
3.14.9 NBR ISSO/CIE 8995 – Iluminação Interior no Ambiente de Trabalho.....	44
3.14.10 NBR 9513/2010– Emendas para Cabos de Potência Isolados para Tensão até 750V	45
3.14.11 NBR 17094-1/2013 – Maquinas Elétricas girante – Motores de indução - Parte1: Trifásicos	45
3.15 RESPONSABILIDADE.....	45
3.15.1 Responsabilidades do Engenheiro Eletricista	45
3.15.2 Responsabilidade do Proprietário do Laticínio	46
3.16 ECONOMIA	47
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.....	49
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AOS FINS	49
4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AOS MEIOS	49
4.3 TRATAMENTO DOS DADOS	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 FASE 1 – LEVANTAMENTO DE DADOS.....	53
5.1.1 Padrão de Entrada – (CEMIG).....	54
5.1.2 Quadro de Distribuição Geral.....	55
5.1.3 Ligação dos motores elétricos.....	57
5.1.4 Iluminação.....	57
5.1.5 Inspeção Visual das Instalações	59
5.2 FASE 2 – DEFINIÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO	60
5.2.1 Histórico de Manutenção de equipamentos	61
5.2.2 Fator de Potência.....	61
5.3 FASE 3 – EXECUÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO	65
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico tem sido muito abordado sobre programas de eficiência energética, apesar da falta de conhecimento das vantagens de um sistema de gestão de energia elétrica. A partir de um eficiente dimensionamento do plano de manutenção pode-se, por exemplo, utilizá-lo como uma ferramenta de gestão de eficiência energética, o que reduz custos e aumenta a produtividade, assim como a competitividade do ramo industrial.

Segundo a FAPEG (2015) houve um aumento considerável na produção de energia elétrica no Brasil nos últimos anos, sendo essa intensificação relacionada principalmente ao consumo industrial que gera em torno dos de 39,8% de toda energia elétrica produzida no país. Devido a enorme exigência do mercado, as grandes indústrias tendem a melhorar e ampliar cada vez mais a produção, sendo a eletricidade o fator fulcral neste processo.

O crescimento da produção pode sobrecarregar as instalações e equipamentos elétricos que necessitam constantemente de manutenção. Para ter uma instalação elétrica segura e eficiente, deve-se seguir de forma correta e minuciosa todas as normas, regulamentações técnicas, de segurança e de qualidade para as instalações. Segundo Mamede (2010), o mal dimensionamento de um condutor por exemplo, cria uma incorreta operação de carga e um risco com a possibilidade de incêndio para o patrimônio.

Segundo CREDER (2008), uma preocupação quantos às cobranças adicionais pelas concessionárias energéticas é o baixo fator de potência das indústrias, no entanto existem ainda outros fatores que causam outros problemas como sobrecarga em cabos, transformadores, aumento de perdas no sistema, aumento das quedas de tensão e desgaste dos dispositivos de proteção e manobra.

O desgaste das instalações elétricas e equipamentos ao longo do tempo é inevitável, em virtude disto, este trabalho tem o propósito de identificar e corrigir as falhas no sistema elétrico do Laticínios Coluna da cidade de Coluna – Minas Gerais, a partir de uma metodologia técnica para implantação de um Sistema de Manutenção direcionado para as Instalações Elétricas de Baixa Tensão, visando diminuir as ocorrências de falhas elétricas e seus decorrentes danos e prejuízos.

O Laticínios Coluna apresenta problemas nas instalações elétricas decorrentes da falta de manutenção preventiva, desconhecimento dos reais causadores das falhas e consumo elevado de energia, necessitando de uma completa avaliação do seu sistema elétrico. Para a efetivação do trabalho, foram necessárias inspeções visuais para verificar a carga instalada,

conservação e adequação às normas vigentes em toda a instalação elétrica local, além das medições de unidades elétricas utilizando de equipamentos digitais de precisão na mensuração de grandezas elétricas e térmicas.

Sabe-se que no Brasil existem normas que regem as instalações elétricas, porém as mesmas não são obrigatórias, colaborando para o esquecimento de sua manutenção e levando assim ao abandono das mesmas. Tal fato pode favorecer a ocorrência de acidentes que poderiam ser evitados e prejuízos que elevam os custos da produção. Através de uma revisão bibliográfica, normas e legislações que são aplicadas sobre as instalações elétricas industriais de baixa tensão, foi elaborado um plano de gestão da manutenção, onde foram definidas as melhores alternativas para a implantação de um plano de manutenção das instalações do Laticínios Coluna em Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as Instalações Elétricas do Laticínios Coluna a fim de propor uma metodologia técnica para implantação de um Sistema de Manutenção direcionado para as Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

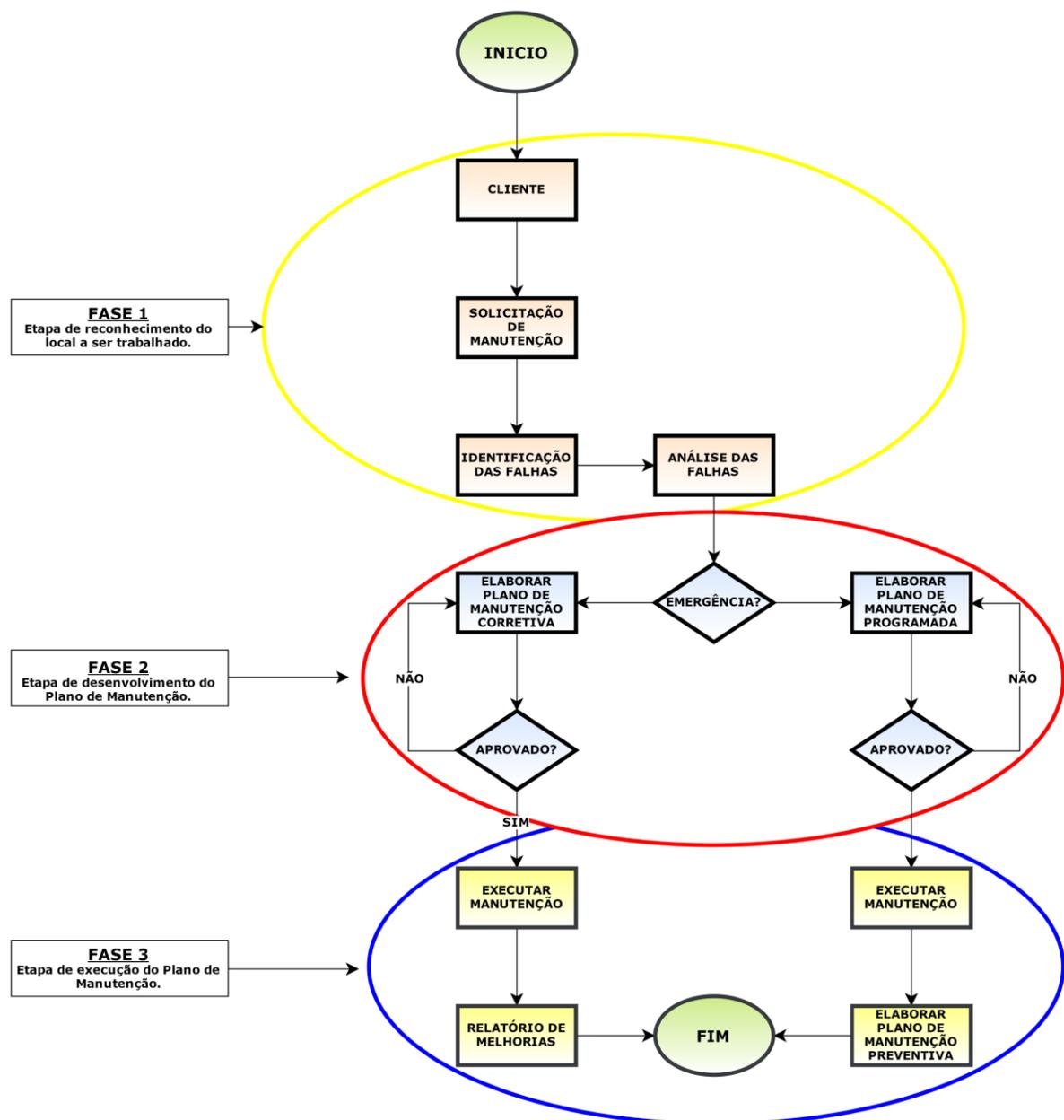
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Análise das instalações elétricas de baixa tensão, através de revisão bibliográfica, normas e legislações vigentes.
- Elaborar um Plano de Manutenção para correção de irregulares levantadas.
- Analisar a viabilidade técnica com a implantação de técnicas de manutenção.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para uma adequada avaliação e correção de uma sistema elétrico, é necessário seguir algumas etapas de trabalho que foram adaptadas de autores de referência e normas que tratam sobre as instalações elétricas industriais em suas obras. Baseado na literatura, a Figura 1 define e direciona, de forma objetiva, o método para avaliação e correção das instalações elétricas industriais.

Figura 1: Plano de Manutenção Aplicado nas Instalações Elétricas do Laticínios Coluna.



Fonte: Autoria própria

O processo de manutenção faz parte diretamente das disponibilidades dos ativos da empresa, tendo alta importância nos resultados financeiros da organização, pois são tão melhores, quanto mais eficaz for a manutenção das instalações elétricas SILVEIRA, (2012).

3.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Segundo CARVALHO (2013), A partir dos anos 30, houve uma grande evolução na manutenção industrial. A manutenção foi dividida em três etapas:

- Primeira Geração: Ocorreu tempos antes da Segunda Guerra Mundial. Naquela época as indústrias em sua maioria eram conduzidas por força manual, pois eram poucas mecanizadas com equipamentos simples as vezes superdimensionados. Devido a situação da economia da época a produção não era tão importante igual aos dias de hoje, por isso a manutenção daquela época não era de forma ordenada, praticamente corretiva.
- Segunda Geração: Grandes mudanças ocorreram desde a Segunda Guerra Mundial até meados dos anos 60. Devido a diminuição da mão de obra industrial e o aumento da demanda de todos tipos de produtos, as indústrias foram obrigadas a aumentar a mecanização, bem como a complexidade das instalações industriais. Devidos esses fatos houve a necessidade de maior confiabilidade das instalações para atender as expectativas da produção. Durante esse desenvolvimento industrial notou-se que as falhas de máquinas e equipamentos deveriam ser tratados de forma antecipada, esse termos ficou conhecido com Manutenção Preventiva.
- Terceira Geração: O processo de manutenção acelerou a partir dos anos 70. Quando havia uma paralização da produção as indústrias ficavam em estado de atenção, pois a paralização da produção geravam altos custos, diminuição da capacidade produtiva e afetava a qualidade dos produtos. Com o aumento da automação e mecanização a confiabilidade e disponibilidade das instalações eram considerados o ponto chave para uma boa produção. Nesta geração lançou-se o conceito de manutenção predial.

3.2 IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

No Brasil a maior parte das indústrias as indústrias ainda não investem em gestão de manutenção, pois é vista como mais um gasto e não como uma forma de manter as instalações eficientes e com disponibilidade. A manutenção dentro das empresas ainda não é vista como algo rotineiro e de grande importância, falta a compreensão que sua aplicação impactua diretamente na produção.

Segundo ROSA (2012), os objetivos de técnica de manutenção são de aumentar a produção com o menor custo possível com a maior qualidade sem infringir normas de segurança e afetar o meio ambiente. Este processo de manutenção deve fazer parte das sistemas de estratégias da empresa, pois é um meio por onde as indústrias passam a ter lucratividade, aumentando a disponibilidade das máquinas e aumentando os ativos.

3.3 CONCEITOS SOBRE MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Existem três fatores importantes que devem ser levados em consideração para estabelecer uma boa política de manutenção de instalação elétricas:

- Fator técnico: diz respeito a qualidade e durabilidade dos equipamentos elétricos;
- Fator econômico: verificar o menor custo para a efetuar a manutenção;
- Fator humano: boas condições de trabalho, segurança e saúde no trabalho.

Para realizar ou implantar um plano de manutenção em uma instalação elétrica deve-se observar os seguintes tipos de manutenção:

- **Manutenção Preventiva:** Visa a prevenção de ocorrência de uma falha ou parada de qualquer componente de toda instalação elétrica, seja essa falha ocorrido por quebra de equipamentos até o sobreaquecimento dos condutores. Pode apoiar os serviços de manutenção corretiva através de eficiente metodologia de trabalho periódico. Tem várias vantagens como por exemplo a redução do envelhecimento precoce dos equipamentos, atua antes da manutenção corretiva evitando altos custos etc.
- **Manutenção Corretiva:** Realizada após a ocorrência de falhas, atua na restauração da capacidade produtiva de qualquer equipamento ou instalação que reduziram a sua

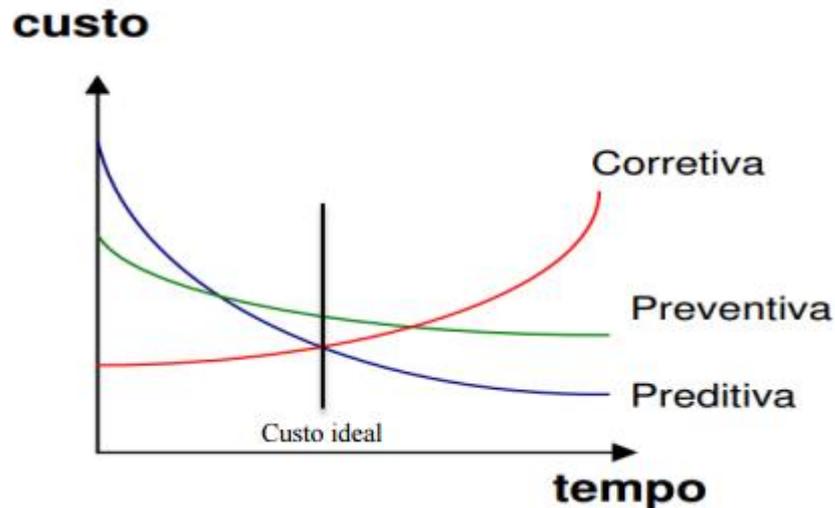
produção. Dentre as principais desvantagens podemos citar o alto custo da mão de obra, das peças e serviços, perdas na produção.

- **Manutenção Preditiva:** Aplicação de métodos de manutenção com objetivo de apontar as condições reais do desempenho das máquinas com base no recolhimentos de dados que indicam a real situação dos equipamentos, como o desgastes ou processo de degradação.
- **Manutenção Detectiva:** Processo que consiste de uma ação na instalação elétrica buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis.
- **Manutenção Corretiva não Planejada:** Como o próprio nome já diz é uma manutenção feita sem prévio planejamento. Como não é planejada geralmente a manutenção corretiva não planejada tem altos custos, pois é feita após uma quebra não esperada de máquinas e equipamentos ou qualquer outro componente de uma instalação elétrica.
- **Manutenção Corretiva Planejada:** Desenvolvida quando um equipamento apresenta defeitos e não já desenvolve com eficiência sua função. E nessa hora que entra uma manutenção corretiva planejada. Geralmente essa manutenção será de baixo custo em relação a manutenção corretiva não planejada, pois a paradas da produção será feita em momento estratégico.

É importante determinar a melhor tipo de manutenção deverá ser aplicada, pois, caso contrário poderá gerar um custo elevado. Uma eficiente metodologia de manutenção visa o equilíbrio das medidas adotadas.

Contudo é fundamental agir de forma responsável, planejada e técnica para atingir a eficiência. O gráfico abaixo mostra o melhor momento de atuação:

Gráfico 1: Gráfico do ponto ideal para manutenção



Fonte: Junior, Ribeiro e Franco (2015)

3.4 PERIODICIDADE DAS MANUTENÇÕES EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Toda instalação elétrica para funcionar necessita de vistoria regular para que possam funcionar regularmente, caso contrário poderá comprometer os demais componentes da instalação gerando curto circuitos.

A NBR 5410 “Instalações Elétrica em Baixa tensão”, estabelece em seu item 4.2.8 que:

Devem-se estimar a frequência e a qualidade da manutenção com que a instalação pode contar, ao longo de sua vida útil. Esse dado deve ser levado em conta na aplicação das prescrições das seções 5, 6, 7 e 8, de forma que: - as verificações periódicas, os ensaios, a manutenção e os reparos necessários possam ser realizados de forma fácil e segura; - a efetividade das medidas de proteção fique garantida; - a confiabilidade dos componentes, sob o ponto de vista do correto funcionamento da instalação, seja compatível com a vida útil prevista desta.

Esta mesma norma aborda ainda que:

A periodicidade da manutenção deve ser adequada a cada tipo de instalação. Por exemplo, essa periodicidade deve ser tanto menor quanto maior a complexidade da instalação (quantidade e diversidade de equipamentos), sua importância para as atividades desenvolvidas no local e a severidade das influências externas a que está sujeita.

Em resumo, a norma nos mostra que toda instalação deve ser conservada e mantida em condições seguras e perfeito funcionamento. Os responsáveis pelo empreendimento deve seguir de forma criteriosa todas as etapas da manutenção de acordo com as normas vigentes.

3.5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS

As instalações elétricas são classificadas como:

- Baixa tensão – até 1000 V em corrente alternada;
- Média tensão – acima de 1000 V e 36,2 Kv;
- Alta tensão – de tensão citada na 6.2 NBR 14039 de 2003.

A instalação elétrica industrial é caracterizada pela presença de cargas como fornos, motores, caldeiras, maquinários de solda, entre outros equipamentos pesados.

3.6 ANÁLISE DA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A análise das instalações elétricas é um dos passos iniciais de um bom plano de manutenção, pois visa o estudo sistemático da instalação elétrica afim de conhecer profundamente seus componentes e seu funcionamento. Devem ser feita por profissional com grande conhecimento e experiência com eletricidade. Nesse passo da manutenção é onde verificamos as condições em que se encontram as instalações elétricas.

3.6.1 MAPEAMENTO DAS FALHAS

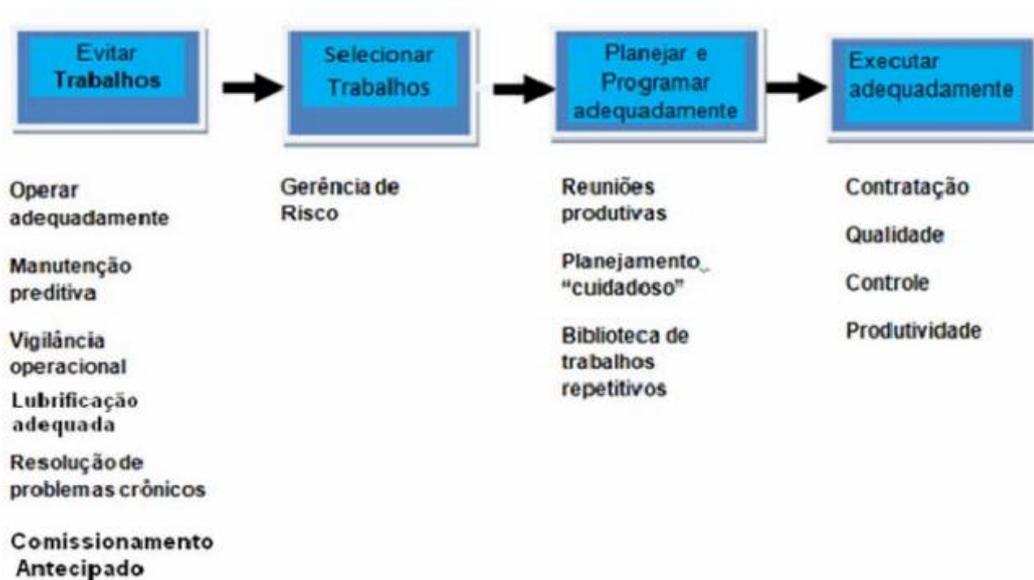
As falhas são não conformidades apresentadas no circuito elétrico de tal forma que deve ser estudadas para atenuar os efeitos negativos no processo produtivo das indústrias. As falhas são originadas de numerosas fontes como deterioração natural de diversos mecanismos

ou desgaste de peças dos componentes da instalação elétrica. (OLIVEIRA; SILVA MARTINS & ROCHA, 2015).

Falhas mostram claramente grande necessidade de uma análise fundamental da confiabilidade de uma instalação elétrica, onde o circuito elétrico deixa de desempenhar eficientemente a função para qual foram destinadas. (ALMEIDA & FAGUNDES, s/d).

Segundo ALBERTO VERRI (2009), os equipamentos elétricos em geral, pelo alto dano e prejuízo, é necessário aplicar medidas preventivas para evitar as falhas. A forma desenvolvida por *Alberto Verri* para trabalhar nessa questão foi desenvolver um fluxograma:

Figura 2: Sequência de medidas para evitar falhas



Fonte: Luiz Alberto Verri, (2009)

3.7 CONDUTORES DE BAIXA TENSÃO

Um dimensionamento adequado e responsável de condutores elétricos, define a qualidade, segurança e durabilidade das instalações, excluindo custos de manutenção causado por expansões da carga das instalações.

O Manual Prysmian de Instalações Elétricas (2010) define o condutor elétrico como um produto metálico para transporte de energia elétrica ou sinais elétricos, de forma cilíndrica e comprimento maior que a dimensão transversal. De acordo com o Anuário de Normas

Brasileiras 2015 - 2016, publicado pela Revista O Setor elétrico, existem dezessete normas específicas que incidem sobre cabos de baixa tensão.

3.7.1 Condutores de Cobre ou Alumínio

Os metais comumente utilizados na fabricação de condutores elétricos são o cobre e o alumínio e para se definir qual tipo de condutor a ser utilizado, considera-se alguns aspectos técnicos como a condutividade elétrica, peso e tipo de conexão no circuito a ser trabalhado. Creder (2008) cita os condutores que podem ser utilizados em baixa tensão, podendo ser utilizados cabos de cobre ou alumínio, com isolamento de PVC (cloreto de polivinil) e de outros inclusos em normas, exemplificando o EPR ou XLPE.

A NBR 5410, define as restrições de uso do condutor de alumínio em instalações industriais. Definindo para isso que, para sua utilização, deve-se atender exigências, tal qual, seção nominal de condutor igual ou superior a 16 mm^2 , instalação alimentada diretamente por subestação de transformação ou transformador e a partir de rede de alta tensão ou fonte própria e instalação executada por pessoas capacitadas. Tal capacitação é definida sob código BA5 do item 4.2.6.2.1 – tabela 18 da mesma norma como, pessoas com conhecimento técnico ou experiência tal que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (engenheiros e técnicos). O critério decisivo quanto ao uso dos condutores de alumínio, segundo Mamede (2010), é a dificuldade da qualidade da conexão com os terminais dos equipamentos consumidores, considerando que as conexões desses aparelhos são geralmente para conexão de condutores de cobre.

3.7.1.1 Condutividade Elétrica

A Condutividade elétrica trata da capacidade que o material tem de conduzir corrente elétrica, sua capacidade máxima de condução contínua deve respeitar condições específicas para cada tipo de cabo. Definido pelo padrão internacional de cobre recozido IACS (“international annealed copper standard”), com correspondência para um fio de cobre com 1 metro de comprimento, resistividade e seção transversal de 1 mm^2 a 20° C .

Tabela 1: Condutividades elétricas relativas do cobre e alumínio

Material	Condutividade relativa IACS (%)
Cobre Mole	100,00
Cobre Meio Duro	97,7
Cobre Duro	97,2
Alumínio	60,6

Fonte: Cobrecom 2014

3.7.1.2 Peso

O peso da linha elétrica é um critério a ser analisado na escolha de qual condutor a ser utilizado, considerando densidade do cobre e alumínio, $8,9 \text{ g/cm}^3$ e $2,7 \text{ g/cm}^3$ respectivamente, segundo informação da Cobrecom. Moreno (2014) fala sobre uma divisão clássica entre a utilização do cobre e do alumínio nas redes elétricas, e direciona a responsabilidade da decisão ao peso dos condutores.

3.7.1.3 Conexão

A conexão de alumínio apresenta dificuldades quando em contato com o ar, criando uma oxidação no material, levando ao isolamento do mesmo, deixando assim, sem contato do cabo com a conexão. Segundo Moreno (2014), entre as diferenças marcantes entre cobre e alumínio está na conexão dos condutores e conectores, onde o cobre não tem exigências especiais e de fácil conexão.

3.8 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

O dimensionamento de condutores visa proteger e tornar funcional o circuito, de forma que evite prejuízos, acidentes e desligamentos indesejados dos equipamentos conectados aos pontos de utilização.

3.8.1 Critérios de Dimensionamento

A NBR 5410:2004 indica critérios a serem observados no dimensionamento de condutores como, seção mínima, capacidade de condução ou segurança térmica, máxima queda de tensão, proteção contra corrente de sobrecarga, curto circuito e choques elétricos.

A corrente de projeto ajuda definir o condutor, dispositivo de proteção e cálculo da queda de tensão. Para definir tal valor, deve-se ter conhecimento da potência instalada, porém, não desconsiderar potência nominal e futuras ampliações do estabelecimento, também incluir nas considerações componentes de harmônicas de corrente provenientes das cargas.

Segundo Barreto (2016), para o cálculo da corrente de projeto, devem ser levados em conta, no mínimo: carga instalada, fator de potência, fator de demanda, fator de diversidade (ou de simultaneidade, fator de reserva e componentes harmônicas).

No item 6.2.7 da NBR 5410:2004, fica definido os critérios da queda de tensão que devem ser considerados como critério para o correto dimensionamento dos condutores. Segundo MAMEDE (2010), os valores máximos de queda de tensão em sistemas trifásicos, atribuídos pela NBR 5410:2004 para unidades consumidoras atendidas por uma subestação, referem-se somente aos circuitos secundários, cuja origem é a própria bucha de baixa tensão do transformador, apesar de, para efeitos legais, a origem da instalação ser o ponto de entrega de energia.

Outro critério a ser observado, segundo a NBR 5410:2004 é a capacidade de corrente de curto-circuito, este por si, considera duas condições de proteção, a limitação da seção do condutor para um valor específico de corrente de falta e limitação de comprimento de circuito em função da corrente curto circuito fase-terra. Para cálculo de circuitos bifásicos simétricos F-F-N, altera a tensão F-N pela tensão F-F.

3.9 FATOR DE POTÊNCIA

Quando se fala em instalações elétricas industriais, É comum o termo fator de potência, definido pela relação entre a potência ativa medida em kW e a potência aparente medida em kVA, em proporção, quanto maior o consumo de energia reativa, menor o fator de potência. A legislação atual define o fator de potência mínimo em 92%, caso o fator de potência da indústria esteja abaixo desse valor, a concessionária reajusta a conta de energia e fatura essa diferença.

3.9.1 Correção do Fator de Potência

A correção do fator de potência deve considerar as características da carga da instalação, sendo elas as cargas lineares e não-lineares, segundo Mamede (2010). Para cargas lineares, utiliza-se:

- Modificação da rotina operacional, evitando trabalho com motores em vazio;
- Instalação de motores síncronos superexcitados pois a elevação da corrente de excitação adianta a corrente estatória em relação a tensão aplicada;
- Instalação de capacitores-derivação, dimensionados para operação fixa e controlada.

Cotrin (2009) diferencia cargas lineares e não-lineares pela presença de harmônicas, podendo equacionar, para cargas lineares, o fator de potência como o co-seno do ângulo Φ e a potência aparente como composição vetorial das potências ativa e reativa.

Para cargas não-lineares, que são cargas com presença de harmônicas, a corrente eficaz é diferente da corrente fundamental, o que eleva a potência aparente,

A correção do fator de potência traz benefícios à todo o circuito, além de liberar carga. Podem ser citados entre os benefícios, diminuição da variação de tensão, aumento do aproveitamento e vida útil dos equipamentos e condutores, diminuição das perdas de energia na instalação.

3.10 CÁLCULO DE DEMANDA

A potência ativa varia de acordo as cargas conectadas e soma das potências consumidas por carga, sendo mais conveniente trabalhar com valores de potência média, utilizando a demanda. Cotrim (2010) define a demanda como o valor médio da potência ativa em um intervalo de tempo, de geralmente 15 minutos.

3.11 FATORES UTILIZADOS EM PROJETO

Para determinar os valores de demanda, é necessário obter fator de demanda, fator de utilização, fator de carga e fator de diversidade. A ANEEL define o fator de demanda como uma razão entre a demanda máxima consumida em um período determinado e a potência instalada, também define o fator de carga como uma razão entre demanda média e demanda máxima em um período definido.

O fator de utilização é a razão entre a potência máxima absorvida e a nominal do equipamento, Cotrim (2010) ressalta a importância do fator de utilização a fim de evitar subdimensionamento de circuitos e é dado por:

Já o fator de diversidade refere-se à relação do somatório de demandas máximas do ponto e demanda máxima do conjunto.

3.12 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

Os circuitos iniciam em quadros de distribuição plantados em locais estratégicos. Nos quadros são reunidos os dispositivos de proteção, barramentos, e saída dos condutores.

3.12.1 Barramentos

Os barramentos são elementos instalados nos quadros de distribuição com função de receber as correntes e distribuí-las aos alimentadores conectados na barra. São divididos em 2 grupos, segundo Mamede (2010). Sendo o barramento de fabricação específica, geralmente de barra chata, circular ou tubo de segmento contínuo cortados em dimensões justas com objetivo de aplicação em painéis elétricos, subestação blindada, abrigada e ao tempo. E o barramento duto de barra, composto por diversos segmentos pré-fabricados, com derivações e junções, com proteção de invólucro metálico ou plástico rígido e utilizado em elevadas correntes.

3.12.2 Disjuntores

Utilizado como dispositivo de proteção contra choque elétrico, sobrecorrente, comando funcional e seccionamento não automático, Cotrin (2014) define o disjuntor como dispositivo de manobra e proteção com função de:

- Conduzir e interromper correntes;
- Estabelecer tempo para interromper correntes em condições anormais especificadas como sobrecarga e curto-circuito;

3.13 CURTO-CIRCUITO NAS INSTALAÇÕES

O estudo de curto-circuito nas instalações industriais se torna necessário para auxiliar no dimensionamento de proteção e coordenação dos elementos do sistema. Por adquirirem valores de intensidade elevada, entre 10 a 100 vezes a corrente nominal, os danos provocados ficam condicionados à correta intervenção dos equipamentos de proteção, segundo Mamede (2010).

Os componentes do sistema devem suportar os efeitos provindos da falta até a atuação dos equipamentos de segurança, dentre as fontes de curto-circuito, podem ser citadas:

- Geradores síncronos;
- Motores e compensadores síncronos;

- Motores e sistema da concessionária de energia elétrica;

3.14 NORMAS APLICADAS

3.14.1 Norma Reguladora 10 (NR10)

De acordo com a NR 10 (Norma Regulamentadora 10) Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil do publicada em 1978 tem como objetivo,

garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem diretamente ou indiretamente com instalações e serviços em eletricidade, regulamentando as condições mínimas de segurança.

Esta Norma aplica-se em todos setores do sistema elétrico de potência e no consumo de energia elétrica e inclui os processos de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, (BRASIL, 2004).

Para (MATTEDE, 2016), A interação de forma indireta ou direta nas instalações elétricas e serviços com eletricidade faz parte da aplicação da norma que classifica que é para todos, e que todos treinados de acordo com essa norma possam identificar e se precaver dos riscos que poderão existir.

De acordo a NR 10 as empresas devem estabelecer mecanismos de controle e proteção das instalações elétricas garantindo a segurança nos trabalhos de intervenções nas instalações. Em seu subitem 10.2.3 rege que,

todas as empresas são obrigadas em fornecer esquemas uni filares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção.

Deve ser apresentado no projeto elétrico, o detalhamento do sistema de aterramento, podendo ser conectado ou não o condutor neutro ao de proteção e a conexão com a terra das partes condutoras não destinadas à condução de eletricidade.

Todas as instalações Elétricas devem se equipar com sistema de sinalização de segurança, com o intuito de advertir e identificar os seguintes itens (BRASIL, 2001):

- a) Identificar todos circuitos elétricos
- b) Restringir ou impedir os acessos dos setores enredos
- c) Sinalização para possível impedimento de energização.

3.14.2 Norma Reguladora 12 (NR12)

Publicada no ano de 1978, com última atualização em abril de 2016, a NR 12 e seus anexos estabelece medidas fundamentais de proteção, para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores que atuam desde o processo de projeto até a manutenção de maquinas e equipamentos (BRASIL,1996).

Segundo o (SINDEMON, 2016), outros métodos de proteção também podem ser adotados para aumentar o nível de segurança neste tipo de trabalho, que são protocolos e fluxo de trabalho em todas as fases de operação e manutenção das máquinas e equipamentos e coordenar um treinamento de todos colaboradores sobre a sistemas de segurança.

A NR 12 aplica-se em segurança nos trabalhos realizados em maquinas equipamentos desde,

as fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras – NR aprovadas pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis (BRASIL, 1978).

Todas as máquinas e equipamentos elétricos que ficaram sob tensão elétrica devem possuir sistema de aterramento de acordo com as normas oficiais, afim de garantir a segurança do maquinário e dos trabalhadores envolvidos, (BRASIL, 1978)

3.14.3 ND 5.1 – CEMIG

Esta norma trata-se das condições de Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição Aérea dedicada às Edificações Individuais.

Segundo a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), esta norma tem por objetivo:

estabelecer as diretrizes técnicas para o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, às edificações individuais, a partir das redes de distribuição aéreas, bem como fixar os requisitos mínimos para as entradas de serviço destas edificações, (CEMIG, 2013).

3.14.4 NBR 5410 – Instalações Elétricas em Baixa Tensão

Esta norma determina os critérios mínimos e necessários para que uma instalação elétrica de baixa tensão funcione de modo perfeito, promovendo segurança de pessoas, animais e a preservação de bens materiais, sendo aplicada nas instalações elétrica de edificações, comerciais, industriais, público, residencial, de serviços, agropecuários, hortigranjeiro. (MORAES, 2013). A NBR 5410 de 2004 emprega-se às instalações elétricas submetidas ou alimentadas sob uma tensão nominal igual ou superior a 1000 V em corrente alternada, com frequência inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V sob corrente contínua. (BRASIL,2004).

Para (MORAES, 2013) esta norma determina os parâmetros necessários das instalações elétricas situadas,

em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações; reboque de acampamento e locais de acampamentos, marinas e instalações análogas; em canteiro de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias; aos circuitos elétricos que são alimentados com tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada e com frequências inferiores a 400 hz ou a 1500V em corrente contínua; circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1 000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1 000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas a descarga, precipitadores eletrostáticos etc.); a toda fiação e a toda linha elétrica que não sejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; as linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

O sistema de aterramento se define por um grupo de condutores aterrados com a função de promover o contato com a menor impedância possível entre o circuito e o solo. De acordo com a NBR 5410, existem 3 esquemas básicos de aterramento e estes se definem da seguinte forma:

- Esquema TT: ponto de alimentação diretamente aterrado com massa de instalação conectada em eletrodo de aterramento diferente do aterramento da alimentação;

- Esquema TN: ponto da alimentação diretamente aterrado com massas ligadas através de condutores de proteção Tem 3 variantes, TN-S (condutor neutro e de proteção diferentes), TN-C-S (parte da função de neutro e proteção combinam em um condutor) e TN-C (normatizado porém não é aconselhável por apresentar terra e neutro em mesmo condutor);
- Esquema IT: partes vivas isoladas da terra ou ponto de alimentação aterrado por impedância.

A lei nº 11337 torna obrigatório as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor terra de proteção, deverá existir condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica (BRASIL, 2006).

3.14.5 NBR 15749 – Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento.

A norma 15749, publicada em 8 de agosto de 2009 e confirmada em 28 de setembro de 2014 prescreve cuidados com a segurança dos envolvidos e define critérios e métodos de medição de resistência de sistemas de aterramento e de potenciais na superfície do solo, determina também características gerais para os equipamentos utilizados nas medições e os conceitos para avaliação dos resultados (BRASIL, 2009)

3.14.6 ABNT NBR IEC 60309-1 - Plugues E Tomadas Para Uso Industrial

Direcionada a uso industrial interno ou externo, foi publicada em seis de janeiro de 2015. A IEC 60309 é aplicada aos plugues e tomadas, aos conjuntos acopladores de cabo e conectores do equipamento, tensão nominal de funcionamento máximo de 1 000 V em corrente contínua e 1000 V / 500 Hz em alternada e corrente nominal limite de 800 A (BRASIL, 2015).

3.14.7 NBR 5471 – Condutores Elétricos

Esta norma especifica os termos dos condutores elétricos em geral. Entende-se como cabo, equipamento metálico de seção transversal sólido com extensão muito maior do que sua medida transversal. Já fio é considerado um produto metálico macio e flexível, possui seção transversal sem variação com extensão muito maior do que a dimensão transversal. (BRASIL, 1986).

3.14.8 NBR 5419 – Proteção de Estruturas Contra Descarga Atmosférica

Entende-se como descargas atmosféricas, as descargas de grande extensão, podendo atingir vários quilômetros com grandes valores de corrente elétrica. Ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas na atmosfera, normalmente em dias de tempestade, (INPE, s/d).

A NBR 5419 mostra as condições mínimas que os projetos de instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosférica de estruturas para fins comerciais, indústrias, agrícolas, administrativo ou residenciais, (BRASIL, 2001).

3.14.9 NBR ISSO/CIE 8995 – Iluminação Interior no Ambiente de Trabalho

Todos os locais de trabalho interno devem possuir requisitos mínimos de iluminação, para que todas as pessoas possam desempenhar suas atividades com mais eficiência, conforto e segurança, (BRASIL, 2013).

3.14.10 NBR 9513/2010– Emendas para Cabos de Potência Isolados para Tensão até 750V

A NBR 9513/2010 define os requisitos para aplicação em emendas realizadas em cabos de potência isoladas com tensões até 750V.

As emendas são tarefas comuns no dia-a-dia dos profissionais do ramo elétrico, porém muitos destes profissionais não possuem conhecimento suficiente para efetuar uma emenda adequada. As emendas mal feitas são um dos fatores que podem gerar problemas nas instalações elétricas, quando são mal feitas provocam perdas significativas por dissipação de calor, caso o procedimento for mal executado ou seja mal isolada, OLIVEIRA (2016).

Existem tipos de emendas diferentes para cabos rígidos e flexíveis. Os tipos de emendas para cabos rígidos:

- Emenda em prolongamento:
- Emenda rabo de rato
- Emenda em derivação

Tipos de emendas em cabos elétrico flexíveis:

- Emenda em prolongamento
- Emenda em derivação

3.14.11 NBR 17094-1/2013 – Maquinas Elétricas girante – Motores de indução:

Parte1: Trifásicos

Esta norma determina as exigência mínimas para motores de indução trifásico, não destinada para motores de indução para veículos de tração.

3.15 RESPONSABILIDADE

3.15.1 Responsabilidades do Engenheiro Eletricista

A responsabilidade do engenheiro se aplica em vários âmbitos e setores do mercado de trabalho, de acordo com o CREA-SP engloba as responsabilidades:

- Responsabilidade Administrativa: resulta das restrições impostas pelos órgãos públicos, através do Código de Obras, Código de Água e Esgoto, Normas Técnicas, Regulamento Profissional, Plano Diretor e outros.

- Responsabilidade Civil: Obrigação de reparação e/ou indenização por algum dano causada; contratual; pelos materiais; por danos à terceiros.

- Responsabilidade Ética: Resulta de faltas éticas que contrariam a conduta moral na execução da atividade profissional. Em nível do CONFEA/CREAs, essas faltas estão previstas na legislação e no Código de Ética Profissional, estabelecido na Resolução nº 1002, de 26/11/02, do CONFEA. Uma infração à ética coloca o profissional sob julgamento, sujeitando-o a penalidades.

Recomenda-se a todo profissional da área tecnológica a observância rigorosa às determinações do Código de Ética.

- Responsabilidade Objetiva: Estabelecida pelo Código de Defesa do Consumidor descrita nos artigos 12º e 14º.

- Responsabilidade Penal e Criminal: Decorre de fatos considerados crimes. Neste campo merecem destaque:

a) desabamento - queda de construção em virtude de fator humano;

b) desmoronamento – resulta da natureza;

c) incêndio - quando provocado por sobrecarga elétrica;

- Responsabilidade Técnica: Os profissionais que executam atividades específicas dentro das várias modalidades das categorias da área tecnológica devem assumir a responsabilidade técnica por todo trabalho que realizam.

- Responsabilidade Trabalhista: A matéria é regulamentada pelas Leis Trabalhistas em vigor.

3.15.2 Responsabilidade do Proprietário do Laticínio

Cabe ao proprietário do empreendimento, cumprir e se fazer cumprir todas as normas oficiais vigentes com o objetivo de garantir a segurança dos trabalhadores e demais pessoas, que direta ou indiretamente estejam envolvidas com eletricidade e manter também a segurança das instalações para que esta possa fornecer energia de forma segura e com eficiência.

As empresas estão obrigadas a possuir esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos especificando todo o sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção, (BRASIL, 2004).

O CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura – em seu artigo 8º menciona que,

Art. 8º - Compete ao ENGENHEIRO ELETRICISTA ou ao ENGENHEIRO ELETRICISTA, MODALIDADE ELETROTÉCNICA:

I - o desempenho das atividades 01 a 18 do artigo 1º da Resolução Nº 218, de 29 Junho de 1973, referentes à geração, transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica; equipamentos, materiais e máquinas elétricas; sistemas de medição e controle elétricos; seus serviços afins e correlatos.

3.16 ECONOMIA

Os objetivos para os administradores de empresa e indústria é maximizar seu valor para acionistas. Este processo de valorização é algo adquirido a longo prazo, com base nesta visão as decisões devem ser tomadas com a intenção de aumentar as riquezas sustentáveis, (BORDEAUX-REGO e seus colaboradores, 2013).

O correto investimento em eletricidade por exemplo, pode trazer as empresas e indústrias economias consideráveis para seus cofres. Segundo (FIEP, 2016), simples medidas podem contribuir para a economia de até 25% na tarifa energética de uma indústria. Para alguns especialistas basta pesquisar com atenção a demanda e tudo de tudo que está sendo pago, valores que podem simbolizar um bom investimento para melhorar a produção da empresa.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AOS FINS

Quanto aos fins, a pesquisa se enquadra como descritiva, pois a mesma expõe as características atuais das instalações elétricas estudadas. Será executado um estudo de campo, com base em estudos teóricos, para identificar os problemas ocorridos e suas causas e através destes desenvolver uma plano de manutenção para instalações elétricas de baixa tensão.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AOS MEIOS

Quanto aos meios, o trabalho é uma pesquisa de campo, de acordo com Neis, (2009), definida pelas investigações que vão além do estudo bibliográfico ou documental é a forma de colher na prática informações que somente são obtidas em campo.

4.3 TRATAMENTO DOS DADOS

A pesquisa desenvolvida é um estudo qualitativo quanto à natureza dos dados foi feito principalmente através de visitas técnicas de toda a rede elétrica do laticínio, desde a entrada de energia até os equipamentos consumidores finais, com auxílio de equipamentos digitais de medição.

Em primeiro momento foi verificada toda a iluminação, motores, ar condicionados, tomadas e demais aparelhos para o levantamento, incluindo a verificação da situação de conservação e adequação às normas vigentes em toda a instalação elétrica do local, e com o auxílio de equipamentos adequados de precisão como wattímetro e termômetro de infravermelho, verificar algumas grandezas elétricas como potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência, temperatura das fases, espessura dos cabos utilizados, frequência, que são para um diagnóstico.

Após análise dos estudos científicos e pesquisa em campo direcionamos para organização do projeto de acordo o Referencial Teórico. Em sequência foram analisados a situação das instalações elétricas, pautamos os pontos mais críticos do local e foram inseridos no corpo do trabalho, montando os passos para a confecção do plano de manutenção de acordo as informações levantadas indicando nas normas específicas as correções.

A escolha do local analisado, foi levado em consideração o fato de ser a real situação de boa parte das instalações elétricas das indústria no Brasil e que realmente nesta empresa não possuem nenhum tipo de gestão de manutenção das instalações elétricas.

Foi montado um plano de gestão de manutenção para primeiramente corrigir as irregularidades e adequação das instalação em acordo com as normas vigente.

Situado na Rodovia MG 117 altura do km 55, próximo ao centro da cidade de Coluna no Vale do Rio Doce no estado de Minas Gerais, o Laticínios Coluna é a maior indústria produtora de derivados do leite da cidade.

A edificação do Laticínios Coluna tem aproximadamente 20 (vinte) anos de existência conforme relato de seu proprietário Almerindo Augusto.

A indústrias de laticínios exporta seus produtos para cidades da região do vale do Rio Doce também é exportado para a capital Belo Horizonte. Dentre seu produtos comercializados podemos citar, queijo mussarela, iogurte, queijo parmesão ricota etc.

Figura 3- Laticínios Coluna



Fonte: Acervo da Pesquisa, 2016

Os resultados obtidos estão apresentados em forma de passos a serem seguidos para levantamento, análise e gestão da manutenção das instalações elétricas. Consta nos resultados planilha orientando pontos a serem verificados e metodologia pra efetuar a manutenção adequada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os estudos, inspeções e levantamentos de dados *in loco* decidimos desenvolver uma manutenção corretiva devido a precariedade em que se encontra toda a instalação elétrica do Laticínio, existindo grande frequência de queima de motores e bombas. Foram seguidas as fases apresentadas no fluxograma 1 nos qual os resultados serão apresentados e discutidos no que se segue.

5.1 FASE 1 – LEVANTAMENTO DE DADOS

A primeira fase do plano de gestão é referente ao reconhecimento do local a ser trabalhado sendo levantamento dos dados feito através de inspeção visual, de toda a rede elétrica do laticínio, da entrada de energia até os equipamentos consumidores finais, utilizando de equipamentos digitais de precisão como wattímetro, termômetro de infravermelho e paquímetro.

Nesta etapa coletou-se todas das informações da atual situação de conservação do circuito elétrico local e equipamentos conectados, adequação às normas vigentes em toda a instalação elétrica. Incluiu-se ainda a avaliação dos acionamentos dos equipamentos, e com o auxílio de equipamentos adequados, mensurou-se a potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência, temperatura das fases, espessura dos cabos utilizados, frequência, flutuação da corrente e flutuação de tensão.

Utilizando-se de um alicate wattímetro conectado às fases do quadro geral, foi feita a medição da potência ativa, potência reativa, potência aparente, fator de potência, frequência, flutuação da corrente e tensão. Para o levantamento de temperatura das fases, será utilizado um termômetro digital.

Foram coletados vários dados em diferentes locais da instalação elétrica do laticínio, utilizando para isso um wattímetro digital TRUE RMS e termômetro digital, a fim de averiguar grandezas elétricas como o fator de potência, energia ativa e reativa, temperatura dos condutores etc. Muitas foram as não-conformidades encontradas durante as inspeções realizada, em resumo os principais estão descritos a seguir:

- Quadro de Distribuição sem aterramento e sem identificação de circuitos;
- Quadro de Distribuição com conexões incorretas e sinais de curto-circuito;
- Condutores de entrada de alimentação com emendas em sua extensão;
- Condutores de circuitos internos com fiação sem proteção e com emendas despadronizadas;
- Condutores instalados sem proteção mecânica e em local úmidos onde há tráfego de pessoas;
- Cabos superdimensionados;
- Etc.

A seguir o relatório fotográfico e detalhamento das instalações elétricas do Laticínio Coluna.

5.1.1 Padrão de Entrada – (CEMIG)

O Padrão de medição da CEMIG está instalado dentro da propriedade do laticínio, próximo a um transformador de 75 kVA, o tipo de ligação do padrão é rural trifásico com disjuntor geral de 225 ampères.

Figura 4: Cabeamento de entrada de energia do Laticínios Coluna.



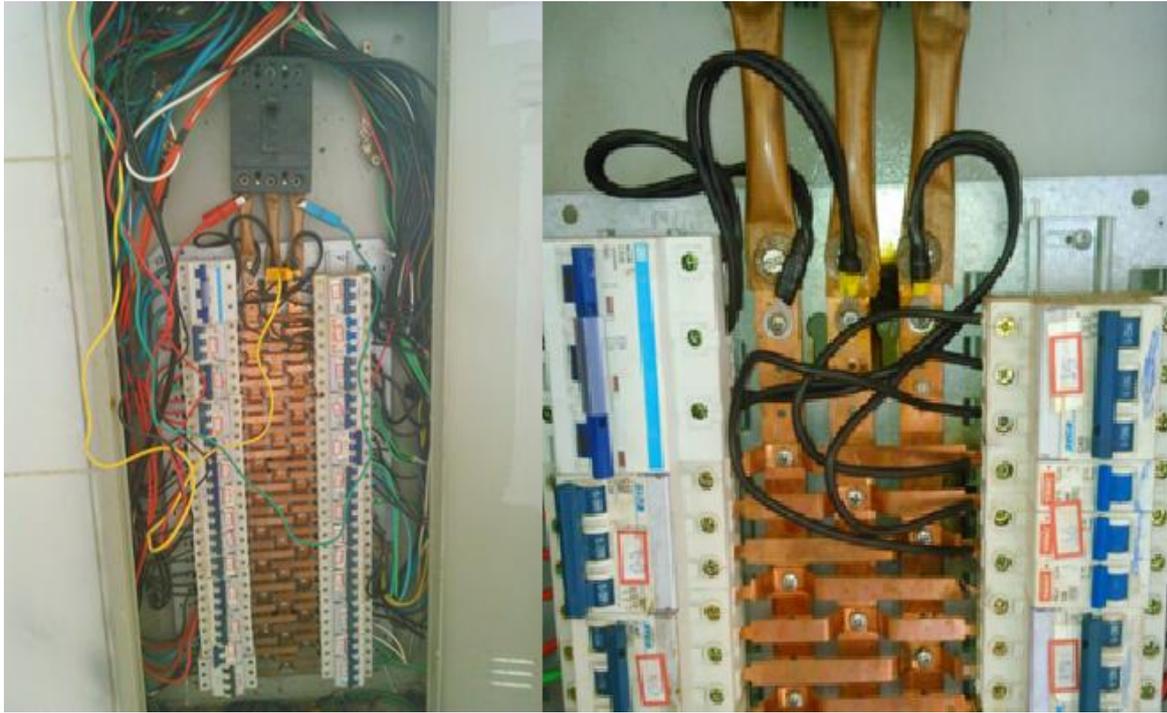
Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

O cabo de alimentação do padrão até o quadro de distribuição está subdimensionado e possui emendas, com sinais de curto-circuito.

5.1.2 Quadro de Distribuição Geral

O quadro distribuição está instalado em ponto estratégico no centro de carga da instalação elétrica, para fácil distribuição dos circuitos elétricos. Não apresenta identificação dos circuitos, cabos e mal organizados, barramentos com parafusos frouxos. Há um desbalanceamento de fases e apresenta ligações indevidas causando sobreaquecimento dos condutores e curto-circuito conforme fotos a seguir:

Figura 5: Quadro de distribuição apresenta não conformidades em relação às normas.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Figura 6: Temperatura elevada do Condutor Fase no quadro de distribuição.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

5.1.3 Ligação dos motores elétricos

O laticínio possui diversos motores e equipamentos elétricos de várias potências usados na produção. Esses equipamentos estão sem instalação adequada localizados em locais de risco podendo causar acidentes a seus usuários. Os condutores são emendados e com isolamento comprometida, não são protegidos por eletrodutos, as conexões ao motor não possuem proteção mecânica, gerando riscos de choque elétrico.

Os motores não possuem aterramentos padronizados conforme as normas vigentes. As imagens abaixo retrata essa situação:

Figura 7: Detalhe da instalação de motores elétricos.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

5.1.4 Iluminação

Em alguns setores da edificação do laticínio é desprovidas de janelas, o que não proporciona uma boa iluminação natural no setor de produção, obrigando o sistema de iluminação permanecer ligado durante todo o período de trabalho aumentando os custos com a

conta de energia. As luminárias são do tipo de sobrepor equipadas com 2 lâmpadas fluorescentes longas de 40 w cada. As figuras 11 e 12 nos mostra uma parte setor de produção:

Figura 8: Iluminação do setor de produção.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Há vários circuitos de iluminação, tomadas, circuitos específicos para motores e equipamentos elétricos dimensionados por toda instalação. A maioria dos condutores foram alojados desacordo com as normas técnica e de segurança vigentes. Nas inspeções realizadas observamos vários locais com fiação exposta sem a devida proteção mecânica fixadas em locais molhados onde há tráfegos de pessoas e com várias emendas, gerando resistência elétrica. As figuras abaixo nos mostra essas situações:

Figura 9: Fiação sem proteção mecânica e emendas irregulares.



Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Junto à administração do laticínio, foi feito levantamento do patrimônio de equipamentos existentes em funcionamento no local, para o levantamento de cargas e comparação na análise dos dados. Também foi recolhido os dados das últimas contas de energia, a fim de utilizar para análise econômica.

5.1.5 Inspeção Visual das Instalações

Dentre as irregularidades acima, alguns obstáculos foram encontrados para um melhor desenvolvimento da inspeção. A falta de planta arquitetônica da edificação e lista de patrimônio dos ativos do laticínio tornam mais complexos os trabalhos, indicando a necessidade de efetuar um levantamento desses equipamentos para cadastro.

5.2 FASE 2 – DEFINIÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO

Diante do quadro encontrado nas instalações do laticínio, identificamos a necessidade da criação de um plano de manutenção imediatamente. O sistema elétrico local encontra-se sobrecarregado, com pontos de conservação precários e ligações incorretas, o que evidencia a necessidade de uma intervenção técnica

Com os dados já coletados na fase 1, a fase 2 é responsável pelos cálculos e definições dos métodos a serem aplicados para a correção do circuito. Para isso, deve-se analisar e separar quais problemas devem ser corrigidos imediatamente no plano de manutenção corretiva e quais irão se enquadrar no plano de manutenção programada. Nessa etapa são analisados e corrigidos, os que necessitam de tal processo, os valores encontrados em medição e levantamentos citados do item 3.7 ao 3.9.

As não conformidades pontuadas no item 5.1 deverão ser corrigidas baseadas nas normas referentes. Para a adequação e correção do quadro de distribuição sem aterramento e sem identificação de circuitos, o item 8.3.2 da NBR 5410 trata sobre a manutenção de quadros de distribuição e painéis. O casos de condutores com emendas, deve ser aplicado a NBR 9513 que trata sobre emendas de cabos até 750 V e NBR 5410 em itens relacionados ao dimensionamento de cabos. A temperatura elevada de condutores está relacionada com o subdimensionamento dos condutores e aplica-se nesses casos o dimensionamento dos condutores indicado na NBR 5410. A NR 10 trata sobre a identificação de circuitos elétricos e o torna obrigatório. Em relação a motores, a NBR 5410 também define alguns parâmetros, mas deve-se levar em consideração os manuais de cada equipamento e a NBR 17094-1.

Adequar as instalações elétricas às normas vigentes, garante segurança para os operadores de equipamentos, menor desgaste de cabos e equipamentos, qualidade de energia e menor risco de ocorrência de falhas que podem parar a produção. Nessa etapa deve-se definir as correções de cabos, equipamentos e segurança das instalações. Em casos com fiações expostas, estas devem ser embutidas, levando em consideração que parte da edificação do laticínio possui áreas úmidas, esta medida de segurança se torna importante. Para condutores de circuitos internos com fiação sem proteção, emendas despadronizadas e em locais úmidos com trânsito de pessoas, o item 4.1.3 da NBR 5410 determina sobre a proteção de pessoas e animais contra sobrecorrentes e efeitos negativos de temperatura e a NR 10.

O fabricante do equipamento que especifica o melhor sistema para sua máquina, no caso do sistema de aterramento escolhido para o laticínio, indicamos o IT, sua utilização é indicada em locais onde é indispensável a continuidade do serviço.

5.2.1 Histórico de Manutenção de equipamentos

Ter conhecimento dos ativos de uma empresa é necessário, dessa forma, foi gerada um modelo de prontuário para pesquisa futura de todas as informações referentes ao equipamento. Tendo em vista que uma indústria trabalha com uma quantidade considerável de motores e equipamentos, entendemos que se torna necessário uma ficha de equipamento indicando tempo de uso, manutenções e outras informações necessárias. Também deve-se utilizar de código para identificação do equipamento na listagem de patrimônio. A ficha criada aborda de forma sucinta as informações do funcionamento do equipamento, mas garante um banco de informações.

Tabela 2: ficha de informação de equipamentos.

FICHA DO EQUIPAMENTO					
Nº DE PATRIMÔNIO	TIPO DE EQUIPAMENTO				
	MODELO				
	FABRICANTE				
DATA	SETOR	INICIO	FIM	DESCRIÇÃO DA FALHA	TEC. RESPONS.

5.2.2 Fator de Potência

Práticas como desativar cargas indutivas ociosas e superdimensionadas diminuem a necessidade de energia reativa no sistema elétrico, porém não resolve totalmente o problema,

necessitando em seguida da instalação de banco de capacitores para recompor a energia reativa necessária para reparar as instalações. O banco de capacitor deverá ser dimensionado há modo que não exceda os valores necessários da energia reativa, evitando prejuízos na rede da concessionária de energia. Como indicado na equação 6 e 7 no ítem 3.4.1, há dois métodos de cálculo do fator de potência a serem utilizados, não podendo desconsiderar, caso exista a presença das harmônicas. Havendo cargas não lineares, estas se corresponderem a valor acima de 19% da carga total, o que implica em um estudo de harmônicas no local antes da correção do fator de potência.

Por se tratar de ligação rural, o Laticínios Coluna não paga sobre reativos à concessionária de energia, porém a correção do fator de potência contribui na redução da corrente. Para a ANEEL, o fator de potência mínimo é de 92%, no entanto, na fase de levantamento de dados foi obtido em medição 0,593. O passo seguinte é definir em qual ponto da instalação será feita a correção do fator de potência, tendo as seguintes opções:

- Retificar a partir da entrada de energia de alta tensão onde não é corrigido o causador dos danos às instalações, somente altera o valor do fator de potência para leitura da concessionária;
- Retificar a partir da entrada de energia de baixa tensão, sendo utilizado esse método nos casos de cargas de potências variadas e diferentes regimes, aplicando bancos de capacitores automáticos;
- Retificar por grupo de cargas, os capacitores são instalados no quadro de distribuição, corrige um pequeno setor de maquinário, em geral com valores menor que 10cv e não diminui a corrente no circuito alimentado.
- Retificação localizada instala os capacitores no equipamento a ser corrigido, reduz perdas energéticas em toda a instalação e gera potência reativa somente em locais necessários;
- Retificação mista é indicada como melhor opção do ponto de vista de conservação de energia, até 10cv é corrigido localmente, tanto motores com esse valor ou blocos de maquinários, redes individuais de iluminação utiliza-se reatores de baixo fator de potência e é instalado banco de capacitor automático na entrada para equalização.

Em seguida calcula-se a potência reativa do sistema, capacitância do capacitor, corrente nominal do capacitor, proteção contra curto circuito e condutores. Estes resultados obtidos são os necessários para dimensionar o banco de capacitores.

Tabela 3: Itens verificados em inspeção visual das instalações elétricas.

ITENS VERIFICADOS DAS INSTALAÇÕES DO LATICÍNIOS COLUNA		PERIODICIDADE			
		Imediato	Mensal	Semestral	Anual
item 1	INSPEÇÕES				
1.1	Entrada do Centro de Medição da Instalação Elétrica	X			
1.2	Barramentos	X			
1.3	Circuitos de Tomada e Iluminação	X			
1.4	Quadro de Comandos (motores, câmara fria, bombas, máquinas em geral)				
1.5	Circuitos de Iluminação Tomadas	X			
	Aterramento	X			
item 2	ENTRADA DO CENTRO DE MEDIÇÃO				
2.1	Verificar condições de conservação do Padrão de Entrada	X			
2.2	Verificar condição geral do aterramento	X			
2.3	Verificar o funcionamento do Disjuntor Geral	X			
item 3	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO GERAL – QDG				
3.1	Verificar a temperatura e funcionamento dos disjuntores termomagnéticos e cabos de alimentação	X			
3.2	Identificar as conexões dos disjuntores termomagnéticos, evitando possíveis pontos de resistência elevada	X			
3.3	Fazer medições das tensões, corrente elétrica, fator de potência, energia ativa e reativa e anotá-las (para possível correção)	X			
3.4	Verificar a existência de conexões indevidas	X			
3.5	Atualizar o diagrama de identificação do circuitos	X			
3.6	Verificar a balanceamento de fases	X			
3.7	Verificar a regulagem do Disjuntor Geral	X			
3.8	Inspecionar a situação do aterramento da carcaça do quadro à terra	X			
3.9	Inserir novos circuitos de reserva	X			

item 4		BARRAMENTO
4.1	Controlar a corrente elétrica nas diversas secções do barramento, para corrigir sobrecargas e desbalanço de corrente	X
4.2	Equilibrar as tensões, terminais para corrigir a queda de tensão	X
item 5		CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO
5.1	Inspeccionar as luminárias e trocar trocas todas as lâmpadas que estiverem queimadas	X
5.2	Trocar os reatores quando for necessário	X
5.3	Adequar o nível de iluminação de acordo com a normas vigentes	X
5.4	Analisar possível forma de extrair luz natural para dentro da edificação	
5.5	Verificar todos os contatos internos, reapertar parafusos de fixação.	X
5.6	Verificar a possibilidade de trocar as lâmpadas fluorescente por lâmpadas de LED para melhor eficiência	X
5.7	Instalar eletroduto para passagem de condutores expostos	X
item 6		CIRCUITOS DE TOMADAS
6.1	Verificar se houve dimensionamento correto de condutores em caso de TUE	
6.2	Verificar se há parafusos frouxos na ligação dos condutores com os bornes	
6.3	Instalar eletroduto para passagem de condutores expostos	
6.4		
6.5		
6.6		
item 7		SISTEMA DE ATERREMENTO
7.1	Vistoriar o sistema de aterramento e suas condições normais de uso, conexões	
7.2	Verificar se há aterramento nas carcaças de máquinas, equipamentos e motores	
7.3	Reapertar conexões dos conectores, haste e condutores	

5.3 FASE 3 – EXECUÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

A fase 3 é onde são aplicados o plano de manutenção. Esta etapa deve ser acompanhada com rigor, é de grande importância a seleção dos profissionais a executarem essa etapa, um bom trabalho executado evita falhas que prejudiquem todo o processo.

Todos os profissionais envolvidos no processo devem ter conhecimento do método a ser aplicado e a função do mesmo. Todas as etapas do plano de manutenção devem ser documentadas, mantendo as informações em um prontuário, essas informações servirão para futuras manutenções e confecção do relatório final de melhorias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com avanço da demanda, grande produção de produtos de várias natureza e o aumento da tecnologia das indústrias, é imprescindível que seja implantado um eficiente plano de manutenção. Através destas medidas de eficiência as indústrias terão uma instalação elétrica com confiabilidade e disponibilidade, intervindo de forma direta na economia.

Através de um planejamento eficaz das manutenções, podem-se gerar ganhos com a disponibilidade das instalações elétrica. Com a elaboração deste projeto por meio de pesquisa científica, normas e levantamentos de dados in loco, apresentou-se um plano de gestão de manutenção com o objetivo de melhorar as instalações elétricas da empresa de laticínios.

Os propósitos deste projeto foram analisar as instalações elétricas do Laticínios Coluna através de uma revisão bibliográfica, normas e legislações que são aplicadas sobre as instalações elétricas industriais de baixa tensão e elaborar um Plano de Manutenção para correção das irregulares levantadas. De acordo com os estudos abordados criamos as melhores alternativas para atingir o objeto que é a implantação de um plano de manutenção das Instalações do Laticínios Coluna em Minas Gerais.

Assim, Concluiu-se que, a partir da execução deste plano de gestão para as instalações elétricas oferece ao laticínio uma metodologia de manutenção que elevará a confiabilidade e segurança das instalações elétricas.

REFERÊNCIAS

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. *Gerenciamento de Energia*. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 176p.

BRASIL. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*, NBR 5410, publicada em 30 de setembro de 2014. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BRASIL. *Conectores de Cobre para Condutores Elétricos em Sistemas de Potência*, NBR 5370, publicada em 30 de novembro de 1990. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

BRASIL. *Iluminação de Ambientes de Trabalho parte 1: Interior*, NBR ISSO/CIE 8995-1, publicada em 21 de março de 2013. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. *Proteção Contra Descargas Atmosféricas*, NBR 5419, publicada em 22 de maio de 2015. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. *Máquinas elétricas girantes: Motores de indução - Parte 1: Trifásicos*, NBR 17094-1, publicada em 23 de novembro de 2013. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. *Emendas para cabos de potência isolados para tensões até 750 V: Requisitos e métodos de ensaios*, NBR 9513, publicada em 26 de novembro de 2010. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BRASIL. *Lei nº 11.337, de 26 de julho de 2006*. Brasil – Diário Oficial da União. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11337.htm>. Acesso em 12 de novembro de 2016. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11337.htm

CAPELLI, A. *Energia Elétrica: Qualidade e eficiência para aplicações industriais*. 1. ed. São Paulo: Érica, 2013. 272p.

CREDER, Hélio. *Instalações elétricas*. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 427p.

COTRIN, A. A. M. B. *Instalações elétricas*. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009. 500p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Medidas podem ajudar a indústria a economizar até 25% na tarifa de energia elétrica*. Curitiba, 2016. Disponível em:

<<http://www.fiepr.org.br/boletimsindical/sindemon/News16905content256444.shtml#>>.
Acesso em: 15 de junho de 2016.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. *Máquinas Elétricas*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman 2014. 728p.

FRANCHI, C. M. *Acionamentos elétricos*. 4. ed. São Paulo: Érica, 2008. 250p.

GUILLIOD, S. M.; CORDEIRO, M. L. R. *Manual do pré-diagnóstico energético: autodiagnóstico na área de prédios públicos*. 1 ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2010. 53p.

KOSOW, I. L. *Máquinas elétricas e transformadores*. 4 ed. Porto Alegre: Globo, 1982. v.1, 668p.

MAMEDE, J. F. *Instalações elétricas Industriais*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.666p.

MAMEDE, J. F. *Manual de equipamentos elétricos*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 685p.

MINAS GERAIS. *Fornecimento de Energia Elétrica em Média: Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea*, ND 5.3, publicada em maio de 2013. Belo Horizonte: CEMIG, 2013.

MINAS GERAIS. *Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária Rede de Distribuição Aérea: Edificações Coletivas*, ND 5.2, publicada em maio de 2013. Belo Horizonte: CEMIG, 2013.

MRENO, Hilton. *Cabos Elétricos de Baixa Potência*.1. ed. Itu: COBRECOM, 2014. 186p.

NERY, N.; KANASHIRO, N. M. *Instalações elétricas industriais*. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 152p.

NISKIER, Julio. *Manual de instalações elétricas*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 368p.

PETRUZELLA, F. D. *Motores elétricos e acionamentos*. 1. ed. Porto Alegre: Mcgraw Hill, 2013. 372p.

PRYSMIAN ENERGIA CABOS E SISTEMAS DO BRASIL. *Manual Prysmian de Instalações Elétricas*. 1. ed. Santo André: Prysmian Group, 2010. 72p.

TJDFT (Brasil). *Plano de Manutenção Predial Preventiva das Edificações do*. 2013. Disponível em: <http://www.tjdft.jus.br/publicacoes/publicacoes-oficiais/arquivos/AnexoII_PMPP.pdf>. Acesso em: 13 de outubro de 2016.

VERRI, L. A. *Manutenção de instalações elétricas: Como evitar trabalhos corretivos*. 2009. Disponível em: <Manutenção de Instalações http://www.verriveritatis.com.br/Toro/maio2009/Manutencao_em_instalacoes_eletricas.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.

VIANA, A. N. C.; BORTONI, E. C.; NOGUEIRA, F. J. H.; HADDAD, J.; NOGUEIRA, L. A. H.; VENTURINI, O. J.; YAMACHITA, R. A. *Eficiência energética: Fundamentos e aplicações*. 1. ed. Campinas: Elektro, 2012. 314p. Disponível em: <http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2016.