



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**FABRÍCIO COSTA DOS SANTOS**

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA GESTÃO DA  
QUALIDADE NA ANÁLISE DE DADOS TERMOGRÁFICOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**João Pessoa**  
**2018**

**FABRÍCIO COSTA DOS SANTOS**

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA GESTÃO DA QUALIDADE  
NA ANÁLISE DE DADOS TERMOGRÁFICOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba - UFPB como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Prof. Dr. Ivson Ferreira dos Anjos

**Linha de pesquisa:** Manutenção Elétrica Predial, Inspeção Preditiva e Termográfica.

**JOÃO PESSOA/PB**

**2018**

S237a Santos, Fabricio Costa Dos.

Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade na análise de Dados Termográficos. / Fabricio Costa Dos Santos.

- João Pessoa, 2018. 60 f. : il. Orientação: Ivson Ferreira dos Anjos. Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Manutenção, Inspeção Preditiva Predial, Termografia. I. Anjos, Ivson Ferreira dos. II. Título. UFPB/BC

UFPB /BC

FABRÍCIO COSTA DOS SANTOS

**Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade na Análise de Dados  
Termográficos**

**Trabalho de Conclusão de Curso** submetido à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenheira de Produção e defendido em 25 de outubro de 2018, obtendo o conceito **Aprovado**, sob avaliação da banca examinadora a seguir:

---

Prof. Dr. Ivson Ferreira dos Anjos - Orientador

Departamento de Engenharia de Produção/CT/UFPB

---

Prof. Me. Jailson Ribeiro de Oliveira - Membro

Departamento de Engenharia Mecânica/CT/UFPB

---

Prof. Dr. Virgílio Mendonça da Costa e Silva

Departamento de Engenharia de Produção/CT/UFPB – Examinador

Dedico este trabalho a Nosso Bondoso Pai Celestial que me concedeu a vida até este ponto, pois todas as coisas, sim tudo é Dele e Ele as conhece e Seu conhecimento é de geração em geração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeramente que a todo o instante conduziu meus passos de tal forma a me conceder a minha fantástica familia nesta vida. Minha esposa querida, filhas excepcionais e um filho amigão, que foram o combustível nessa caminhada. Aos meus pais Gilson Felinto dos Santos e Daguimar Costa dos Santos que sempre foram sábios em conduzir os filhos que Deus lhes confiou de maneira acertada em busca do conhecimento e educação com honestidade e firmeza em tudo que se propõe a fazer. Aos professores Dr. Ivison pela facilidade em dialogar e agregar uma visão critica técnica apropriada, ao professor Me. Jailson por sua paciência e incansável esforço em passar experiência. Ao professor Dr. Virgílio por sua contribuição durante minha formação onde nossas afinidades se convergem na manutenção. Em fim a todos os professores que fizeram e fazem parte do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

"E Deus falou a Moisés, dizendo: Eis que eu sou o Senhor Deus Todo-Poderoso; e Infinito é meu nome, pois eu sou sem princípio de dias ou fim de anos; e não é isso infinito?"

Moisés

1:3

SANTOS, Fabricio Costa dos. **Aplicação de Ferramentas da Gestão da Qualidade na Análise de Dados Termográficos.** 2018.60f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). UFPB/CT/DEP. João Pessoa/PB.

## **RESUMO**

O presente trabalho objetiva descrever a experiência profissional em uma empresa de Manutenção Predial localizada na cidade de João Pessoa e mostrar a utilização de ferramentas de controle da qualidade na análise de dados termográficas nos ambientes prediais. O período de experiência que abrange todas as fases desse estudo foi de 3 anos. Através de uma análise descritiva e tratamento estatístico dos dados de serviços prestados pela empresa, foi possível identificar, planejar e implantar a técnica de manutenção preditiva com foco em inspeção termográfica, com o intuito de diminuir retrabalhos, retornos indesejados, urgências e manutenções corretivas ligadas as instalações elétricas. A pesquisa consiste em um estudo de caso, fazendo uso de estatística paramétrica e descritiva em seus procedimentos metodológicos. Para manipular os dados coletados para acompanhar e verificar os resultados fez-se uso do *software* Minitab® versão 17 trial ,para gerar gráficos, sob orientação do Prof.º Ivson F. dos Anjos. Os principais resultados, culminaram na diminuição significativa nos retornos de retrabalhos e urgências, com isso uma melhora de qualidade e eficiência em seus serviços e consequentemente um aumento na satisfação do cliente. Conclui-se que é necessário ter-se imagens térmicas dos sistemas elétricos pois elas podem indicar as condições operacionais dos equipamentos que fazem parte desses sistemas. Na verdade, desde os primórdios da termografia, quatro ou mais décadas atrás, a principal aplicação comercial das imagens térmicas tem sido a inspeção de sistemas elétricos.

A detecção e correção das conexões deficientes, antes que ocorra uma falha, previnem tanto incêndios quanto paralisações iminentes, que podem ser críticas para as operações industriais, comerciais e Prediais. As medidas de prevenção são importantes porque, quando um sistema crítico vem a falhar, a falha aumenta inevitavelmente os custos, exige a realocação de funcionários e materiais, reduz a produtividade, coloca em risco a lucratividade e afeta a segurança de funcionários e/ou clientes. A discussão a seguir se concentra utilização de ferramentas da qualidade voltadas para a aplicação de imagens térmicas, visando a correção de conexões frouxas, muito apertadas ou corroídas dos sistemas elétricos, comparando-se as temperaturas das mesmas nos painéis.

**Palavras-chave:** Serviços. Manutenção Elétrica Predial. Inspeção Preditiva. Termográfica.

SANTOS, Fabricio Costa dos. Implantation of thermographic inspection in a building maintenance company. 2018.60f. Course Completion Work (Bachelor of Industrial Engineering). UFPB/CT/DEP. João Pessoa/PB.

## ABSTRACT

The present work aims to describe a professional experience in a company of maintenance of temporary inspections in the building environments. The period of experience covering all areas of study was 3 years. Through the descriptive analysis and statistical treatment of the data of services provided by the company, it was possible to identify and correct a maintenance technique focused on a thermographic screen, in order to reduce rework, unwanted returns, urgencies and correlated maintenance as structures power. The research consists of a case study, making use of a parametric and descriptive statistic in its methodological procedures. To manipulate the data collected to track and verify the results of using Minitab® software version 17 trial,to obtain high results on the orientation of Prof. Ivson F. dos Anjos. The results of the results, culminated in more rigorous amounts in the returns and urgencies, with an improvement in the quality of its services and consequently an increase in the satisfaction of the client. The images of the electrical systems can be indicated as the operational conditions of the equipments that are part of the system. In fact, since the early days of thermography, four or more years ago, one of the main commercial applications of thermal imaging has been the inspection of electrical systems.

Detection and correlation of deficient connections, before a fault occurs, prevents leakages to imminent shutdowns, which can be critical to industrial, commercial and institutional operations. Because issues of concern are important because when the system is fallible, the obligation inevitably increases costs, requires reallocation of staff and materials, reduces productivity, puts at risk, and has the safety of employees and / or customers. The following is used for the use of voltage-quality tools for the application of thermal images, aiming at the correction of loose, very tight or corroded connections of the electrical systems, comparing like the heating of the windows in the panels.

**Keywords:** Services. Electrical Maintenance. Predictive Inspection. Thermographic.

## **LISTA DE SIGLAS**

A	– Amplitude
ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEP	– Controle Estatístico do Processo
d	– Constante
D	– Constante
FPA	– Focal Plane Array
LCS	– Limite Superior Calculado
LIC	– Limite Inferior Calculado
LM	– Limite Médio
LMR	– Limite Médio/Linha Central
ME	– Microempresa
n	– Tamanho da Amostra
NR10	– Norma Regulamentadora Número 10
PCM	– Planejamento e Controle da Manutenção
PDCA	– Atividades Percorridas de Maneira cíclica
R	– Amplitude
SIEF	– Semana Internacional de Engenharia da FAHOR
$\mu$	– Mi
X	– Média

## **LISTA DE FIGURAS E IMAGENS**

Figura 1 - As 7 ferramentas da qualidade .....	8
Figura 2 - Causas comuns e causas especiais de variação 26.....	13
Figura 3 - Diagrama de seleção de tipos de manutenção.....	16
Figura 4 - Organograma da empresa.....	35
Figura 5 - Fluxograma da empresa.....	36
Figura 6 - Diagrama de Retornos de Urgência.....	39
Figura 7 - Diagrama de falhas elétricas.....	39
Imagen 1- Quadro elétrico típico .....	45
Imagen 2 – Remoção de tampas e inspeção dos barramentos e disjuntores .....	45
Imagen 3 – Análise de Técnico devidamente treinado e equipado.....	46
Imagen 4 – Conexão sobreaquecida em Disjuntor Geral.....	47
Imagen 5 – Conexão sobreaquecida em Disjuntor de central de Condicionadores de ar.....	47
Imagen 6 – Cabos sobre aquecidos .....	47
Imagen 7 – Spliter de teto condicionadora de ar .....	47
Imagen 8 – Um aparelho splitter de teto, com capacidade de refrigeração comprometida e outro na normalidade respectivamente .....	48

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Dados do ano 2015 .....	38
Gráfico 2 - Pareto aplicado ao ano de 2015 .....	38
Gráfico 3 - Controle estatístico do processo dos dados de 2015.....	40
Gráfico 4 - Controle estatístico do processo dos dados de 2015.....	42
Gráfico 5 - Diagrama de Pareto aplicado ao ano de 2016 sobre o número de retornos.....	48
Gráfico 6 - Diagrama de Pareto aplicado ao ano de 2017 sobre o número de retornos.....	49
Gráfico 7 – Controle estatístico do processo dos dados de 2016 e 2017.....	50

## **LISTA DA TABELAS E QUADROS**

Tabela 1 - 7 ferramentas da qualidade.....	9
Tabela 2 - Fator de Correção de Cargas .....	26
Tabela 3 - Fator de Correção pelo Vento .....	27
Quadro 1 - Localização e atuação.....	37
Quadro 2 - Ferramenta 5W2H .....	41

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	3
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA, FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS .....	3
1.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS .....	4
<b>1.1.1 Objetivo geral.....</b>	4
<b>1.1.2 Objetivos específicos.....</b>	4
1.3 JUSTIFICATIVAS .....	4
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	6
2.1 GESTÃO DA QUALIDADE .....	6
<b>2.2.1 Ferramentas da gestão da qualidade .....</b>	7
<b>2.2.2 Benefícios da aplicação das 7 ferramentas da qualidade.....</b>	11
<b>2.2.3 Controle estatístico do processo.....</b>	11
2.3 GESTÃO DA MANUTENÇÃO .....	14
<b>2.3.1 Manutenção Preditiva .....</b>	16
2.4 TERMOGRAFIA .....	18
<b>2.4.1 Uso da Termografia em Sistemas Elétricos .....</b>	29
<b>2.4.2 Câmara Termográfica.....</b>	29
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	31
3.1 ABORDAGEM .....	31
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	31
3.3 AMBIENTE DE PESQUISA.....	31
3.4 SUJEITOS DA PESQUISA.....	32
3.5 UNIVERSO E AMOSTRA DA PESQUISA.....	32
3.6 COLETA DE DADOS.....	32
3.7 TRATAMENTO DOS DADOS.....	33
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	34
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....	34
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....	35
4.3 ÁREA DE ATUAÇÃO/LOCALIZAÇÃO .....	36
4.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	37
<b>4.4.1 Análise Estatística das Ocorrências.....</b>	37
4.5 PLANO DE AÇÃO .....	40

<b>4.5.1 Ficha de visita técnica e pesquisa de satisfação .....</b>	42
<b>4.5.1.2 Registros e análises com Termovisor .....</b>	42
<b>4.5.2 Treinamento para técnico eletricista .....</b>	43
<b>4.5.3 Execução e implantação .....</b>	43
<b>4.6 MEDIÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES .....</b>	47
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	51
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	52
ANEXOS 1- Folha de Verificação.....	57
ANEXO 2 - Laudo Termográfico .....	58
ANEXO 3 - Dados de Retornos e seus Respectivos Anos .....	59
ANEXO 4 - ABNT para ensaios não destrutivos.....	60

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

O mundo globalizado tem evoluído em todos os aspectos principalmente apoiado pelo avanço da tecnológico que influencia vários setores, entre eles a manutenção industrial que ao longo da história vem mostrando ser muito importante para garantir a confiabilidade dos processos de produção como parte integrante na competitividade das empresas em um mercado globalizado. Nesse sentido a manutenção industrial ganhou destaque com diversos estudos e evoluiu deixando a velha conspecção de manutenção corretiva, que antes era a mais praticada, de custo elevado e baixa confiabilidade.

Na manutenção moderna existe uma categoria de manutenção chamada preditiva que é apoiada em medições de parâmetros com aparelhos próprios, uma dessas técnicas muito difundida na indústria aplicada as instalações elétricas é a inspeção termográfica. Ela permite que a partir de câmeras especiais possam ser monitorado a temperatura e feito uma análise de falhas antes que essas ocorram, possibilitando o planejamento e definição de ações necessárias aumentando a confiabilidade.

Para a escolha correta do tipo de técnica preditiva que deve ser aplicado ao processo, bem como o acompanhamento e analise dos resultado obtidos foram necessários a utilização de ferramentas de gestão da qualidade que nortearam todo o trabalho na demonstração da implantação da inspeção termográfica neste estudo de caso envolvendo uma empresa de manutenção predial.

Há um momento na vida acadêmica em que o graduando de Engenharia de Produção anseia por vivenciar na prática os desafios que possibilitarão ampliar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, essa oportunidade vem através da aplicação prática, e poderá lhe fornecer o subsídio necessário para a concretização de sua formação. Nesse contexto o presente trabalho visa registrar as experiências desse aprendizado delineando o local de trabalho, sua estrutura organizacional, desafios e oportunidades de aprendizagem. Ele é composto de uma introdução, um desenvolvimento, resultados, conclusão, e referências bibliográficas. Todos os trabalhos e experiências aqui relatados foram vivenciados em uma empresa de manutenção predial, localizada na cidade de João Pessoa, A empresa tem por atividade principal serviços de manutenção preventiva em equipamentos elétricos, hidro sanitários e partes funcionais no ambiente predial de seus clientes. Mediante esse contexto descrito anteriormente, faz-se necessário pesquisar a

resposta ao seguinte problema de pesquisa: **como reduzir o número de retornos das manutenções corretivas nas instalações prediais com o uso da termografia?**

## 1.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar as causas dos elevados números de ocorrências de defeitos elétricos por meio de ferramentas da gestão da qualidade e de procedimentos de manutenção preditiva, objetivando que o processo analisado permaneça estável.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para o alcance do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Descrever as área de atuação, localização, fluxograma e diagnosticar as operações de uma empresa de manutenção predial;
- Realizar o diagrama de Ishikawa; Propor um plano de ação (5W2H); Aplicar o Diagrama de Pareto.
- Desenvolver procedimentos para manutenção preditiva: ficha de visita técnica e registro e análise com termo visor;
- Propor treinamentos para os responsáveis técnicos pertencentes a empresa analisada;
- Utilizar a ferramenta carta de controle estatístico contido no software Minitab® 17 versão trial, para analisar a variabilidade das ocorrências de defeitos elétricos; e verificação de resultados.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS

A empresa iniciou suas operações no seguimento de manutenção predial em 2003, e desenvolveu um cliente em 2013 que oportunizou sua participação em uma concorrência para um contrato de manutenção preventivo de duração de 3 anos e que teve início em 2014 o qual cobria 19 unidades prediais no estado da Paraíba, essas unidade deveriam ser visitadas mensalmente uma

vez. Em meados do ano de 2014 a empresa começou suas operações, e mensalmente fazia uma visita nos estabelecimentos e consequentemente às manutenções corriqueiras nos edifícios, que eram reportados verbalmente pela equipe para os Diretores. Após essas visitas mensais previstas em contrato e havendo algum erro na manutenção ou tendo algum item essencial apresentado defeito em seu funcionamento (urgências), sendo de responsabilidade de esta empresa dar um retorno para a manutenção corretiva, com custos adicionais.

A Empresa enfrentava problemas com retornos indesejados (urgências) por diversos fatores; isso causava problemas, que iniciavam pelo retrabalho passando por aumento dos custos com despesas extras, deslocamentos adicionais e por fim na insatisfação do cliente. Porém ela não tinha um registro formal desses eventos e, por conseguinte não tinha uma análise de dados, pois não tinha a informação de modo organizada. Foi necessário um estudo mais detalhado sobre diversos tipos de manutenção existente, bem como a coleta de dados para que a empresa pudesse entender os problemas e aceitar as sugestões de investimento para saná-los quando identificados.

Por este motivo, tornou-se necessário realizar uma análise dos problemas com base nas ferramentas da qualidade e na sequência a adoção de inspeção termográfica dos componentes de painéis elétricos, possibilitando a medição da temperatura e a formação de imagens térmicas mediante radiação infravermelha. Obtendo futuras vantagens ao processo, desde antecipação dos danos que possam causar elevados custos nos reparos, diminuir o consumo de energia ao corrigir problemas que causam perda e consumo de energia em excesso, ganhos de disponibilidade devido a possibilidade de realizar inspeção de uma grande quantidade de equipamentos em curto período, até mesmo melhorar a vida útil dos equipamentos devido a detectar o problema evitando assim, a sua queima ou perda desnecessária de peças/componentes. O presente estudo compreende a análise de dados dos anos de 2015,2016 e 2017 estes dados estão em no anexo 3.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 GESTÃO DA QUALIDADE

A pesar de a gestão da qualidade abranger toda a organização, e com isso ser um assunto vasto, neste relatório a tratativa será a qualidade com foco na manutenção. O mercado hoje não tem dúvidas da importância da qualidade, e a qualidade total é uma ferramenta eficaz para o aumento da competitividade empresarial, mas de modo geral ainda, há uma certa resistência na implantação em muitas empresas e isso reflete logicamente na manutenção e foi constatado também no ambiente da empresa em estudo.

Segundo Batalha (2008, p.55), Qualidade é um conceito complexo e de difícil consenso, podendo assumir diversos significados, dependendo das idiossincrasias de cada indivíduo. A partir das diferentes percepções e estudos voltados a melhor entender os conceitos de qualidade, pode destacar de forma básica a seguinte evolução; a primeira era voltada para *inspeção*, a segunda era voltada para *controle da qualidade*, na terceira era, já há um envolvimento de toda a organização com a *garantia da qualidade* e a quarta era com a *gestão da qualidade*, essa com forte participação dos colaboradores e foco no cliente entre outros aspectos que forjam a gestão da qualidade total-TQM(CARPINETT, 2016).

Para garantir as características de qualidade dos produtos ou serviços, há uma série de atividades operacionais com base em técnicas matemáticas e estatísticas voltados para esse fim, norteando a gerência com base em fatos e dados. Neste relatório serão abordados apenas as ferramentas aplicadas na empresa em questão.

A área da qualidade em serviço tem apresentado forte crescimento nas últimas décadas, fruto do aumento da participação desse tipo de atividade na economia. Embora vários dos modelos apresentados sejam passíveis de utilização no ambiente de serviços, eles demandam uma customização (BATALHA, 2008).

Das muitas ferramentas existentes que podem ser aplicadas a qualidade foram utilizadas a do Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa. O Diagrama de Pareto está conceitualmente relacionado à lei de Pareto (um economista Italiano), à qual Juran deu uma interpretação para a área de qualidade, que ficou conhecida como a “regra 80x20”. Segundo essa regra 80% dos defeitos relacionam-se com 20% das causas potenciais.

Portanto, o diagrama de Pareto permite organizar os dados, estabelecer prioridades e guiar as ações ou decisões que vão culminar na priorização dos problemas de maior ocorrência ou que representam maior perda de recurso (BATALHA, 2008, p. 68). Já o Diagrama de causa ou Diagrama de Ishikawa consiste em construir uma rede lógica de análise de causa e efeito dos problemas. De forma a chegar na raiz ou raízes que alimentam os problemas. (BATALHA, 2008, p. 69)

Ao longo da história da humanidade é notório sua evolução frente aos desafios enfrentados, à medida que ela avança para a modernidade, o conhecimento adquirido pelo estudo, observações, acertos e erros estruturam o que há de mais novo no mercado e esse processo não vai parar. Assim também a manutenção evoluiu com o tempo.

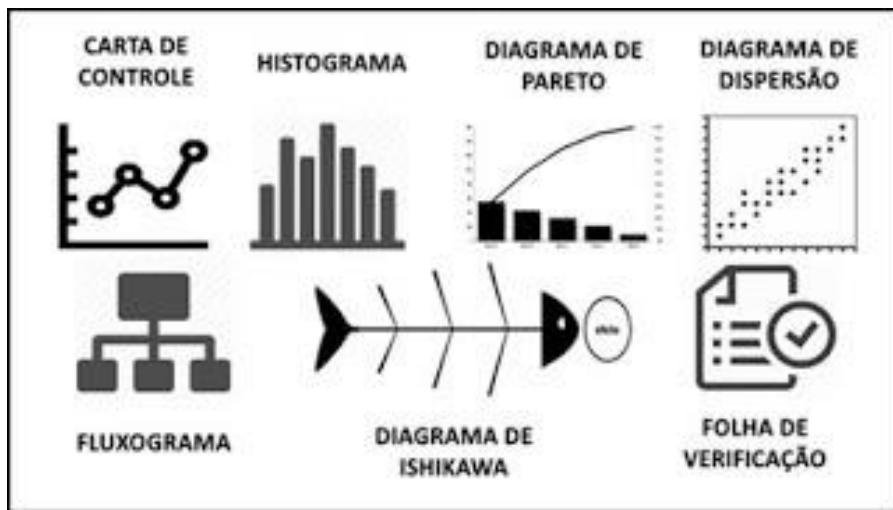
Segundo Kardec e Nascif (2005, p. 21), há até bem pouco tempo, o conceito predominante era de que a missão da manutenção era a de restabelecer as condições originais dos equipamentos/sistemas. Hoje a missão da manutenção é: Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

### **2.2.1 Ferramentas Da Gestão Da Qualidade**

É sabido que em toda empresa e indústria existe um tema que é considerado de vital importância - a qualidade. Tanto a qualidade total, quanto o controle total da qualidade fazem menção à sete ferramentas da qualidade que são essenciais no desenvolvimento de toda atividade. Essas ferramentas são responsáveis por mensurar e analisar os processos e procedimentos das empresas, a fim de estimular resoluções para os problemas encontrados. As ferramentas da qualidade possuem como principal finalidade a medida preventiva, auxiliando as organizações a se anteciparem aos problemas que possam vir a ocorrer.

Pode-se dizer que desde a década de 50, as organizações e a sociedade passam por uma profunda transformação. Nunca na história a qualidade dos produtos e serviços foi tão discutida, analisada e aplicada como vem sendo feito desde então. Grandes autores como William E. Deming, Kaoru Ishikawa e Walter Shewhart foram alguns dos nomes que ajudaram a desenvolver as ferramentas da qualidade. Elas são ferramentas que proporcionam um maior controle sobre os processos e sobre a tomada de decisões, propondo soluções aos problemas identificados e estabelecendo medidas de melhorias nos serviços e processos.

**Figura 1- As sete ferramentas da Qualidade**



**Figura 2- As sete ferramentas da Qualidade**

**Fonte:** Adaptado de IPI (2014)

Segundo Deming, 94% de todos os problemas administrativos devem-se a causas comuns que podem ser atribuídas a processos, aos métodos; e apenas 6% podem ser atribuídas aos operários. Ishikawa afirma algo do mesmo nível: 65% a 80% dos problemas que afetam uma empresa são de responsabilidade da gerência, isto é, não são de responsabilidade dos operários.

O uso de ferramentas administrativas dissociado de uma cultura adequada não costuma trazer resultados duradouros. Isso já foi estudado no volume anterior quando abordamos Sashkin e Kiser. Estes autores são enfáticos ao afirmar: A maior importância das ferramentas, entretanto, é que elas ensinam duas lições importantes, porém sutis. Primeiro, elas ensinam o significado de variabilidade, que se encontra no âmago da Administração da Qualidade Total.

Usar a Qualidade total para buscar a melhoria contínua exige que as pessoas compreendam as causas dos problemas: a variação não controlada. Aprendendo a usar as ferramentas da Qualidade Total, as pessoas aprendem a controlar a variabilidade, e o controle da variação é o caminho técnico para a Qualidade Total.

A administração da Qualidade Total funciona quando as pessoas usam as ferramentas estatísticas e as técnicas comportamentais básicas para manipular ou coletar dados a fim de analisar e resolver problemas. As pessoas não fazem isso por um interesse abstrato em estatística ou resolução de problemas. Fazem porque esta é a única forma de

atender e exceder os desejos e as necessidades dos clientes. Mas nada disto pode acontecer sem o apoio da cultura organizacional.

FERRAMENTAS	O QUE É	PARA QUE UTILIZAR
<b>FOLHA DE VERIFICAÇÃO</b>	Planilha para a coleta de dados	Para facilitar a coleta de dados pertinentes a um problema
<b>DIAGRAMA DE PARETO</b>	Diagrama de barra que ordena as ocorrências do maior para o menor	Priorizar os poucos, mas vitais.
<b>DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO</b>	Estrutura do método que expressa, de modo simples e fácil, a série de causa de um efeito (problema)	Ampliar a quantidade de causas potenciais a serem analisadas
<b>DIGRAMA DE DISPERSÃO</b>	Gráfico cartesiano que representa a relação entre duas variáveis	Verificar a correlação entre duas variáveis
<b>HISTOGRAMA</b>	Diagrama de barra que representa a distribuição da ferramenta de uma população	Verificar o comportamento de um processo em relação à especificação
<b>FLUXOGRAMA</b>	São fluxos que permitem a visão global do processo por onde passa o produto	Estabelecer os limites e conhecer as atividades
<b>GRÁFICO DE CONTROLE</b>	Gráfico com limite de controle que permite o monitoramento dos processos	Verificar se o processo está sob controle
<b>BRAINSTORMING</b>	É um conjunto de idéias ou sugestões criado pelos membros da equipe que permite avanços na busca de soluções	Ampliar a quantidade de opções a serem analisadas.
<b>5W1H</b>	É um documento de forma organizada para identificar as ações e a responsabilidade de cada um.	Para planejar as diversas ações que serão desenvolvidas no decorrer do trabalho.

**Tabela 1 – 7 ferramentas da qualidade**

As 7 ferramentas da qualidade apresentadas na tabela acima são instrumentos fundamentais para melhorar a qualidade dos produtos. Na prática, elas são utilizadas para analisar o processo de produção, identificar os principais problemas, as flutuações de controle de qualidade do produto e fornecer soluções para evitar defeitos no futuro.

As 7 ferramentas da qualidade também utilizam técnicas estatísticas e conhecimento para acumular dados e analisá-los. Elas ajudam a organizar as informações

coletadas, de maneira que seja fácil o seu entendimento. Com sua utilização, os problemas específicos de um processo podem ser identificados e estudados. Para cada uma das 7 ferramentas da qualidade citadas, publicamos um post neste blog explicando como funcionam.

O Diagrama de Pareto mostra a distribuição dos itens e organiza eles do mais frequente para o menos frequente. Ele é utilizado para definir os problemas, definir suas prioridades, ilustrar os problemas detectados e determinar a sua frequência no processo. É uma imagem gráfica das causas mais frequentes de um problema particular. A maioria das pessoas o utilizam para determinar onde colocar seus esforços iniciais para obter ganho máximo.

O Diagrama de Causa e Efeito é também chamado de “gráfico de espinha de peixe” por causa de sua aparência e de gráfico de Ishikawa devido ao homem que popularizou o seu uso no Japão. Ele é utilizado para listar a causa de problemas particular. A ferramenta dispõe de uma linha horizontal central com ramos principais para exibir as principais causas e linhas que saem dos ramos principais para mostrar as subcausas de um problema específico. Esta ferramenta também é usada para descobrir as possíveis causas de um problema. Ela permite que uma equipe para identificar, explorar e apresentar graficamente, em mais detalhes, todas as possíveis causas relacionadas a um problema ou condição para descobrir sua causa.

O Diagrama de Dispersão mostra o padrão de relacionamento entre duas variáveis. Este diagrama estabelece que quanto mais próximos os pontos estão em uma linha diagonal, mais haverá uma estreita relação de um-para-um. Portanto, este diagrama é uma ferramenta gráfica que permite plotar muitos pontos de dados de maneira a mostrar um padrão de correlação entre duas variáveis.

O Histograma é um gráfico de barras que mostra a distribuição das variáveis. Esta ferramenta ajuda a identificar a causa de problemas de um processo, bem como a largura da distribuição dos dados. Ele mostra um gráfico de barras de dados acumulados e é a maneira mais fácil de avaliar a distribuição dos dados.

O Fluxograma é uma representação de um processo e utiliza símbolos gráficos para descrever passo a passo a natureza e o fluxo deste processo. O objetivo é mostrar de forma descomplicada o fluxo das informações e elementos, além da sequência operacional que caracteriza o trabalho que está sendo executado.

Carta de Controle são gráficos estão entre as técnicas mais simples e melhores para analisar e exibir dados e estabelecer comunicação fácil em um formato visual. Os dados

podem ser representados graficamente através de gráficos de barras, gráficos de linha, gráficos de pizza e gráficos de controle. Enquanto os três primeiros são comumente usados, o último é um gráfico de linhas com limites de controle. É uma ferramenta que fornece limites de controle que são três desvios-padrão acima e abaixo da média, estando o processo em análise sob controle ou não. Ela também permite ao usuário monitorar, controlar e melhorar o desempenho do processo ao longo do tempo, estudando a variação e sua fonte.

Por fim, a Folha de Verificação mostra a história e o padrão de variações. É uma ferramenta utilizada no início do processo de mudança para identificar os problemas e recolher dados facilmente (tabelas e planilhas). É uma boa forma de fazer com que a equipe possa coletar e estudar os dados observados. Também é utilizada no final do processo de mudança para ver se a alteração resultou na melhoria permanente.

### **2.2.2 Benefícios da aplicação das 7 ferramentas da qualidade**

Como vimos, a maior parte dos problemas de qualidade poderão ser resolvidos com a utilização destas 7 ferramentas da qualidade. É importante ressaltar que cada uma delas tem sua própria forma de ser aplicada e a maneira de fazer isto dependerá muito do problema a ser resolvido, das informações passíveis de serem coletadas, dos dados históricos e do conhecimento que se tem sobre o processo. Com sua utilização das 7 ferramentas da qualidade é possível atingir alguns benefícios como:

- Elevar os níveis de qualidade;
- Diminuir os custos;
- Executar projetos melhores;
- Melhorar a cooperação em todos os níveis da organização;
- Identificar problemas no processo, fornecedores e produtos;
- Identificar causas raízes nos processos.

### **2.2.3 Controle estatístico do processo**

Segundo Alves (2003), os gráficos de controle estatístico são meios gráficos que através de uma amostra sequencial revelam quando um processo se altera e necessita de ação corretiva. Além de oferecer uma exposição visual dos dados que representa um

processo, o principal foco do gráfico de controle é a tentativa de separar as causas de variações especiais ou identificáveis das causas de variações comuns ou devidas ao acaso.

Portanto quando um processo está operando de maneira natural, ou seja, sem causas especiais de variabilidade presentes, é dito estável ou sob controle estatístico. (Alves, 2003). Corrêa e Corrêa (2006) destacam que o objetivo do gráfico de controle é o de manter o controle de um processo através do acompanhamento do comportamento de uma ou várias medidas importantes resultantes desse processo.

“Para a análise do sistema de medição, são utilizadas importantes ferramentas estatísticas que permitem a avaliação do grau de confiabilidade dos dados gerados pelos sistemas de medição utilizados por uma empresa. Como no gerenciamento de processos os dados representam a base para a tomada de decisões, é necessário determinar, antes de qualquer análise, se os sistemas de medição fornecem resultados aceitáveis. Portanto, a avaliação estatística da qualidade das medidas, é um importante estudo que deve ser parte integrante do gerenciamento de processos.” (MENEZES, 2013, p. 6).

Torna-se possível através da coleta de informações quantitativas e qualitativas, monitorar processos desde que os comprehenda em sua totalidade, permitindo identificar as causas especiais que contribuem para não conformidades, variabilidades, bem como não atender as especificações impostas, resultando em custos e despesas não previstas. A utilização CEP é uma das ferramentas da qualidade que contribui para monitorar e melhorar os processos.

“Qualidade é uma variável precisa e mensurável, oriunda do grau de conformidade do planejado com o executado. Esta abordagem dá ênfase a ferramentas estatísticas (Controle do processo).” (PALADINE; CARVALHO, 2002, p. 9).

Segundo Paladini (1995, p. 80) esclarece que:

“São gráficos desenvolvidos por Shewhart, na década de 20, que especificam limites superiores e inferiores dentro dos quais medidas estatísticas associadas a uma dada população são plotadas. A tendência da população é mostrada por uma linha central; as curvas determinam a evolução histórica de seu comportamento e a tendência futura.”

De acordo com Carpinetti (2005, p. 45) para a construção de gráficos de controle estatístico do processo esclarece que:

“Com a abertura de três desvios-padrão, enquanto o processo estiver em controle, raramente um ponto cairá na região de ação do gráfico, o que seria indicação para intervir no processo, visando fazer os ajustes necessários. Desse modo, raramente se cometará o equívoco de intervir em um processo, em controle.

**Intervenções em processos em controle, além de desnecessárias, são perigosas, pois podem afetar o processo, desajustando-o [...].”**

Segundo Rotondaro et al (2008), regras devem ser obedecidas ao obter amostras e quando realizar os cálculos dos limites de controle, como o desvio-padrão deve ser estimado na média das dispersões das amostras, deve sempre utilizar limites de controle localizados a distância de três desvios-padrão da linha média, os dados devem estar organizados em amostras para contribuir visualizar melhor o processo e adotar ações que visam melhorias.

Com relação à média amostral ( $\mu(\bar{x}) \pm 3 * \sqrt{\sigma}(\bar{x})$ ), quando não se conhece a média  $\mu(\bar{x})$  utiliza a média das amostras ( $\bar{\bar{x}}$ ) e a média das amplitudes invés de  $\sigma(\bar{x})$ . Em relação ao gráfico da média são:  $LSC = \bar{\bar{X}} + A2 * \bar{R}$ ,  $LIC = \bar{\bar{X}} - A2 * \bar{R}$ ,  $LM = \bar{\bar{X}}$ , onde  $A2 = (3 / (d2 * \sqrt{n}))$  cujo valor de A2 e d2 é de acordo com o tamanho da amostra (n) de dados

e tabulados. Os limites de controle de amplitude são:

$LSC = D4 * \bar{R}$ ,  $LMR = \bar{R}$  e  $LIC = D3 * \bar{R}$ . Onde  $D4 = 1 + 3 * (d3/d2)$  e  $D3 = 1 - 3 * (d3/d2)$  cujo valores de D3 e D4 são tabelados, e não existe D3 para valores menos que 7.

O gráfico de controle para variáveis que: “[...] consistem nas características cujo valor é o resultado de algum tipo de medição (peso, tempo, valor, comprimento, resistência etc.)” (ROTONDARO et al, 2008, P. 298).

“[...] o gráfico de amplitude pode ser construído com o processo desajustado: basta que ele esteja isento de causas especiais que afetem sua dispersão.” “[...] só é sensível a alterações que afetam a dispersão do processo; portanto, não é afetado pelo deslocamento da média [...]”. (CARPINETTI, 2005, P. 45).

Segundo Rotondaro et al (2008, p. 297), na Figura 1, os pontos do 1 ao 16 apresentam oscilações em torno da média, próximos do valor 10 (eixo vertical). O ponto 17 corresponde a uma causa especial presente no processo resultando em variação, mas o ponto 26 corresponde a uma causa comum que, contribuiu para que o processo possua uma média em torno do valor 6.



**Figura 2** - Causas comuns e causas especiais de variação

**Fonte:** Rotondaro et al, 2008

Para causa comum, Rotondaro et al (2008, p.296), define: “[...] fonte de variação que afeta todos os valores individuais de um processo causa comum é uma fonte de variação que influencia os valores do processo.”.

“Já a causa especial é um fator que gera variações que afetam o comportamento do processo de maneira imprevisível, não sendo, portanto, possível obter-se um padrão ou (distribuição de probabilidade) neste caso.” (ROTONDARO et al, 2008, p.296).

De acordo com Lopes (2007, p.6), a aplicação de técnicas estatísticas tem como objetivo oferecer aos responsáveis pela tomada de medidas, ações referências relativas ao grau de confiabilidade dos resultados gerados pelos controles e aos riscos envolvidos nas decisões tomadas. Portanto, a sistematização dos dados é feita sob a forma de gráficos de controle tem por objetivo facilitar a visualização dos resultados.

Ao adotar os gráficos de CEP, permite visualizar a existência ou não de causas especiais influenciando em obter resultados com variação, em outras palavras, se a atividade central. Esta ferramenta pertencente à gestão da qualidade auxilia a gestão por processos, possibilitando evitar futuras resistências, variações e discrepâncias no processo de inspeção de linhas de transmissões. Pertencente ao processo está estatisticamente estável possuindo 3 desvios padrões da linha

### 2.3 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

O conceito de manutenção moderna culminou em algumas práticas básicas que caracterizam os principais tipos de manutenção:

- Corretivas: que podem ser planejadas e não planejadas, é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Sendo a não planeja a de maior impacto negativo em extensão de danos e custos elevados, pois a falha ocorre de maneira aleatória.

- Preventiva: é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. As atividades da manutenção preventiva consistem de um conjunto de ações realizadas em intervalos de tempo ou de funcionamento da máquina. O objetivo é identificar o início de degradação de uma máquina para que ela funcione de modo seguro e eficiente, reduzindo a probabilidade de quebra ou degradação do funcionamento de um equipamento além de reduzir ao mínimo os fatores que contribuem para as avarias e minimizar as consequências da quebra (ALMEIDA, 2011). A quebra é a falha visível. A falha visível é causada por um conjunto de falhas invisíveis como num iceberg. Logo, se a manutenção evita as falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer. As falhas invisíveis podem não ser detectadas por dois motivos: físicos ou psicológicos. Dentre os motivos físicos, encontram-se as falhas que não são visíveis por estarem em local de difícil acesso ou por estarem encobertas por detritos ou sujeiras.

- Preditiva: é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

- Detectiva: é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

- Engenharia de manutenção: é deixar de ficar consertando continuadamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar *feedback* ao projeto, e interferir tecnicamente nas compras. Significa ainda perseguir *benchmarks*, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo.

Para uma melhor compreensão dos tipos de manutenção segue o diagrama de seleção (Figura 3), que mostra a lógica da manutenção moderna, em destaque a manutenção corretiva e preditiva focos do pré-diagnósticos e produto proposto a empresa Conserv:



**Figura 03 - Diagrama de seleção de tipos de manutenção**

**Fonte:** Adaptado de Kardec e Nascif (2005).

### 2.3.1 Manutenção Preditiva

A natureza da atividade industrial define a melhor forma de manutenção proativa a ser adotada. Para conhecer as causas invisíveis da falha de um equipamento, a manutenção preditiva apresenta-se como uma forma eficaz de manutenção.

A manutenção preditiva é um tipo de ação baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos. Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças (TELECURSO, 2011b).

A manutenção preditiva baseada na condição utiliza medições e métodos de processamento de sinais para diagnosticar a condição do equipamento durante operação. As técnicas de monitoramento incluem: análise de vibração, ultrassom, ferrografia,

tribologia, monitoria de processo, inspeção visual, e outras técnicas de análise não destrutivas. A combinação destas técnicas oferece os meios de monitoramento direto de todos os equipamentos e sistemas críticos em uma fábrica (ALMEIDA, 2011).

Dentre as vantagens da monitoração da condição, está o controle ou eliminação de sinais estranhos antes de ocorrer a deterioração da máquina. Portanto, o equipamento opera a um ótimo nível e a sua vida útil é maximizada e o risco de falha diminuído. As situações de paragem e os respectivos inconvenientes e custos de horas extras são praticamente eliminados.

Alguns investigadores classificam a manutenção preditiva como um tipo de manutenção preventiva. A principal diferença entre manutenção preventiva e preditiva é que a manutenção preditiva utiliza a monitoração da condição do equipamento para definir as necessidades de reparo, a manutenção preventiva é baseada no tempo e depende de estatísticas de vida média. A desvantagem da manutenção preditiva baseada na condição é a forte dependência da veracidade e correta interpretação da informação recebida (AL-SHAYEA, 2007 apud FARIA, 2011).

**Termografia** Processos produtivos e equipamentos mecânicos que produzem calor podem se beneficiar da manutenção preditiva por termografia. A termografia é uma técnica de manutenção que detecta por radiação infravermelha a temperatura de equipamentos e máquinas. Através desta técnica é possível identificar regiões onde a temperatura está alterada em relação a um padrão estabelecido. “É baseada na medida da radiação eletromagnética emitida por um corpo a uma temperatura acima do zero absoluto” (MALDAGUE, 1993; DERENIAK, 1996 apud PELLIAZARI et al., 2006).

A inspeção termográfica é uma técnica não destrutiva realizada para medir temperaturas ou observar os padrões de distribuição de calor utilizando sistema infravermelho. O objetivo é obter informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo (VERATTI, 2011).

Um sistema de manutenção termográfico possui recursos que permitem a realização de tarefas de análise preditiva nos campos de redes elétricas, equipamentos mecânicos, redes de vapor, fornos, reatores e processos.

Veratti (2011) ao abordar as principais características de um sistema básico de inspeção termográfica esclarece que os instrumentos usados para transformar a radiação infravermelha em informação térmica são os termovisores e radiômetros. As informações podem ser qualitativas ou quantitativas. Os termovisores possuem objetivas intercambiáveis que possibilitam adequar o campo de visão do aparelho às necessidades

específicas de cada observação. O registro das imagens térmicas é digital e permite o acoplamento do sistema a microcomputadores para processamento da informação.

Atualmente os radiômetros possuem miras infravermelhas que facilitam o posicionamento dos aparelhos e a rápida visualização da área sensoreada. Os modelos de uso geral apresentam campo de visão de 1:60 e são adequados para as tarefas básicas de inspeção preditiva como a medição de temperaturas em quadros elétricos de média e baixa tensão, mancais de redutores, motores elétricos e fornos de menor porte (VERATTI, 2011). O manuseio desse equipamento requer a capacitação dos operadores. Além do conhecimento das limitações dos equipamentos, os operadores devem saber se as informações 92 Termografia em manutenção preditiva: conceitos e aplicabilidades em máquinas e equipamentos industriais colhidas são confiáveis e se podem orientar as ações da manutenção. Os programas aplicativos utilizados são capazes de classificar os componentes elétricos aquecidos considerando as temperaturas máximas admissíveis para cada tipo de componente além da influência da carga e do vento (em instalações externas). Um aplicativo assim permite a emissão de relatórios com a classificação correta dos componentes aquecidos em termos de criticidade e de risco para o sistema produtivo (VERATTI, 2011).

Um dos mais importantes parâmetros a serem considerados para a aplicação da termografia em uma empresa é o retorno do investimento. A implantação de um Sistema Básico de Inspeções Termográficas certamente produzirá resultados de detecção de falhas que se refletem em alterações térmicas de equipamentos e máquinas.

## 2.4 TERMOGRAFIA

Termografia é uma técnica que através de câmeras que utilizam a luz infravermelha, permitem que se meça a temperatura de diversas áreas, tanto em nosso corpo, como em diversos outros campos de atuação.

A termografia é uma técnica de intervenção não agressiva, ou seja, não invasiva que independe da manipulação dos componentes, por meio da detecção da radiação infravermelha, emitida naturalmente pelos componentes e corpos geradores de calor. A termografia é adequada à monitoração dos sistemas elétricos, pois os componentes elétricos novos começam a se degradar assim que estão em uso. Qualquer afrouxamento

das conexões elétricas gera aquecimentos e com o tempo de uso prolongado pode surgir uma corrosão. Todas as conexões elétricas irão ao longo do tempo gerar algum tipo de falha relacionada com a sua degradação se não forem localizadas e corrigidas, essas conexões inadequadas levarão a uma falha do circuito.

Na elétrica, as câmeras termográficas são utilizadas para que sejam diagnosticados problemas de temperatura em sistemas elétricos de maneira rápida e fácil. O interessante é que por ser utilizado infravermelho, o problema pode ser identificado sem a necessidade de contato, e sem a necessidade de parar o funcionamento do sistema, podendo ser solucionado em um período que não esteja sendo utilizado.

Outra vantagem da utilização dessa ferramenta, é que podem ser prevenidos diversos problemas como cargas elétricas, que podem muitas vezes até causar superaquecimento e um possível curto. A segurança dos funcionários também é algo muito importante, pois diminui riscos em todos os sentidos, mesmo com o preço alto dessa ferramenta, e de sua tecnologia avançada, ela proporciona a prevenção de diversos problemas na mesma proporção de eficiência.

A termografia vem sendo amplamente utilizada como método para monitorar a temperatura dos componentes, com o objetivo de detectar os problemas térmicos destes em seu estágio inicial, evitando as paradas desnecessárias dos equipamentos. Esta técnica está fundamentada no método preditivo de manutenção, com propósito de aumentar a confiabilidade dos equipamentos. A aplicação da termografia, tal como é conhecida hoje, com termovisores portáteis pesando não mais de 02 kg, conta com tecnologia capaz de detectar e converter em tempo real a radiação infravermelha, em imagens visíveis, devido a diversos estudos e descobertas, das quais algumas das mais importantes ocorreram a partir da descoberta da radiação infravermelha, sendo que o primeiro detector baseado na interação direta entre os fótons da radiação infravermelha foi desenvolvido em meados de 1917. A geração de imagens térmicas pode ser usada em aplicações tais como a inspeção de equipamentos elétricos, processos e no diagnóstico de construções. Para a correta interpretação e coleta de dados, é importante revisar conceitos básicos relacionados a aplicações físicas, principalmente relacionadas a calor, temperatura e os métodos de condução de calor. Dentro da prática termográfica, os componentes que envolvam eletricidade têm a maior aplicação, sendo importante ressaltar que nos estudos realizados até o momento, a utilização da termografia como ferramenta de manutenção preditiva tem sido crescente, assim como o campo de aplicação da técnica e a tecnologia empregada.

Santos (2006, p.19) faz um breve comentário sobre a evolução, principalmente dos equipamentos termovisores, salientando a importância dos estudos realizados nesta área:

**A Termografia infravermelha, tal como é conhecida hoje, com Termovisores portáteis capazes de detectar e converter, em tempo real, a radiação infravermelha em imagens visíveis e com a possibilidade de medição de temperatura, só foi possível devido a diversos estudos e descobertas, das quais algumas das mais importantes, a partir da descoberta da radiação infravermelha.**

A descoberta da radiação infravermelha é atribuída a Willian Herschel, um Astrônomo, antes do século 19. Herschel tentava descobrir quais as cores do espectro que eram responsáveis pelo aquecimento de objetos, usando um prisma para refletir a luz do sol, conclui que a temperatura aumentava a medida que a luz passava da cor violeta para a vermelha, e a maior temperatura ocorria na faixa do além do visível, sobre o qual Herschel nomeou de raios caloríficos, são hoje conhecidos como raios infravermelhos (MENDONÇA, 2005). SIEF – Semana Internacional das Engenharias da FAHOR. Foi entre os anos 1916 e 1918 que o inventor Americano, Theodore Case, obteve maiores avanços. Ele fez experimentos com detectores de fotocondução e conseguiu produzir um sinal através da interação direta com fótons, obtendo assim resultados mais rápidos e sensíveis. Já nas décadas de 40 e 50, essa tecnologia se expandia consideravelmente, devido as aplicações militares. Nesse mesmo período os cientistas Alemães descobriram que era possível aumentar o desempenho através do resfriamento do equipamento. Na década seguinte essa tecnologia começou a ser aplicada ao uso civil, possibilitando assim seu aperfeiçoamento e consequentemente a utilização em setores industriais (FLUKE, 2009).

**Rápidos avanços na tecnologia foram observados de 1970 até os nossos dias. Detectores de resfriamento criogênico evoluíram para resfriados eletricamente e, em seguida, para detectores sem resfriamento. Os sistemas de varredura ópticos mecânicos foram substituídos pela tecnologia de FPA (Focal Plane Array), o peso que nos anos 70 chegava próximo dos 40 kg diminuiu para menos de 2 kg, as leituras de temperatura passaram a ser mostradas diretamente no monitor do Termovisor e a sensibilidade térmica aumentou consideravelmente (SANTOS, 2006, p. 22).**

Aplicações da Termografia, a termografia, ou a geração de imagens térmicas, pode ser utilizada em aplicações tais como a inspeção de equipamentos elétricos, de processos e no diagnóstico de construções. Os equipamentos elétricos incluem motores, equipamentos de distribuição, quadros de comando, subestações entre outras. Equipamentos de processo incluem equipamentos de montagem e manufatura automatizados. Os diagnósticos de construção incluem a verificação de umidade em telhados e inspeções de vazamento de ar e detecção de umidade no isolamento de prédios. Dentre essas aplicações, são mais comumente utilizados para inspecionar a integridade de sistemas elétricos (FLUKE, 2009).

Aplicações Elétricas, dentro da prática hermografia, os componentes que envolvam eletricidade têm a maior aplicação, onde se inspeciona aquecimento em acionamentos, aquecimento em bornes, aquecimento em componentes elétricos, quadros de comando até subestações de energia. Em eletricidade e eletrônica, a monitorização constante e a detecção precoce de alterações na temperatura de um determinado componente permitem a prevenção de falhas de maquinaria e consequentes perdas de produtividade, além de resultar em redução significativa nos custos com manutenção corretiva por falhas indesejadas de máquinas, por conta de defeitos em componentes elétricos que as integram (AFO SIEF – Semana Internacional das Engenharias da FAHOR tem como foco principal a prática termográfica, apresentando ótimos resultados, dentre eles uma maior confiabilidade do sistema de distribuição de energia, detectando problemas em seu estágio inicial, evitando desta forma paradas indesejadas, e consequente maior produtividade e operacionalidade de seus sistemas de distribuição de energia (ARAÚJO, 2008).

O trabalho de Brice apud Santos (2006, p.23), traz um exemplo prático de aplicação em subestação de energia elétrica, onde cita que:

**Um lado importante da operação de subestações de alta tensão é a manutenção preventiva de equipamentos elétricos energizados. Os problemas nesses equipamentos geralmente aparecem como pontos quentes devido a sobrecargas térmicas locais ou mau contato.**

Agema Apud Santos (2006), “descreve as vantagens da utilização da termografia infravermelha em instalações elétricas e apresenta os resultados positivos obtidos por várias empresas de energia”. Na obra de Brito, Alves e Filho, é abordado um programa de manutenção preditiva em aproximadamente 500 painéis elétricos utilizando a prática da análise termográfica, com o objetivo de introduzir uma variável que indique a importância da falha no contexto do sistema. Cita que se torna necessário incluir na classificação do

aquecimento o parâmetro de “Criticidade” dos componentes dos painéis elétricos, que segundo ele se classifica em três classes (BRITO; ALVES; FILHO, 2011, p.4):

**Classe 1: Quando sua falha afeta o fornecimento de energia de toda a unidade e paradas de custo muito elevado.**

**Classe 2: Quando sua falha causa paradas à produção, porém restritas a uma parte da unidade. Classe 3: Quando sua falha pode ser facilmente contornada através de manobras ou redundâncias, sem interromper a produção.**

Ainda estes mesmos autores demonstraram a importância e a eficiência da análise termográfica, onde com a implantação deste programa se torna possível minimizar os custos de manutenção elétrica e maximizar a disponibilidade dos painéis de comando elétrico assistidos, evitando-se falhas prematuras e paradas indesejáveis da produção por falhas em componentes que integram os painéis elétricos (BRITO; ALVES; FILHO, 2011).

Com relação as inspeções eletromecânicas e mecânicas abrangem uma grande variedade de equipamentos. A geração de imagens térmicas provou ser inestimável para a inspeção de equipamentos tais como motores e equipamentos giratórios. A maior parte dessas aplicações é qualitativa, a imagem térmica atual é normalmente comparada com a anterior e consequente feito comparações para se detectar quais as partes do motor que estão gerando um aumento da temperatura, e as possíveis causas de isso estar acontecendo. Motores são inspecionados termicamente porque são muito suscetíveis a falhas relacionadas ao calor. Captar imagens térmicas de um motor ao longo do SIEF – Semana Internacional das Engenharias da FAHOR tempo pode ser de grande valor, pois pode revelar, se um motor está entupido com poeira, que tenha falta de fase, que esteja desalinhado ou desbalanceado, ou até mesmo se seus rolamentos estão danificados, evitando com essas análises a queima desse motor ou a parada de algum processo por conta disso (FLUKE, 2009).

**Demais aplicações -** Além de inspeções termográficas em equipamentos mecânicos e elétricos, também existe uma ampla utilização em demais processos. Um exemplo é no diagnóstico de construções que podem utilizar o termovisor para inspeção de umidade em telhados, onde através da diferença de temperatura se comparada a outros pontos do telhado pode-se verificar vazamentos de água, e demais danos nas estruturas causados por infiltrações (FLUKE, 2009).

Teoria aplicada a prática, sendo a termografia, utilizada para se analisar a distribuição térmica e medir temperaturas de equipamentos e conexões através da detecção

da radiação infravermelha, e que todos os objetos acima do zero absoluto ( $0^{\circ}$  K ou  $-273,16^{\circ}$  C) emitem radiação térmica devido à agitação de átomos e moléculas dos quais são constituídos, é importante se revisar conceitos básicos relacionados a aplicações físicas, principalmente relacionados a calor, temperatura e os métodos de condução de calor (ARAUJO; BARBOSA; SINISCALCHI, 2008; FLUKE, 2009; SANTOS, 2006).

**A primeira lei da termodinâmica diz que quando um trabalho mecânico é transformado em calor, ou quando o calor é transformado em trabalho, a quantidade de calor e de trabalho é sempre equivalente, sendo que um produto derivado de praticamente qualquer conversão de energia é o calor ou energia Térmica (FLUKE, 2009, p. 19).**

A temperatura, sobre este termo físico, Halliday, Krane e Resnick (1996) citam: “existe uma grandeza escalar chamada de temperatura, que é uma propriedade de todos os sistemas termodinâmicos em equilíbrio térmico”. Ainda nessa mesma linha de considerações, a quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão é chamada de temperatura, e uma vez que corpos estejam em equilíbrio térmico (mesma temperatura), sua temperatura não se altera mais, a menos que seja perturbado por um meio externo (HALLIDAY; KRANE; RESNICK, 1996; FLUKE, 2009; OLIVEIRA, 2005).

Na obra de Nicolau, Ramalho e Toledo (1999), os mesmos afirmam que o “calor é a energia em trânsito entre corpos a diferentes temperaturas” e Hewitt (2002) cita que “a energia que é transferida de uma coisa pura para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor”. Este aspecto também é comentado por Holst apud Santos (2006, p.29):

**Calor é a transferência de energia de uma região para outra como resultado de uma diferença de temperatura entre elas. Essa energia se origina da agitação das moléculas das quais a matéria é constituída e sua transferência se processa da região mais quente para a mais fria. O calor é, portanto, um fenômeno transitório, que cessa quando não existe mais uma diferença de temperatura.**

Modos de Transferência de Calor, envolve todos os processos de transferência de energia térmica podem ocorrer de três formas, até que se tenha uma uniformização térmica entre os corpos envolvidos: condução, convecção e radiação.

Condução Segundo Lia e Quites (2005), “a condução pode ser definida como o processo pelo qual a energia é transferida de uma região de alta temperatura para outra de

temperatura mais baixa dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato direto”.

A Convecção, na mesma obra, Lia e Quites (2005) afirmam que “a convecção pode ser definida como o processo pelo qual energia é transferida das porções quentes para as porções frias de um fluido através da ação combinada de: condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura”.

Nicolau, Ramalho e Toledo (1999) descrevem que “a convecção consiste no transporte de energia térmica de uma região para outra, através do transporte de matéria. Havendo movimentação de matéria, a convecção é um fenômeno que só pode ocorrer nos fluidos (líquidos e gases)”.

A Radiação pode ser definida como o processo pelo qual o calor é transferido de uma superfície de alta temperatura para uma superfície de temperatura mais baixa, quando tais superfícies estão separadas no espaço (ainda que exista vácuo entre elas), através de ondas eletromagnéticas denominadas ondas caloríficas ou calor radiante, predominando os raios infravermelhos que SIEF – Semana Internacional das Engenharias da FAHOR viajam na velocidade da luz (LIA; QUITES, 2005; NICOLAU; RAMALHO; TOLEDO, 1999). Araújo, Barbosa e Siniscalchi (2008) definem: “a radiação térmica pode ser emitida nas faixas de ultravioleta, visível, infravermelho e até na faixa de micro-ondas do espectro eletromagnético”.

Moore apud Santos (2006, p.35), enfatiza que:

**A termografia detecta a radiação infravermelha emitida. A energia assim transferida é chamada radiação térmica e é feita sob a forma pelo objeto inspecionado, que é invisível ao olho humano, e a transforma em imagens térmicas visíveis, com a possibilidade de convertê-la em leituras de temperatura.**

Emissividade Nicolau, Ramalho e Toledo (1999) afirmam, “todos os objetos estão irradiando (emitindo) calor continuamente. No equilíbrio térmico, a potência irradiada ou emitida por um objeto é igual à potência que ele absorve, na forma de radiação, dos objetos vizinhos”. Afonso (2010, p. 4) define “a emissividade mede a capacidade de um corpo emitir energia” e destaca os seguintes aspectos relacionados a esta propriedade:

- Corpo Negro: Um objeto capaz de absorver toda a radiação que incide sobre ele em qualquer comprimento de onda. Nenhuma superfície emite mais radiação IV que um corpo negro à mesma temperatura.

- Corpo Real: As superfícies só são capazes de emitir uma determinada parte da energia. O parâmetro que determina a capacidade de emissão é a emissividade

- Emissividade da superfície: Capacidade do corpo para radiar energia na banda infravermelha.

O afrouxamento ou a corrosão da conexão aumenta a resistência elétrica apresentada pela mesma e, uma vez que a maior resistência elétrica resulta no aquecimento da conexão, as imagens térmicas podem detectar a falha em desenvolvimento, antes que o equipamento venha a falhar.

A detecção e correção antes que ocorra uma falha previnem gastos em reposição de elementos e danos maiores como incêndios nos componentes superaquecidos, componentes em condições críticas para as operações industriais, comerciais e institucionais não apresentam a melhor confiabilidade de trabalho.

As medidas de prevenção são importantes porque a falha aumenta inevitavelmente os custos, exige a realocação de funcionários e materiais, reduz a produtividade, coloca em risco a lucratividade e afeta a segurança de funcionários.

Segundo Fluke (2009) O método termográfico identifica as conexões que estiverem mais quentes que as outras. Esse aquecimento sinaliza uma resistência elétrica elevada, possivelmente decorrente de afrouxamento, aperto exagerado ou corrosão. Os pontos aquecidos em função de conexões geralmente aparecem mais quentes no local de maior resistência, resfriando-se conforme aumenta a distância do ponto crítico. O superaquecimento das conexões pode ocasionar a falha do circuito, conforme aumentar o afrouxamento ou a corrosão, devendo, portanto, ser corrigido. A melhor solução é instituir uma rotina de inspeções regulares, incluindo todos os painéis principais e outras conexões onde a carga seja elevada, tais como motores disjuntores, controles etc.

A inspeção termográfica só analisa o aspecto de comportamento da temperatura e não analisa o aspecto de isolação elétrica, portanto em transformadores e disjuntores de 13,8 KV é recomendado executar análise do óleo isolante e manutenção preventiva com ensaios elétricos não destrutivos.

Os critérios são técnicos e o responsável pelas correções deve também levar em consideração a importância de cada equipamento para o processo produtivo. Salientando que todas as anomalias devem ser eliminadas o mais rápido possível.

## DEFINIÇÕES DE TEMPERATURA

De maneira conceitual para o processo de termografia ficam esclarecidos os termos de temperatura utilizados nas indicações de falhas e compreensão dos relatórios técnicos, com o objetivo de padronizar a leitura e compreensão entre termografista e mantenedores responsáveis pelas tratativas indicadas nos relatórios. Desta maneira a classificação dos níveis de temperatura fica conforme listado:

- Temperatura do Ambiente: É a temperatura do local inspecionado no momento da inspeção;
- Temperatura Excepcional: É a temperatura medida do ponto mais quente no equipamento inspecionado;
- Temperatura de Referência: É a menor temperatura obtida do equipamento inspecionado.
- Delta de Temperatura: É a diferença da temperatura excepcional em relação à temperatura Emissividade de referência.

## CORREÇÃO DE TEMPERATURA

Alguns fatores que afetam o valor da temperatura devem ser considerados para se obter a melhor precisão dos laudos técnicos das análises, pois fatores externos influenciam diretamente na leitura do aparelho utilizado na termografia, desta forma considerando estes desvios de leitura se obtém uma maior precisão nos resultados. Dentre essas correções estão:

- Correção de temperatura devido à carga - Quando as medições de carga do circuito não são feitas com o mesmo à plena carga é possível fazer a correção da temperatura para a plena carga. A tabela seguinte apresenta os valores de correção. A temperatura corrigida  $\theta_c$  é calculada pela expressão:

$$\theta_c = \theta_{\text{medida}} \times FCC$$

Fcc	% de carregamento
4.00	50%
3.30	55%
2.78	60%
2.37	65%
2.00	70%
1.77	75%
1.56	80%
1.38	85%
1.23	90%
1.11	95%
1.00	100%

Fonte: Proativenge-manutenção preditiva  
Tabela 2 – fator de correção de carga

Correção de temperatura devido à velocidade do vento - A velocidade do vento impõe um resfriamento nos componentes aquecidos à troca de calor. A tabela 2 apresenta os valores de correção. A temperatura corrigida  $\theta_c$  calculada pela expressão:  $\theta_c = \theta_{\text{medida}} \times FCV$  Este fator normalmente será aplicado em redes externas de altas tensões, aonde a ambiente irá influenciar de maneira prejudicial à leitura. Sendo relevante a utilização das melhores condições de leitura com o objetivo de reduzir a necessidade de correções e deduções das condições dos elementos.

FCV	Velocidade do vento (m/s)
1.00	1
1.37	2
1.64	3
1.86	4
2.06	5
2.23	6
2.39	7

Fonte: Proativenge-manutenção preditiva  
Tabela 3 – fator de correção pelo vento

Correção de Temperatura pela emissividade - A emissividade depende das condições impostas na camada superficial do equipamento inspecionado. Desta forma o acúmulo de poeira, óxidos, pinturas afetam os valores de emissividade. Para instalações elétricas utiliza-se um valor de emissividade igual a 0,85, previamente ajustado na câmera termográfica.

A Termografia pode ser tratada como a ciência que trata da reprodução de imagens a partir da emissão de radiação infravermelha. Câmeras termográficas detectam o espetro

eletromagnético e reproduzem a imagem dessa radiação as quais chamamos de Termogramas.

A radiação infravermelha é emitida por qualquer objeto de acordo com a lei da radiação do corpo negro e a termografia torna possível ver e analisar os corpos e ambientes com ou sem luz visível. A radiação emitida por um objeto é proporcional a sua temperatura, entretanto a termografia permite analisar também variações na temperatura. Quando analisados através de uma câmera termográfica, objetos quentes aparecem destacados quando comparados a superfícies ou ambientes com menor temperatura.

Através de imagens térmicas, podemos facilmente localizar sobreaquecimentos em conexões, cabos, barramentos, transformadores, motores e outros equipamentos o que nos dá um seguro indicativo de defeitos e permitindo assim eliminar potenciais problemas que poderiam vir a se tornar mais sérios. É importante perceber que a reprodução de imagens térmicas mostra, na verdade, a quantidade de energia infravermelha emitida, transmitida e refletida por determinado objeto. Em virtude disso, a determinação exata da temperatura de determinado objeto requer também a avaliação do ambiente (temperatura, humidade do ar) além da análise do material do qual é feito o objeto em questão.

$Energia\ Incidente = Energia\ Emitida + Energia\ Transmitida + Energia\ Refletida$

onde a Energia Incidente é a energia que se apresenta na imagem térmica, Energia Emitida é o que se pretende mensurar, pois é proporcional a temperatura, Energia Transmitida é a energia que é devida a uma outra fonte de calor e Energia Refletida é a quantidade de energia que reflete da superfície de uma fonte de calor. Se o objeto está irradiando em uma temperatura mais alta que os objetos que o cercam, a transferência de calor se dará do quente para o frio seguindo o princípio da segunda lei da Termodinâmica. Portanto, se há uma superfície fria no termograma, esta superfície estará absorvendo a radiação emitida pelo objeto quente. A propriedade dos objetos e superfícies absorverem ou emitirem radiação se chama emissividade. Em ambientes externos o resfriamento devido ao vento deve ser também considerada para se determinar uma leitura mais exata das temperaturas.

Tais propriedades fazem com que a termografia se torne uma excelente ferramenta na melhoria da manutenção de sistemas elétricos e mecânicos desde que a utilização deste sistema seja realizada com os devidos cuidados no que se refere aos parâmetros a serem

setados nas câmeras e das técnicas utilizadas para a captação das imagens. Sem os devidos cuidados, o usuário das câmeras pode facilmente cometer erros em suas avaliações.

Somente em projetos elaborados com base em disposições destas normas podem assegurar uma instalação dita eficiente e confiável. Entretanto, esta eficiência nunca atingirá os 100%, estando, mesmo estas instalações, sujeitas á falhas de proteção. As mais comuns são a destruição de pequenos trechos do revestimento das fachadas, ou de quinas da edificação.

#### **2.4.1 Uso da Termografia em Sistemas Elétricos**

As perdas de energia são cada vez menos aceitáveis em sistemas de geração e transmissão de energia elétrica. Além de eliminar as perdas, os sistemas que geram ou conduzem energia também devem reduzir as falhas e os prejuízos delas decorrentes. Essas necessidades têm impulsionado o desenvolvimento de técnicas de inspeção e manutenção preditiva. Entre estas técnicas se encontra a termografia empregada na inspeção de componentes e sistemas elétricos.

Para a detecção de alteração da temperatura alguns critérios devem ser considerados. A Engelétrica (2011) destaca alguns critérios: um componente está aquecido quando sua temperatura é maior que a temperatura do ambiente; o aquecimento é calculado pela diferença entre a temperatura do componente e a temperatura do ambiente; fatores como carga e evento devem ser considerados; nas inspeções internas os cuidados devem estar voltados para a carga, nível de utilização da instalação, circuito ou equipamento; o aquecimento máximo admissível para um componente ou equipamento é igual a diferença entre a máxima temperatura admissível e a temperatura ambiente.

Os componentes do sistema elétrico que podem acarretar interrupções no fornecimento de energia, muitas vezes causando danos irreparáveis são: disjuntores; chaves seccionadoras; bases e fusíveis; barramentos e condutores em geral; conexões; transformadores de distribuição, dentre outros.

São consideradas anomalias térmicas as ocorrências das seguintes condições: temperatura superior à máxima temperatura para o componente avaliado; qualquer aquecimento superior à 25°C em relação ao ambiente com exceção de resistências de aquecimento, núcleos de algumas bobinas, lâmpadas acesas e resistores; equipamento elétrico com temperatura superior a outro equipamento idêntico nas mesmas condições de

carga e trabalho; equipamentos que não são visualizados pelo termovisor, mas que despertem suspeita de aquecimento periférico (ENGELETTRICA, 2011).

No anexo 4, é listado as normas da ABNT que normatizam e detalham os procedimentos para ensaios com termografia, que não são objeto desse trabalho mas que merecem menção caso se deseje aprofundamento neste tópico.

#### **2.4.2 CÂMARA TERMOGRÁFICA**

A câmara termográfica utilizada é do fabricante *FLIR* (2015), segundo o próprio fabricante do instrumento de medição termográfica, em seu site oficial, define o funcionamento desse importante equipamento da seguinte forma:

“O olho humano só enxerga uma pequena parte de todas as radiações existentes. Chamamos a parte que podemos enxergar de radiação visível, ou espectro visível, mais conhecida pelas cores do arco-íris. O espectro visível vai da cor vermelha, que tem menor energia, até a violeta, cor mais energética.

Fora deste espectro visível, temos o infravermelho (inferior) e o ultravioleta (superior), além de outros tipos, como ondas de rádio, micro-ondas, raios x e raios gama. Estamos interessados aqui somente na radiação infravermelha.

Todos os seres vivos e objetos emitem radiação, e essa radiação ocorre em função da temperatura. Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de radiação. A radiação associada à temperatura é a radiação infravermelha.

Em altas temperaturas, a partir de 500°C, a radiação começa a entrar no espectro visível. Quando derretemos metal, esquentamos a resistência de um forno elétrico ou o carvão está em brasa, por exemplo, os materiais ficam avermelhados. Fora esses casos específicos, nosso olho não consegue enxergar calor, e precisamos da ajuda de câmeras.

As câmeras infravermelhas são capazes de detectar esse tipo de radiação e transformá-la numa imagem visível ao olho humano. Essa imagem, a princípio, é convertida em tons de cinza, indo do preto — para objetos frios — ao branco — para objetos quentes.”

O modelo utilizado pela Conserv nas suas inspeções termográficas é o *i5* do fabricante *FLIR* com as seguintes características Básicas: Faixa de medição de Temperatura.....0°-250°C; Sensibilidade.....0,1°C; Campo de visão.....17° x 17°; Alcance /relação de Distância .....10cm/9,2metros; Pixels.....6400; Dimensões da câmara .....223x79x83.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1 ABORDAGEM**

O método de abordagem utilizado foi classificado como quantitativo e qualitativo. Pois, mediante à abordagem quantitativa foram utilizados ferramentas da gestão da qualidade. E com relação à abordagem qualitativa, foi necessário descrever o processo de termográfica, e os defeitos elétricos existentes oriundos de causas comuns e especiais, que foram detectadas mediante o Diagrama de Ishikawa.

#### **3.2 TIPO DE PESQUISA**

Segundo Vergara (2011), o tipo de pesquisa pode ser classificado quanto aos Meios e Fins. Com relação aos Meios, este presente trabalho é classificado como um estudo de caso, pois foi realizado nas dependências de uma empresa, e por sua vez, é caracterizado como sendo uma investigação empírica que aborda um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2011, p. 32).

Já com relação aos fins, pode-se dizer que é uma pesquisa descritiva e exploratória. Primeiramente descritiva sem intervir, foi necessário realizar uma coleta e registro dos dados acerca dos defeitos elétricos, bem como descrever o processo existente. E exploratória pelo fato de buscar diminuir o elevado número de defeitos elétricos mediante o uso das ferramentas da gestão da qualidade, e assim obter índices satisfatórios de serviços.

#### **3.3 AMBIENTE DE PESQUISA**

A pesquisa foi realizada em uma empresa , que atua há 4 anos no mercado regional do estado da Paraíba, enquadrada juridicamente como Sociedade Anônima, possuindo 5 funcionários. E o setor analisado é responsável por realizar inspeções termográficas com a finalidade de combater defeitos elétricos que possivelmente dificultem a normalidade dos serviços no âmbito da empresa.

### **3.4 SUJEITOS DA PESQUISA**

Os sujeitos da pesquisa pertencem ao nível gerencial e operacional, compreendendo os técnicos responsáveis por realizar as inspeções termográficas. E também, o autor desta pesquisa é considerado como sujeito, pois registrou, observou e analisou as informações dos serviços realizados por estes técnicos. Houve o levantamento das possíveis subcausas dos problemas inerentes às ocorrências durante o período analisado através de reuniões com os membros da empresa

### **3.5 UNIVERSO E AMOSTRA DA PESQUISA**

O universo da pesquisa engloba a prestação de serviços de inspeções termográficas para corrigir defeitos elétricos na empresa visando normalizar o sistema. Já a amostra é representada por um subconjunto deste universo, sendo os defeitos elétricos o parâmetro e a estatística é a medida – número de ocorrências no período analisado. Em seguida, foi definido o período da análise da pesquisa dos dados quantitativos discretos, utilizando a estatística probabilística através do Minitab® versão 17. A coleta de dados se deu mediante formulários sobre os serviços prestados nos equipamentos. Para a caracterização da amostra, foram coletados o total mensal de defeitos elétricos. Foi necessário fazer uso de 36 meses, cuja coleta ocorreu entre o período de 2014 a 2017, totalizando 303 ocorrências.

### **3.6 COLETA DE DADOS**

Com relação aos instrumentos de coleta de dados, fez uso da pesquisa documental, observações diretas e também pesquisa bibliográfica. Primeiramente, adotaram-se fichas para registrar o detalhamento das inspeções termográficas com o intuito de obter um histórico cumulativo de ocorrências no período analisado, e assim servir para a geração de gráficos e identificação dos cenários na empresa.

Posteriormente, com relação às observações diretas, se deram através de entrevistas com os técnicos responsáveis por realizar as inspeções termográficas e também por meio visual no ambiente.

E por fim, foi necessário utilizar a pesquisa bibliográfica acerca dos assuntos pertinentes ao tema deste estudo de caso.

### **3.7 TRATAMENTO DOS DADOS**

Com relação ao tratamento de dados foram adotadas planilhas do Microsoft Excel ®2017, que serviram como um banco de dados sobre o quantitativo do número de ocorrências do processo analisado. E em seguida, foi necessário o uso do software Minitab® 17, visando analisar os dados e plotar gráficos.

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

O presente estudo foi realizado em uma empresa do setor de serviços no estado da Paraíba.

A empresa, atua de forma estratégica como terceirizada na composição do planejamento e controle da manutenção (PCM) dos patrimônios físicos (edifícios e utilidades) de seus clientes. A empresa atua no mercado do estado da Paraíba desde 2013, possui um carro e uma moto e atualmente um quadro com 5 funcionários conforme organograma da Figura 01.

Oferta soluções em manutenção predial nos diversos seguimentos. Como principal atividade desenvolvida , estão programações de demandas preventivas e corretivas a partir dos dados coletados nas inspeções da manutenção mensalmente também atendendo a solicitações dos serviços corretivos chamados de urgentes, os dados são obtidos a partir de medições através de instrumentos específicos ou observações visuais por profissionais da área, que por sua vez são registrados em fichas relatórios diários, não possuía a parte do serviço preditivo, cujo método aqui aplicado é uma importante caracterização da manutenção moderna e faz parte dos resultado obtidos que será melhor explicada ao longo do relatório.

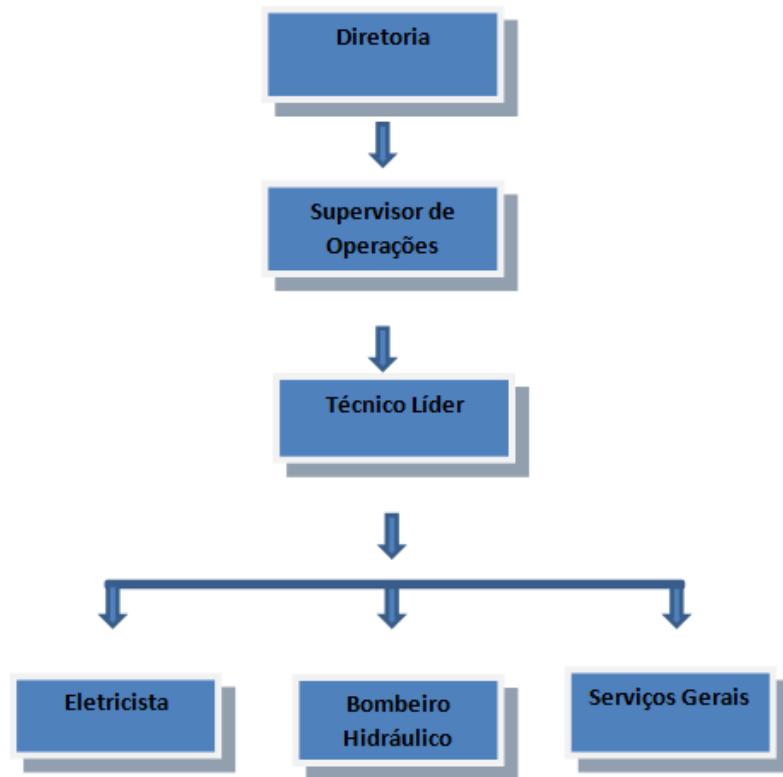
As intervenções corretivas de retorno (urgências) são indesejadas, e são vistas pela empresa como um indicador da qualidade do serviço oferecido, visto que essa última modalidade de intervenção trás consigo a insatisfação do cliente pela interrupção do equipamento ou baixa funcionalidade do ambiente, como por exemplo pane na iluminação ou parada de um condicionador de ar em um ambiente como uma sala de estudos, trabalhos de escritórios / treinamentos, salão de festas, etc.

Segue a Missão, Visão e Valores da empresa.

– **Missão:** Atender de forma proativa, inovadora, técnica e discreta no setor de manutenção predial as demandas de seus clientes, e com isso atingir a satisfação e admiração de todos por meio de confiabilidade, segurança e custo adequado.

– **Visão:** Se tornar uma empresa confiável nesse seguimento em que atua, de maneira a conseguir expandir seus negócios no ramo de manutenção de patrimônio, com manutenções de alto nível no mercado Paraibano.

– **Valores:** A Conserv anseia por conquistar o respeito e confiança de seus clientes e de todas as pessoas que interagem com seus funcionários. De forma equilibrada respeitosa e consciente em suas relações humanas e ambientais.



**Figura 04** - Organograma da empresa

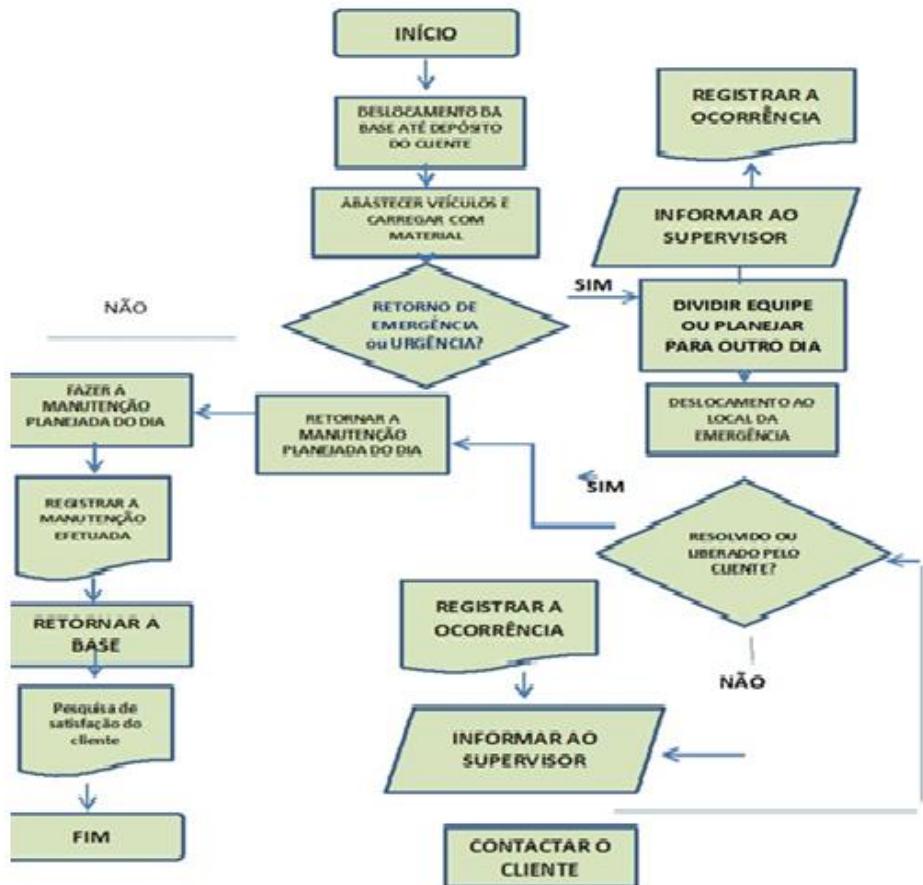
Fonte: Elaboração Própria (2018)

As atividades exercidas estavam ligadas diretamente ao técnico que por sua vez comandavam as atividades em campo com os demais funcionários. Cabia ao supervisor verificar a qualidade dos serviços e reportar a Diretoria os progressos, dificuldades e outras demandas que assim surgissem. Bem como propor melhoria no processo.

## 4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A empresa presta serviços na área predial, dando manutenção nos edifícios. As atividades prestadas pela empresa tem seu início na base que é o escritório de apoio da empresa, onde o veículo que é usado para a prestação de serviço é abastecido com material e ferramentas em seguida a equipe toma a primeira decisão . Se começará as visitas técnica aos prédios conforme calendário previsto em contrato ou se terá que atender uma ocorrência de emergência antes de voltar a rotina do calendário de visitas preventivas.

Caso essa rotina ocorra todas as tarefas serão executadas e registradas e ao fim do dia a equipe retornará a base. Caso negativo e haja uma ocorrência de urgência essa será sanada em primeiro lugar antes de continuarem a rotina de manutenção preditiva no calendário de visitas. Essas visitas de emergência são indesejados pela empresa e o foco do estudo aqui apresentado.



**Figura 5 - Fluxograma do Processo**  
Fonte: Elaboração Própria (2018)

#### 4.3 ÁREA DE ATUAÇÃO/LOCALIZAÇÃO

Os trabalhos aqui descritos neste trabalho, levam em consideração atividades desenvolvidas em edifícios de um único cliente, que possui 19 unidades prediais com área média construída de 1000m<sup>2</sup> por unidade, distribuídas em vários municípios do Estado da Paraíba, conforme QUADRO 1, cada locação possui um administrador responsável por avaliar a qualidade dos serviços prestados a unidade predial. A Empresa tem um contrato firmado para executar os serviços conforme fluxo de processo da Figura 3, e é de

responsabilidade do cliente aquisição de materiais necessários a manutenção. Segue QUADRO 1, com a localização das unidades prediais do cliente estudado onde a empresa atua.

<b>Município (Localização)</b>	<b>Quantidades de Unidades Prediais por Município</b>
<b>João pessoa</b>	<b>8</b>
<b>Cabedelo</b>	<b>1</b>
<b>Lucena</b>	<b>1</b>
<b>Bayeux</b>	<b>1</b>
<b>Mamanguape</b>	<b>1</b>
<b>Rio Tinto</b>	<b>1</b>
<b>Itapororoca</b>	<b>1</b>
<b>Santa Rita</b>	<b>2</b>
<b>Pombal</b>	<b>1</b>
<b>Cajazeiras</b>	<b>1</b>
<b>Souza</b>	<b>1</b>
<b>Total</b>	<b>19</b>

**Quadro 1 – Atuação e Localização**

## 4.4 ANÁLISE DOS DADOS

### 4.4.1 Análise do quantitativo das ocorrências por falha inesperada (retornos)

Ao longo das visitas é utilizado uma folha de verificação (ver ficha de inspeção em anexo) onde são também registrados os serviços e principais problemas identificados todos os dias . Dessa folha de verificação foi retirado os dados brutos para análise que foram agrupados por categorias como segue o gráfico setorial.

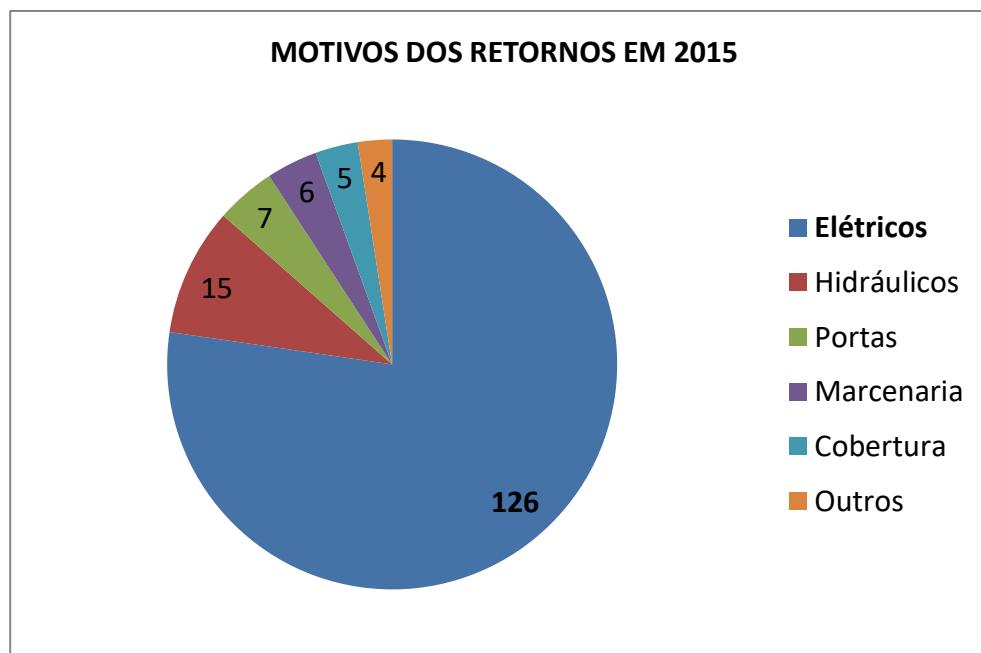
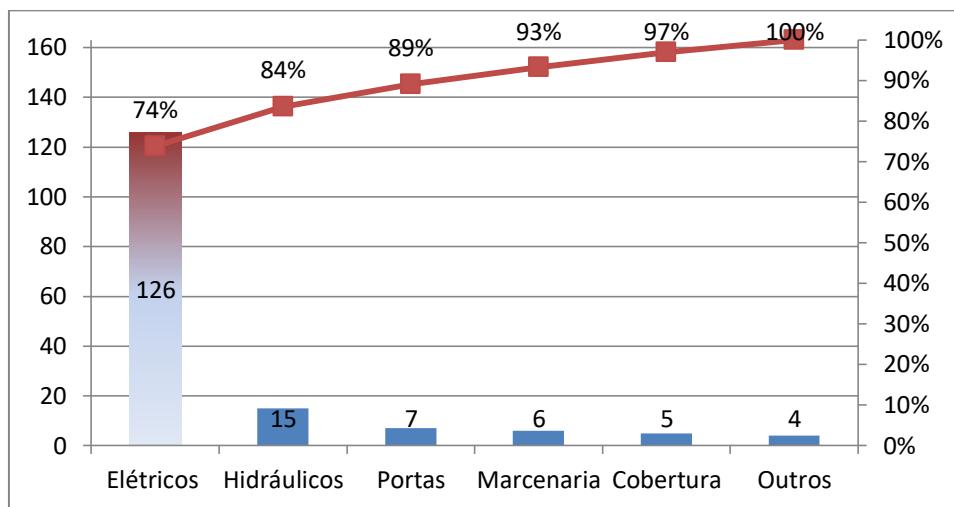


Gráfico 1 - Dados do ano de 2015

Fonte: Elaboração Própria(2015)

A partir desses dados básicos foi realizado um tratamento dos dados pertencente ao ano de 2015 que foram conseguidos através da ficha de inspeção e em seguida estes dados foram dispostos no diagrama de Pareto, Gráfico 01. Possuindo o intuito de visualizar o número de retornos registrados. Nota-se que no período analisado, o tipo de retorno mais significativo e predominante foi o elétrico, correspondendo a 74% das ocorrências.

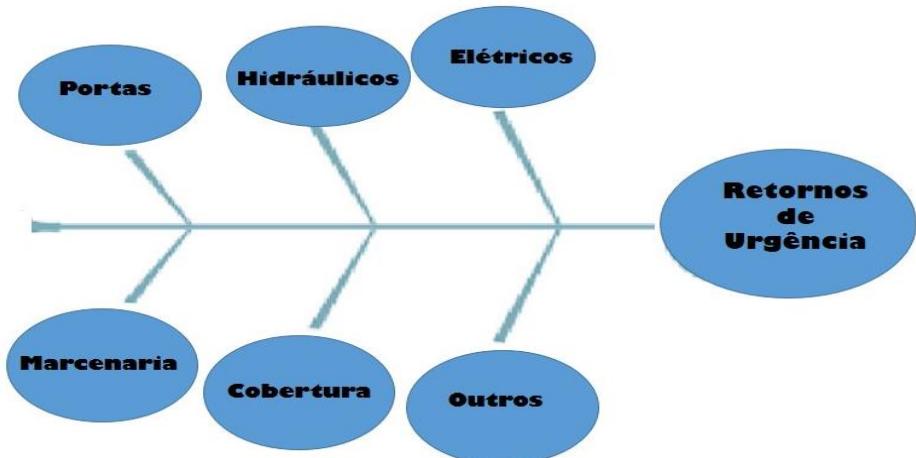


**Gráfico 02 – Diagrama de Pareto aplicado ao ano de 2015 sobre o número de retornos**

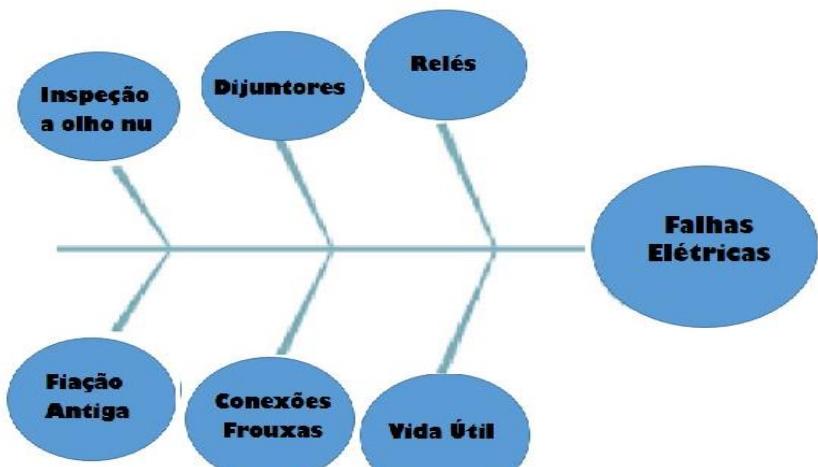
**Fonte:** Elaboração Própria (2018)

Mediante o Gráfico 01, foi possível determinar a manutenção preditiva por Termografia aplicada às instalações elétricas, devido ao fato que os equipamentos mencionados anteriormente recebiam apenas uma inspeção visual do técnico sem um instrumento que possibilitasse medir variáveis de controle tão necessárias nesse caso como a temperatura em regime.

Visando analisar os *outliers* no processo foi necessário usar o Diagrama de Ishikawa, Gráfico X, para investigar as causas e sub causas do efeito de variabilidade na meta mensal imposta que ultrapassaram a média pré-estabelecida de 2 retornos elétricos por mês. Para obter essas informações foi necessário fazer uso da ferramenta *brainstorming*, objetivando e assim, compreender as causas.



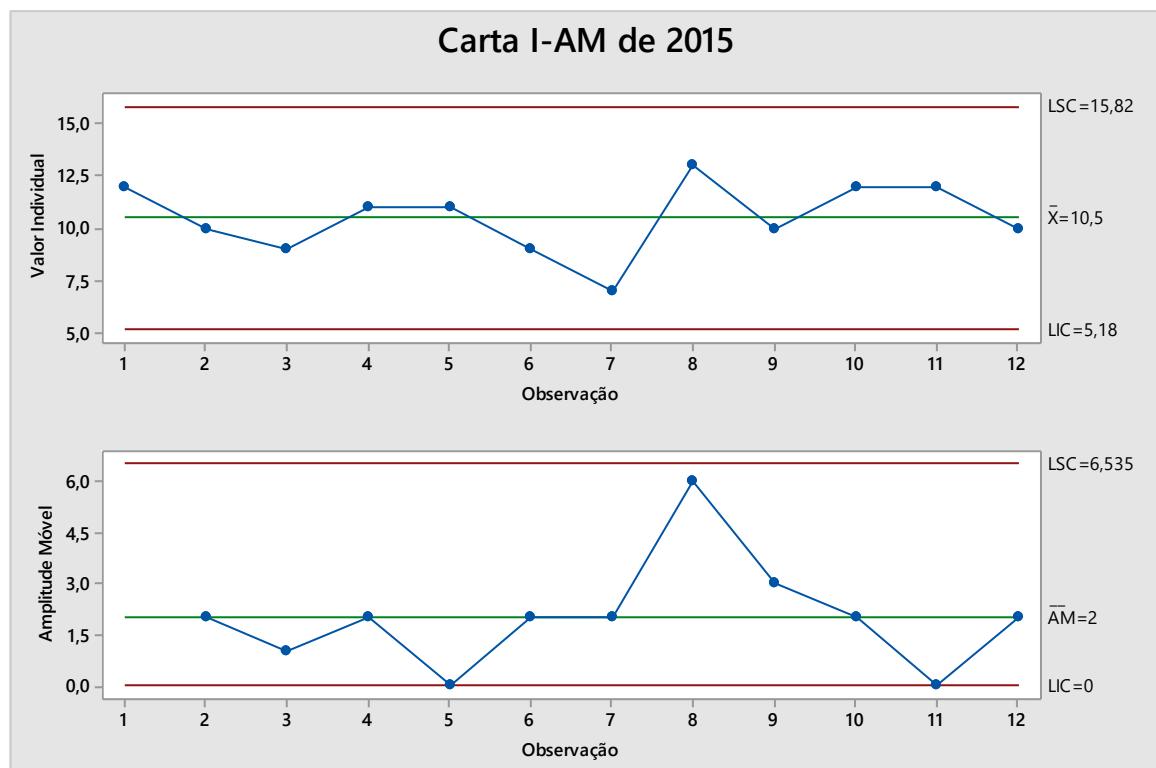
**Figura 6 – Diagrama de Retornos de Urgência**



**Figura 7 -Diagrama de Falhas Elétricas**

Com as análises do Diagrama de Ishikawa realizadas em campo, um problema em comum frequentemente citado era a impossibilidade de diagnósticos de futuros defeitos apenas com uma inspeção visual em equipamentos tais como disjuntores, relés, conectores, motor bomba, barramentos e mesmo fiação antiga, que aparentemente estavam funcionando normalmente.

Foi feito a plotagem e análise do gráfico de controle estatístico do processo referente a carta de média e amplitude, Gráfico x, ainda sobre o quantitativo de defeitos elétricos ocorridos no ano de 2015.



**Gráfico 3 – Controle estatístico do processo dos dados de 2015**

**Fonte:** Elaborada com o auxílio do Minitab (2018)

Através do Gráfico 3 é possível analisar os pontos da amostra distribuídos em função dos limites superior e inferior de controle, e verificar as suas posições a 3 desvios padrões, para abaixo e para acima da linha média. Mediante os dados analisados, todos os dados da amostra são superiores a média mensal imposta. A média calculada foi de 10,5 (defeitos elétricos), representando um valor bastante elevado ao pré-estabelecido. Sobre a carta de média é visível a existência de oscilações em torno da linha central com evidentes mudanças de comportamentos. Com relação à carta de amplitude, o ponto 8 foi o de maior valor com amplitude móvel igual a 6. Assim, o processo analisado, não é estatisticamente estável, devido às causas especiais.

#### 4.5 PLANO DE AÇÃO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2007), o conceito de melhoria continua, é melhor resumido pelo que é chamado de ciclo PDCA, que é uma sequência de 5 etapas que são percorridas de maneira cíclica para melhorar atividades de variados tipos. Sendo o P do PDCA o estágio de planejamento; foi feito um plano através da ferramenta administrativa 5W2H para planos de ação, que foi a base para o plano simples e objetivo, contém 3 fases distintas, a primeira fase consiste na implantação de coletas de dados através de registros formais a segunda fase tratamento dos dados para tomada de decisão e terceira a implantação da solução proposta conforme (Quadro 2) que segue:

Questionamento para Cada Fase	Três Fases do Plano de Ação
What? o que será feito?	1 <sup>a</sup> Coleta de dados. 2 <sup>a</sup> Tratamento dos dados 3 <sup>a</sup> compra do equipamento e treinamento de pessoal.
Why? Por que será feito?	1 <sup>a</sup> organizar dados em informação. 2 <sup>a</sup> Identificação do problema. 3 <sup>a</sup> implantação da manutenção preditiva
Where? Onde será feito?	1 <sup>a</sup> nas unidades dos clientes. 2 <sup>a</sup> em planilhas de Microsoft Excel e minitab 3 <sup>a</sup> em campo nas unidades prediais
When? Quando será feito?	1 <sup>a</sup> Dias de execução das atividades. 2 <sup>a</sup> na chegada dos dados mensais. 3 <sup>a</sup> A partir da aquisição do equipamento
Who? Quem fará?	1 <sup>a</sup> O técnico de campo. 2 <sup>a</sup> Supervisor de operações 3 <sup>a</sup> o técnico devidamente treinado
How?	1 <sup>a</sup> em fichas de manutenção. 2 <sup>a</sup> Tratamento estatístico.

Como será feito?  How much?      Quanto custará?	<b>3<sup>a</sup> com equipamento termovisor.</b>  1 <sup>a</sup> Impressão e tempo para registro. 2 <sup>a</sup> Computador e tempo para análise 3 <sup>a</sup> R\$ 2.500,00
--	--

**Quadro 2- Ferramenta 5W2H**

**Fonte:** Elaboração Própria (2018)

#### **4.5.1 Ficha de visita técnica e pesquisa de satisfação**

Como já mencionado anteriormente foram utilizadas fichas de visitas técnicas para coleta de dados.

##### *4.5.1.2 Registros e análises com Termovisor*

A análise termográfica é uma técnica de diagnóstico baseado em um ensaio não destrutivo (END), que utiliza câmeras e sensores infravermelhos para medição de temperatura e distribuição de calor, com o objetivo de detectar problemas em sua fase inicial e precisamente no local afetado.

Com essa técnica, caso haja desconfiança de alguma situação, não é necessário interromper processos, desmontar equipamentos ou quebrar paredes para inspeção.

Dentre alguns setores de aplicação dessa análise, podemos citar:

- Instalações elétricas;
- Equipamentos mecânicos;
- Sistemas de refrigeração/aquecimento;
- Infiltrações;
- Isolamento térmico.

Esse instrumento possibilita ao profissional treinado a tomar decisões e planejar com antecedência manutenções preventivas futuras, evitando assim a quebra inesperada melhorando a disponibilidade com aumento da confiabilidade.

As medições são feitas e registradas por câmera termográfica, as medições que apresentam problemas na temperatura (fora do padrão) em relação a outros equipamentos similares em operação, são registradas em uma ficha de registro de manutenção preditiva, e assim solicitado ao cliente a compra do material que poderá ser substituído no mesmo dia ou com trinta dias, conforme criticidade evidenciada. Quando o problema for de caráter não urgente a equipe de manutenção efetuará o serviço na visita mensal subsequente estabelecida em contrato, a criticidade será determinada pelo técnico devidamente treinado

e será relatada na ficha de inspeção. (Ver Anexo 1). As eventuais dúvidas do técnico poderão ser tiradas por uma consulta supervisor de operações. Todas as medições são feitas em Graus Celsius.

No presente relatório há exemplos de imagens termográfica típica onde a variação de cor obedece de forma comparativa no ambiente ou objeto inspecionado, do mais claro (temperatura mais elevada) para o mais escuro (temperatura mais baixa).

#### **4.5.2 Treinamento para técnico eletricista**

O treinamento para o funcionário que opera o equipamento com a câmera termográfica segue inicialmente as normas básicas de segurança no trabalho regidos pela Norma Regulamentadora 10 (NR10), específica para trabalhos com eletricidade.

O treinamento consta de orientações básicas de funcionamento e operação pelo fabricante do equipamento (FLIR), no manual de instruções.

Ademais, o Supervisor de Operações fez uma reunião de treinamento inicial com observações técnicas importantes para evitar que medições aparentemente triviais não levem a decisões errôneas. Segue as recomendações orientadas:

- As temperaturas da última medição devem estar a disposição para comparação.
- Dispositivos instalados próximos uns dos outros podem afetar a temperatura aumentando a temperatura dos mesmos.
- Todos os dispositivos devem estar em utilização máxima para passar pela detecção.

#### **4.5.3 Execução e implantação**

Embora invisível, a radiação infravermelha pode ser percebida por suas propriedades de aquecimento. Quando um aquecedor elétrico é ligado, sente-se seu calor irradiado antes mesmo que a resistência comece a avermelhar-se. Se o olho humano fosse sensível a radiação de 10 micrômetros (a faixa de emissão mais comum de corpos à temperatura ambiente), não haveria necessidade de iluminação artificial, pois tudo seria brilhante durante o dia ou a noite.

Os seres vivos se destacariam com nitidez por serem mais quentes e, portanto, mais brilhante que o ambiente. Apenas os objetos frios ficariam negros. Assim, sem o emprego de luz artificial, seria difícil descobrir qualquer coisa que estivesse no interior dos refrigeradores. Alguns animais, como as cobras, possuem uma "visão" de 10 micrômetros que lhe permite apanhar suas presas à noite. Esta habilidade de perceber objetos quentes no

escuro apresenta um evidente valor militar e seu controle tem impulsionado muitas pesquisas sobre sistemas de detecção.

Todos os objetos emitem radiação infravermelha. A intensidade da radiação emitida depende de dois fatores: a temperatura do objeto e a capacidade do objeto de emitir radiação. Esta última é conhecida por emissividade. Existe uma lei da Física que diz que todos os materiais com uma temperatura acima do zero absoluto (-273° C) radiam calor. A radiação de calor significa o mesmo que radiação infravermelha. Quanto mais quente está o objeto, maior a radiação. A radiação de calor significa o mesmo que radiação infravermelha.

A execução segue um padrão de verificação da seguinte forma: inicialmente todas as instalações elétricas são ligadas, após 20min de pleno funcionamento os quadros e equipamentos são abertos para se ter acesso a partes de emissão de infravermelho para as leituras conforme podemos ver na sequência de fotos e imagens a seguir.



**Imagen 1** – Quadro elétrico típico



**Imagen 2** – Remoção de tampas e inspeção dos barramentos e disjuntores.



Figura 3 – Análise do técnico treinado

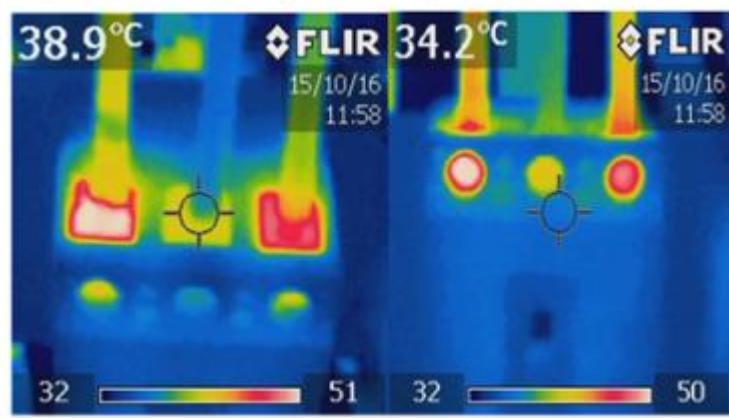
As cores das imagens estão associadas à temperatura, seguindo o código de cores da figura:



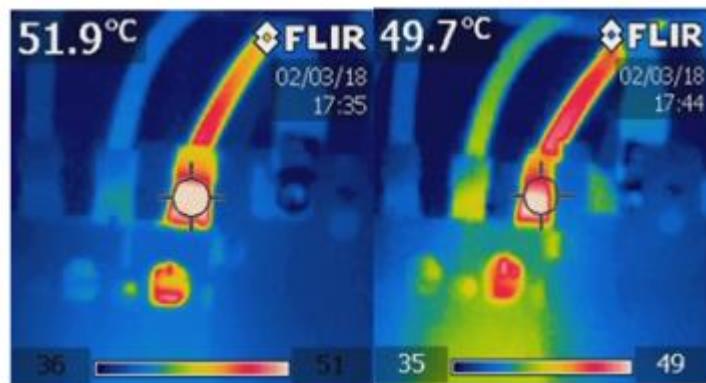
**Imagen 3** – Análise de Técnico devidamente treinado e equipado.

As cores das imagens estão associadas à temperatura, seguindo o código de cores da figura:

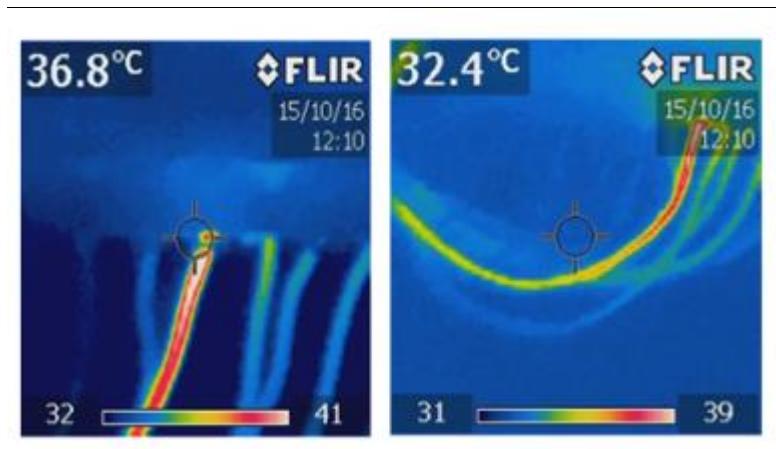
As imagens são compostas por cores que representam um código e equivalem a determinadas temperaturas, em geral, quanto maior for a temperatura da área lida, mais vermelha será a cor. Em anexo segue exemplo de laudo técnico da análise termográfica. Em anexo segue normas da ABNT e MTA, para estudos mais abrangentes o que não é o foco deste trabalho.



**Imagen 4** – Conexão sobreaquecida em Disjuntor Geral. (Coletada em 2016)



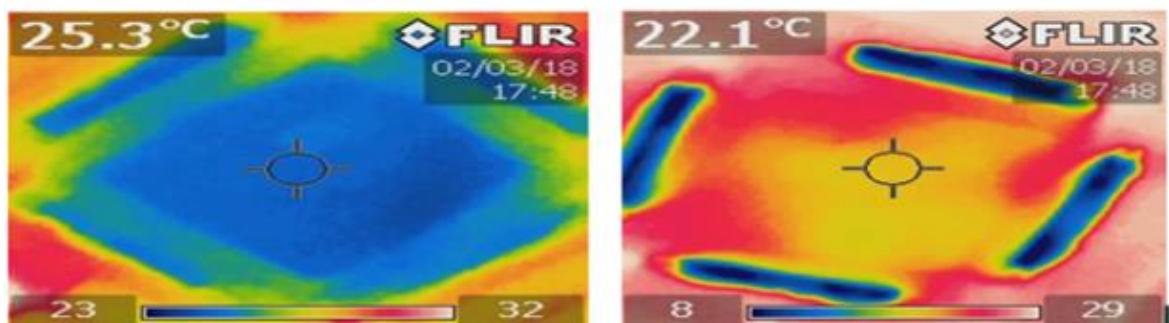
**Imagen 5** – Conexão sobreaquecida em Disjuntor de central de Condicionadores de ar.  
(Coletada em 2018)



**Imagen 6** – Cabos sobreaquecidos (Coleta em 2016)



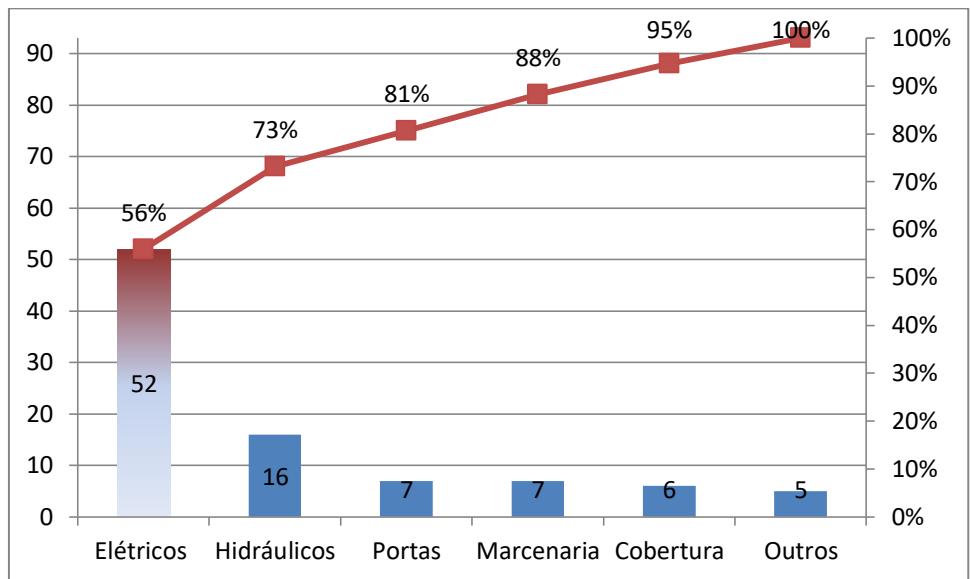
**Imagen 7** – Spliter de teto condicionadora de ar. (Coletada em 2018)



**Imagen 8** – Aparelho splitter de teto, com capacidade de refrigeração Comprometida e outro na normalidade respectivamente. (Coletada em 2018)

#### 4.6 MEDIÇÃO DOS RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO

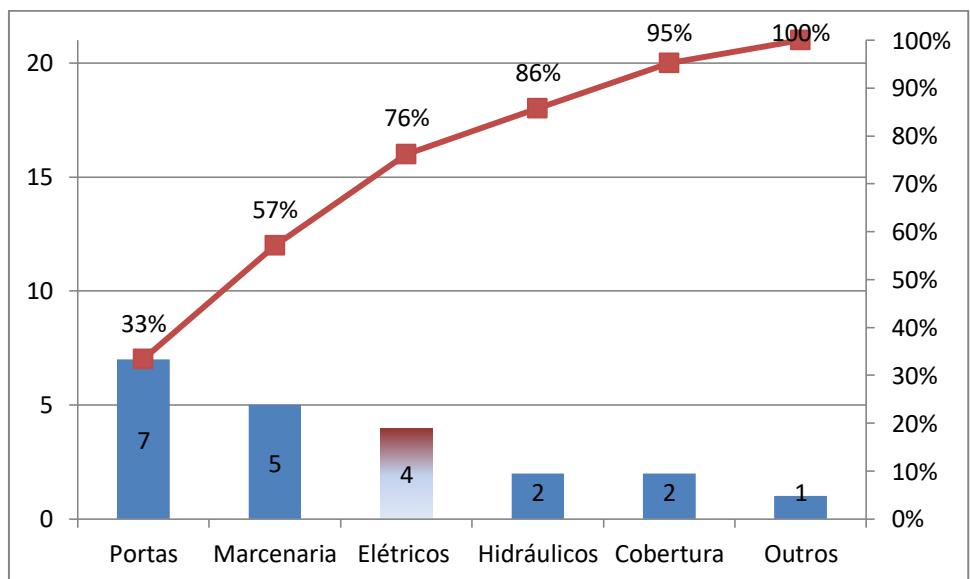
Ao comparar o quantitativo de chamadas de urgências (retornos) entre os anos 2015, 2016 e 2017. Foi possível detectar uma diminuição considerável a partir de maio de 2016, pois esse período coincide com o evento da aquisição do instrumento Termovisir, conforme Gráfico X, Y e Z.



**Gráfico 5** – Diagrama de Pareto aplicado ao ano de 2016 sobre o número de retornos

**Fonte:** Elaboração própria (2018)

Com relação ao número de ocorrências elétricas, no gráfico X, nota-se que houve uma redução de 18% quando comparados com a porcentagem das ocorrências no ano anterior, em 2015.

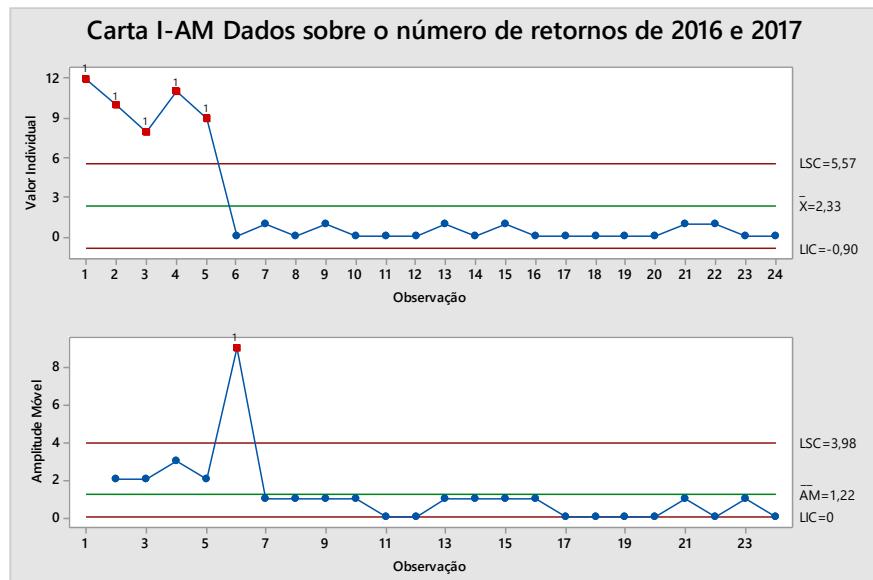


**Gráfico 6** – Diagrama de Pareto aplicado ao ano de 2017 sobre o número de retornos

**Fonte:** Elaboração própria (2018)

No gráfico 6, a porcentagem de ocorrências elétricas também sofreu uma diminuição bastante satisfatória de 41% quando comparados com a porcentagem das ocorrências no ano anterior, em 2015.

Após a aquisição do instrumento Termovisão em maio de 2016 e com o intuito de analisar os pontos da amostra distribuídos na carta de controle estatístico, foi plotado o Gráfico 7 representando uma carta por variáveis do tipo contínuo e, possuindo valores individuais e amplitude móvel do processo.



**Gráfico 7 – Controle estatístico do processo dos dados de 2016 e 2017**

**Fonte:** Elaborada com o auxílio do Minitab (2018)

O novo processo analisado possui uma média de 2,33 de ocorrências elétricas e por sua vez, este valor se aproximou bastante da média mensal imposta. Com relação à carta de média, existem 5 pontos mais que 3 desvios padrão da linha central, o primeiro ponto com o valor 12, o segundo ponto com o valor 10, o terceiro ponto com o valor 8 e o quinto ponto com o valor 11. Este anormalidade sobre estes pontos fora dos limites de controle coincide anteriormente com o período de aquisição do Termovisão, devido à existência de causas especiais e expressando que o processo não está sob controle estatístico.

Dos pontos 6 ao 24, os valores não ultrapassam os limite superior de controle e o processo não está atuando sob causas especiais de variação e os pontos 10 ao 12 e 16 ao 20, os valores apresentam uma sequência, com valores individuais igual a zero. Esta informação confere que durante esses meses não houve ocorrências elétricas. Em sua totalidade, os pontos se encontram dispersos entre a média central e o limite inferior de controle.

Portanto, podemos concluir que neste processo houve uma diminuição considerável e significativa da variabilidade, existindo uma oscilação de valores de 0 e 1 de ocorrências elétricas. Porém por motivos externos e inesperados o processo deve ficar sempre em monitoramento para que não aumente essa variabilidade.

## **5 CONCLUSÃO**

Através do uso adequado das ferramentas da qualidade nas diversas fases do estudo de caso aqui explanado ao longo desse trabalho, foi possível identificar no processo problemas que afetavam o mesmo, com a análise estatística e planos de ação foi possível tomar decisões de aquisição do equipamento que possibilitou uma melhor prestação de serviço e solução dos problemas identificados especificamente as instalações elétrica na manutenção preditiva. As expectativas iniciais foram atingidas, tendo em vista que os problemas tinham especial relevância, tanto para a organização quanto para o graduando, que pôde fazer a aplicação de conceitos de Engenharia de Produção no tocante às áreas de manutenção, qualidade, ferramentas estatísticas entre outras apropriadamente utilizadas. Resultando na melhoria da prestação de serviço, constatada pela evolução na satisfação do cliente, e contribuiu nas condições do trabalho, pois houve redução nos deslocamentos e com isso menores riscos de acidentes nos trajetos, também houve ganho no tempo dos funcionários para outras tarefas.

A Empresa poderá continuar os estudos para diversas situações, mantendo o foco na melhoria continua, e pode ainda quantificar esses ganhos ampliando os estudos. O comprometimento da alta gerência para implantação das ações descritas neste relatório, bem como os direcionamentos do professor orientador foram de vital importância para a experiência do graduando e padronização acadêmica.

Como recomendação a Empresa poderá continuar os estudos para diversas vertentes, para a melhoria continua no processo, pode ainda quantificar esses ganhos ampliando os estudos na área de custos, são algumas das sugestões para a organização bem como melhorar na implantação do sistema de manutenção por termografia, para garantir que o processo continuem estável.

## **REFERÊNCIAS**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462, **Confiabilidade e mantinabilidade** - Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO-8402, **Gestão da qualidade e garantia – Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, Márcio Tadeu. Manutenção preditiva: confiabilidade e qualidade. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 12 março 2011.

ARAÚJO, R. A.; BARBOSA, L. C.; SINISCALCHI, R. T. X EDAO – **Encontro para debates de assuntos de operação**. São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.zonaelectrica.com.br/downloads/EDAO/11/Artigo\\_X\\_EDAO\\_-\\_SP-A-16\\_os\\_Impactos\\_da\\_Aplicacao\\_da\\_Termografia\\_na\\_Operacao\\_do\\_Sistema\\_Eletrico\\_de\\_FURNAS.pdf](http://www.zonaelectrica.com.br/downloads/EDAO/11/Artigo_X_EDAO_-_SP-A-16_os_Impactos_da_Aplicacao_da_Termografia_na_Operacao_do_Sistema_Eletrico_de_FURNAS.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2011.

BARROS, Benjamim Ferreira De et all. **NR-10 Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade**: Guia Prático de Análise e Aplicação. 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2010.

**BASES TEÓRICAS DE INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA PARA APLICAÇÃO EM COMPONENTES ELÉTRICOS** - Disponível em:  
<[http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011\\_Bases\\_inspecao\\_termografica\\_compentes%20eletricos.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Bases_inspecao_termografica_compentes%20eletricos.pdf)> Acesso em 11 julho 2018.

BATALHA, Mário Otávio. Introdução a Engenharia de Produção. 4.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BRITO, J. N.; ALVES, P. A. S.; FILHO, P. C. M. L.; **Painéis elétricos**. Disponível em <[http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/Paineis\\_Eletricos\\_Prof\\_NEI.pdf](http://www.icapdelrei.com.br/arquivos/Artigos/Paineis_Eletricos_Prof_NEI.pdf)>. Acesso em: 02 junho 2011.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da Qualidade - Conceitos e Técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

FERREIRA, Ivanilda Agostinho - Uso do Controle...  
[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_227\\_325\\_30628.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_227_325_30628.pdf) - Acessado dia 15 Outubro 2018.

**FLIR SYSTEMS.** Disponível em  
<[http://www.icelmanaus.com.br/manual/i3\\_manual\\_usuario.pdf](http://www.icelmanaus.com.br/manual/i3_manual_usuario.pdf)>  
Acesso em 15 de janeiro de 2018.

**FLUKE. Introdução aos princípios da termografia.** Ed. ATP, 2009

**FLUKE. Introdução aos princípios da termografia.** Ed. ATP, 2009. Disponível em:<<https://www.fluke.com>> acesso 06 marços 2017.

HALLIDAY, D.; KRANE, K. S.; RESNICK, R. Física 2. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção;** Função Estratégica. 2.ed. Rio de Janeiro: Qulaty Mark,2005.

**LABOR E SOLUCTIONS. Termografia.** Disponível em:  
<<http://www.laborsolutions.com.br/termografia.HTML>>. Acesso em: 13 abril 2011.

LIA, L. R. B.; QUITES, E. E. C. Introdução à transferência de calor. 2005. Disponível em: <<http://www.cursodefisica.com.br/termofisica/14-transferencia-de-calor-eduardo-emery-e-luizrenato.pdf>>.Acesso em: 28 maio 2011.

LIMA. Walter Costa; SALLES, José Antônio Arantes. Manutenção Preditiva: caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/616.pdf>>. Acesso em: 2 de abril de 2011.

MENDONÇA, Luís Viegas. **Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão.** Disponível em <<http://www.spybuilding.com/downloads/termografia.pdf>>. Acesso em: 02 junho. 2011.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NICOLAU, G. F.; RAMALHO JR, F.; TOLEDO, P. A. de. Termologia, Optica e ondas. 7 eds.  
São Paulo: Moderna, 1999.

**O QUE É TERMOGRAFIA** – Disponível em:

<http://www.getrotech.com.br/Artigos/termografia-/> Acesso em: 12 julho 2018

PELLIZARI, E.; Martins C. O. D.; MENEZES, A. F. S.; REGULY A. **Aplicações da termografia como ferramenta de manutenção preditiva em conectores elétricos**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DE MATERIAIS**. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbeccimat/resumos/17Cbeccimat-307-001.pdf>>.

SANTOS, Laerte dos. **Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas**. Itajubá, 2006. Disponível em: <<http://admeta.unifei.edu.br/phl/pdf/0032852.pdf>>.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

**TELECURSO 2000. Introdução à manutenção. Aula 1.** Disponível em:  
<[http://www.aditivocad.com/baixar-apostila.php?id=51b&rf=telecurso\\_2000\\_94](http://www.aditivocad.com/baixar-apostila.php?id=51b&rf=telecurso_2000_94)>  
Termografia em manutenção preditiva: conceitos e aplicabilidades em máquinas e equipamentos industriais manutencao \_mecanica&ld=2d1e4c4>. Acesso em: janeiro 2011a.

**TERMOGRAFIA ELÉTRICA** - Disponível em:  
<<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/direito/termografia-eletrica/50805>>  
Acesso em 11/07/2018.

**TELECURSO 2000. TPM Planejamento, Organização e Administração. Aula 2.**

Disponível em: <[http://www.aditivocad.com/baixar-apostila.php?id=51b&rf=telecurso\\_2000\\_manutencao\\_mecanica&ld=2d1e4c4](http://www.aditivocad.com/baixar-apostila.php?id=51b&rf=telecurso_2000_manutencao_mecanica&ld=2d1e4c4)>. Acesso em: janeiro 2011b.

**TERMOGRAFIA** – Disponível em: <http://www.getrotech.com.br/Artigos/termografia-/> Acesso em: 12 julho 2018.

**TEMOGRAFIA EM PAINÉS ELÉTRICOS** – Disponível em: [https://www.conlaan.com.br/2017/artigo\\_nome/289\\_08052017\\_46.pdf](https://www.conlaan.com.br/2017/artigo_nome/289_08052017_46.pdf) Acesso em: 12 julho de 2018

**TERMOGRAFIA EM MANUTENÇÃO PREDITIVA: CONCEITOS E APLICABILIDADES EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS** – Disponível em:

<<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/2398/1287>>

**TERMOGRAFIA** – Disponível em: < <http://sbout.yolasite.com/resources/Ensaios-nao-Destrutivos-Termografia.pdf>> Acesso em 12 julho de 2018.

VERATTI, Atílio Bruno. **Sistema Básico de Inspeção Termográfica**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/login?redirect=/content/ABAAAAAxCEAE/programa-tpm-8-pilares-manutencao>>. Acesso em: 12 abril 2011.

**3 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA ANÁLISE TERMOGRÁFICA** – Disponível em: <<http://www.flir.com.br/home/news/details/?ID=80767>> Acesso em: 12/07/2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: Planejamento e métodos. 2<sup>a</sup> Ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2001.

**O EMPREGO DA TERMOGRAFIA NA INSPEÇÃO PREDITIVA**: Disponível em: <http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1821/999>

**ANÁLISE TERMOGRÁFICA** - Disponível em:

[http://www.arespcj.com.br/arquivos/28619\\_RT\\_TMG\\_Tiete\\_SAMAE\\_COMPLETO\\_0814.pdf](http://www.arespcj.com.br/arquivos/28619_RT_TMG_Tiete_SAMAE_COMPLETO_0814.pdf)

**IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DE  
PAINÉIS ELÉTRICOS ATRAVÉS DA ANÁLISE TERMOELÉTRICA** – Disponível  
em: [http://centralmat.com.br/Artigos/Mais/paineis\\_Eletricos\\_Prof\\_NEI.pdf](http://centralmat.com.br/Artigos/Mais/paineis_Eletricos_Prof_NEI.pdf)

**INSTRUÇÃO BÁSICA PARA ESPECIFICAÇÃO DE PAINÉIS DE BAIXA  
TENSÃO** – Disponível em:

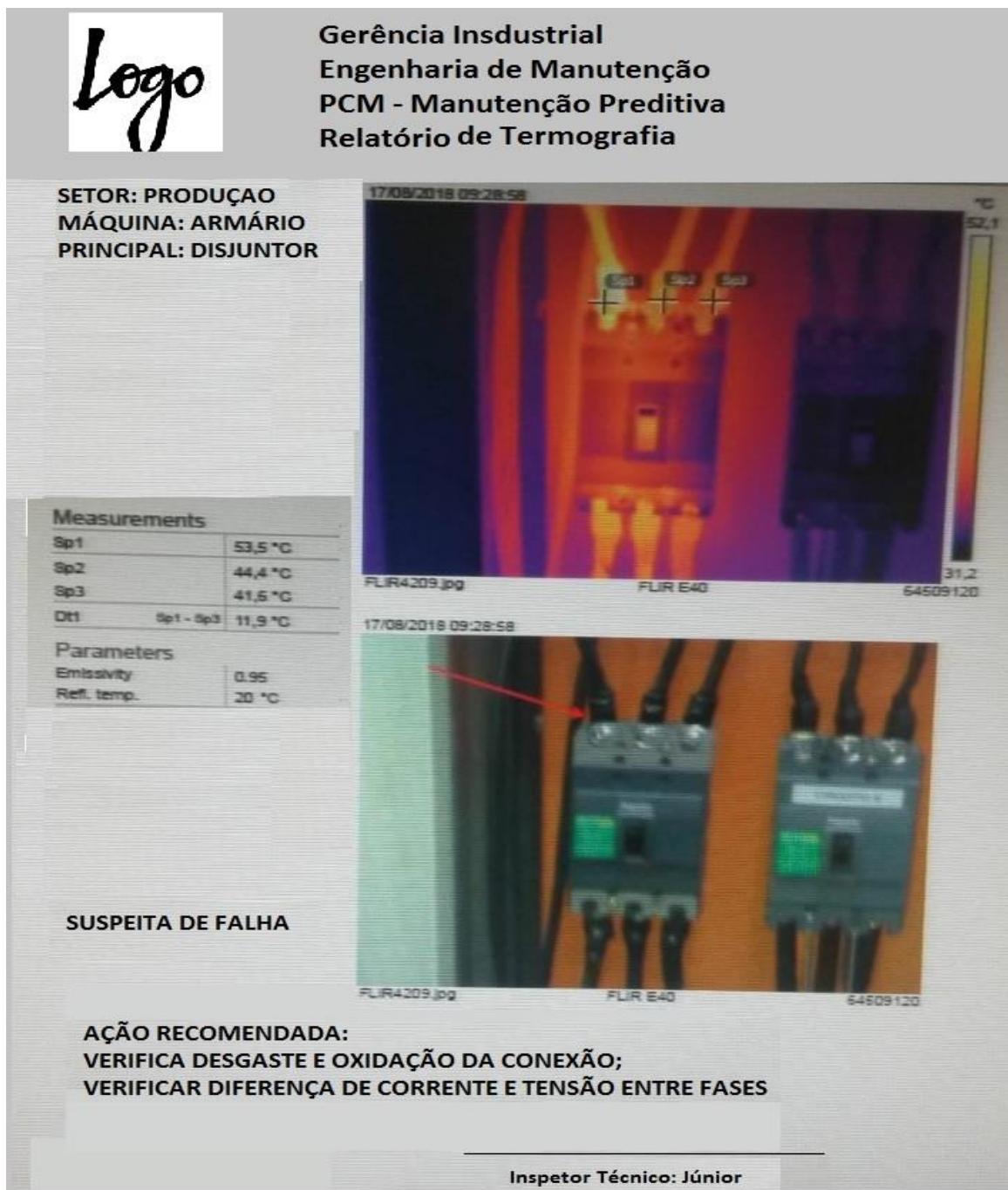
[https://iopes.es.gov.br/Media/iopes/Fa%C3%A7a%20Certo/INSTR\\_PAINEL\\_BT.pdf](https://iopes.es.gov.br/Media/iopes/Fa%C3%A7a%20Certo/INSTR_PAINEL_BT.pdf)

## **ANEXO 1 – Folha de Verificação**

## Folha de Verificação

Legenda: Verificado(✓), não existe o item(-), Sem acesso(?), Precisa de serviço(S), Serviço Realizado(SR), Falta Material: Prox. Mês(X)

## ANEXO 2 – Laudo Termográfico



### ANEXO 3 – Dados de Retornos e seus Respectivos Anos

#### 1 DADOS DE RETORNOS EM SEUS RESPECTIVOS ANOS

2	<b>2014</b>			
3	<b>TIPO</b>	<b>Nº RETORNOS</b>	<b>% ACUMULADO</b>	<b>%RELATIVO</b>
4	Elétricos	121	74%	74%
5	Hidráulicos	16	84%	10%
6	Portas	9	89%	5%
7	Marcenaria	7	93%	4%
8	Cobertura	6	97%	4%
9	Outros	5	100%	3%
10	<b>total ano</b>	<b>164</b>		
11	<b>2015</b>			
12	<b>TIPO</b>	<b>Nº RETORNOS</b>	<b>% ACUMULADO</b>	<b>%RELATIVO</b>
13	Elétricos	126	77%	77%
14	Hidráulicos	15	87%	9%
15	Portas	7	91%	4%
16	Marcenaria	6	94%	4%
17	Cobertura	5	98%	3%
18	Outros	4	100%	2%
19	<b>Total/ Ano</b>	<b>163</b>		
20	<b>2016</b>		%	
21	<b>TIPO</b>	<b>Nº RETORNOS</b>	<b>% ACUMULADO</b>	<b>%RELATIVO</b>
22	Elétricos	52	56%	56%
23	Hidráulicos	16	73%	17%
24	Portas	7	81%	8%
25	Marcenaria	7	88%	8%
26	Cobertura	6	95%	6%
27	Outros	5	100%	5%
28	<b>total ano</b>	<b>93</b>		
29	<b>2017</b>		%	
30	<b>TIPO</b>	<b>Nº RETORNOS</b>	<b>% ACUMULADO</b>	<b>%RELATIVO</b>
31	Portas	7	33%	33%
32	Marcenaria	5	57%	24%
33	Elétricos	4	76%	19%
34	Hidráulicos	2	86%	10%
35	Cobertura	2	95%	10%
36	Outros	1	100%	5%
37	<b>total ano</b>	<b>21</b>		

## Anexo 4 - ABNT para ensaios não destrutivos

### **ABNT NBR 15424:2006, Ensaios não destrutivos – Termografia – Terminologia**

Esta Norma define os termos utilizados no método de ensaio não destrutivo de termografia.

### **ABNT NBR 15572:2013, Ensaios não destrutivos - Termografia - Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos**

Esta Norma constitui um guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos, indicando as responsabilidades do usuário final e do inspetor termografista, e descreve uma rotina adequada para a inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos.

### **ABNT NBR 15718:2009, Ensaios não destrutivos - Termografia - Guia para verificação de termovisores**

Esta Norma fornece diretrizes para garantir a confiabilidade das medições dos termovisores, através de procedimentos seguidos pelo usuário final para a verificação dos termovisores durante o intervalo da validade da calibração definido pelo próprio usuário.

### **ABNT NBR 15763: 2009, Ensaios não destrutivos - Termografia - Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência**

Esta Norma prescreve os critérios para definição de periodicidade de inspeção por termografia de sistemas elétricos de potência.

### **ABNT NBR 15866:2010, Ensaio não destrutivo — Termografia — Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos**

Esta Norma se destina a orientar a metodologia de avaliação térmica, qualitativa e/ou quantitativa, a ser realizada pelo responsável da análise termográfica, de acordo com as diversas situações e contextos em que os diferentes equipamentos elétricos estão submetidos.