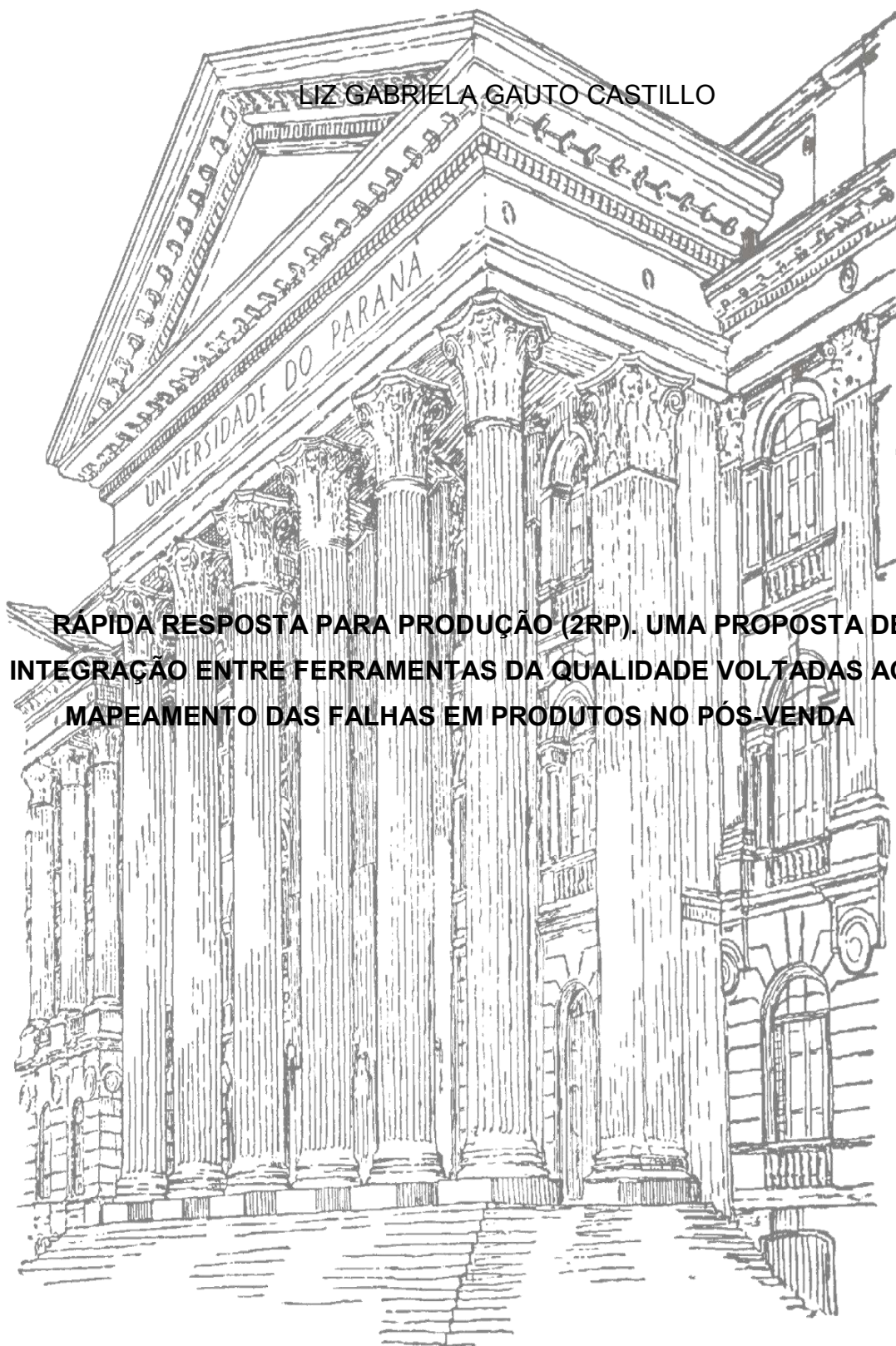


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LIZ GABRIELA GAUTO CASTILLO



RÁPIDA RESPOSTA PARA PRODUÇÃO (2RP). UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS DA QUALIDADE VOLTADAS AO MAPEAMENTO DAS FALHAS EM PRODUTOS NO PÓS-VENDA

CURITIBA
2017

LIZ GABRIELA GAUTO CASTILLO

**RÁPIDA RESPOSTA PARA PRODUÇÃO (2RP). UMA PROPOSTA DE
INTEGRAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS DA QUALIDADE VOLTADAS AO
MAPEAMENTO DAS FALHAS EM PRODUTOS NO PÓS-VENDA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Oscar Drozda

CURITIBA
2017

C352r

Castillo, Liz Gabriela Gauto

Rápida resposta para produção (2RP). Uma proposta de integração entre ferramentas da qualidade voltadas ao mapeamento das falhas em produtos no pós-venda / Liz Gabriela Gauto Castillo. – Curitiba, 2017.

120 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.

Orientador: Fabiano Oscar Drozda.

Bibliografia: p. 113-118.

1. Engenharia de produção. 2. Controle de qualidade. I. Universidade Federal do Paraná. II. Drozda, Fabiano Oscar. III. Título.

CDD: 658.562

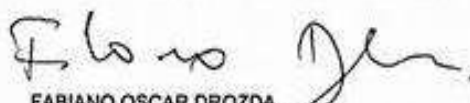


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

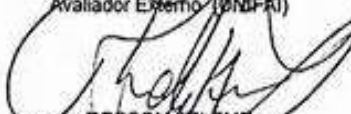
TERMO DE APROVAÇÃO

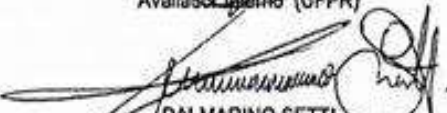
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de LIZ GABRIELA GAUTO CASTILLO intitulada: **RAPIDA RESPOSTA PARA PRODUÇÃO (RRP). UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS DE QUALIDADE VOLTADAS AO MAPEAMENTO DAS FALHAS EM PRODUTOS NA PÓS-VENDA.**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.


Curitiba, 22 de Fevereiro de 2017.


FABIANO OSCAR DROZDA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


JAVIER ALCIDES GALEANO SANCHEZ
Avaliador Externo (UNIFPR)


ROBSON SELEME
Avaliador Interno (UFPR)


DALMARINO SETTI
Avaliador Externo (UTFPR)


JOSÉ EDUARDO PÉCORA JUNIOR
Avaliador Interno (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela valentia e força para superar com coragem todas as barreiras apresentadas. Em especial por mais esta etapa na minha vida, o mestrado, pois comigo Ele esteve me dando forças e me encorajando a nunca desistir.

A todos meus colegas de mestrado e amigos, em especial a minhas amigas Fátima e Erika pelas palavras de motivação nos momentos mais difíceis e principalmente pela amizade que construímos juntas neste grande desafio que foi estudar em Curitiba sendo estrangeiras.

A meu orientador, o professor Fabiano Oscar Drozda, por me guiar em todo momento neste caminho e por nunca desistir de mim. Obrigada por ter me apoiado nos momentos de ansiedade, de estresse e por ter sido paciente mesmo quando não compreendia o meu “portunhol” com meu sotaque característico! Também quero agradecer por todos os conselhos e dicas que me ajudaram a chegar a minha meta e que simplesmente fizeram de mim uma acadêmica melhor.

Às meninas do LABPO, pela amizade e apoio nos momentos de ansiedade e também pelos cafés e as comidinhas compartilhados nas horas de estudo.

A toda minha família (paraguaia e brasileira), em especial a meus pais, irmãos e amados sogros e cunhados, que sem o amor de vocês na minha vida nada que eu fizer teria sentido. “*Los Amo!*” - “*Amo Vocês!*”.

À OEA e as universidades COIMBRA, que através da CAPES me forneceram o suporte financeiro para a conclusão desta dissertação.

E finalmente ao meu melhor amigo, herói, confidente, protetor, companheiro de corridas, tradutor, revisor e amado namorado, José Lucas, sem o qual seria impossível eu ter conseguido terminar esta etapa da minha vida de maneira satisfatória. Obrigada por toda a paciência em ler e reler minha dissertação revisando o meu português Te amo para toda a vida!

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você
estará fazendo o impossível”.

São Francisco de Assis

RESUMO

A presente dissertação visa contribuir para a área de diagnóstico de falhas em produtos de fabricação em massa após terem sido vendidos ao consumidor final. Para alcançar este objetivo, foi proposta a metodologia 2RP (*Rapid Response For Production*), a qual integra as seguintes ferramentas: Diagrama de Pareto, Diagrama de Afinidades, Diagrama FAST e Diagrama Matriz, sendo esta última auxiliada pela lógica difusa, a fim de superar as limitações ao pontuar as variáveis correlacionadas. Para validar a metodologia, foi feita uma aplicação em um caso prático, utilizando a base de dados da empresa Alpha, extraídas da plataforma virtual Reclame Aqui. Na primeira etapa, a metodologia serviu para identificar o produto e suas principais reclamações por meio do uso das ferramentas Diagramas de Pareto e Diagrama de Afinidade. Na segunda etapa, o produto foi caracterizado e classificado em suas funções básicas e secundárias, mediante o Diagrama FAST. Já na terceira etapa, utilizou-se o Diagrama Matriz para relacionar os principais problemas com os componentes que afetam o desempenho do produto para, assim, identificar os componentes que causaram a falha. Finalmente, o resultado obtido após a aplicação da metodologia 2RP permite que as empresas possam tomar ações para corrigir problemas de produção a fim de evitar reincidências de falhas e, conseqüentemente, de reclamações.

Palavras-chave: Diagnóstico de Falhas, Metodologia híbrida, Técnicas de Qualidade, Lógica Difusa.

Áreas de conhecimento: Engenharia de Produção; Engenharia da Qualidade.

ABSTRACT

The following master thesis aims to contribute to the area of diagnosis of failures in mass-produced products after being sold to the final consumer. To reach this objective, the Rapid Response For Production (2RP) methodology was proposed, which integrates the following tools: Pareto Diagram, Affinity Diagram, FAST Diagram and Matrix Diagram, this last tool being aided by diffuse logic to overcome the limitations when punctuating the correlated variables. Methodology validation was applied in a practical case, using the Alpha company database, extracted from the virtual platform Reclame Aqui. In the first step, the methodology served to identify the product and its main complaints through the use of the Pareto Diagrams and Affinity Diagram tools. In the second step, the product was characterized and classified in its essential and secondary functions, through the FAST Diagram. In the third step, the Matrix Diagram was used to relate the main problems with the components that affect the performance of the product to identify which ones caused the failure. Finally, the result obtained after applying the 2RP methodology allows companies to take actions to correct production problems to avoid recurrence of failures and, consequently, complaints.

Keywords: Fault Diagnosis, Hybrid Methodology, Quality Techniques, Fuzzy Logic.

Areas of expertise: Production Engineering; Quality Engineerin

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LÓGICA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	25
FIGURA 2 - RELAÇÃO EVOLUTIVA DA GESTÃO DA QUALIDADE, COM BASE NA ISO 9000:2000.....	29
FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE	32
FIGURA 4 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA DE PARETO	36
FIGURA 5 - ESQUEMA GENÉRICO DO DIAGRAMA DE AFINIDADES	39
FIGURA 6 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA DE AFINIDADES	40
FIGURA 7 - MATRIZ DO TIPO L.....	42
FIGURA 8 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA MATRIZ	43
FIGURA 9 - DIAGRAMA FAST	46
FIGURA 10 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA FAST.....	48
FIGURA 11 - CURVA DA BANHEIRA.....	56
FIGURA 12 - CURVA DE TAXA DE FALHA X TEMPO POR TIPO DE COMPONENTES.....	58
FIGURA 13 - SEIS PADRÕES DE FALHA.....	60
FIGURA 14 - CONDUÇÃO DO METODO DE PESQUISA.....	66
FIGURA 15 – TELA INICIAL DO SITE WORDLE	69
FIGURA 16 – TELA INICIAL DA FUZZY LOGIC TOOLBOX.....	71

FIGURA 17 - MÉTODO DE INTEGRAÇÃO PROPOSTA.....	74
FIGURA 18 - ARQUITETURA DO SISTEMA DE INFERÊNCIA DIFUSA	52
FIGURA 19 - FUNÇÕES UTILIZADAS PARA A VARIÁVEL LINGUÍSTICA (I)	81
FIGURA 20 - FUNÇÕES UTILIZADAS PARA A VARIÁVEL LINGUÍSTICA (P).....	82
FIGURA 21 - FUNÇÕES UTILIZADAS PARA A VARIÁVEL LINGUÍSTICA (F).....	84
FIGURA 22 - MEMÓRIA ASSOCIATIVA FUZZY (MAF) CONSIDERANDO AS	85
FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO EXPANDIDA DAS REGRAS FUZZY	86
FIGURA 24 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS REGRAS DIFUSAS NO MATLAB	87
FIGURA 25 - ESTRUTURA DA LÂMPADA INCANDESCENTE TRADICIONAL	92
FIGURA 26 - COMPONENTES DA LÂMPADA INCANDESCENTE COM SUAS FUNÇÕES	95
FIGURA 27 - DIAGRAMA FAST DE UMA LÂMPADA INCANDESCENTE	96
FIGURA 28 - CAMPOS OBRIGATÓRIOS A SER PREENCHIDOS AO FAZER UMA RECLAMAÇÃO.....	98
FIGURA 29 - NUVEM DE PALAVRAS CRIADAS PARA ANALISAR AS RECLAMAÇÕES	103
FIGURA 30 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS REGRAS DIFUSAS NO MATLAB PARA CALCULAR O FATOR DE IMPACTO DO FILAMENTO	107

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CARATERISTICAS DAS FERRAMENTAS DE CONTROLE DE QUALIDADE	34
QUADRO 2 – DESCRIÇÃO DOS PERIODOS DA CURVA DA BANHEIRA	57
QUADRO 3 - MODELO DE PLANILHA DE RELAÇÃO ENTRE PROBLEMAS E COMPONENTES.....	88
QUADRO 4 – COMPONENTES E SUBSISTEMAS DA LÂMPADA.....	106

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - IMPACTO DO DEFEITO SOBRE O DESEMPENHO DO PRODUTO (I).	80
TABELA 2 - NOTAS PARA AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE CAUSAR UMA FALHA (P)	82
TABELA 3 - NOTAS PARA AVALIAÇÃO DO FATOR DE IMPACTO (F).....	83
TABELA 4 - PRINCIPAIS PRODUTOS DA EMPRESA ALPHA.....	90
TABELA 5 - PRINCIPAIS RECLAMAÇÕES REALIZADAS PARA A LÂMPADA	99
TABELA 6 - PRINCIPAIS RECLAMAÇÕES REALIZADAS PARA A LÂMPADA	104
TABELA 7 – VALORES DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDAS DE CADA COMPONENTE ANALISADO.....	108
TABELA 8 - DIAGRAMA MATRIZ DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS COM OS COMPONENTES DA LÂMPADA INCANDESCENTE	109

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DIAGRAMA DE PARETO GENÉRICO	35
GRÁFICO 2 - DIAGRAMA DE PARETO DAS RECLAMAÇÕES.	105

LISTA DE SIGLAS

2RP	-	<i>Rapid Response For Production</i>
CQ	-	Controle de Qualidade
FAST	-	Function Analysis System Technique
FCQ	-	Ferramentas de Controle de Qualidade
FMEA	-	Failure Mode Effect Analysis
FPQ	-	Ferramentas de Planejamento de Qualidade
GQT	-	Gestão da Qualidade Total
PQ	-	Planejamento da Qualidade
SAC	-	Serviço de Atendimento ao Consumidor

LISTA DE ABREVIATURAS

Cap.	-	Capítulo
ed.	-	Edição
e.g.	-	Por exemplo
f.	-	Folha
p.	-	Página
v.	-	Volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	18
	OBJETIVO GERAL	18
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.2	JUSTIFICATIVA	19
1.3	MOTIVAÇÃO PELO TEMA DA PESQUISA	21
1.4	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	23
1.5	ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1	QUALIDADE	26
2.1.1	GESTÃO DA QUALIDADE E GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL	28
2.1.2	FERRAMENTAS DA GESTÃO DA QUALIDADE	31
2.2	FERRAMENTAS DE CONTROLE DA QUALIDADE	32
2.2.1	FERRAMENTA DE CONTROLE UTILIZADA NA METODOLOGIA 2RP	34
2.2.1.1	DIAGRAMA DE PARETO	34
2.3	FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DA QUALIDADE	36
2.3.1	FERRAMENTA DE CONTROLE UTILIZADA NA METODOLOGIA 2RP	38
2.3.1.1	DIAGRAMA DE AFINIDADES	38
2.3.1.2	DIAGRAMA MATRIZ	40
2.3.2	OUTRAS FERRAMENTAS QUE AUXILIAM O PLANEJAMENTO DA QUALIDADE	43
2.3.2.1	DIAGRAMA FAST	43
2.3.3	INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CONTROLE E PLANEJAMENTO DA QUALIDADE	48

2.4 FUNDAMENTOS DA LÓGICA FUZZY	50
2.5 FALHAS E CONFIABILIDADE.....	53
2.5.1 CONCEITO DE FALHA	53
2.5.2 QUALIDADE E CONFIABILIDADE	55
2.6 INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHAS	62
3 METODOLOGIA.....	65
3.1 ENQUADRAMENTO DA PESQUISA.....	65
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	65
3.2.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	66
4 PROPOSIÇÃO DA ABORDAGEM INTEGRADA DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE.....	73
4.1 INTEGRAÇÃO DA LÓGICA FUZZY E O DIAGRAMA MATRIZ.....	78
4.1.1 A LÓGICA DIFUSA NA ATRIBUIÇÃO DE NOTAS EM FERRAMENTAS DE QUALIDADE	78
4.1.2DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA LÓGICA FUZZY NO EXEMPLO DE APLICAÇÃO	79
4.1.2.1 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS - FUZZIFICAÇÃO.....	79
5 APLICAÇÃO DO MÉTODO EM CASO PRÁTICO	90
6 CONCLUSÃO.....	110
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	112
REFERÊNCIAS	113
GLOSSÁRIO	119

1 INTRODUÇÃO

Quando o produto sai da empresa e vai para o mercado, começa um novo teste de qualidade, agora feito pelo cliente, onde a satisfação dos requisitos mínimos de exigência se torna fundamental para manter um bom relacionamento cliente-fabricante, porém, nem sempre esses requisitos podem ser garantidos em um projeto de controle convencional, devido à impossibilidade e inviabilidade operacional de analisar a totalidade dos produtos fabricados.

Se um cliente compra um produto e ele apresenta algum defeito, o código de Defesa do Consumidor estabelece que o fabricante se responsabilize pelos defeitos de qualidade, principalmente quando os produtos estão no prazo de garantia. (BRASIL, 1990).

São várias as penalidades para o fabricante que não cumprir com essas resoluções, tais como: o cliente pode exigir o reembolso de seu dinheiro, caso o produto apresente falhas consideradas graves para o consumidor, o recolhimento dos produtos do mercado, que pode ser determinado pelos órgãos reguladores e; no pior dos casos, o seu *recall*.

Para uma organização, os clientes são a melhor fonte de coleta de informações para identificar áreas de melhoria e propor ações corretivas para resolvê-las e orientar o sistema de gestão em direção à melhoria contínua.

Uma maneira de entender os clientes é justamente ouvindo e respondendo às reclamações. É claro que nenhum fabricante gosta de receber queixas, porém, por trás delas, encontram-se informações valiosas que servem para ajustar o rumo da organização.

Um método utilizado na identificação de defeitos é o *Quality Gate*, proposto por Santos (2000), que nada mais é do que uma estação de verificação, que se caracteriza por identificar e corrigir as anomalias que ocorrem no dia a dia em um processo de manufatura por meio da seleção de

amostras retiradas aleatoriamente de um determinado lote de produção para serem inspecionadas e que estatisticamente representam a avaliação do lote como um todo.

Segundo Santos (2000), os clientes finais atuam como *Super Gates*, já que ao chegar o produto à suas mãos, há uma verificação de 100% das unidades recebidas. Qualquer insatisfação no desempenho do produto se converte em reclamação via Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC), na grande maioria dos casos.

São muitos os motivos que podem dar origem a defeitos, tais como problemas com alguns componentes do produto durante o processo de produção ou por problemas na usabilidade. Existe um interesse crescente das empresas em desenvolver metodologias capazes de detectar, isolar e/ou diagnosticar falhas no produto.

Isso não somente tem impacto na produção e nos custos de falhas externas, mas também melhora a percepção da empresa perante os consumidores, em termos de imagem e confiança.

Daí a necessidade cada vez maior por parte dos fabricantes em identificar os defeitos dos seus produtos da maneira mais eficiente possível, encurtando o tempo de resposta entre as reclamações dos clientes e as ações da fábrica.

Conforme a NBR 10002 (Diretriz para o tratamento de reclamações nas organizações) da Associação de Normas Técnicas (ABNT) (2005), todas as reclamações feitas pelos clientes devem ser classificadas e logo analisadas para identificar tendências de problemas sistemáticos e recorrentes, contribuindo para a eliminação das causas de reclamações.

Para cumprir com o estabelecido pela NBR 10002 (ABNT) (2005). Propõe-se, nesta pesquisa, o uso da metodologia *Rapid Response For Production* (2RP) ou Resposta Rápida para Produção, cuja finalidade é integrar algumas ferramentas de qualidade, tanto de planejamento como de controle de qualidade em uma abordagem híbrida.

As ferramentas escolhidas para serem utilizadas na metodologia 2RP são: Diagrama de Pareto, Diagrama de Afinidades, Diagrama FAST e Diagrama Matriz. Espera-se que estas ferramentas possam trabalhar em conjunto, de forma complementar, para obter resultados eficientes no sistema de diagnóstico de falhas de produto e que, além de corrigir problemas no processo de produção, ajudem na revisão do projeto do produto, fazendo que se ajustem às verdadeiras necessidades dos clientes.

Para testar a metodologia se fará uma aplicação prática para realizar os ajustes correspondentes e descobrir oportunidades de melhoria em uma empresa fabricante de produtos de iluminação, na qual se fará a análise correspondente de acordo com as reclamações relacionadas ao desempenho de um de seus produtos, com a finalidade de evidenciar quais componentes são os que poderiam ou não cumprir com sua função esperada.

De acordo com o contexto descrito nos parágrafos anteriores, é proposto o seguinte questionamento de pesquisa: **Como identificar os componentes que causam as falhas em um produto aproveitando o *feedback* recebido dos clientes por meio das reclamações e que seja de rápida aplicação dentro da produção?**

1.1 OBJETIVOS

Com o intuito de responder à questão da pesquisa proposta, foi descrito um objetivo geral e, para atingi-lo, foi necessário cumprir com quatro objetivos específicos que descrevem as ações e etapas executadas no desenvolvimento do trabalho.

Objetivo Geral

Propor uma metodologia híbrida que integre ferramentas de qualidade para mapear e diagnosticar de uma maneira rápida as falhas em produtos, bem como identificar os componentes que estão gerando problemas no desempenho esperado do produto.

Objetivos Específicos

- Descrever técnicas de análise e diagnóstico de falhas de produtos com base em ferramentas de qualidade;
- Explicar, utilizando uma abordagem de processos, as ferramentas da gestão da qualidade escolhidas para esta pesquisa;
- Identificar as oportunidades no uso integrado das ferramentas de qualidade baseado em trabalhos correlacionados;
- Validar a metodologia por meio da aplicação em um caso prático;

1.2 JUSTIFICATIVA

O alto índice de reclamação por parte de clientes finais representa um assunto muito importante a ser tratado na sociedade e na academia, pois a satisfação das necessidades e expectativas do cliente é fundamental para toda organização que busca fornecer qualidade. (ROTILI et al., 2016; KOTLER, 2013).

Conforme Godinho, Silva e Gosling (2014), pese a todo o esforço das organizações, é difícil não ocorrerem falhas no que se refere à prestação de serviços. Contudo, é crucial entender o porquê das causas para desenvolver estratégias rápidas de solução, pois tais falhas podem comprometer a credibilidade da empresa e culminar na perda do cliente. (VAZ, 2011).

Existem poucos trabalhos paralelos que complementam a presente pesquisa na área em que ela está focada, especificamente na proposta de métodos híbridos de mapeamento das reclamações, a partir do momento que o cliente liga para a empresa.

O escopo desta dissertação é propor uma abordagem para a gestão da qualidade que torne possível a identificação das possíveis causas das reclamações, para tomar ações de melhoria contínua a fim de evitar reincidências de falhas.

Sendo assim, a abordagem proposta tem ainda como diferencial o foco integrativo das ferramentas, pelo fato de que a união de duas ou mais ferramentas têm resultados melhores do que o uso isolado de cada uma. (VENKATASUBRAMANIAN et al., 2003c).

Como cada ferramenta é criada com a finalidade de resolver um problema específico, elas são limitadas quanto a sua aplicabilidade de maneira isolada. (VILAR; GÓMEZ; TEJERO, 1997).

Por isto, torna-se necessário entender as interrelações e interfaces possíveis com outras ferramentas, sendo que não existe uma receita única que

indique quais ferramentas têm melhor compatibilidade, conforme Venkatasubramanian et al. (2003c). Por isso, a escolha das ferramentas depende do problema envolvido, dos dados históricos disponíveis e do conhecimento do processo em estudo.

Esta dissertação contribui para a Engenharia de Produção, na área de Engenharia de Qualidade, ao propor uma metodologia que mapeia os modos de falha até chegar aos possíveis componentes que estão gerando problemas no desempenho do produto, após analisar as informações na base de dados de reclamações.

1.3 MOTIVAÇÃO PELO TEMA DA PESQUISA

Ao comprar um produto, o cliente espera receber os benefícios que o fabricante garantiu que o produto entrega. O que o cliente menos deseja é preocupar-se com o fato de que o item adquirido não cumpra com o esperado.

Se, em algum momento, o cliente decide entrar em contato com o fabricante, seja pelo telefone, seja pelo *chat* ou pessoalmente para reclamar algum defeito, ele merece especial atenção, pois, nesse momento ele está oferecendo uma valiosíssima informação que, se for bem aproveitada, pode-se traduzir em melhoria estratégica para a empresa.

As reclamações são um tema muito importante e devem ser tratadas com especial interesse por parte das empresas, ainda que em um primeiro momento possam aparentar algum tipo de fator negativo, como uma certa debilidade ou descuido por parte do fabricante. Porém, há que considerar que por trás de cada cliente insatisfeito que reclama, há dezenas, centenas ou mesmo milhares de clientes que preferem não reclamar e que eventualmente desistem da empresa e transmitem sua má experiência para outros potenciais clientes, o que significa perda de clientes para a empresa.

Estudos demonstram que um cliente insatisfeito dirige a imagem da empresa, comunicando sua insatisfação para outras onze pessoas (KOTLER, 2013), e que apenas um de vinte clientes insatisfeitos registra seu descontentamento com a empresa, ou seja, 95% dos clientes que têm algum tipo de problema com o produto ou serviço adquirido não comunica sua insatisfação à empresa por meio da reclamação, segundo um estudo do programa TARP (*Technical Assistance Research Program*) (1986).

Portanto, o tratamento das reclamações no pós-venda constitui um diferencial competitivo para toda empresa, que deve identificar as causas que originam as reclamações e dar seguimento e solução a elas. Uma nova visão estratégica para as organizações seria olhar as reclamações como instrumentos de mudança.

Na maioria dos casos, as reclamações dão porque o produto não cumpre com as funcionalidades dele esperadas. Para esta pesquisa, optou-se por nomear este problema como “falha técnica”, ou simplesmente “falha”.

Com isto, a pergunta que surge é: por que analisar uma falha? e a resposta é que a falha não analisada tende a se repetir em um curto período de tempo, daí o interesse em entender o real motivo que a originou, a fim de tomar medidas que corrijam o problema.

Em um processo normal, o tempo entre a reclamação do cliente e a análise da causa que originou o problema pode levar semanas, meses ou mesmo anos, até que se identifique a sua causa raiz. O problema é que, nesse meio tempo, muitos outros produtos são fabricados com o mesmo “defeito”, e mais e mais clientes são afetados, tornando-se um círculo vicioso, representando maiores custos externo para o fabricante e perda de potenciais clientes.

Pelos motivos descritos nos parágrafos anteriores, este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de dar seguimento e controle às reclamações por meio da proposta de uma metodologia capaz de fazer uma rápida identificação das causas de falhas a partir da informação obtida das reclamações dos clientes.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Conforme Lakatos e Marconi (2005), uma pesquisa pode ser limitada em relação aos seguintes pontos:

- ao assunto: selecionado um tópico, a fim de impedir que se torne muito extenso ou muito complicado;
- à extensão: por causa do tempo e a disponibilidade do pesquisador, já que nem sempre se pode abranger todo o âmbito onde o fato se desenvolve;
- a uma série de fatores: meios humanos, econômicos e de exiguidade de prazo, que podem restringir o seu campo de ação.

Quanto ao assunto, nesta dissertação interessa propor uma metodologia de mapeamento de falhas no pós venda, para identificar os componentes geradores do defeito reclamados pelos clientes, aplicável para produtos de fabricação em massa.

Para isto, escolheu-se trabalhar com um produto da categoria “iluminação elétrica”, mais especificamente com uma lâmpada incandescente, fabricada e vendida no Brasil. Ao ser validado num único produto, faz-se com que os resultados aqui apresentados não possam ser generalizados.

Ressalta-se também que, para a aplicação da metodologia, não foi possível acessar a base de dados da empresa em estudo, porém, conseguiu-se obter a informação necessária por um meio indireto, que foi através de uma plataforma virtual de reclamações. (RECLAME AQUI, 2016).

Este tipo de base de dados representa apenas uma pequena porcentagem de todas as queixas que o fabricante recebe, posto que é um canal onde os consumidores expõem os problemas do produto ou serviço adquirido e as ineficiências dos canais de atendimento das empresas fornecedoras.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO

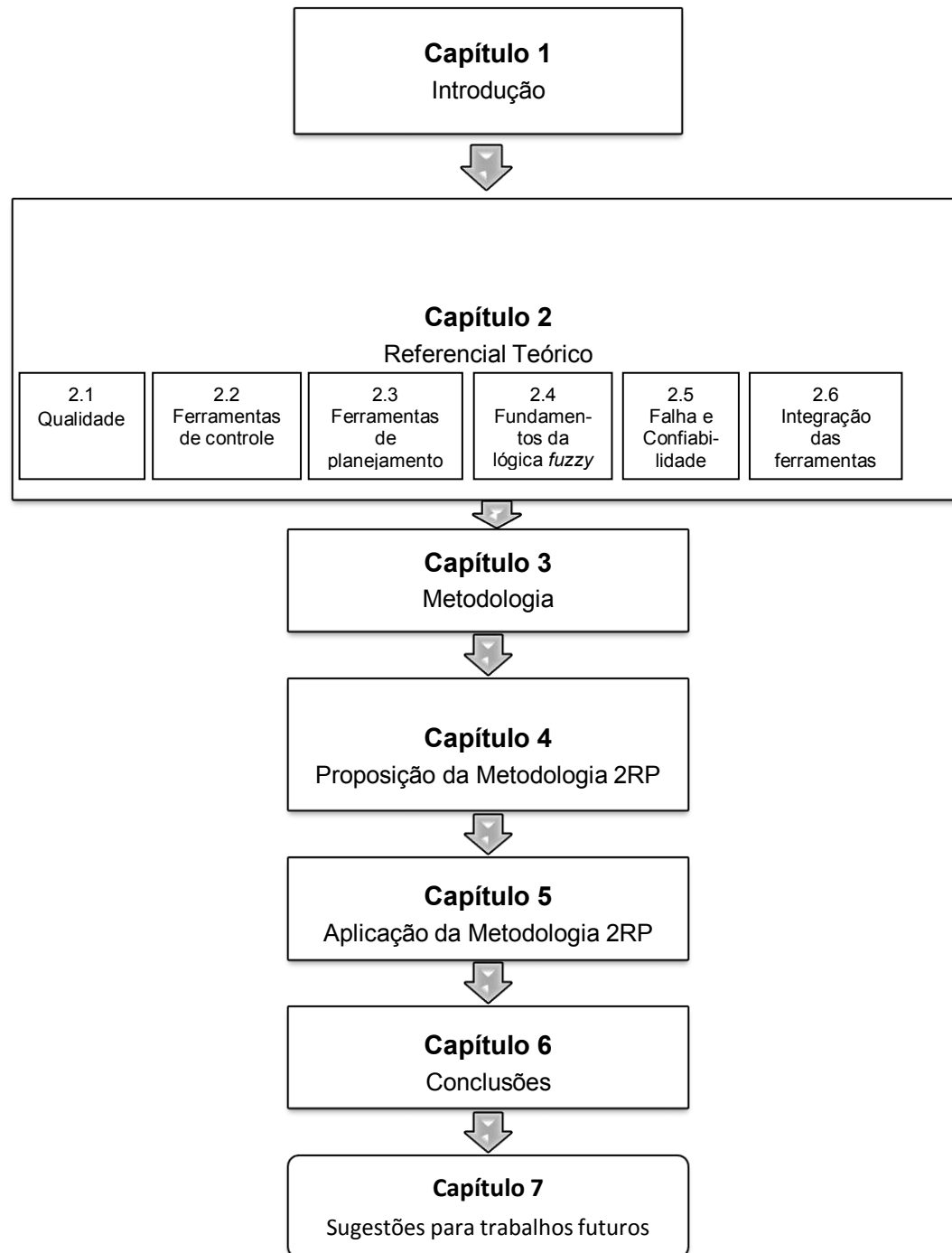
O trabalho está organizado em 7 capítulos. O Capítulo 1 (Introdução) é composto pela introdução e o questionamento da pesquisa, objetivos (gerais e específicos), a justificativa para a sua realização e suas limitações.

Os principais conceitos relacionados ao tema a ser pesquisado são abordados no Capítulo 2 (Referencial Teórico), e no Capítulo 3 (Metodologia) são apresentados os procedimentos metodológicos e a estratégia de pesquisa que serão utilizadas.

No Capítulo 4 (proposição da abordagem integrada das ferramentas de qualidade) apresenta-se a metodologia sugerida nesta dissertação, apresentando as ferramentas que serão aplicadas para a construção do modelo híbrido e um exemplo prático de aplicação no Capítulo 5 (Aplicação do método em um caso prático), seguido dos resultados da pesquisa com suas respectivas análises e considerações.

Finalmente, o Capítulo 6 (Conclusões) apresenta as conclusões finais do trabalho e são propostas futuras aplicações da pesquisa no Capítulo 7 (Sugestões para trabalhos futuros). A FIGURA 1 mostra a estrutura da dissertação:

FIGURA 1 – LÓGICA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO



FONTE: O autor (2017).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma revisão da literatura sobre os conceitos que originaram e que envolvem o objeto de estudo desta pesquisa.

Primeiramente, abordou-se a definição de qualidade e sua evolução ao longo dos anos e os distintos enfoques dos principais referentes ou “gurus da qualidade”, a definição da Gestão da Qualidade e da Gestão da Qualidade Total (GQT), assim como das principais ferramentas de qualidade, classificadas em ferramentas de controle e planejamento de qualidade.

Posteriormente, foi apresentada uma definição formal das falhas e confiabilidade e, finalmente, as ferramentas de qualidade mais utilizadas para o processo de diagnóstico de falhas.

2.1 QUALIDADE

A preocupação com a qualidade de bens e serviços não é recente. O desenvolvimento de teorias da qualidade teve seu reconhecimento consolidado no Japão, na década de 50, imediatamente depois da Segunda Guerra Mundial, este país, apesar de ter um patrimônio líquido negativo, conseguiu se recuperar da crise de uma maneira surpreendente para o mundo todo, motivo pelo qual seu progresso é considerado como um “milagre da economia”. (RATTNER, 2003; MARTINELLI, 2009).

Qualidade, intuitivamente, pode-se dizer que é conhecida pela maioria das pessoas. No entanto, não é algo que seja de fácil definição, considerando que cada um possui uma ideia própria de acordo com o que julga ser relevante em um produto ou serviço. Para alguns indivíduos, qualidade está relacionada à apresentação de um produto; para outros ao preço, à confiabilidade que oferece, entre outros aspectos.

Autores como Crosby (1979), Deming (1990) e Juran (1990) foram considerados por muitos como os grandes “gurus” da qualidade. Suas definições e pontos de vista deram origem a numerosas pesquisas.

De acordo com Crosby (1979, p. 20), “a qualidade é um fator atingível, mensurável e lucrativo, que pode ser estabelecido desde que haja compromisso e compreensão, e que a pessoa esteja disposta a trabalhar duro”. O mesmo autor considera a qualidade como uma característica chave que determina o sucesso ou fracasso de qualquer organização.

Segundo Deming (1990, p. 125), a qualidade tem várias “faces”, porque ela muda de conceito dependendo de quem a examina. Ele coloca como exemplo a percepção da qualidade para o operário e para o administrador. Na opinião do operário, a qualidade é “fazer seu trabalho tão bem que consiga se orgulhar com seu resultado”; já para o administrador, a qualidade é “produzir a quantidade planejada e atender às especificações”.

Já Juran (1990) define a qualidade partindo da premissa que o termo deveria ser unificado e de fácil entendimento para todos. Segundo o autor, existe uma dualidade no significado de qualidade, onde, por um lado, ela representa aquelas “características do produto” que respondem as necessidades do cliente, e a outra definição é a “ausência de deficiências”.

Finalmente, Juran (1990) propõe um conceito que engloba os dois significados, e este é a “adequação ao uso”, ou seja, a qualidade deve ser conceituada a partir do usuário, e deve ser vista de maneira global e holística em todos os aspectos do gerenciamento em uma organização.

Seguindo com o termo “adequação ao uso”, Paladini (2008) comenta que a qualidade possui boa abrangência, em virtude dos mercados nos quais a organização se desenvolve sempre podem ser ampliados, assim como também podem ser criados novos mercados.

Uma definição pelo ponto de vista técnico é a de Chaves Neto (2013), que descreve a qualidade como uma “característica de processo de produção que deve ser medida pela proporção de bens ou serviços produzidos que atingem as propriedades especificadas do projeto”. Interessante ressaltar que com esta definição somente as características do projeto e os limites de tolerância do mesmo é tida em conta e não as exigências do consumidor.

Por outro lado, Taguchi definiu qualidade em termos da perda gerada pelo produto (ou serviço) à sociedade como consequência da variação funcional do produto com relação ao valor objetivo, e seus efeitos adversos a partir do momento em que o produto é recebido pelo consumidor. (CHAVES NETO, 2013).

Como se pode ver, o conceito da qualidade vem evoluindo ao longo do tempo e suas abordagens se distinguem principalmente pelo fato de serem definidas em relação aos gostos, preferências e expectativas de cada consumidor. (MARTINELLI, 2009).

De fato, existem várias abordagens para definir qualidade. Pelo fato de haver uma grande diversidade de interpretações, é importante esclarecer que, para esta pesquisa, a qualidade está relacionada ao desempenho do produto, seguindo a linha de pensamento de Juran (1990). Devemos notar que um produto é de boa qualidade quando cumpre com a função para o qual foi feito e isto é refletido na satisfação dos consumidores.

2.1.1 Gestão da qualidade e gestão da qualidade total

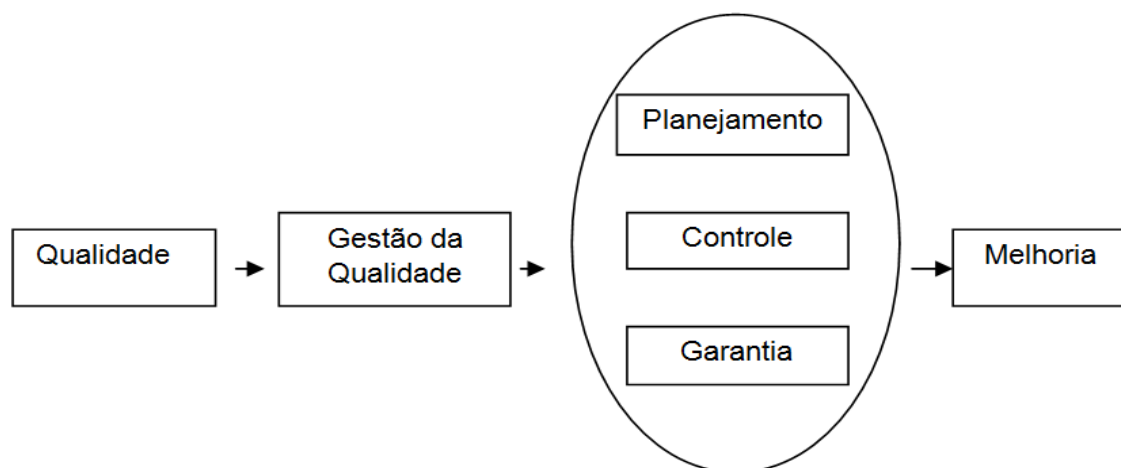
Como foi apresentado, o conceito da qualidade, vai mudando com o decorrer do tempo e dependendo da linha de pensamento do autor. Esta diversidade de pontos de vista faz necessária a administração do conjunto de atividades relativas à qualidade, motivo que deu origem à gestão da qualidade.

Segundo Paladini (2008), a gestão da qualidade é a atividade que permite coordenar e controlar uma organização com relação à qualidade, englobando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade.

Paladini (2008) acresce que a gestão da qualidade tem uma postura reativa, porque primeiramente determina quais são os desejos do mercado, para depois direcionar suas atividades para viabilizá-los, fazendo possível a adequação ao uso.

Outro aspecto importante quando são avaliados os distintos enfoques de qualidade e a evolução dos conceitos da gestão da qualidade é a eminência de processos de melhoria contínua por parte das empresas que buscam se posicionar no mercado com uma alta competitividade. Esta evolução da gestão da qualidade é esquematizada na FIGURA 2.

FIGURA 2 - RELAÇÃO EVOLUTIVA DA GESTÃO DA QUALIDADE, COM BASE NA ISO 9000:2000



FONTE: Adaptado de MARTINELLI (2009).

Como se aprecia na figura apresentada, a gestão da qualidade é possível realizando uma série de atividades que guardam relação entre si.

Estas atividades atuam de forma correlacionada e evolutiva, a fim de alcançar a qualidade desejada. A partir deste princípio surge a qualidade total.

A definição da qualidade total, segundo a NBR 8402 da Associação de Normas técnicas (ABNT) (1994), é o modo de gestão de uma organização, centrado na qualidade, baseado na participação de todos seus membros, visando sucesso em longo prazo, por meio da satisfação do cliente e dos benefícios para todos os membros da organização e a sociedade.

Para conseguir a colaboração de todas as pessoas que trabalham na organização e atingir a excelência, é necessário utilizar um modelo de gestão da qualidade total, que tem como principal objetivo que a qualidade esteja presente no gerenciamento da organização, buscando ampliar seu foco, e não se limitando às atividades inerentes ao controle. (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Este modelo de gestão nada mais é que uma abordagem que busca aperfeiçoar vários aspectos fundamentais na organização, tais como produtividade, competitividade e eficácia, além de aumentar a flexibilidade de todos os envolvidos na cadeia de negócios da empresa. (MARTINELLI, 2009).

O caminho à qualidade total, além de requerer o estabelecimento de uma filosofia de qualidade, criar uma nova cultura, manter liderança e desenvolver o trabalho em equipe, deve superar uma série de dificuldades que aparecem no transcurso do trabalho no dia a dia.

Para resolver estes problemas e melhorar a qualidade, é necessário se basear em fatos e não ser guiados apenas pelo bom senso, experiência ou audácia. Torna-se necessário, então, aplicar um conjunto de ferramentas de qualidade seguindo um procedimento sistemático e padronizado para a solução dos problemas.

2.1.2 Ferramentas da gestão da qualidade

Frente ao avanço tecnológico e às mudanças que ocasiona, existe uma grande preocupação das empresas em desenvolver ferramentas aplicadas à melhoria contínua da qualidade. (REBELATO; MELONI, RODRIGUES, 2010).

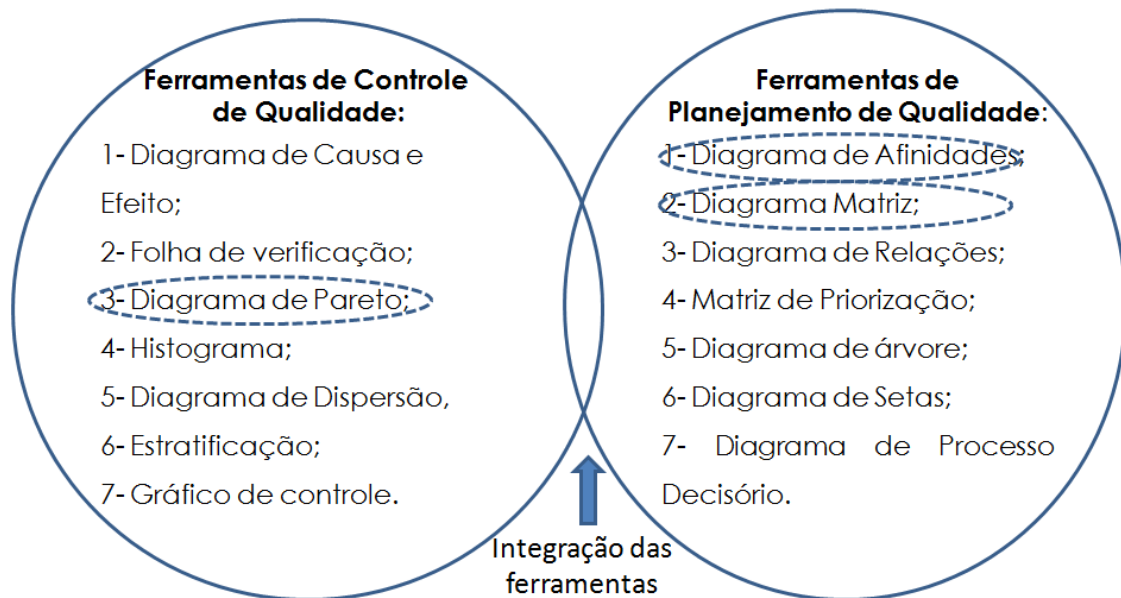
Conforme Paladini (2008), pode-se atribuir o sucesso nos resultados da implantação prática dos modelos conceituais da gestão da qualidade das empresas, às ferramentas de qualidade. Segundo Fernandes e Rebelato (2006), as ferramentas de qualidade servem para orientar a ação do usuário com o objetivo básico de “resolver problemas”.

Existe uma grande variedade de ferramentas disponíveis aos gestores para auxiliar na resolução de problemas específicos relacionados aos processos produtivos, principalmente à qualidade. Apesar de que a cada dia sejam melhoradas, e mais e mais ferramentas de qualidade sejam criadas, fato é que a maioria das organizações que as aplica não aproveita todo o potencial que elas oferecem. (KELLER, 2003; REBELATO; MELONI, RODRIGUES, 2010).

A classificação mais tradicional das ferramentas é feita de acordo aos objetivos para os quais são aplicadas, podendo ser agrupadas em ferramentas de controle e planejamento da qualidade.

Na FIGURA 3 são apresentadas as ferramentas de controle e planejamento de qualidade. Propositamente, aquelas escolhidas para formar parte da metodologia proposta nesta dissertação foram ressaltadas com um círculo pontilhado. As ferramentas foram esquematizadas formando dois conjuntos que se intersectam, o ponto de intersecção representa a integração das ferramentas e nele também estão inclusas as outras técnicas que auxiliam à metodologia. Contudo, elas serão abordadas detalhadamente nos seguintes tópicos.

FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE



FONTE: O autor (2016).

Posteriormente serão apresentadas de maneira concisa a classificação das ferramentas de qualidade que fazem parte da metodologia 2RP. Não se pode deixar de referir que, cada ferramenta selecionada, foi apreciada como um subsistema a ser integrado com as demais, sendo cada uma delas consideradas como um “processo”, composto por uma entrada, um processamento e uma saída, segundo a NBR 9000 (ABNT, 2000).

2.2 FERRAMENTAS DE CONTROLE DA QUALIDADE

Segundo Mizuno (1993), as técnicas de controle de qualidade (CQ) são apropriadas para atender às exigências do mercado, onde o primeiro requisito da qualidade é a criação de um “valor adicional” além e acima das necessidades do consumidor.

Estas técnicas de CQ foram criadas visando o controle de processos, para satisfazer os requisitos da qualidade de modo a monitorá-lo, lidando principalmente com dados numéricos. (DELLARETTI, 1996).

Há sete ferramentas de CQ que têm sido amplamente adotadas em atividades para melhorar a qualidade e usadas como um suporte para a análise e solução de problemas operacionais nos diferentes contextos dentro de uma organização. Elas são: (1) Folha de verificação, (2) Histograma, (3) Diagrama de Pareto, (4) Diagrama de causa e efeito, (5) Análise por estratificação, (6) Diagrama de dispersão e (7) Gráfico de controle. (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Segundo Paladini (2008), as sete ferramentas da Gestão da Qualidade são mecanismos simples para selecionar, implantar ou avaliar alterações no processo produtivo por meio de análises objetivas de partes bem definidas do processo em estudo.

Entretanto, é possível resolver a maior parte dos problemas de qualidade com o uso combinado dessas ferramentas em qualquer processo de fabricação industrial. (MIZUNO, 1993).

No QUADRO 1 são descritas as características principais das ferramentas de controle de qualidade.

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS DAS FERRAMENTAS DE CONTROLE DE QUALIDADE

CARACTERÍSTICAS	FUNDAMENTOS
Facilidade de uso	Não apresentam grandes dificuldades de uso.
Lógica de operação	Desenvolvimento lógico que não agride o bom-senso do usuário.
Sequência coerente de ações	Normalmente, a implantação de uma ferramenta segue etapas em sequência.
Alcance visual	Tendem a reforçar uma facilidade visual do método e do resultado.
Etapas de implantação	Número de etapas e tempo gasto para desenvolver tais etapas, relativamente pequeno.
Delimitação	Tendem a enfatizar uma ação específica do processo, que pode ser determinada operação de um equipamento, o funcionamento de um dispositivo, a ação de um ou mais operadores, o desempenho de um material.
Implicações no atendimento ao cliente final	São aplicadas para determinar melhorias no processo produtivo que impactam sobre o produto acabado, e ajudam a melhorar a relação com o cliente.
Foco na solução	O objetivo principal é buscar soluções para os problemas e não apenas identificá-los.

FONTE: Adaptado de texto de CARVALHO e PALADINI (2012).

2.2.1 Ferramenta de Controle utilizada na metodologia 2RP

Uma descrição das ferramentas utilizadas no trabalho é colocada a seguir.

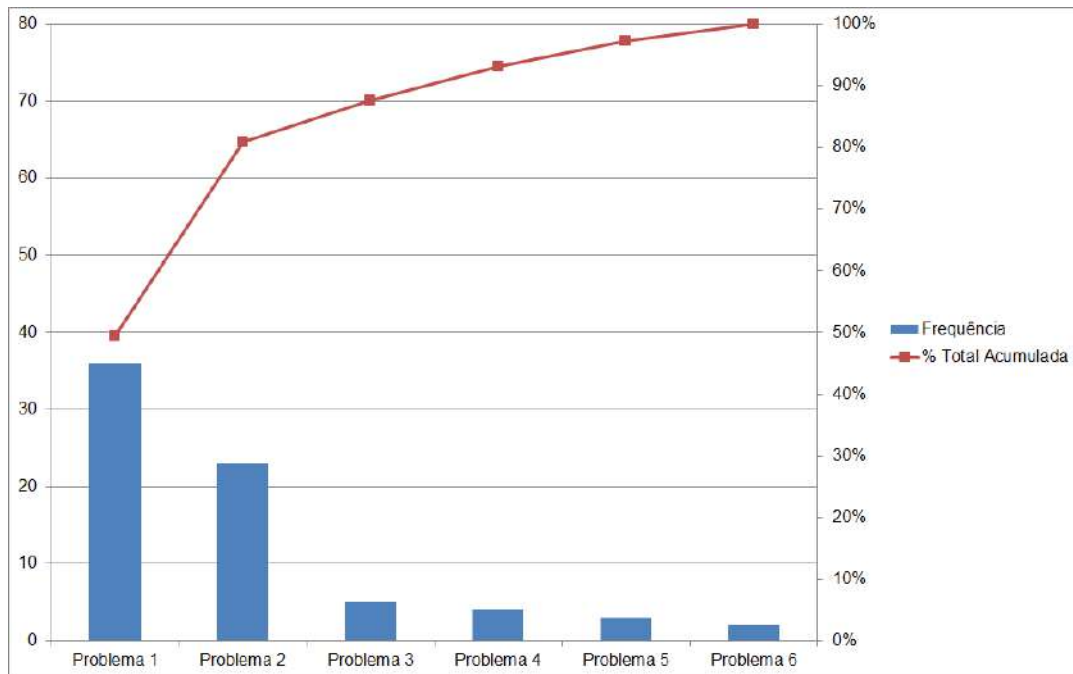
2.2.1.1 Diagrama de Pareto

Conforme Ruiz-Falco (2009), o diagrama de Pareto é, basicamente, um gráfico de barras decrescente onde são ordenados os elementos, de acordo com a frequência de aparição. Sua origem decorre de estudos do economista italiano Vilfredo Pareto no final do século XIX, porém, foi no ano de 1937, após a Guerra, que o “Princípio de Pareto” foi implementado na área da qualidade pelo Dr. Juran. (BANAS, 2016).

Esta ferramenta de controle é um recurso gráfico utilizado para estabelecer uma ordem dos problemas que devem ser solucionados e sua maior utilidade é permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais

importantes, de acordo com os tamanhos relativos em um gráfico de barras decrescentes como apresentada no GRÁFICO 1. (BANAS, 2016; SILVEIRA, 2013).

GRÁFICO 1 - DIAGRAMA DE PARETO



FONTE: Modificado de SILVEIRA (2013).

No GRÁFICO 1, é visivelmente identificável onde estão os 80% dos problemas. Neste caso, eles se concentram nos problemas 1 e 2. Daqui decorre que, os esforços devem ser concentrados em corrigir esses problemas.

Para priorizar o que realmente é importante, existe uma regra conhecida como o princípio de Pareto ou “regra de 80/20”, que estabelece que 80% de todos os problemas são produzidos por apenas 20% das causas. A aplicação universal do princípio de Pareto faz com que seja um dos conceitos e das ferramentas mais úteis na gestão da qualidade. (SILVEIRA, 2013; RUIZ-FALCO, 2009).

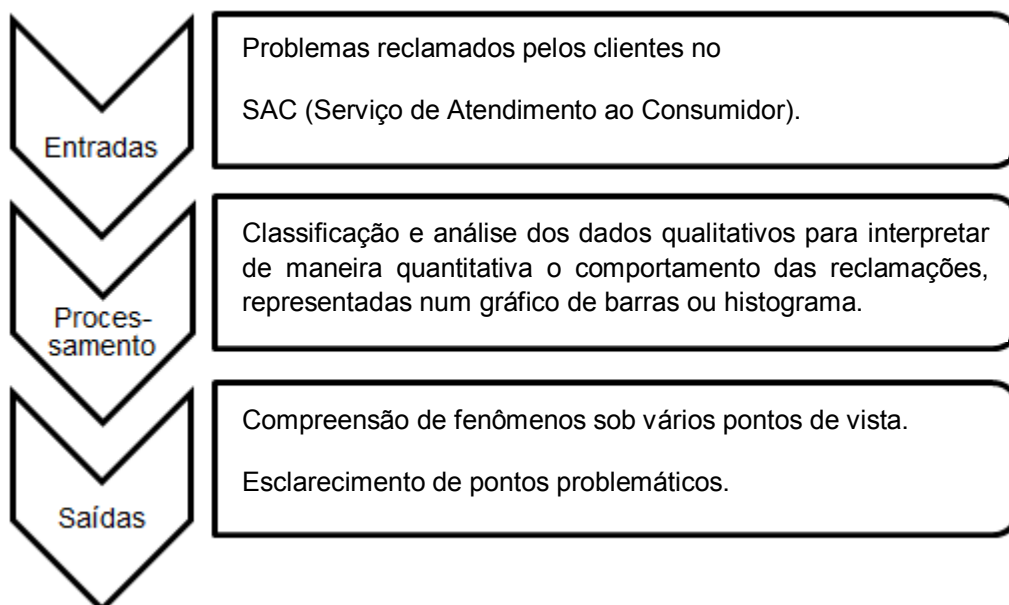
Sendo assim, poderia se dizer que o diagrama de Pareto é uma técnica que auxilia a tomada de decisão mediante a priorização de um número pequeno de itens (poucos vitais) capazes de produzir grandes benefícios na melhoria dos processos.

Sugere-se então focar os esforços em identificar essas poucas causas que ocasionam a maior parte dos problemas (muitos triviais), utilizando a ferramenta para que a equipe envolvida concentre os esforços nos problemas que apresentam as maiores possibilidades de melhora. Segundo Silveira (2013), esta ferramenta é principalmente utilizada para:

- 1) Determinar quais dos problemas existentes ocorrem com mais frequência, ou para:
- 2) Determinar qual das causas de um problema particular surge mais frequentemente.

Posteriormente, é feita uma esquematização processual do Diagrama de Pareto (FIGURA 4), onde são apresentadas as entradas, processamento e saídas utilizadas nesta pesquisa:

FIGURA 4 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA DE PARETO



FONTE: O autor (2016).

2.3 FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO DA QUALIDADE

Tudo o que tem a ver com a qualidade vem evoluindo com o percorrer do tempo. Tais mudanças podem estar relacionadas à definição, à abordagem, ao foco ou objetivos principais que se busca atingir. É evidente, também, que as expectativas e necessidades do consumidor vão mudando constantemente, e as empresas precisam satisfazer tais mudanças.

As ferramentas da Qualidade não ficam fora desta “evolução”. De fato, Carvalho e Paladini (2012) mencionam que o desenvolvimento das ferramentas da Gestão da Qualidade, assim como o resto da área de qualidade, está em constante inovação, no que tange aos seus princípios e normas de operação.

No novo mecanismo de operação da gestão da qualidade, a complexidade ampliou a abrangência, a diversidade e o raio de alcance das ferramentas. Mas, ao mesmo tempo, foi preservada a facilidade de uso e a simplicidade de operação; não houve sofisticação nas informações requeridas para seu funcionamento e conservou-se a compreensão de suas características específicas. (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Assim, as ferramentas passaram a um estágio seguinte, atualmente conhecida como Ferramentas Clássicas do Controle da Qualidade (FCQ); as mais recentes ferramentas recebem o nome de Sete “Novas” Ferramentas de Planejamento de Qualidade (FPQ), podendo se perceber a mudança do foco dessas técnicas, que passaram de buscar atingir o “Controle” a priorizar o “Planejamento” da qualidade. (VILAR; GÓMEZ; TEJERO 1997).

Dellaretti (1996) afirma que as ferramentas de planejamento de qualidade (PQ) surgiram para cobrir a lacuna referente ao tratamento de dados não numéricos deixadas pelas sete ferramentas de CQ.

As sete ferramentas que compõem este conjunto são: (1) Diagrama de afinidade, (2) Diagrama de relações, (3) Diagrama matriz, (4) Diagrama de priorização, (5) Diagrama de árvore, (6) Diagrama do processo decisório e (7) Diagrama de setas.

2.3.1 Ferramenta de Controle utilizada na metodologia 2RP

Nos seguintes sub-tópicos se apresentam os fundamentos das ferramentas de CQ que serão utilizadas na metodologia 2RP.

2.3.1.1 Diagrama de Afinidades

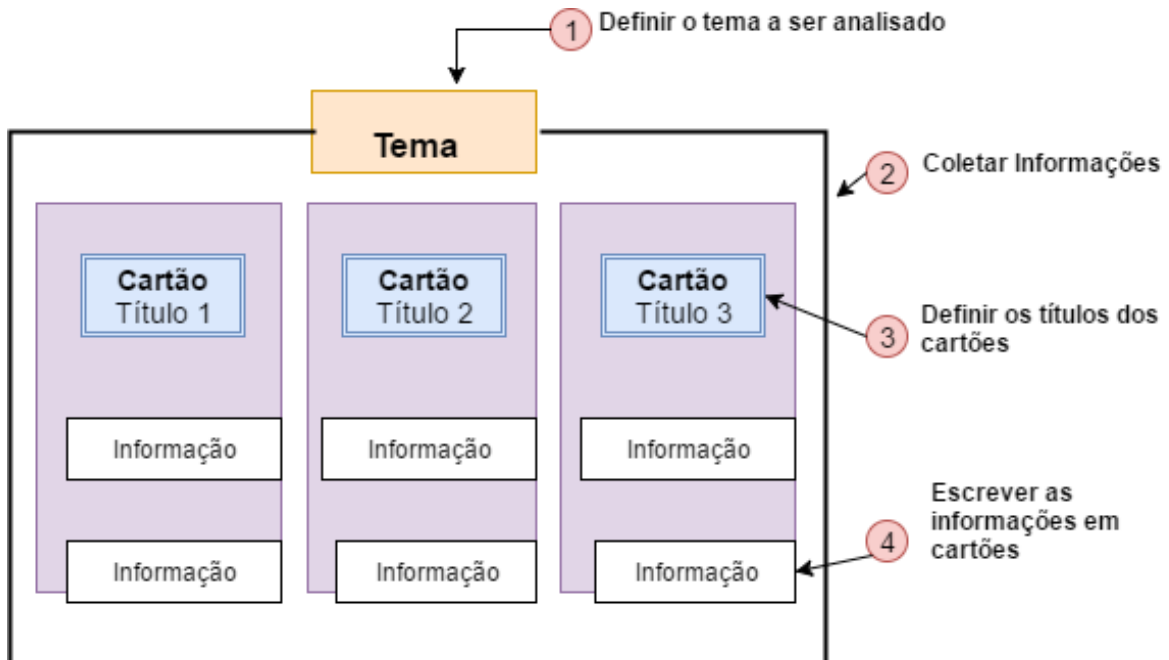
Segundo Vilar, Gómez e Tejero (1997), o diagrama de afinidade, também conhecida como diagrama KJ, devido ao nome de seu criador Kawakita Jiro, é uma representação gráfica de categorias originais (ou criativas) ou de dimensões de ideias, que tem como característica principal reunir fatos e ideias acerca de áreas inexploradas e desorganizadas que se originam de diferentes fontes, por exemplo, necessidades, expectativas ou exigências dos clientes tomadas a partir das reclamações, problemas com garantia etc.

Esta ferramenta tem o objetivo de representar, de forma organizada, grupos afins (correlatos), podendo ser classificados em categorias, onde cada elemento que compõe um grupo tem afinidade com os demais elementos do mesmo grupo. (MIZUNO, 1993; DELLARETI, 1996; VILAR; GÓMEZ; TEJERO, 1997).

O Diagrama de Afinidades parte de dados díspares ou ambíguos, podendo ser ideias ou opiniões, e utiliza cartões para reorganizar estes dados em grupos com uma ideia comum. Muito útil quando se dispõe de grandes quantidades de informação que vêm de diferentes fontes (VILAR; GÓMEZ; TEJERO, 1997).

Segundo Mizuno (1993), para realizar um Diagrama de Afinidades é necessário seguir uma série de etapas, como indicado na FIGURA 5.

FIGURA 5 - ESQUEMA GENÉRICO DO DIAGRAMA DE AFINIDADES



FONTE: O autor (2016).

Primeiramente, um tema ou problema é selecionado (1). Posteriormente, acontece a coleta de dados verbais (2), que pode ser feita de diversas maneiras, citamos como exemplos: observação direta, entrevista, pensamento individual, reconhecimento de fatos, formulação do pensamento, ruptura do pensamento ou *brainstorming*.

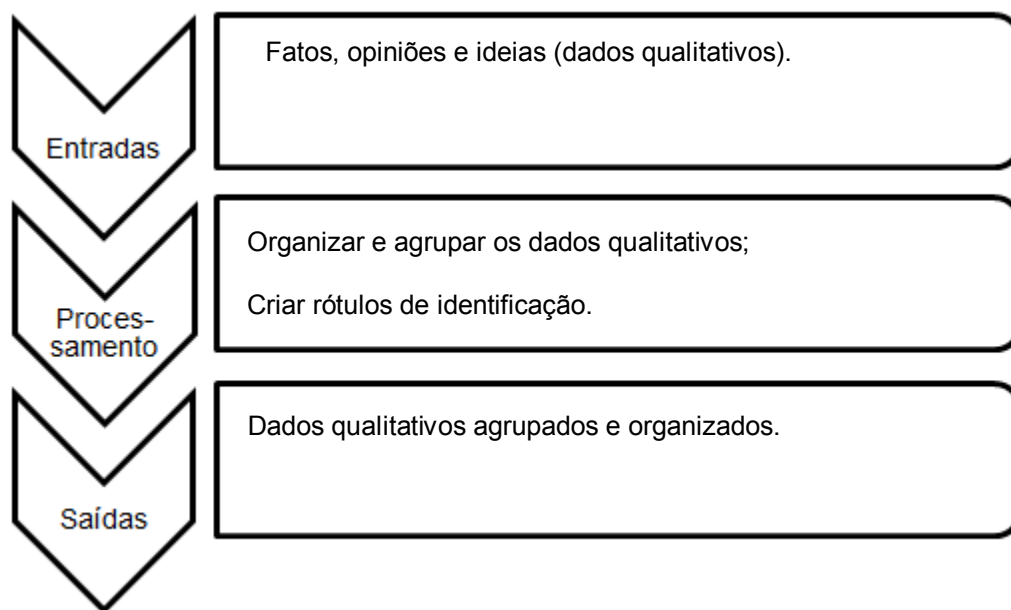
Os dados verbais são então reduzidos a frases que devem ser transferidos a cartões independentes (3). Uma vez transferidos aos cartões, devem ser agrupados e, na sequência, cada grupo é rotulado com o rótulo descrito em um novo cartão em branco. Os cartões agrupados e o rótulo devem ser presos entre si e tratados, assim, como cartões individuais, representados pelo seu rótulo (4).

O processo de agrupamento e rotulagem continua até que o número de grupos identificados seja satisfatório. Finalmente, o diagrama é construído, mostrando os rótulos, sub-rótulos e os dados verbais individuais, coletados no início do processo. (MIZUNO, 1993; MOURA, 1994).

Vemos então que esta ferramenta agrupa fatos, opiniões e reclamações de acordo com alguma forma de afinidade natural.

A FIGURA 6 representa as entradas, processamento e saídas da técnica do diagrama de afinidades.

FIGURA 6 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA DE AFINIDADES



FONTE: O autor (2016).

2.3.1.2 Diagrama Matriz

O Diagrama Matriz é uma ferramenta de planejamento da qualidade que serve para esclarecer pontos problemáticos por meio do pensamento multidimensional. Esta técnica ajuda a acelerar o processo de solução de problemas pela análise de dois ou mais conjuntos de fatores. (MIZUNO, 1993).

Segundo Vilar, Gómez e Tejero (1997), o diagrama matriz compara dois conjuntos de ideias com o objetivo de decidir se existe correlação entre elas. As relações entre os elementos em estudo no Diagrama Matriz são quantificadas através da obtenção de dados numéricos (pontuações) para as células.

Existem vários tipos de matrizes que podem ser construídos, as quais devem ser escolhidas de acordo com a finalidade para o qual é realizado, conforme Mizuno (1993). Posteriormente, são apresentados os principais tipos de matrizes:

- Matriz tipo L: é uma matriz básica e de ampla aplicação que permite relacionar dois conjuntos de fatores. Pode ser utilizada para associar metas e os meios para alcançá-las, assim como traçar conclusão sobre as relações existentes entre as consequências e suas causas;
- Matriz tipo T: é uma superposição de duas Matrizes de Relação tipo L. É um bom método para de análise para atividades de redução de defeito;
- Matriz tipo Y: é uma combinação de três matrizes tipo L. Ela mostra a relação entre os fatores A, B e C;
- Matriz tipo X: é a combinação de quatro matrizes tipo L. Entretanto, seu uso é mais restrito.

Para esta pesquisa, foi utilizada a matriz tipo L, a qual é apresentada na FIGURA 7, onde os dados analisados são expressos em duas dimensões, empregando linhas e colunas, e serve para traçar conclusão sobre as relações existentes entre as consequências e suas causas. (MIZUNO, 1993).

FIGURA 7 - MATRIZ DO TIPO L

		A				
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	
B	b ₁					
	b ₂					
	b ₃					
	b ₄					

FONTE: Adaptado de MIZUNO (1993).

Conforme Dellaretti (1996), o roteiro para a construção do Diagrama Matriz segue os seguintes passos:

- 1- Definir os itens que serão representados na matriz;
- 2- Definir a forma da matriz;
- 3- Traçar a matriz de acordo com a forma definida;
- 4- Preencher as linhas e colunas da matriz;
- 5- Estabelecer o grau de relacionamento entre os elementos de cada uma das interseções da matriz;
- 6- Colocar na última coluna a soma das linhas;
- 7- Colocar na última linha a soma das colunas;
- 8- Analisar a matriz.

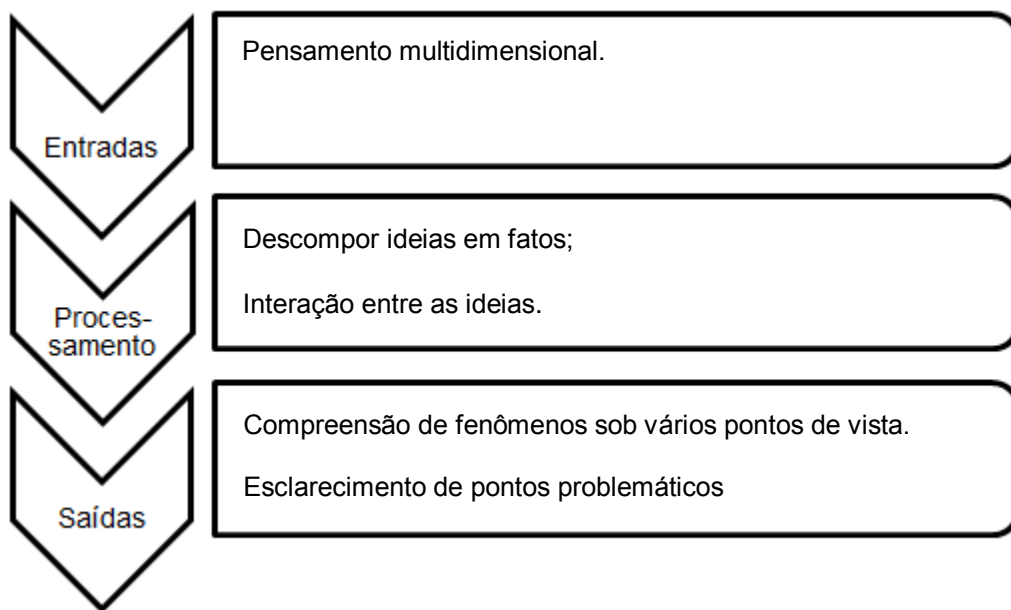
Algumas das utilidades do Diagrama Matriz são:

- 1- Permite analisar e classificar sistematicamente a presença e intensidade de relações entre dois ou mais conjuntos de elementos;
- 2- Ajuda na priorização dos recursos e processos;
- 3- Facilita à equipe no alcance dos consensos, melhorando o suporte para uma decisão final;
- 4- Melhora o método de trabalho com a observação de um grande número de fatores de decisão.

Os resultados desta técnica são fáceis de interpretar no diagrama, mediante o grau de relacionamento dos fatores analisados que é obtido das pontuações recebidas ao fazer a análise das variáveis em estudo.

Posteriormente, na FIGURA 8 se apresentam as entradas, processamento e saídas do Diagrama Matriz:

FIGURA 8 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA MATRIZ



FONTE: O autor (2016).

2.3.2 Outras ferramentas que auxiliam o planejamento da qualidade.

Além das ferramentas tradicionais, existem muitas ferramentas de qualidade que são criadas dia a dia, além dos aperfeiçoamentos das já existentes.

Uma ferramenta originalmente criada para ser utilizada na Engenharia de Valor, mas também muito aplicável à Engenharia de Desenho do Produto e ao mesmo tempo ao Planejamento da Qualidade, é o Diagrama FAST (*Function Analysis System Technique*). (CSILLAG, 1995).

2.3.2.1 Diagrama FAST

A análise do valor é uma abordagem direcionada a reduzir custos de produção desnecessários e, ao mesmo tempo, garantir a qualidade e o desempenho do produto, de modo que atenda às expectativas dos clientes, sendo o diagrama FAST (*Function Analysis System Technique*) uma de suas

O diagrama FAST é uma ferramenta de qualidade criada por W. Bytheway em 1965, utilizada para analisar a estrutura funcional de um sistema técnico que tem como objetivo principal, permitir a comunicação participativa da equipe de um projeto, para resolver de maneira efetiva aspectos que requerem considerações multidisciplinares. (PÉREZ et al., 2013; CORREA, 2005).

Para Borza (2011), o diagrama FAST provê uma representação gráfica de como as funções estão interligadas e de que maneira trabalham conjuntamente no sistema. Ao estudar as funções, pode-se focar no que é, de fato, importante para esse sistema, não se limitando meramente às características físicas de um processo/produto, levando a uma melhor definição de um problema e por enquanto o caminho para solucioná-lo.

A ferramenta FAST permite a classificação das funções técnicas de um produto/processo em básicas e secundárias. Para fazer esta classificação, é necessário responder às perguntas “como?” e “por quê?”; sendo estas perguntas selecionadas a partir das funções identificadas pelos especialistas que estejam aplicando a ferramenta. (PÉREZ et al., 2013).

Para entrar em detalhe na terminologia e construção do diagrama FAST é importante esclarecer o significado de “função”. De acordo com Borza (2011), uma função é o que o produto deve fazer para cumprir com o que é esperado dele. Exemplo: de uma geladeira é esperado que conservasse os alimentos a uma determinada temperatura, então sua função é “conservar alimentos”.

A “função” definida no parágrafo anterior seria uma função geral ou principal, ou seja, uma função técnica de ordem superior de um produto. Por sua vez, pode ser classificada em funções básicas e funções secundárias.

As funções básicas, segundo Correa (2005), são aquelas que representam o propósito específico para o qual o sistema técnico existe. Em contrapartida, as

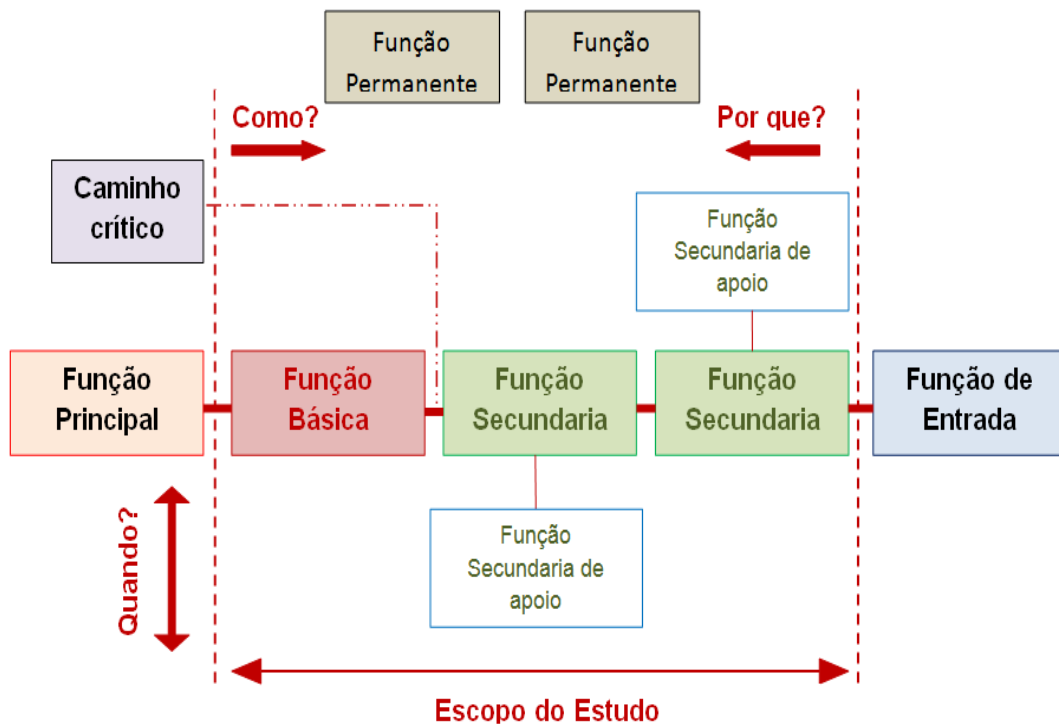
funções secundárias, conforme Borza (2011), são todas as funções que fazem parte do sistema técnico e contribuem diretamente na realização da função básica.

Isso não limita que outras funções sejam subdivididas em funções secundárias, que seriam as funções que darão suporte ao objetivo do projeto, mas sem interferir na função técnica.

Como foi apresentada no exemplo, a descrição de uma função é uma combinação de um verbo ativo e um substantivo mensurável. Exemplo: conservar + alimentos. Ao restringir a descrição a apenas “duas” palavras, força os participantes a capturar de forma clara e concisa “Qual” tarefa precisa ser executada, e não “Como” ela é executada. (BORZA, 2011).

Para representar graficamente o Diagrama FAST, inicialmente todas as funções, básicas e secundárias, devem ser identificadas pela equipe de trabalho encarregada da análise. No começo, não é obrigatório que as funções sejam desenvolvidas de forma ordenada, já que foi comprovado que a identificação das funções tende a ocorrer de forma aleatória. (CORREA, 2005). Na FIGURA 9, apresenta-se um modelo do diagrama FAST, seguido de uma descrição e interpretação.

FIGURA 9 - DIAGRAMA FAST



FONTE: Adaptado de CORREA (2005).

Em um diagrama FAST orientado ao produto, duas setas são colocadas na parte superior do gráfico; assim, temos a seta que indica para o lado esquerdo contendo a palavra “Como?”, e a que aponta para a direita contendo o texto “Por quê?”.

Uma vez identificada a função principal, a função básica é colocada à direita para iniciar o diagrama FAST. As funções secundárias são acomodadas à esquerda ou à direita das funções no diagrama dependendo da questão a ser respondida “Como?” ou “Por quê?”.

As funções do lado direito da FIGURA 9 indicam “Como?” as funções da esquerda estão sendo produzidas, e as funções do lado esquerdo indicam “Por quê?” as funções da direita são executadas.

Por outro lado, as funções isoladas que estão na parte superior da FIGURA 9 representam as funções permanentes do sistema, pois são

realizadas em todo momento pelo produto em estudo, independentemente se em uso ou não.

Para mostrar o escopo do sistema técnico duas linhas verticais são desenhadas, uma ao lado esquerdo e outra ao lado direito do diagrama.

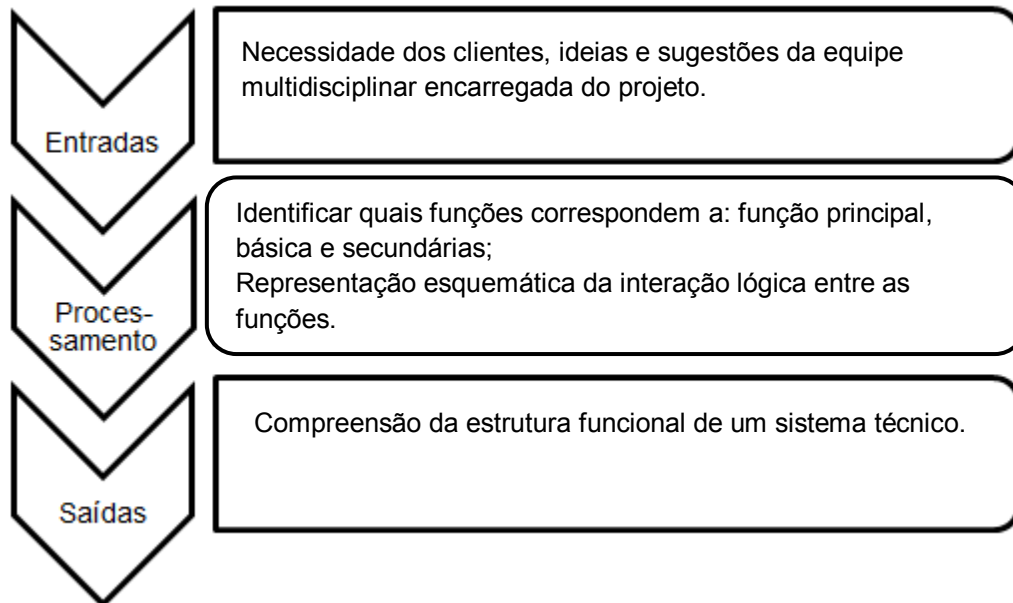
Tudo o que está dentro das linhas de escopo deve ser uma descrição do sistema funcional. As funções que estão fora das linhas de escopo representam as entradas e saídas. Assim, à esquerda da linha estão as necessidades que satisfazem os requisitos do sistema, enquanto aquelas à direita da linha do escopo representam os recursos necessários.

Cada Diagrama FAST tem um caminho crítico de funções, indo da direita para a esquerda através da linha de escopo. Sobre a linha do caminho crítico estará apenas a função básica, as funções secundárias necessárias e as necessidades externas.

Se alguma função é causada por uma função do caminho crítico, ela é colocada abaixo do caminho crítico. Por sua vez, se ocorre ao mesmo tempo, é colocada acima do caminho crítico. Todas as funções que estão no caminho crítico devem ocorrer para atender a função básica do sistema técnico. (CORREA, 2005).

Na FIGURA 10 são apresentadas as entradas, processamento e saídas do Diagrama FAST:

FIGURA 10 - ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDAS DO DIAGRAMA FAST



FONTE: O autor (2016).

2.3.3 Integração das Ferramentas de Controle e Planejamento da Qualidade

As ferramentas apresentadas anteriormente têm bons resultados, uma vez que sejam implementadas de maneira individual, sempre atendendo às características e aos fins perseguidos. Porém, se são combinadas duas ou mais ferramentas para resolver um determinado problema, terão resultados ainda melhores. (VILAR; GÓMEZ; TEJERO, 1997).

Dentro do conjunto de ferramentas de qualidade, aquelas que servem para esclarecer um problema, assim como as utilizadas para determinar meios/soluções e orientar esforços, são as que mais podem contribuir com a presente pesquisa, visando propor uma metodologia de tomada de decisão que oriente às organizações a sugerirem ações imediatas e corretivas para os problemas diagnosticados.

Da totalidade de ferramentas disponíveis no mercado, destacam-se duas categorias de ferramentas de qualidade: as que são orientadas ao controle (sete ferramentas clássicas da qualidade) e as que estão voltadas a

planificação da qualidade (sete “novas” ferramentas da qualidade). (CARVALHO; PALADINI, 2012; VILAR; GÓMEZ; TEJERO, 1997).

O uso de cada ferramenta de qualidade quase sempre precisa do uso complementar de outra/s ferramentas, já que elas utilizadas isoladamente não solucionam todos os problemas. Por suas próprias características, elas estão desenhadas para atingir áreas de implementação específicas. (VENKATASUBRAMANIAN et al. 2003c).

Para esta pesquisa, interessa aplicar ferramentas que auxiliem na fase de diagnóstico e mapeamento de falhas. Conhecido o processo, existem diferentes técnicas ou ferramentas de pesquisa que podem ser aplicadas para realizar os diagnósticos de falha.

Segundo Venkatasubramanian et al. (2003a, 2003c), a quantidade de ferramentas e técnicas chega a ser tão grande em uma ampla gama de metodologias e alternativas, que muitas vezes coloca qualquer aspirante que não é um especialista nessas técnicas em uma situação difícil na hora de fazer a escolha destas ferramentas.

Desta maneira, pode-se dizer que o uso de ferramentas reduz o número de falhas, aumenta a atuação proativa junto às suas principais causas, diminuindo assim a quantidade de reprocesso e, conseqüentemente, os custos da produção.

As ferramentas podem facilitar a operacionalização do planejamento do processo, tornando-se eficazes instrumentos de suporte para a tomada de decisão que permita antecipar eventuais falhas, de modo a planejar a execução de cada serviço da melhor forma possível.

Cada ferramenta tem sua própria utilização, sendo que não existe uma receita adequada para saber qual será usada em cada fase do processo Venkatasubramanian et al. (2003c). Isto dependerá do problema envolvido, das informações obtidas, dos dados históricos disponíveis e do conhecimento do processo em questão em cada etapa.

Por isso, antes de escolher quais ferramentas utilizar, é recomendável fazer um mapeamento ou análise do processo no sistema de interesse. Segundo Oliveira, Paiva e Almeida (2009), um conhecimento claro do processo permite uma melhor identificação dos defeitos, uma vez que o entendimento dos detalhes do procedimento a ser estudado dá ao pesquisador uma compreensão mais clara das tarefas executadas no negócio.

No tópico seguinte são definidos os principais conceitos da lógica *fuzzy*, princípio que foi utilizado para dar suporte à metodologia proposta nesta dissertação.

2.4 FUNDAMENTOS DA LÓGICA *FUZZY*

A lógica *fuzzy* proposta por Lofti Afker Zadeh em 1965. Fundamenta-se no princípio de que existem diferentes graus de verdade e falsidade numa proposição. Por ser um sistema matemático, modela funções não lineares, transformando entradas em saídas de acordo com controladores *fuzzy* que usam o “raciocínio humano”. (SIMÕES, 2007).

A diferença entre a lógica *fuzzy* e a lógica binária (clássica), segundo Benevides (2016), é que nesta as proposições são unicamente "Verdadeiras" ou "Falsas". Já para a lógica difusa, as proposições podem assumir valores intermediários entre "Verdadeiro" ou "Falso".

Para entender a diferença entre as duas lógicas, apresenta-se a seguir um exemplo, onde é formulada uma pergunta simples para que qualquer pessoa possa responder:

- **Pergunta:** 23 graus Celsius é quente?

Se a resposta (R) da pessoa é dada segundo a lógica binária, esta seria:

- **Resposta binária:** R1: Verdadeiro: 23 graus é quente, ou

R2: Falso: 23 graus não é quente.

Para este caso, a relação dos valores assumidos é “0” para totalmente falso (F) e “1” para totalmente verdadeiro (V). Em síntese, a lógica binária assume somente dois valores: 0 ou 1.

Por outro lado, a resposta à pergunta da temperatura segundo a lógica *fuzzy* poderia ser:

- **Resposta *fuzzy*:** R1: 23 graus é QUENTE;
R2: 23 graus é POUCO QUENTE;
R3: 23 graus é AMENO.

Como se pode notar, a perspectiva *fuzzy* não oferece somente duas respostas (V ou F), mas sim valores relativos, expressos em variáveis linguísticas (quente, pouco quente, ameno etc.), podendo assumir valores contínuos que variam de 0 (absolutamente falso) a 1 (absolutamente verdadeiro), como expressado por Benevides (2016).

No mundo real, muitas vezes os problemas não conseguem ser representados pela lógica binária. Daí a importância desta pesquisa valer-se dos princípios *fuzzy* para resolver problemas onde a atribuição de notas pode variar de acordo com o conhecimento que se tenha sobre um determinado assunto. (WANG et al., 2009).

Na metodologia 2RP proposta nesta dissertação, propõe-se calcular as pontuações do Diagrama Matriz por meio do uso de uma das várias ferramentas do *software* Matlab, chamada *Fuzzy Logic Toolbox*. Esta ferramenta desenvolve programas da lógica *fuzzy*, baseando-se em graus de pertinência para obter uma resposta a vários problemas. (SIVANANDAM et al., 2007).

A seguir são apresentados alguns conceitos básicos que dão suporte à metodologia utilizada para atribuir notas no Diagrama Matriz, de maneira a ter uma melhor compreensão da lógica *fuzzy*:

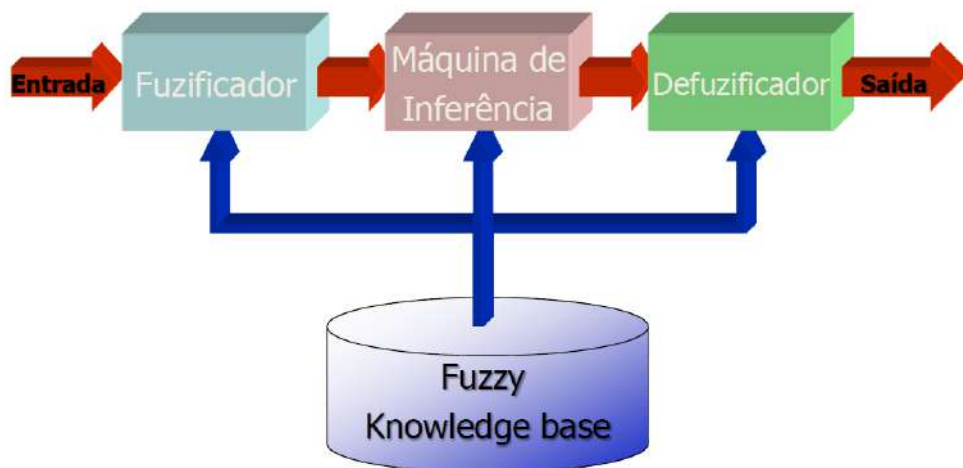
- Variáveis linguísticas: são variáveis cujos valores são palavras ou frases da linguagem natural. Estas variáveis são utilizadas para nomear uma variável

(exemplo: severidade) e para definir um conjunto de termos, como: "baixo", "alto", "muito alto" etc.

- Proposições: são sentenças que têm um grau de verdade que pode ser verdadeiro (V) ou falso (F).
- Método de inferência: analisam os antecedentes para chegar a uma conclusão. Existem vários tipos de inferência, onde os mais conhecidos são a de Mamdani e Sujeno. Delas, a técnica mais comumente utilizada é o método Mamdani, método que foi introduzido por Ebrahim Mamdani em 1975. (MARRO et al., 2010).

A FIGURA 18 apresenta uma esquematização da arquitetura do Sistema de Inferência Difusa.

FIGURA 11 - ARQUITETURA DO SISTEMA DE INFERÊNCIA DIFUSA



FONTE: Adaptado de GÜNAY KARLI, Ph. D. (2015).

A seguir é feita uma breve descrição das quatro etapas utilizadas no sistema de inferência Mamdani. (AMENDOLA; SOUZA; BARROS, 2005).

- I. Fuzzificador: fuzificação das variáveis de entrada. Normalmente são valores numéricos, que são convertidos em valores difusos com diferentes níveis de pertencimento no universo estudado;

- II. Máquina de inferência ou mecanismo de inferência: avaliação das regras (inferência);
- III. Base de regras *fuzzy*: é uma série de regras difusas do tipo SE ENTÃO (*If-then*), com um antecedente e um conseqüente difusos, que possuem o conhecimento linguístico que permite resolver o problema em estudo. Nesta etapa é feita a agregação das saídas das regras (composição);
- IV. Defuzzificador: interpreta os resultados obtidos (saída difusa da máquina de inferência) e os converte numa linguagem fácil de entender, usando funções de pertinência análogas às utilizadas na fuzificação.

2.5 FALHAS E CONFIABILIDADE

Nesta seção são definidos os termos "falha" e "confiabilidade", sob diferentes abordagens, sem deixar dúvidas de quais acepções são consideradas nesta dissertação.

2.5.1 Conceito de Falha

Define-se "falha" como a situação ou evento que faz com que um componente deixe de cumprir sua função total ou parcial, comprometendo o funcionamento adequado do componente ou sistema e provocando uma diferença inaceitável entre o desempenho esperado pelo fabricante e o observado pelo consumidor. (ZAPATA, 2011).

Da mesma maneira, para Rodrigues (2014), a falha é um desvio (imprevisto ou permitido) de pelo menos uma característica de um sistema ou produto. Falhas podem ocorrer devido a defeitos físicos ou técnicos, que podem ir desde o próprio desenho, materiais, processo de fabricação, montagem e manutenção, a erros humanos, que basicamente referem-se a procedimentos operacionais.

Segundo Lafraia (2001), as falhas se originam a partir de três fatores básicos que são (1) falha de projeto, (2) falha na fabricação e (3) falha na utilização.

Quando um produto não se adéqua às necessidades do cliente, estas são consideradas falhas de projeto (1), porque o projetista neste caso, não conseguiu aplicar os requisitos de engenharia corretos para a elaboração do produto. Alguns erros comuns nesta etapa são: seleção de materiais que não se adaptam à finalidade do produto, dimensionamento inadequado de peças etc.

Algumas falhas de fabricação/montagem (2) se dão quando os processos de manufatura são inadequados para o produto. Exemplos destas falhas são: mão de obra não capacitada corretamente e equipamentos inadequados.

Já para as falhas na utilização (3), os problemas estão relacionados ao uso incorreto do produto. Exemplo: problemas na usabilidade do produto por falta de instrução do fabricante ou de treinamento do cliente.

Estas falhas podem causar transtornos que vão desde inconvenientes para os consumidores, fabricantes e até a sociedade segundo Zapata (2011).

Para esta pesquisa, optou-se utilizar o termo “falha” quando o produto não cumpre com o que se espera dele, ou seja, quando um produto não realiza de maneira eficiente a função para a qual foi fabricado, podendo esta falha ser originada a partir de qualquer um dos três fatores identificados por Lafraia (2001) nos parágrafos anteriores.

Para os consumidores, este tipo de falhas causa inconformidades, irritação e perda de confiança no fabricante. Para a empresa, os problemas seriam perdas econômicas pelos serviços técnicos, manutenção, reparação, sem mencionar o prejuízo para a imagem da empresa. Quanto à sociedade, as falhas podem apresentar situações perigosas, como possíveis danos ao meio ambiente e à sociedade.

2.5.2 Qualidade e Confiabilidade

A fim de reduzir a possível falha dos produtos, eles devem ser desenvolvidos sob rigorosas regras e procedimentos para melhorar a sua qualidade e confiabilidade.

Como já definido, a qualidade para esta pesquisa refere-se a que um produto cumpra com as especificações técnicas para a qual foi fabricado. Sendo assim, para uma caneta, por exemplo, a qualidade está principalmente relacionada com seu correto desempenho na escrita.

Sempre que se pensa em qualidade, não se pode deixar de lado a confiabilidade, dado que estão interligadas. Uma das definições mais aceitas de confiabilidade relaciona este termo com a probabilidade de um item não falhar, sob determinadas condições específicas e dentro de um período de tempo específico. (SILVA, 2008; ZAPATA, 2011; RODRIGUES, 2014).

Ainda que exista uma forte ligação entre os conceitos de qualidade e confiabilidade, é muito importante não confundir tais termos. Conforme Fogliatto (2003), a principal diferença está no fato de que a confiabilidade sempre está atrelada ao tempo, ou seja, ela incorpora a passagem do tempo. Entretanto, a qualidade é uma descrição estática de um item porque não tem referência de tempo.

Para Fogliatto (2003), a confiabilidade é a probabilidade de um item (sistema ou produto) desempenhar adequadamente sua função em um período de tempo específico e sob condições ambientais pré-determinadas.

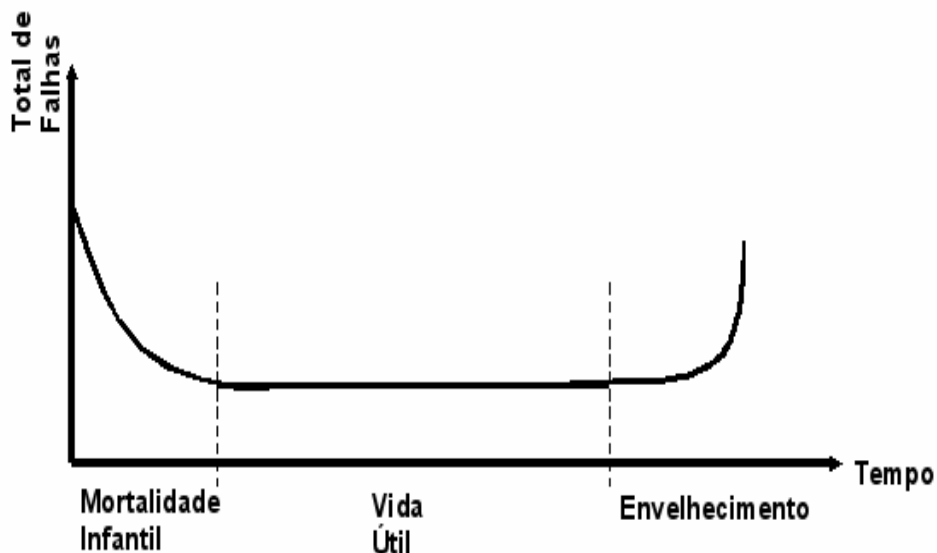
A confiabilidade é um dos requisitos mais importantes para o mercado atual. Cada vez mais os fabricantes estão mais preocupados em oferecer a seus clientes produtos de qualidade com maiores prazos de garantia, como uma estratégia para que se mantenham competitivos no mercado.

Quando os fabricantes afirmam que seus produtos são muito confiáveis, eles estão dizendo que esses produtos são capazes de funcionar como é

esperado durante um longo período de tempo, sempre que sejam utilizados pelo consumidor seguindo as especificações do fabricante. (MARIANI, 2007).

De acordo com Wuttke (2008) e Zapata (2011), em confiabilidade é muito comum classificar a falha de acordo com o período de tempo em que eles ocorrem, utilizando uma representação gráfica que possui a forma de uma banheira, conhecida, portanto, como curva da banheira (*bath-tub*) representada na FIGURA 11.

FIGURA 12 - CURVA DA BANHEIRA



FONTE: Adaptado de ZAPATA (2011).

De acordo com Wuttke (2008), Lafraia (2001), Wilkins (2002) e Zapata (2011), esta curva apresenta, de modo geral, o ciclo de vida de um componente que passa por três períodos:

1) Período de mortalidade infantil, quando ocorrem falhas prematuras, com uma taxa relativamente alta que diminui com o tempo, tendo um comportamento decrescente;

2) Período de vida útil, com uma baixa taxa de falha, relativamente constante. Geralmente as falhas observadas neste período são de natureza aleatória;

3) Período de envelhecimento ou desgaste, onde inicia o término da vida útil do equipamento. Este período apresenta uma taxa de falha que cresce continuamente. Alguns exemplos de falhas por períodos são apresentados no QUADRO 2.

QUADRO 2 – DESCRIÇÃO DOS PERÍODOS DA CURVA DA BANHEIRA

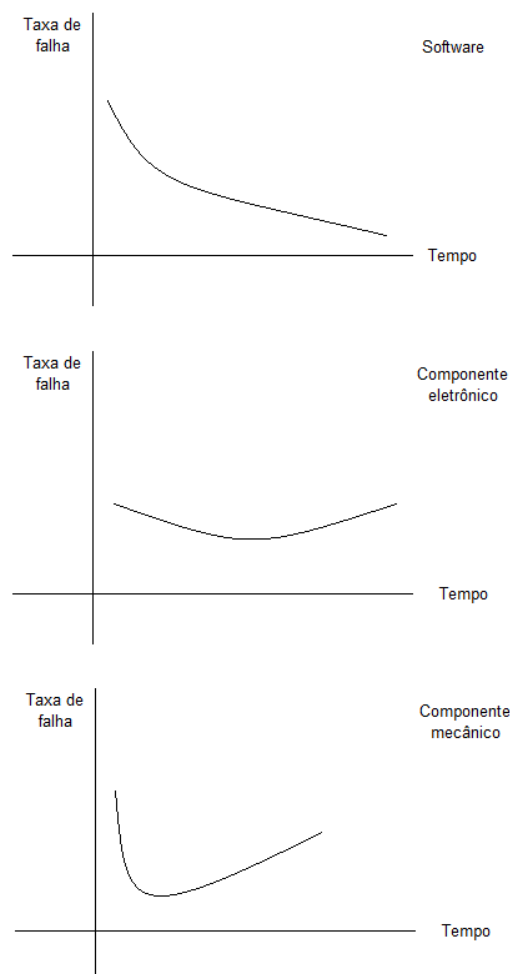
FALHAS PREMATURAS	FALHAS CASUAIS	FALHAS POR DESGASTE
Processos de fabricação deficientes	Interferência indevida tensão/resistência	Envelhecimento
Controle de qualidade deficiente	Fator de segurança insuficiente	Desgaste/ abrasão
Mão de obra desqualificada	Cargas aleatórias maiores que as esperadas	Degradação de resistência
Amaciamento insuficiente	Resistência menor que a esperada	Fadiga
Pré-teste insuficiente	Defeitos abaixo do limite de sensibilidade dos ensaios	Fluência
<i>Debugging</i> insuficiente	Erros humanos durante uso	Corrosão
Materiais fora de especificação	Aplicação indevida	Deterioração mecânica, elétrica, química ou hidráulica
Componentes não especificados	Abusos	Manutenção insuficiente ou deficiente
Componentes não testados	Falhas não detectáveis pelo melhor programa de manutenção preventiva	Vida de projeto muito curta
Componentes que falharam devido estocagem/ transporte indevido	Falhas não detectáveis durante o melhor <i>debugging</i>	
Sobrecarga no primeiro teste	Causas inexplicáveis	
Contaminação	Fenômenos naturais imprevisíveis	
Erro humano		
Instalação imprópria		

FONTE: Adaptado de LAFRAIA (2001).

A curva da banheira pode ser considerada genérica, pois nem todos os componentes ou sistemas têm o mesmo comportamento das falhas, nem necessariamente eles apresentam as três fases mencionadas anteriormente.

Segundo Lafraia (2001), os componentes/sistemas podem ser classificados em: *software*, componentes eletroeletrônicos e componentes mecânicos, sendo que cada um apresenta uma curva de falha característica. A FIGURA 12 representa o comportamento da taxa de falhas por tipo de componente/sistemas ao longo do tempo.

FIGURA 13 - CURVA DE TAXA DE FALHA X TEMPO POR TIPO DE COMPONENTES



FONTE: Adaptado de LAFRAIA (2001).

Sistemas como *softwares* apresentam somente a fase de mortalidade infantil. No caso dos programas de computador, por exemplo, as falhas desaparecem gradualmente na medida em que os erros de programação são

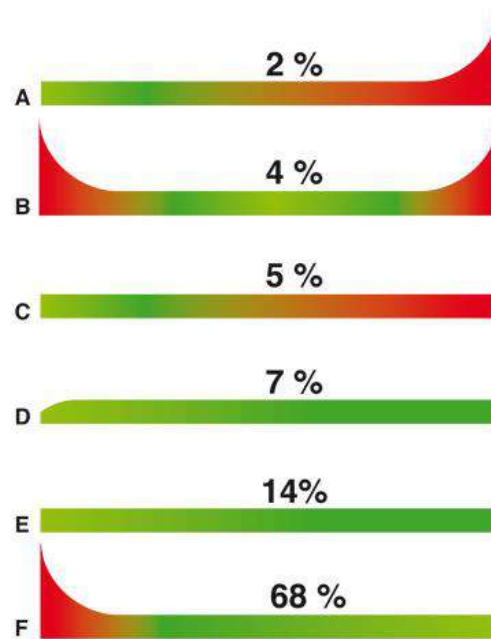
corrigidos.

Para os componentes eletrônicos, as falhas sobressaem nos períodos de mortalidade infantil e vida útil, ou seja, há presença da falha precoce e durante a vida operacional os mesmos apresentam falhas aleatórias, sem as características de desgaste.

Por outro lado, para os componentes mecânicos, as falhas sobressaem nas regiões de mortalidade Infantil e envelhecimento, nas quais a falha precoce está associada a problemas de fabricação, montagem ou de materiais, que induzem a falha no início da vida operacional. Durante o uso, os equipamentos mecânicos falham normalmente por desgaste, corrosão ou fadiga, que são mecanismos de falha nos quais o dano é cumulativo ao longo do tempo de operação, até que atinja um valor crítico, precipitando a falha. Deste modo, o comportamento da curva das taxas de falhas é crescente ao longo do tempo, acentuado na fase de envelhecimento. (LAFRAIA, 2001).

Há estudos que revelam que, dependendo da complexidade dos componentes, podem existir até seis padrões de falha que ocorrem na prática, segundo Moubrey (2004). Alguns tipos de falhas podem ser observados na FIGURA 13. Os gráficos mostram a probabilidade condicional de falha em relação ao tempo de operação para os componentes mecânicos e elétricos, onde as zonas mais escuras das figuras representam onde os componentes têm maior probabilidade de falhar.

FIGURA 14 - SEIS PADRÕES DE FALHA



FONTE: Adaptado de MOUBRAY (2004).

Na FIGURA 13, o gráfico A representa uma probabilidade de falha constante ou ligeiramente ascendente que termina numa zona de desgaste. O gráfico B é a tradicional "curva da banheira". Ela começa com uma elevada incidência de falha, seguida por uma frequência de falha que é constante, seguida por uma zona de desgaste. O gráfico C mostra uma probabilidade de falha ligeiramente ascendente, mas não há desgaste definido que seja identificável. O gráfico D mostra uma baixa probabilidade de falha quando o componente é novo, posteriormente, um aumento rápido a um nível constante, enquanto o gráfico E mostra uma probabilidade constante de falha em todas as idades (falha aleatória). Finalmente, o modelo F começa com uma mortalidade infantil muito alta, que decresce gradualmente para uma probabilidade de falha constante. (MOUBRAY, 2004).

As porcentagens de cada gráfico da FIGURA 13 são os resultados dos estudos feitos em aviões civis. Segundo MOUBRAY (2004), o número de vezes que ocorrem falhas nos modelos de aviação não é necessariamente o mesmo que na indústria, porém, dependendo do tipo de componente, sejam eles

elétricos ou mecânicos, tendem a desenvolver um comportamento muito próximo ao apresentado.

Lafraia (2001) e Moubray (2004) concordam que os padrões de falhas E e F (82%) são típicos de itens mais complexos, não podendo beneficiar-se de um limite na idade de operação.

É importante para a metodologia reconhecer o padrão da falha na prática, para poder identificar qual o período de tempo entre a entrada do produto no mercado e a percepção do defeito e reclamação por parte do cliente.

Vemos então que o produto escolhido para estudo é um produto elétrico (lâmpada incandescente de uso doméstico). Assume-se que o padrão de falha tem comportamento equivalente à curva F da FIGURA 13, ou seja, as falhas evidenciam-se nos períodos de mortalidade infantil, não existindo um período de envelhecimento, posto que estes produtos uma vez que apresentam falhas, raramente têm reposição e conserto. Sendo assim, é justamente nessa etapa que as anomalias são percebidas e reclamadas pelos clientes.

A importância da confiabilidade para esta pesquisa tem relação com o *feedback* de campo por parte do consumidor, que se dá por meio das reclamações, que corresponde a uma das etapas mais importantes de um programa de confiabilidade, para que o fabricante entenda realmente o que está acontecendo com seu produto no mercado.

Quando o consumidor adquire um produto, implicitamente aceita que ele poderá falhar em certo momento. Este enfoque é frequentemente acoplado a uma garantia, que pode estar em lei ou não, de forma que permita ao cliente reivindicar a ocorrência de falhas que possam acontecer dentro de um período de tempo específico. Os fabricantes concedem tal garantia com a finalidade de proteger o cliente caso o produto sofra algum tipo de falha ou anomalia.

Se um produto vendido apresenta alguma anomalia, a empresa é responsável por consertar ou substituir o produto durante o prazo de garantia,

atendendo ao estabelecido na Lei nº 8.078, do Código de Defesa do Consumidor. (BRASIL, 1990).

Na próxima seção serão apresentadas algumas propostas metodológicas que integram ferramentas de qualidade com uma abordagem híbrida.

2.6 INTEGRAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE FALHAS

Uma forma de promover uma maior sinergia do sistema produtivo é por meio da busca de operacionalizar o uso integrado de ferramentas de análise e detecção de falhas, como um requisito estratégico que favoreça o diferencial competitivo para as empresas, segundo Souza e Marçal (2009).

Desta maneira, a integração de vários métodos é uma forma de desenvolver sistemas “híbridos” para superar as limitações de estratégias isoladas.

Conforme Oliveira, Paiva e Almeida (2009), a utilização integrada de ferramentas é uma forma de análise que permite uma avaliação sistemática e padronizada de possíveis falhas, permitindo uma análise mais ampla da ocorrência da falha.

Venkatasubramanian et al. (2003c) propõem um sistema de diagnóstico de falhas de produtos com abordagem híbrida, onde diferentes métodos trabalham em conjunto garante melhores resultados.

Dentre os trabalhos que estão focados na área de interesse desta pesquisa, destaca-se a proposta de Shahin (2003), que consiste na integração das ferramentas FMEA e Modelo de Kano para evitar falhas nas primeiras etapas de desenho, baseada nas expectativas dos clientes.

Outra interessante pesquisa foi proposta por Fernandes e Rebelado (2006), onde se integram as técnicas QFD (Desdobramento da Função Qualidade) e FMEA, por meio de algumas adaptações à metodologia tradicional, demonstrando que é possível planejar um produto praticamente com “zero defeito”.

No trabalho de Sharma et al. (2007), os autores propõem a integração entre as ferramentas RCA (*Root Cause Analysis*), NHPPP (*Non-homogeneous Poisson Point Process*) e a FMEA, de forma a construir uma estrutura integrada capaz de facilitar a tomada de decisão inerente a falhas.

A integração dessas ferramentas propõe a análise da não confiabilidade do sistema pelas técnicas RCA e FMEA, de forma a criar uma base de conhecimento para tratar os problemas relativos ao processo e a não confiabilidade do produto. Já o modelo NHPPP é utilizado para aperfeiçoar as decisões da manutenção durante o processo de desenvolvimento da estratégia de manutenção apropriada para cada modo de falha.

Souza e Álvares (2008) demonstram, em seu estudo de caso, a aplicação das ferramentas FTA e FMEA utilizadas em conjuntos na avaliação de falhas, observando um grande aumento na confiabilidade do sistema analisado pela facilitação do entendimento de sua ocorrência.

Oliveira, Paiva e Almeida (2009) propõem uma metodologia integrada para mapeamento de falhas, utilizando conjuntamente as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas, onde se demonstrou que estas ferramentas permitem uma visualização completa e objetiva das atividades desencadeadas pelos processos, seus pontos críticos e suas potenciais falhas, evidenciando o sucesso da aplicação da metodologia em empresas de prestação de serviços.

Outra integração de ferramentas para análise e identificação das causas de falhas foi proposta por Schmitt (2013), onde com uma metodologia integrada das ferramentas DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar), RCA (análise de causa raiz da falha), FTA (análise da árvore de falhas) e FMEA (análise dos modos e efeitos de falhas), por meio de uma pesquisa ação, consegue-se aumentar a confiabilidade e disponibilidade do equipamento estudado (compactador de fibras), cujo resultado possibilitou realizar melhorias no plano de manutenção da indústria têxtil onde foi implementada a metodologia.

Vale (2014) propõe um sistema híbrido para detecção e diagnóstico de falhas em sistemas dinâmicos, mais especificamente, o uso dos sistemas FDD

(detecção, isolamento, identificação e diagnósticos de falhas), que permitiu agregar técnicas diferentes, procurando absorver as vantagens de cada uma nas etapas de detecção e falha, baseada em observadores de estado juntamente com outras técnicas estatísticas.

Em contrapartida, a falta de continuidade das empresas na aplicação das ferramentas da qualidade se traduz em uma falta de aproveitamento de uma excelente oportunidade de melhorar os seus processos.

Para evitar isto, como sugestão para alcançar melhores resultados, as organizações poderiam começar a visualizar os benefícios da integração que existe na grande variedade de ferramentas com uma abordagem híbrida, deixando de lado o gerenciamento dos processos de forma fragmentada para solucionar problemas específicos. (KELLER, 2003).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a realização desta dissertação, expondo detalhadamente o enquadramento e o método da pesquisa.

3.1 ENQUADRAMENTO DA PESQUISA

Em relação à metodologia, a classificação deste trabalho quanto a sua natureza, segundo Silva e Menezes (2005), é aplicada, ou seja, ela tem como objetivo gerar conhecimentos ao desenvolver uma metodologia para ser aplicada em uma situação prática.

Quanto aos objetivos, é exploratória, pois tem como finalidade obter mais informações sobre a integração de ferramentas de qualidade que estão sendo estudados para propor uma metodologia de detecção de falhas.

Em referência aos procedimentos, segundo Fonseca (2002) e Gil (2008), a dissertação assume a forma de pesquisa bibliográfica porque é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos. Outro procedimento utilizado foi a pesquisa documental, que diferentemente da pesquisa bibliográfica, utiliza fontes diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, conforme Fonseca (2002).

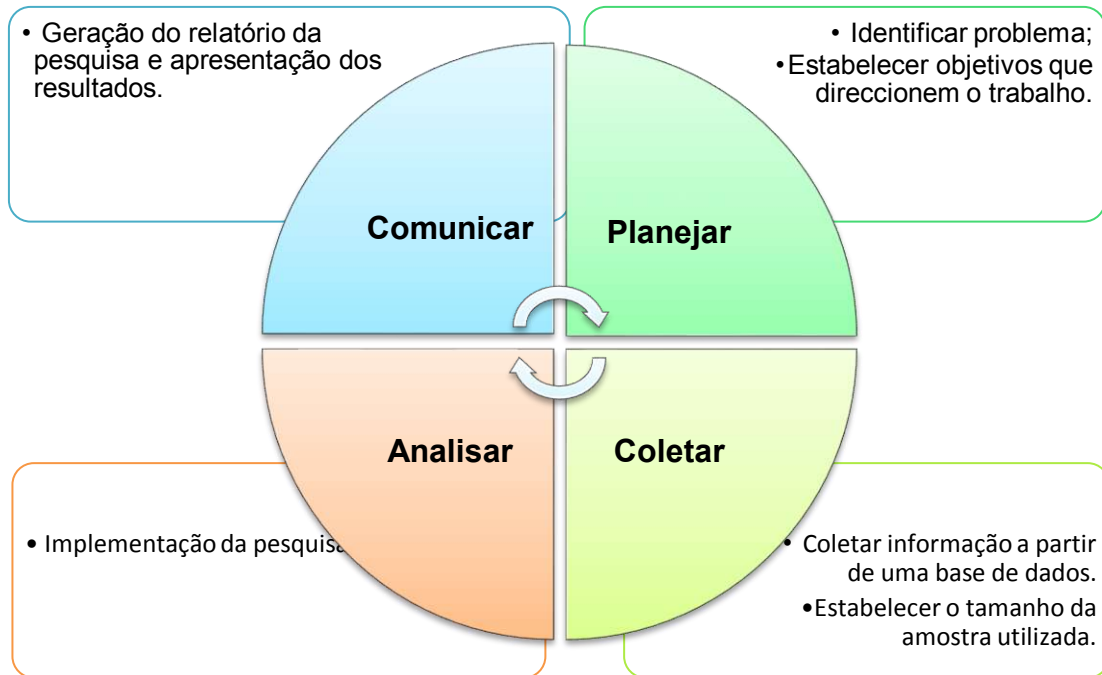
A respeito da abordagem, ela é qualitativa, já que as avaliações e discussões apresentadas são baseadas na interpretação dos fatos, produto do aprofundamento na compreensão dos fenômenos estudados e quantitativa porque a pesquisa abrange coleta e análise de dados.

Posteriormente, na seguinte seção é apresentado o método de pesquisa utilizado nesta dissertação.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa constituiu-se de quatro etapas, como apresentadas na FIGURA 14. Na sequência, é feita uma descrição detalhada das atividades realizadas para desenvolver o método proposto.

FIGURA 15 - CONDUÇÃO DO METODO DE PESQUISA



FONTE: O autor (2016).

3.2.1 Método de Pesquisa

Planejar: a primeira etapa da pesquisa constitui na apresentação do tema da dissertação, a formulação do problema e a definição dos objetivos que direcionam o trabalho. Na sequência, foi feita uma estruturação conceitual teórica por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental em livros especializados na área de qualidade e confiabilidade, assim como artigos científicos pesquisados no portal de periódicos da CAPES, nas bibliotecas eletrônicas *Scielo*, *Web of Science* e *Science Direct*.

Uma vez delimitado o tema, escolheram-se as seguintes palavras chaves: diagnóstico de falhas, pós-venda, ferramentas da qualidade, lógica *fuzzy*, integração de ferramentas. Estas palavras são as que representam o trabalho e que contribuíram para localizar as referências utilizadas para construção do método 2RP.

Foram utilizados operadores booleanos na busca das fontes literárias, principalmente o operador “AND”, que ajudou a refinar a pesquisa, desempenhando uma busca mais seletiva para a combinação especificada.

A seleção dos materiais bibliográficos utilizados foi feita por meio de uma revisão baseada na leitura dos resumos dos artigos e de suas metodologias para comparar e escolher aquelas que se adaptavam melhor aos objetivos estabelecidos nesta dissertação.

Depois do levantamento bibliográfico, foram escolhidas algumas ferramentas de qualidade para testar se, com a hibridização delas, era factível alcançar os objetivos definidos. A escolha das ferramentas foi realizada após testá-las e ajustá-las conforme as necessidades que surgiam na aplicação do método em um caso prático.

Coletar: A seguinte etapa foi a coleta de dados da empresa escolhida para validar a metodologia. Para isto foi necessário coletar informação a partir de uma base de dados composta por reclamações de campo dos consumidores e definir o tamanho da amostra utilizada. Esta amostra corresponde às reclamações escritas pelos clientes e expostas numa plataforma virtual não governamental de amplo alcance, chamada Reclame Aqui.

Quanto ao método estatístico utilizado para determinar o tamanho da amostra desta pesquisa, foi o de amostragem por acessibilidade. Neste tipo de amostragem não probabilístico, a seleção dos dados utilizados para a análise corresponde aos elementos aos quais se teve disponibilidade de acesso para que a realização da pesquisa se torne possível (MASSUKADO-NAKATANI, 2009).

Analisar: de acordo com Miguel (2012), a base da análise é a descrição detalhada do caso, pois já nesta etapa é possível identificar os dados que vão servir de guia para a pesquisa.

Nesta etapa foi feito o teste da metodologia 2RP simulando cenários factíveis na busca de erros ou falhas, por meio de variações de dados de entrada nos *softwares* e analisando os dados de saída. Os *softwares* utilizados nesta etapa são apresentados no tópico 3.2.2.

Comunicar: Com os resultados da metodologia 2RP aplicados num caso prático foi possível corrigir erros no método. Após definidas as ferramentas que compõem a metodologia e suas etapas, o passo seguinte foi descrever e discutir o relatório de tal maneira que seja compartilhado por meio desta dissertação no âmbito acadêmico.

3.2.2 Materiais utilizados na pesquisa

A seguir são detalhados os *softwares* utilizados para desenvolver o método de pesquisa.

3.2.2.1 Descrição da técnica “nuvem de palavras” para análise de conteúdo textual

Para reclassificar as reclamações nas categorias que realmente se adequavam à descrição realizada pelo cliente, foi necessário reagrupar os dados da plataforma Reclame Aqui. Para isto, foi feita uma análise e depuração da informação, usando a técnica de nuvem de palavras por meio do site *Wordle*.

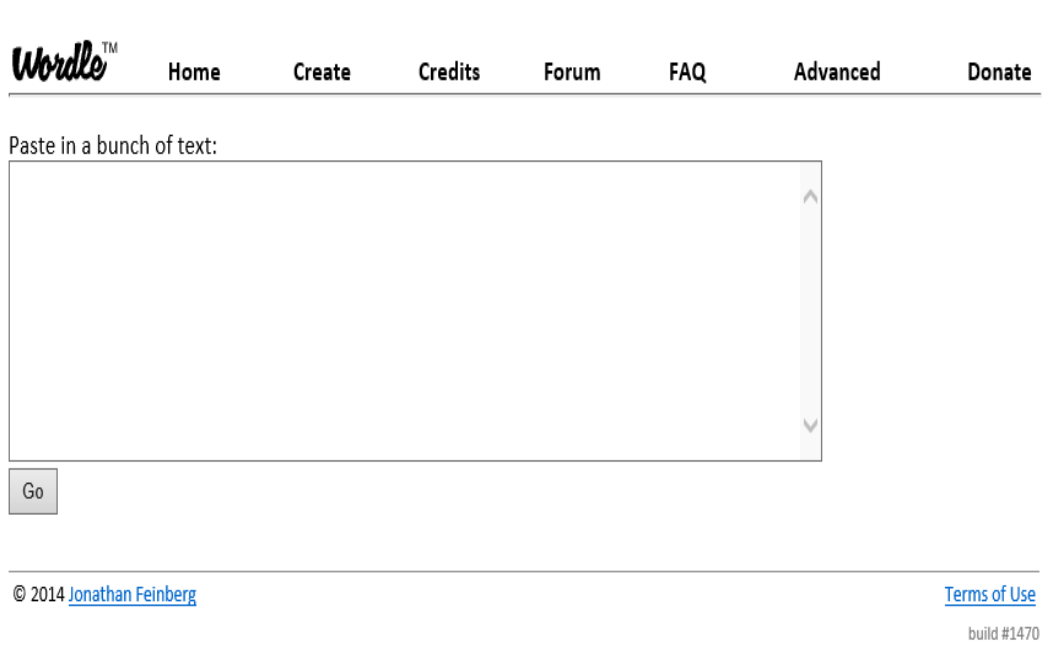
A nuvem de palavras do site *Wordle* é uma ferramenta que tem uma interface fácil e intuitiva, onde são criadas nuvens de *tags* estáticas, ou seja, imagens estáticas em poucos segundos. O resultado da análise gera uma imagem na qual é dado um maior destaque às palavras que aparecem mais vezes no texto-fonte.

A nuvem de *tags* oferece um modelo de classificação eficiente por ser um método em que a indexação pode ser definida como um conjunto de procedimentos com objetivo de expressar ou representar o conteúdo temático de documentos e suas linguagens com o intuito de uma recuperação posterior. (LEMOS, 2013, p. 8).

O procedimento para criar uma nuvem de palavras na *Wordle* é composto por cinco passos, detalhados a seguir:

Passo 1 - Primeiro, é necessário acessar o seguinte endereço: <http://www.wordle.net/create>. Uma vez dentro do site, a tela inicial é como se vê na FIGURA 15.

FIGURA 16 – TELA INICIAL DO SITE WORDLE



Wordle™ Home Create Credits Forum FAQ Advanced Donate

Paste in a bunch of text:

Go

© 2014 [Jonathan Feinberg](#) [Terms of Use](#)
build #1470

FONTE: O autor (2016).

Passo 2 - No campo “*Paste in a bunch of text*” são colocadas as palavras que se deseja analisar. Um detalhe importante é que, por mais que o site esteja em inglês, ele não limita analisar palavras em outra língua, como por exemplo, em português.

Os textos podem conter símbolos e números; porém, às vezes, dependendo do computador, é necessário alterar a configuração do programa, já que, por padrão, a *Wordle* exclui números do texto antes de criar a imagem da nuvem de palavras. Opcionalmente, ao invés de digitar as palavras que se deseja analisar, pode-se indicar o endereço de *Feed* de algum blog e informá-lo no campo “*Enter the URL of any blog, blog feed, or any other web page that has an Atom or RSS feed*”;

Passo 3 - Colocar o cursor em cima do ícone “Go” e clicar caso se tenha digitado as palavras, ou no botão “Submit”, caso se tenha informado o endereço de *Feed*. Com isto, o site gerará uma imagem;

Passo 4 - A partir da imagem resultante, podem-se modificar alguns formatos de saída a partir dos botões, como indicados a seguir:

- a) Fonte do texto clicando no botão do menu “Font”;
- b) O posicionamento das palavras no item “Layout”;
- c) A cor de fundo da imagem, além das cores das palavras, no botão “Variation”;
- d) Escolher aleatoriamente uma imagem clicando “Randomize”;

Passo 5 - O último passo é escolher como salvar a imagem, podendo guardá-la no próprio *desktop* do site “Save to public gallery” ou imprimi-la ao pressionar “Print”, posteriormente colando a imagem gerada no *Windows Paint*.

3.2.2.2 Descrição do *software* Matlab e sua ferramenta *fuzzy logic toolbox*

O desenvolvimento dos cálculos propostos para a atribuição de notas no diagrama Matriz, bem como sua interface, foi programado no *software* Matlab R2010a (versão 7.10).

Ao executar o Matlab, podem-se usar distintos *toolboxes* (caixa de ferramentas), cada uma delas para tratar problemas matemáticos específicos. Entre todas as ferramentas disponíveis nesta pesquisa, foi utilizada a *fuzzy logic toolbox*, já que nela estão disponibilizados arquivos e funções destinados ao uso da lógica *fuzzy*. (AMENDOLA; SOUZA; BARROS, 2005).

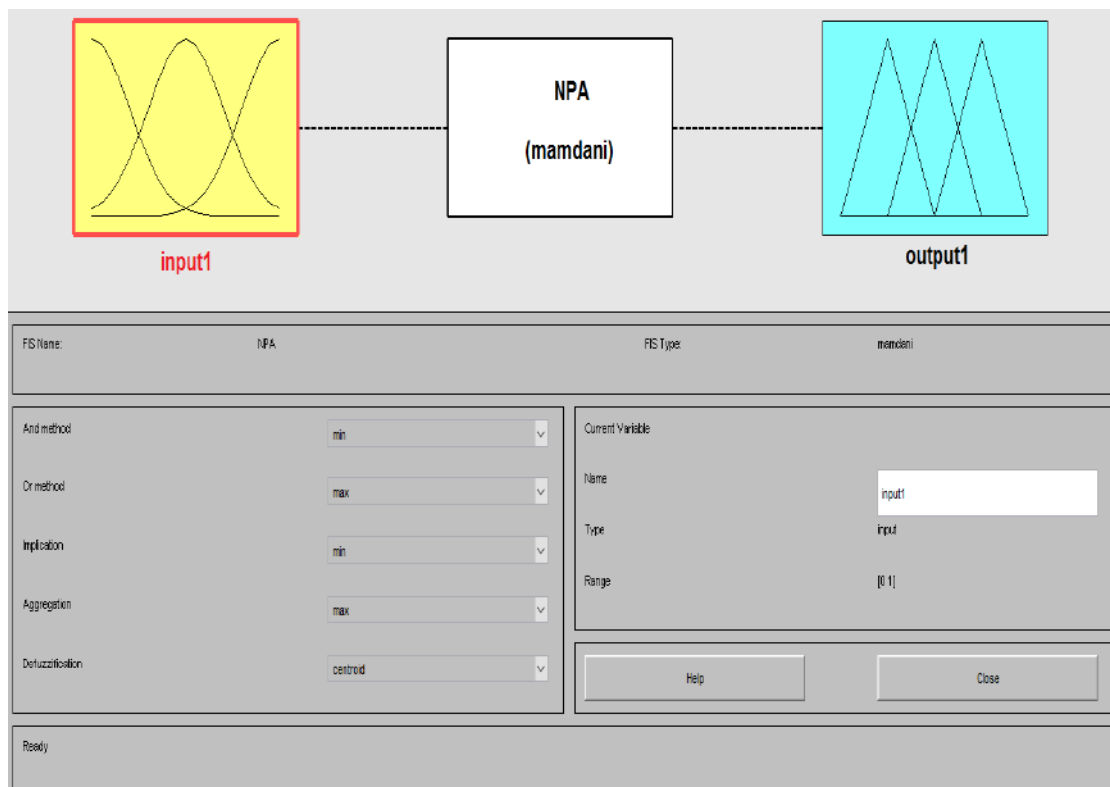
Para o início dos cálculos no sistema dos valores da variável de saída (*output*), definem-se os argumentos de entrada do programa, sendo que estes podem ser executados de duas maneiras:

1- Para entrar e/ou executar a *fuzzy logic toolbox* no MATLAB em ambiente *Windows*, deve-se colocar o cursor em cima do ícone “start”, e então

pressionar o botão esquerdo do mouse, momento que aparecerá a referida Janela de Comando. Clicar em “*Toolboxes*” e imediatamente escolher o comando “*fuzzy Logic*”, escolher “*Fis Editor GUI (Fuzzy)*”. Feito isto, a tela estará pronta para receber os comandos tão somente apareçam os caracteres “>>”.

2- A segunda maneira de executar a *fuzzy logic toolbox* no Matlab é a seguinte: na janela de comando digitar a palavra *fuzzy* como: >> **fuzzy**, e, em seguida, pressionar a tecla *Enter*, quando aparecerá a tela inicial, como se vê na FIGURA 16.

FIGURA 17 – TELA INICIAL DA FUZZY LOGIC TOOLBOX



FONTE: O autor (2016).

A FIGURA 16 é o editor do toolbox, que é composta por uma variável de entrada (*input*), um método de inferência Mamdani e uma variável de saída (*output*).

A quantidade de variáveis de entrada e saída dependerão do problema que se esteja analisando, podendo editá-la com auxílio do ícone “*Edit*”, na

parte superior da tela. Com relação ao sistema Mamdani, cujo fundamento será detalhado no capítulo seguinte.

Uma vez dentro da interface, é possível realizar as seguintes funções:

- Nomear as variáveis de entrada e saída ao pressionar o botão esquerdo do mouse em cima da “caixa” que se quer renomear;
- Alterar o domínio das variáveis de entrada e/ou saída;
- Editar o número e o formato das funções de pertinência;
- Alterar o domínio e o nome das funções de pertinência e
- Criar a base de regras difusas.

Para um melhor entendimento do uso desta ferramenta, sugere-se a leitura do “Manual do uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy* no MATLAB 6.5.”, de AMENDOLA, SOUZA e BARROS (2005).

4 PROPOSIÇÃO DA ABORDAGEM INTEGRADA DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

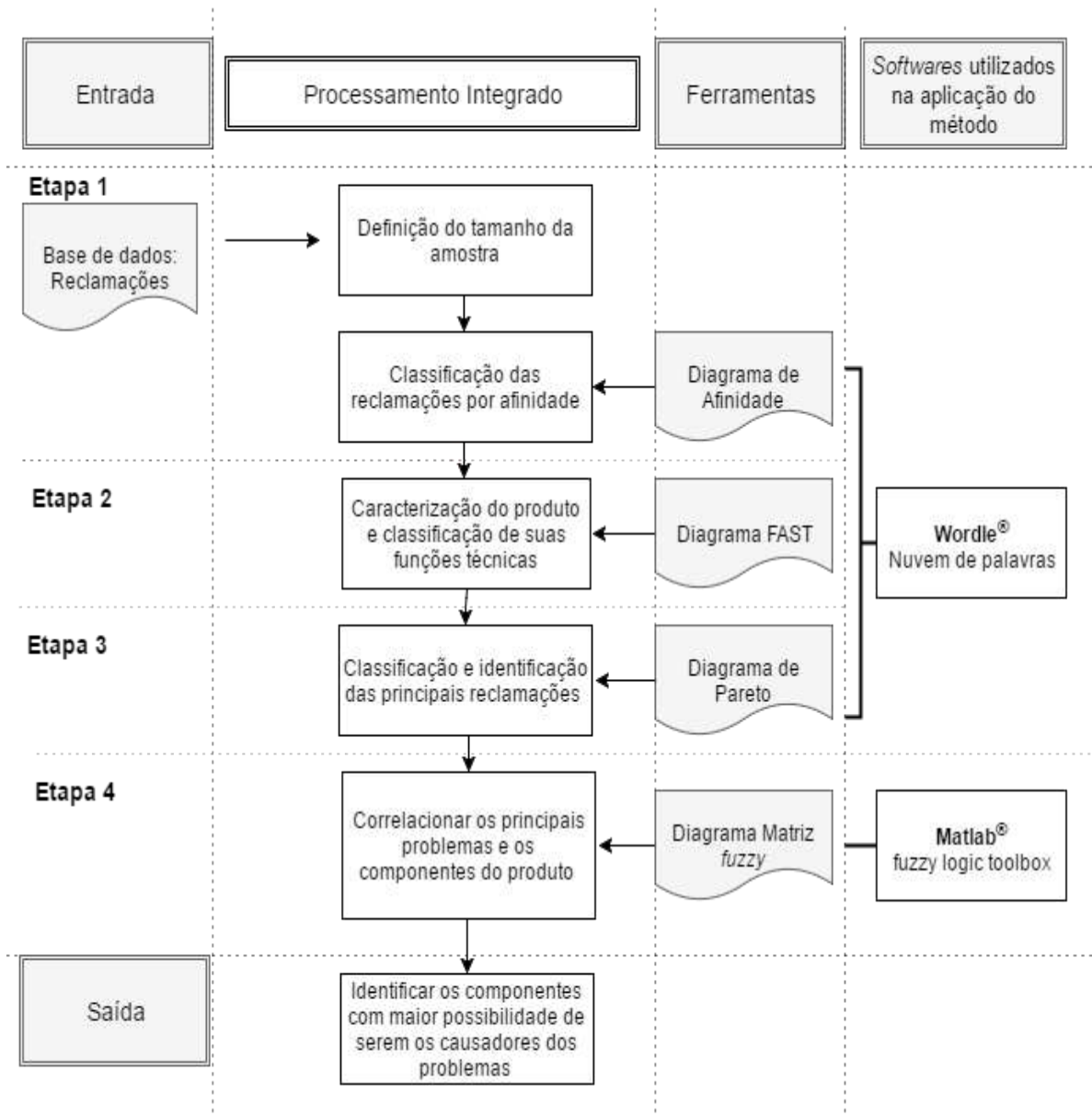
A metodologia proposta nesta dissertação foi nomeada *Rapid Response for Production (2RP)*, que traduzida ao português significa Resposta Rápida para Produção, visto que esta técnica busca uma rápida identificação das causas de falhas a partir da informação obtida das reclamações dos clientes.

Um ponto a ressaltar da 2RP é que seus objetivos se enquadram aos fundamentos da NBR 10002 (Diretriz para o tratamento de reclamações nas organizações) da Associação de Normas Técnicas (ABNT, 2005), os quais são:

- Identificar causas de reclamações de maneira sistemática, consistente e rápida;
- Identificar tendências de falhas, no sentido de reconhecer problemas que podem se replicar com o tempo;
- Criar uma abordagem com foco no cliente para entender as reclamações;
- Prover uma base para uma análise crítica continuada dos processos de “tratamento” e “resolução” das reclamações.

Uma esquematização da metodologia 2RP é apresentada a seguir (FIGURA 17). Nela podem ser visualizadas as etapas e ferramentas que a constituem.

FIGURA 18 - MÉTODO DE INTEGRAÇÃO PROPOSTA



FONTE: O autor (2016).

Como se pode observar na FIGURA 17, a metodologia 2RP é o resultado do trabalho conjunto das ferramentas de qualidade: Diagrama de Pareto, Diagrama de Afinidades, Diagrama FAST e Diagrama Matriz. Para entender seu funcionamento, a seguir é apresentado o detalhamento das etapas que a compõem e seu funcionamento.

Etapa 1 – Coleta e análise de dados

Primeiramente, é realizada uma coleta de informação contida numa base de dados de reclamações. Esta informação pode estar disponível em forma escrita, gravada ou exposta em plataformas virtuais onde o próprio cliente comenta seu problema com o produto adquirido e compartilha com outros usuários e clientes potenciais.

Nesta etapa também é definido o intervalo de tempo considerado para estudo, de maneira a delimitar o tamanho da amostra dos dados em relação à disponibilidade e aos interesses da organização que esteja aplicando a metodologia.

Na sequência é executada uma revisão e análise da informação armazenada na base de reclamações, constituída por dados verbais fornecidos pelos clientes.

Por meio do Diagrama de Afinidade são organizadas e agrupadas as reclamações dos clientes, segundo as características similares que apresentem. Este passo é fundamental, pois cabe ao pesquisador interpretar as informações, que se caracterizam por serem ambíguas, visto que os clientes muitas vezes relatam um problema de maneira que se apresenta confusa ou subjetiva, fazendo com que esses dados não reflitam a real situação que está acontecendo em campo.

Etapa 2 - Caracterização das funções dos componentes do produto

Nesta etapa definem-se as características do produto, tais como: descrição técnica do funcionamento do produto, identificação dos componentes do produto, classificação das funções técnicas do produto em básicas e secundárias por meio do diagrama FAST e agrupamento dos componentes em subsistemas técnicos.

Neste diagrama não foi necessário considerar o tempo (quando?) requerido para a aplicação do Diagrama de FAST, nem os recursos, pois a finalidade do uso desta ferramenta foi exclusivamente conhecer a estrutura funcional da lâmpada incandescente.

Etapa 3 – Identificação dos problemas mais reclamados

Uma vez caracterizado as funções do produto, a seguinte etapa consiste em identificar qual o comportamento das reclamações ou problemas observados.

Para identificar os principais problemas, utiliza-se o Diagrama de Pareto, onde aquelas reclamações agrupadas por afinidade são colocadas numa tabela que contém o tipo de problema e a frequência de suas reclamações (quantidade de reclamações por tipo de problema).

Posteriormente, sugere-se a escolha das reclamações que representem o maior percentual (80% ou mais, conforme a essência do método de Pareto) da totalidade dos problemas observados para fazer uma análise dos seus componentes, já que o foco da metodologia 2RP é identificar tendências de falhas a partir dos problemas que apresentam maior frequência de reclamações.

Etapa 4 - Identificação do componente causador da falha

Para entender quais funções dos componentes do produto não estão sendo desempenhadas adequadamente é necessário identificar os componentes que implicam o mau desempenho, ou seja, aqueles que não cumprem com a função técnica para a qual foi fabricada. Para isso, propõe-se utilizar o Diagrama Matriz, de maneira a atribuir pesos aos componentes em relação ao nível de correlação com as principais falhas identificadas na etapa anterior.

A partir aplicação da metodologia, é possível identificar os componentes que têm maior relação com as falhas reclamadas. Porém, é importante destacar que nesta última etapa foi feita uma modificação da maneira tradicional de dar pesos no diagrama matriz.

Na forma tradicional de uso do Diagrama Matriz, os pesos são dados por números inteiros. Tal fato permite que diferentes componentes apresentem a mesma nota final. Na forma proposta, a lógica *fuzzy* permite uma melhor discriminação dos valores da pontuação dos componentes, o que faz com que a interpretação dos resultados seja mais confiável.

Desta maneira, sugere-se nesta etapa que os pesos atribuídos no Diagrama Matriz sejam valores contínuos (lógica difusa) e não inteiros (lógica binária), como é feito tradicionalmente. Este princípio será explicado em detalhes no tópico seguinte, onde é feito um detalhamento da abordagem para atribuir as pontuações. Posteriormente, no capítulo 5 será justificado o uso dos *softwares* (Matlab e Wordle) utilizados na aplicação da metodologia em um caso prático.

4.1 INTEGRAÇÃO DA LÓGICA FUZZY E O DIAGRAMA MATRIZ

Nesta seção é apresentada a modificação na pontuação tradicional do Diagrama Matriz sugerida na metodologia 2RP, justificando assim o uso dos princípios da lógica difusa ou lógica *fuzzy*. A seguir são apresentados alguns estudos onde a lógica *fuzzy* foi utilizada para corrigir as limitações da lógica binária (lógica clássica), ideia a qual motivou a modificação da maneira tradicional de atribuir pesos no Diagrama Matriz, utilizada na metodologia 2RP.

4.1.1 A lógica difusa na atribuição de notas em ferramentas de qualidade

Atribuir notas às variáveis no Diagrama Matriz é uma tarefa que geralmente é realizada por pessoas com distintos graus de experiência e conhecimento sobre um determinado problema. Porém, esta abordagem se trata de uma forma muito subjetiva, considerando que cada pessoa é uma entidade complexa com conhecimentos e experiências diferentes das demais.

Estudos realizados em outra ferramenta de qualidade, a FMEA (Análise de Modos e Efeitos da Falha), pelos autores Haqz et al.(2015); Liu H.C., Liu L., Liu N (2013); Gargama; Chaturvedi, (2011) e Wang et al., 2009) permitiram demonstrar que é necessário utilizar sistemas inteligentes para resolver os problemas relacionados a atribuição das escalas dos índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para o posterior cálculo do Número de Prioridade de Riscos (NPR).

Na pesquisa de Wang et al. (2009), propõe-se a metodologia FNPR (Número de Prioridades de Riscos *Fuzzy*), utilizando pesos geométricos *fuzzy*, ou seja, graus *fuzzy* para redefinir a escala dos índices de: S, O, D, para resolver os problemas relacionados a interpretação do RPN clássico, utilizando conjuntos do nível alfa e modelos de programação linear.

Analogamente, na hora de atribuir notas às variáveis em estudo num Diagrama Matriz, tem-se o mesmo problema de atribuição de notas para os índices S, O e D no FMEA, já que ambas as pontuações dependem do conhecimento de especialistas, afetando confiabilidade da metodologia.

Com isto, pequenas variações nos números atribuídos podem mudar completamente a interpretação dos resultados, encaminhando ações que não necessariamente resolvam o problema em questão.

Segundo Simões (2007), a lógica *fuzzy* é uma técnica que incorpora a forma de raciocínio das pessoas em um sistema de controle, permitindo tratar informação vaga ou de difícil interpretação.

4.1.2 Descrição da implementação da lógica *fuzzy* no exemplo de aplicação

Tendo definidos os principais conceitos na seção 2.4 e o sistema de inferência a ser utilizado, nesta seção são mostrados alguns detalhes com relação à implementação do problema, tais como variáveis linguísticas, curvas e valores numéricos utilizados.

4.1.2.1 Definição das variáveis linguísticas - fuzzificação

Existem três variáveis linguísticas que foram definidas para a metodologia proposta, sendo as duas primeiras, variáveis de entrada (*inputs*) e a última, variável de saída (*output*). São elas:

1. Impacto do defeito sobre o desempenho do produto (*i*);
2. Possibilidade de o componente causar um problema (*p*) e;
3. Fator de impacto (*f*).

Para a variável linguística impacto do defeito sobre o desempenho do produto (*i*), foram adotados os seguintes termos linguísticos: “Grave”, “Alto” e “Moderado”. Com isso, foram definidas as fronteiras no qual os termos definidos pertencem. Ou seja, supondo que a pontuação mínima de uma falha reclamada pelo cliente (problema) seja 1 e o máximo seja 3, um impacto Moderado está na faixa entre 1 e 1.8; um impacto Alto foi considerado na faixa de 1.2 e 2.8 e, por fim, um impacto Grave está na faixa de 2.2 e 3. A escolha das escalas do tipo TFN (Número *Fuzzy* Triangular) para as variáveis em estudo (*i* e *f*) foram feitas mediante distribuição uniforme dos valores, dependendo da quantidade de termos linguísticos utilizados. Assim, para a variável (*i*), que tem três

termos lingüísticos (grave, alto e moderado), sua escala numérica vai do número 1 até o número 3.

Na TABELA 1 é apresentada a escala numérica adotada para os termos lingüísticos da variável lingüística (*i*).

TABELA 1 - IMPACTO DO DEFEITO SOBRE O DESEMPENHO DO PRODUTO (*i*).

TERMO LINGÜÍSTICO	CRITÉRIO PARA (<i>i</i>)	ESCALA NUMÉRICA
Grave	Falha afeta a segurança do usuário.	(2.2, 3, 3)
Alto	Falha relacionada às funções básicas do produto.	(1.2, 2, 2.8)
Moderado	Falha relacionada às funções secundárias do produto.	(1, 1, 1.8)

FONTE: O autor (2016).

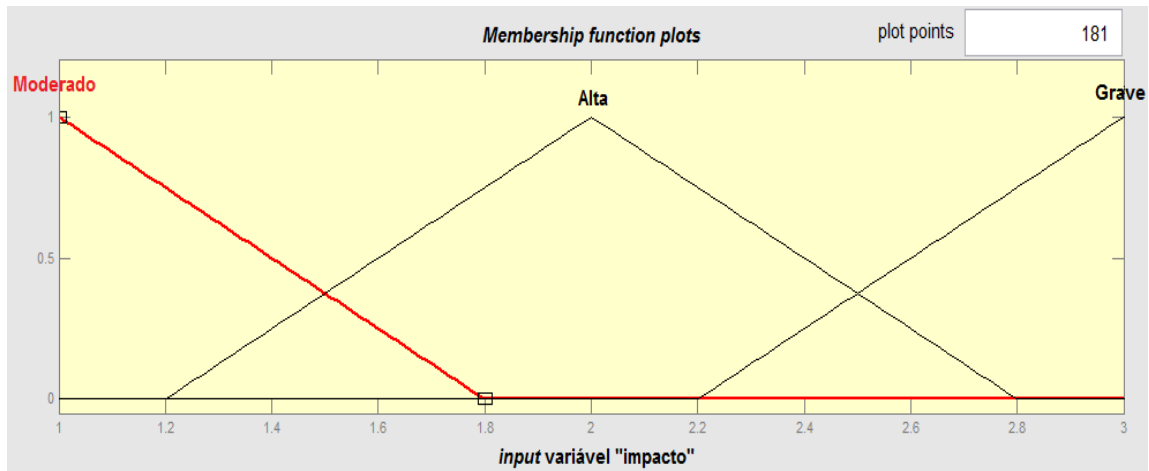
Como se nota na TABELA 1, os critérios utilizados para atribuir as pontuações aos termos lingüísticos definidos são: a) falha afeta a segurança do usuário, para o termo “grave”; b) falha está relacionada às funções básicas do produto, para o termo lingüístico “alto” e c) falha está relacionada às funções secundárias do produto, para o termo “moderado”, daí a utilidade de definir os tipos de funções que os componentes desempenham por meio do diagrama FAST.

A seguir, são definidos os conjuntos *fuzzy*. Estes conjuntos podem ter uma variedade de formas, entre eles as formas: triangular, gaussiana, trapezoidal e forma de sino. No entanto, segundo Marro et al. (2010), uma forma triangular pode muitas vezes fornecer uma representação adequada do conhecimento especialista e, ao mesmo tempo, simplifica significativamente o processo computacional.

As variáveis lingüísticas definidas foram previamente limitadas no universo de discurso em questão e associadas a um grau de pertinência em

cada conjunto *fuzzy*. Desta maneira, têm-se os conjuntos *fuzzy* e os graus de pertinência para a variável de entrada (i), como mostra a FIGURA 19.

FIGURA 19 - FUNÇÕES UTILIZADAS PARA A VARIÁVEL LINGUÍSTICA (i)



FONTE: O autor (2016).

Na FIGURA 19 pode-se notar a existência de funções triangulares, assim definida pelo fato de representarem melhor a realidade. (RODRIGUES; DIMURO, 2010; MARRO et al., 2010). Dessa forma, para um defeito “alto” com o intervalo numérico de (1.2, 2, 2.8), os valores 1.2 e 2.8 indicam o tamanho de abertura da função e o valor central. Neste exemplo, o valor 2 representa o ponto onde a função tem maior grau de pertinência. Assim, observa-se que existem regiões de transição de estado do impacto (i), uma entre moderado e alto e outra entre alto e grave.

A FIGURA 20 adota funções triangulares, pelos mesmos fundamentos do parágrafo anterior. Todas as explicações feitas anteriormente também valem para essa variável, com suas respectivas mudanças de valores.

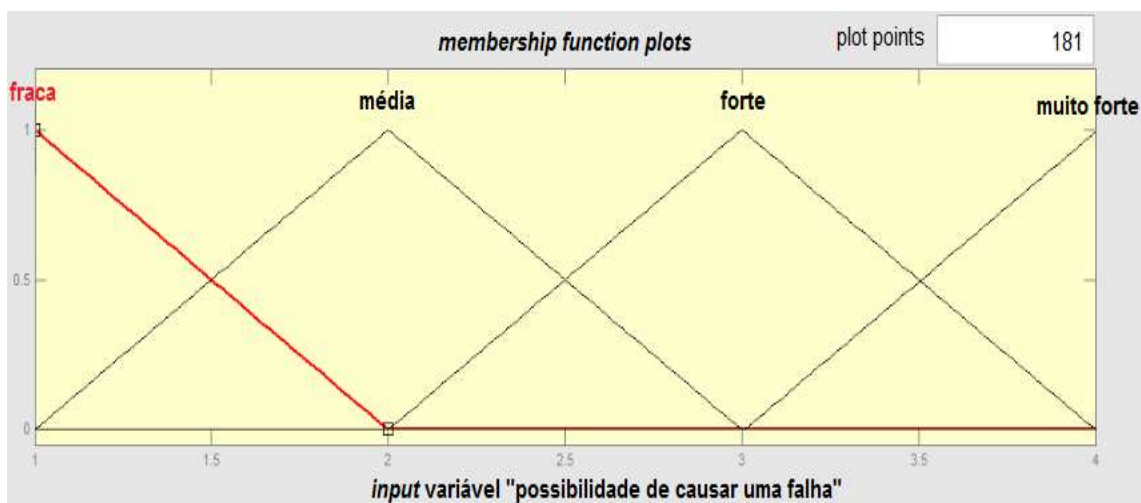
A TABELA 2 contém as informações utilizadas para a construção das funções de pertinência da variável linguística (p).

TABELA 2 - NOTAS PARA AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE CAUSAR UMA FALHA (p)

TERMO LINGUÍSTICO	CRITÉRIO PARA (p)	ESCALA NUMÉRICA
Muito Forte	O componente muito possivelmente seja responsável de causar o problema.	(3, 4, 4)
Forte	O componente tem forte possibilidade de causar o problema.	(2, 3, 4)
Média	O componente tem possibilidade moderada de causar o problema.	(1, 2, 3)
Fraca	O componente tem baixa possibilidade de causar o problema.	(1, 1, 2)

FONTE: O autor (2016).

A FIGURA 20 expressa a descrição das funções de pertinência para a variável linguística (p).

FIGURA 20 - FUNÇÕES UTILIZADAS PARA A VARIÁVEL LINGUÍSTICA (p)

FONTE: O autor (2016).

Para a variável linguística (f), foram atribuídos os seguintes termos apresentados na TABELA 3: “alto” (A), “médio” (M) e “baixo” (B). A “nota” atribuída ao fator de impacto (f) varia na faixa de 0 a 1. Assim, um fator de impacto (f) “baixo” se enquadra na faixa (0, 0, 0.4). Um fator de impacto “médio” está na faixa (0.1, 0.5, 0.9). Já um fator de impacto (f) “alta” está na faixa (0.6, 1, 1).

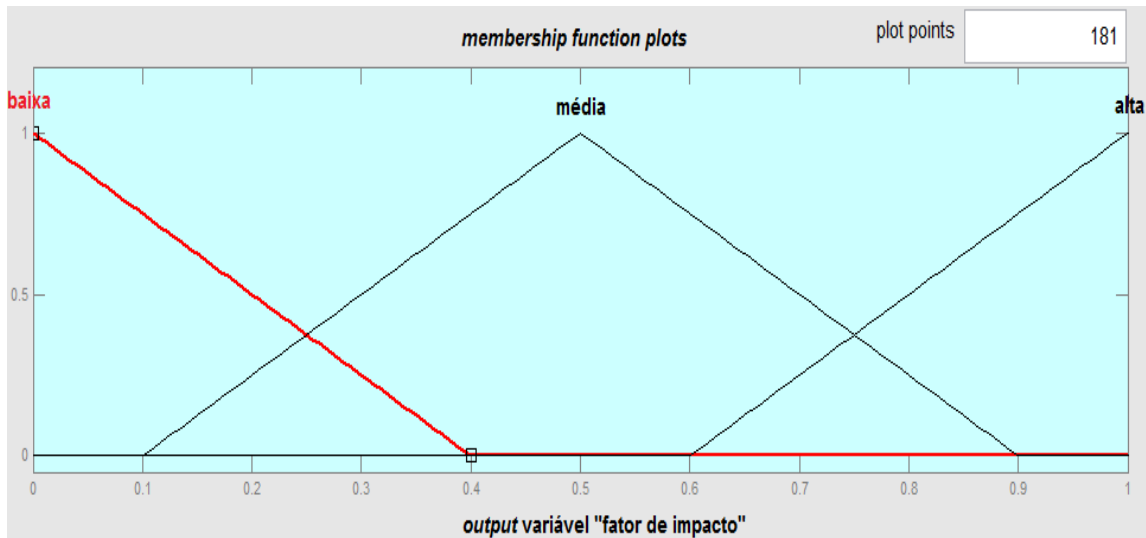
Os valores da variável (f) são gerados de maneira uniforme no sistema Mamdani ao atribuir pesos às duas variáveis de entrada e , dependendo do valor resultante, dar-se-á prioridade para corrigir ou direcionar ações aos componentes detectados como causador da falha.

TABELA 3 - NOTAS PARA AVALIAÇÃO DO FATOR DE IMPACTO (f)

TERMO LINGUÍSTICO	ESCALA NUMÉRICA
Alto	(0.6, 1, 1)
Médio	(0.1, 0.5, 0.9)
Baixo	(0, 0, 0.4)

FONTE: O autor (2016).

O gráfico que representa a variável linguística (f) é mostrado na FIGURA 21.

FIGURA 21 - FUNÇÕES UTILIZADAS PARA A VARIÁVEL LINGUÍSTICA (f)

FONTE: O autor (2016).

Uma vez definidas as variáveis linguísticas, o passo seguinte é definir as regras de inferência para o problema em estudo. Ela pode ser elaborada do ponto de vista dos especialistas, por meio de entrevistas ou a partir de outras fontes de informação (e.g., livros etc.). (RODRIGUES; DIMURO, 2010).

A inferência da lógica *fuzzy* é a aplicação da regra: *SE - ENTÃO (IF THEN)*, em que as variáveis analisadas são noções difusas. Sendo assim, foram definidas regras *fuzzy* de acordo com os conjuntos definidos anteriormente.

Considerando as três variáveis linguísticas definidas (i , p e f), segundo Rodrigues e Dimuro (2010), é conveniente representar as regras *fuzzy* em forma de matriz (memória associativa *fuzzy* - MAF), como apresentada na FIGURA 22, onde cada coordenada representa uma variável linguística de entrada e o valor de uma célula representando um valor da variável de saída.

FIGURA 22 - MEMÓRIA ASSOCIATIVA FUZZY (MAF) CONSIDERANDO AS VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS DE ENTRADA (i) E (p)

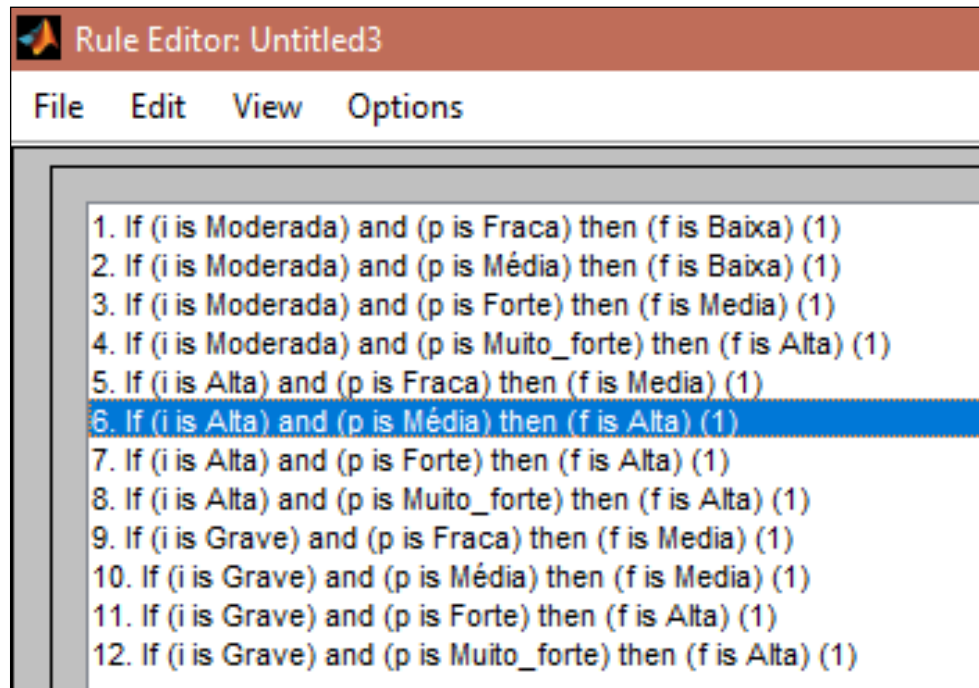
	(i)				
Moderado		B	B	M	A
Alto		M	A	A	A
Grave		M	M	A	A
		Fraca	Média	Forte	Muito Forte
					(p)

FONTE: O autor (2016).

A FIGURA 22 mostra a memória associativa *fuzzy* considerando as variáveis linguísticas de entrada p (eixo horizontal) e i (eixo vertical); em cada célula, têm-se os valores para a variável linguística de saída f .

Com base nas regras, a interpretação foi feita da seguinte maneira: SE o impacto do problema sobre o desempenho do produto (i) for “Moderado” e a possibilidade de causa uma falha (p) for “Fraca”, ENTÃO o fator de impacto (f) é “Baixo”. Todas as regras são apresentadas de maneira expandida na FIGURA 23.

FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO EXPANDIDA DAS REGRAS FUZZY



FONTE: O autor (2016).

Definidas as variáveis linguísticas e as regras difusas, são calculados os pesos difusos que serão atribuídos na matriz de relações.

Na FIGURA 24 se apresenta esquematicamente as regras difusas definidas anteriormente.

FIGURA 24 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS REGRAS DIFUSAS NO MATLAB



FONTE: O autor (2016).

A FIGURA 24 ilustra o diagrama completo da combinação das 12 regras difusas utilizadas pelo sistema Mamdani para fazer os cálculos das pontuações a serem atribuídas no Diagrama Matriz. As primeiras duas colunas representam as variáveis de entrada (i) e (p) e a coluna da direita é a variável de saída (f).

Construído o sistema de controle *fuzzy*, podem-se calcular valores numéricos para as variáveis de entrada (i) e (p), simulando cenários factíveis, do ponto de vista do especialista, pressionando e arrastando o *mouse* nas barras verticais que estão sobre as duas colunas do lado esquerdo da figura para observar e analisar os valores obtidos para cada variável de saída (f).

Para o sistema ilustrado na FIGURA 24, atribuiu-se o valor 2.56 para a variável de entrada (i) e o valor 3.47 à variável (p). Como saída, o sistema *fuzzy* gerou o valor 0.844, isto quer dizer que a possibilidade de que o componente esteja causando o problema analisado é de 84.4%, concordando com a regra definida, que para tal exemplo é a regra número 6, que estabelece

o seguinte: “SE o impacto (i) for alto e a possibilidade do componente causar um problema (p) for média, ENTÃO o fator de impacto (f) é alto”.

Na sequência, um modelo do Diagrama Matriz onde serão atribuídos os cálculos obtidos no *software* Matlab é apresentado no QUADRO 3.

QUADRO 3 - MODELO DE PLANILHA DE RELAÇÃO ENTRE PROBLEMAS E COMPONENTES

Problemas	Componentes do sistema em análise			
	Pesos	Subsistema 1		Subsistema n
		componente1	componente2	Componente n+1
Defeito 1 reclamado				
Defeito n reclamado				
Total				
NPA				

FONTE: O autor (2016).

As variáveis a serem relacionadas são indicadas em duas dimensões, empregando linhas para as principais reclamações observadas (Problemas), as quais são montadas de maneira decrescente, e colunas para os componentes que estejam relacionados com a causa da falha. Os componentes por sua vez são classificados nos subsistemas conforme a função que desempenham.

As notas atribuídas na coluna “Pesos” é o resultante da divisão da porcentagem da totalidade das reclamações por 100. Assim, por exemplo, para um problema com 60% das reclamações do total, seu peso será 0.60. Por outro lado, nas colunas dos componentes, estes devem ser pontuados utilizando a base de regras difusas proposta anteriormente, atribuindo pesos para as variáveis de entrada no sistema de controle *fuzzy* construído no *software* Matlab, que gerará os valores para cada variável de saída (f) dos componentes.

Uma vez atribuídos os pesos, o “Total” é calculado somando as pontuações por coluna dos componentes. Após a somatória, aqueles com

maiores valores resultantes representam os componentes críticos que precisam de uma ação imediata para solucionar o problema, nomeada no diagrama como “NPA” (Número de Prioridades de Atividades). Tal linha serve para indicar a ordem dos elementos que obtiveram maiores pesos no cálculo.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO EM CASO PRÁTICO

Para demonstrar o funcionamento do método 2RP é apresentado um caso prático neste capítulo, com o detalhamento das etapas seguidas na sua aplicação e os resultados obtidos.

Etapa 1 – Coleta e análise de dados

A empresa escolhida para fazer a aplicação do método recebeu o nome fictício “Alpha”, a fim de preservar a imagem da organização. Alpha fabrica e vende seus produtos no mercado brasileiro, na área de iluminação elétrica e conta com SAC próprio da organização. Porém, para esta aplicação utilizou-se a base de dados coletada da plataforma virtual Reclame Aqui, onde as reclamações observadas serviram como fonte de informação.

Em relação ao tamanho da amostra, o estudo foi feito no período de dezembro/2015 a junho/2016 (sete meses). Na TABELA 4 é apresentada a quantidade de reclamações registradas no site.

TABELA 4 - PRINCIPAIS PRODUTOS DA EMPRESA ALPHA

Produtos/serviços reclamados	Quantidade (unitário)	Porcentagem (%)
Lâmpadas	80	89
Refletor	5	6
Assistência técnica	4	4
Iluminação	1	1
Total	90	100

FONTE: Adaptado da base de dados do Reclame Aqui (2016).

Como apresentado na tabela, os dados expostos já estavam agrupados e classificados na plataforma Reclame Aqui por produtos, por isso omitiu-se o uso do Diagrama de Afinidades para esta etapa. Porém, no caso em que a base de dados seja padronizada conforme o SAC da empresa, o agrupamento das informações utilizando tal ferramenta seria um passo prévio.

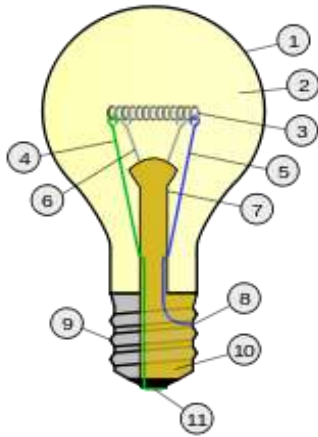
Continuando com a aplicação da metodologia na empresa Alpha, escolheu-se o produto “lâmpada” para apresentação do método, o qual tinha 89% do total das reclamações registradas.

As lâmpadas consideradas para o estudo são as incandescentes tradicionais de 60 watts (W), podendo ser de 127 ou 220 volts (V), indistintamente, sendo esse tipo de lâmpadas as mais comuns no uso doméstico segundo o Inmetro (2012).

Etapa 2 - Caracterização das funções dos componentes do produto

Uma vez escolhido o produto, é feita uma descrição técnica da lâmpada incandescente para entender seu funcionamento e ter uma melhor compreensão das reclamações dos clientes. Uma representação esquemática das partes e dos subsistemas que compõem o produto é apresentada na FIGURA 25.

FIGURA 25 - ESTRUTURA DA LÂMPADA INCANDESCENTE TRADICIONAL



Componentes	Subsistema
1. Bulbo	- Proteção
2. Gás inerte	- Proteção
3. Filamento de tungstênio	- Resistência
4. Fio de contato com a ponta da base	- Condução
5. Fio de contato com a lateral da base	- Condução
6. Fio de suporte	- Condução
7. Suporte de vidro	- Dissipação
8. Ponto de contato com a lateral da base	- Conexão
9. Base de rosca	- Suporte
10. Isolamento da base	- Isolamento
11. Ponto de contato com a ponta da base	- Conexão

FONTE: Modificado de ESPINOSA; AGUIAR (2014).

Na FIGURA 25 são indicados os componentes que compõem a lâmpada incandescente tradicional. Estes componentes foram agrupados nos subsistemas que representam a função desempenhada para cada um.

Esta classificação dos itens por subsistemas é essencial na aplicação da metodologia, posto que resultará em um ganho de tempo e esforço classificar em sub grupos a totalidade de itens que compõem o produto, para que no momento de analisar um determinado problema sejam considerados somente aqueles itens cuja função responde à causa da falha.

A classificação dos componentes em subsistemas possibilita simplificar a quantidade de componentes a serem analisados uma vez identificados os problemas que precisam de uma rápida resposta para a produção.

Nesta etapa, a caracterização do produto serviu para identificar as funções de cada componente da lâmpada incandescente cuja descrição do funcionamento técnico foi feita conforme Espinosa e Aguilar (2014), e é detalhada a seguir:

As lâmpadas incandescentes têm uma estrutura de produto e funcionamento muito simples. Quando o interruptor é ligado, libera-se uma corrente elétrica que ativa a lâmpada. Existem dois pontos de contatos com a eletricidade, uma com a ponta da base (11) e a outra com a lateral (8), sendo que nestes pontos há dois fios (4 e 5) que conduzem a corrente elétrica pelo filamento (3).

Na base da lâmpada há uma camada de isolamento (10) que ajuda a separar as duas conexões do circuito elétrico. Este, por sua vez, está ligado a uma base de rosca (9) que, além de permitir a fixação da lâmpada, está ligado a um fio de contato (4) para fechar o circuito elétrico e permitir a passagem de corrente. O fio de contato (4) é acoplado a um suporte de vidro (7) que ajuda a dissipar o calor e criar sustentação para os fios de suporte do filamento (3).

O filamento recebe a corrente elétrica transmitida pelos fios de contato com a base. Os elétrons liberados passam pelos fios de contato sem resistência (fluxo de elétrons livres), porém, quando chegam até o filamento (3), este causa uma resistência elétrica devido ao material do qual é feito (tungstênio) e ocorre uma colisão dos elétrons com os átomos, o que os faz vibrar. Essa vibração dos átomos no filamento gera calor.

O filamento de tungstênio, por ser extremamente fino, faz com que os elétrons e os átomos de tungstênio colidam ao se encontrarem, causando uma forte vibração dos átomos, produzindo um calor intenso que chega a uma temperatura de quase 2500 °C (Ponto de fusão do Tungstênio = 3422 °C).

A temperatura extrema faz com que o filamento emita luz visível (fótons). Essa luz representa apenas 5 ou 10% da energia elétrica utilizada. O restante da energia produzida a partir da eletricidade é calor, que simplesmente se perde.

O bulbo é preenchido com um gás inerte (2), que atua como um componente com a função de desacelerar a evaporação do filamento causado pela alta temperatura de trabalho. Uma propriedade do gás inerte é sua má condução de calor, isto faz com que a lâmpada fique menos quente do que deveria.

A função principal do gás inerte (2) é proteger o filamento de tungstênio do oxigênio do ar, porque a presença deste faz com que o filamento se desintegre mais rapidamente, queimando a lâmpada. (ESPINOSA & AGUILAR, 2014).

Outro fator importante é o formato que apresenta. O filamento é enrolado em forma de espiral, que a simples vista tem um comprimento de 2,5 cm, porém, o filamento está disposto em forma de vários espirais que esticados têm um comprimento de quase 54 cm. Estes espirais favorecem a geração de mais quantidade de luz porque quanto maior o tamanho do filamento, maior o tempo de duração até sua total desintegração.

Segundo o Inmetro (2012), a vida média deste produto é de 750 horas para Lâmpadas Incandescentes domésticas de 127 V e 1.000 horas para as de 220 V. Uma vez alcançado seu tempo de uso, o filamento evapora e se solta; desta maneira, a lâmpada deixa de funcionar.

Com base na estrutura dos componentes e na lógica de seu funcionamento, foram identificadas as funções técnicas de cada componente da lâmpada incandescente, como apresentado na FIGURA 26.

FIGURA 26 - COMPONENTES DA LÂMPADA INCANDESCENTE COM SUAS FUNÇÕES

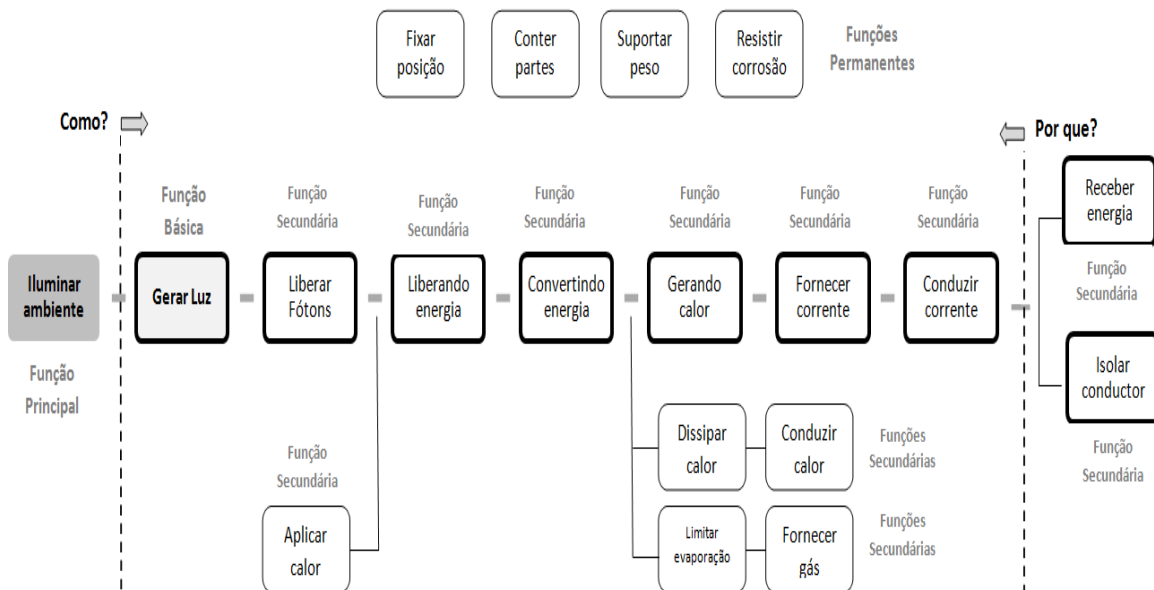
Componente	Funções técnicas	Componente	Funções técnicas
Filamento de tungstênio	Gerar luz Liberar fótons Liberar calor Receber energia	Bulbo	Isolar o filamento Conter o gás inerte
Fios de contato (base e lateral)	Abastecer corrente Conduzir corrente	Gás inerte	Limitar evaporação
Pontos de contato (base e lateral)	Abastecer corrente Conduzir corrente Fechar circuito elétrico	Isolamento da base	Isolar condutor
Fio de suporte	Conduzir corrente Dissipar calor	Suporte de vidro	Dissipar calor
		Base de rosca	Fixar posição Conter partes Suportar peso

FONTE: O autor (2016).

Na FIGURA 26 se pode observar os componentes que formam uma lâmpada incandescente tradicional, classificadas individualmente com uma descrição das funções técnicas para as quais foram fabricadas. Desta maneira, para o componente “filamento de tungstênio”, as funções técnicas realizadas por este são: gerar luz, liberar fótons, liberar calor e receber energia.

A seguir, na FIGURA 27, é apresentado o Diagrama FAST, usado para analisar a estrutura funcional da lâmpada incandescente. Com esta ferramenta foi feita uma classificação das funções técnicas da lâmpada, em funções básicas e secundárias.

FIGURA 27 - DIAGRAMA FAST DE UMA LÂMPADA INCANDESCENTE



FONTE: Adaptado de ESPINOSA; AGUILAR (2014).

O Diagrama FAST é composto pela função principal da lâmpada, que é “iluminar ambiente”, imediatamente seguida pela função básica “gerar luz”, através da qual são derivadas as funções secundárias que dão suporte à função básica.

As funções do lado direito do Diagrama FAST indicam “como?” as funções da esquerda estão sendo produzidas, e as funções do lado esquerdo indicam “por quê?” as funções da direita são executadas. Exemplo: se a função é “gerar luz”, a função “liberar fótons” vai à direita porque responde à pergunta “como se consegue gerar luz?”. Analisando no sentido contrário, a resposta da análise “por que liberar fótons?” está na atividade que se encontra à esquerda: para “gerar luz”.

Todas as funções que estão ressaltadas, seguindo uma linha reta com a função básica (caminho crítico), devem ocorrer para atender a função principal do sistema técnico (iluminar ambiente). A função primária, ao representar a função principal do produto, é aquela que não pode falhar pois qualquer anomalia observada pelo cliente nessa função representará uma alta

insatisfação, refletida nas reclamações realizadas. As funções isoladas que estão na parte superior do Diagrama FAST são funções permanentes do sistema porque são realizadas em todo momento pela lâmpada, independente se esta se encontra em uso ou não.

Uma vez caracterizado o produto, o seguinte passo foi entender o processo de realização de uma reclamação na plataforma virtual adotada como fonte de informação. Para isso, foram utilizadas as reclamações disponíveis na plataforma virtual Reclame Aqui (2016). Na sequência são apresentados os passos que o cliente segue para expor uma reclamação e os problemas identificados de maneira sucinta.

Passos para realizar uma reclamação na plataforma Reclame Aqui

Quando um cliente adquire um produto e este apresenta um problema, a reação lógica é que ele realize uma reclamação escrita ou falada para a empresa. Para o caso no qual empresa não responda às reclamações, existem outros órgãos ou meios não governamentais pelos quais o cliente pode reclamar.

A Reclame Aqui é uma plataforma virtual que cumpre a função de expor as reclamações de clientes de diferentes tipos de empresas e servir de referência para potenciais consumidores que tenham passado pelo mesmo problema ou queiram conhecer a reputação de uma determinada marca antes de adquirir algum produto ou serviço. (RECLAME AQUI, 2016).

Existem três passos que todo cliente/consumidor deve seguir para realizar uma reclamação no Reclame Aqui, como são apresentados na FIGURA 28.

FIGURA 28 - CAMPOS OBRIGATÓRIOS A SER PREENCHIDOS AO FAZER UMA RECLAMAÇÃO

Seu problema foi com...

Produto

Qual a categoria do seu problema?

Iluminação e Elétrica

Qual é o tipo de produto ou serviço?

Lâmpadas

Qual é o problema?

- ✓ Mal contato
- Produto errado
- Quebrada
- Queimada
- Voltagem errada

continuar

FONTE: Reclame Aqui (2016).

Passo 1 - Identificar a empresa: O cliente acessa a plataforma e procura o nome da empresa da qual realizará uma reclamação. (Exemplo: “Alpha”).

Passo 2 - Identificar o produto: A seguir, identifica qual foi o problema (Exemplo: Produto queimado), escolhe a categoria (Exemplo: iluminação e elétrica) e o tipo de produto ou serviço (Exemplo: lâmpadas). Todas as informações nos primeiros dois passos já estão pré-estabelecidas no site, onde o cliente só escolhe qual item que, segundo seu critério, tem relação com sua queixa.

Passo 3 - Relatar o problema: Aqui o cliente cria o título que deseja colocar na sua reclamação. Logo depois, realiza o relato de sua queixa. Esta etapa, ao ser de livre expressão, representa um problema, posto que, em muitos casos, pelo desconhecimento técnico acerca do produto adquirido, o cliente relata uma informação diferente do colocado na etapa anterior, fazendo com que a classificação de sua reclamação apareça em uma categoria distinta.

Para finalizar a reclamação, o cliente também tem a opção de enviar arquivos (até 3 imagens) para a empresa. Antes de enviá-la, deve fornecer um

número de contato da empresa reclamada e seu próprio número para que as partes interessadas possam entrar em contato em busca da solução do problema.

Na sequência, a TABELA 5 apresenta uma síntese dos problemas que os clientes reclamaram no site Reclame Aqui (2016) sobre o produto em estudo, a lâmpada incandescente.

TABELA 5 - PRINCIPAIS RECLAMAÇÕES REALIZADAS PARA A LÂMPADA

Tipo de problema	Quantidade de reclamações	(%)	Descrição básica da reclamação
1. Produto queimado	58	72,5	Queima rápida do produto;
2. Mau contato	7	8,75	O produto fica piscando muito e queima rápido;
3. Produto com defeito	4	5	Reclamou principalmente pela vida útil do produto (ex: produto queimou antes do tempo de garantia e a iluminação é fraca);
4. Quebrada	4	5	Rachaduras e também que o produto ficava piscando muito;
5. Produto errado	2	2,5	Reclamações observadas são em relação a cor do produto e por não apresenta uma iluminação adequada;
6. Assistência técnica indisponível	2	2,5	Serviço de atendimento ao consumidor (SAC) por uma falta de resposta às chamadas e e-mails dos clientes ao fazer uma reclamação;
7. Qualidade do produto	1	1,25	Reclamou da duração devido a que queimou muito antes do tempo de vida útil especificado pelo fabricante;
8. Produto não reparado	1	1,25	O motivo foi que o produto queimou no período de garantia e o cliente solicitou troca;
9. Propaganda enganosa	1	1,25	Reclamou da duração do produto que deixou de funcionar (queimou) antes do tempo indicado na embalagem.
Total	80	100	

FONTE: Adaptado do RECLAME AQUI (2016).

A partir da informação observada na plataforma, foram contabilizadas e agrupadas as reclamações na TABELA 5, composta por quatro colunas, contendo as seguintes informações: tipo de problemas onde o cliente

categoriza sua reclamação, a quantidade de reclamações registradas, a porcentagem de cada reclamação com relação ao total e uma breve descrição de cada categoria dos problemas.

Para o problema “Produto queimado”, pode-se observar que, segundo o registro da plataforma virtual, este problema apresentou um total de 58 queixas, representando 72,5% do total das reclamações. A principal anomalia descrita foi que a lâmpada queimava muito antes de seu tempo de vida média.

Para entender como são classificadas as reclamações, a seguir são apresentados três exemplos da descrição de algumas das reclamações postadas pelos consumidores no Reclame Aqui:

Exemplo 1

[...] Após apenas 5 meses de uso não-contínuo (a lâmpada só era acendida de noite praticamente), comecei a ter problema com a lâmpada piscando. No começo eram apenas piscadas rápidas, mas recentemente as piscadas ficaram mais frequentes e várias vezes a lâmpada apagava de vez. Quando eu fui trocar, percebi que a base estava muito quente. Estou até preocupado pois troquei por outra lâmpada do mesmo tipo, com apenas a potência diferente. Estou achando que irá acontecer o mesmo problema...

Exemplo 2

*[...] Comprei Lâmpadas incandescentes de 60W no site do xxx!
A Marca informa que tem 1 ano de garantia.
Das 4 que comprei uma queimou, e não encontro como solicitar a garantia!
Venho atrás do reclame aqui exigir direito de garantia do produto...*

Exemplo 3

[...] Adquiri no mês de março, 6 unidades de lâmpadas incandescente de 60 w. As instalei 1 no banheiro , 1 no Quarto, 2 na sala e 2 na cozinha ; porém ao acendê-las inicialmente emitem claridade, então com o passar do tempo vão ficando meio apagadas e aos nossos olhos dão a sensação de deixarem a luminosidade com uma tonalidade azulada (esmaecida) e mto pouco eficiente , e além disso a instalada no banheiro, após pouco tempo acesa, começa a piscar levemente, gerando atordoação. Enfim, experiência horrível com essas lâmpadas. Não gostei de forma alguma pois a falta de claridade estava nos incomodando e limitando nossas atividades .Peço portanto que a empresa xxxx reveja estas lâmpadas , pois não estão com a qualidade que se espera, foi uma decepção ter investido nessas lâmpadas...

Para o exemplo 1, o cliente classificou esta reclamação como “Quebrada”, porém, por meio de uma interpretação do conteúdo da reclamação, percebe-se claramente que tal problema não se enquadra com a categoria escolhida, assim como muitas outras reclamações que não correspondiam a categoria onde originalmente estavam agrupadas. No exemplo 2, o consumidor classificou seu problema na categoria “Produto com defeito”, e para o exemplo 3, a falha reclamada pelo cliente estava agrupada na categoria “Produto errado”.

Para verificar se o que foi reclamado pelo cliente correspondia à categoria onde foi agrupado, foi feita uma análise de conteúdo textual, por meio de uma ferramenta *online* chamada “nuvem de palavras”.

Para utilizar tal ferramenta, foram inseridas tais quais os textos expostos na plataforma de reclamações, omitindo toda informação que possa expor o fabricante, como por exemplo: o nome real da empresa, o número de telefone, endereços e nome da empresa ou distribuidora que vendeu o produto.

Uma análise individual das reclamações foi feita para saber se realmente se adequavam ao tipo de problema em que foram agrupados. Uma vez no site da *Wordle*, foi colocado o texto que correspondia à reclamação feita pelo cliente e o programa realizou a contagem das palavras, onde aquelas que mais se repetiam apareceram com um tamanho maior na nuvem formada.

A FIGURA 29 é um exemplo da análise do conteúdo linguístico das reclamações apresentadas anteriormente como exemplos, por meio da *Wordle*.

Das palavras analisadas no exemplo 1, as que visivelmente predominam são: “lâmpada”, “apenas” e “piscadas”. Numa situação como esta, a análise gera mais de uma palavra como resultado. A palavra considerada para a classificação das reclamações será a que se enquadre a algum tipo de problema do produto.

Sendo assim, para o exemplo 1, analisando as três palavras predominantes, a única que se adéqua a uma falha foi a palavra “piscando”. Com esta análise de conteúdo, a reclamação 1 foi reclassificada na categoria “Lâmpada piscando”.

Utilizando a mesma lógica de interpretação, para o exemplo 2, a nova categoria da reclamação foi “Lâmpada queima rápido”, e para o exemplo 3, a categoria que mais se adaptou ao problema relatado foi “luminosidade fraca”. Este mesmo mecanismo de análise foi aplicado para as demais reclamações.

Após a análise de conteúdo textual de todas as reclamações foi gerada uma nova classificação dos problemas com suas respectivas quantidades, apresentada na TABELA 6.

TABELA 6 - PRINCIPAIS RECLAMAÇÕES REALIZADAS PARA A LÂMPADA

Síntese dos Problemas	Quantidade de reclamações	Porcentagem (%)
1 - Lâmpada queima rápido	66	82,50
2 - Luminosidade fraca	6	7,50
3 - Lâmpada piscando	3	3,75
4 - Lâmpada não funcionou após instalação	2	2,50
5 - SAC não responde	2	2,50
6 - Lâmpada com rachadura	1	1,25
Total	80	100

FONTE: O autor (2016).

Das seis categorias de reclamações identificadas na TABELA 6, para a análise dos principais problemas nesta pesquisa, não foi considerada a

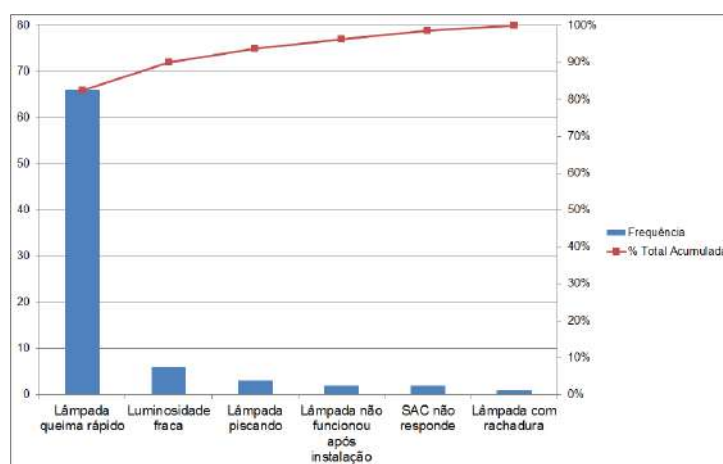
categoria (SAC não responde) por não estar relacionada ao funcionamento ou desempenho do produto.

Etapa 3 – Identificação dos problemas mais reclamados

A categoria “lâmpada queima rápido” apresentou o maior índice das queixas (82,5%). Este problema se sobressai amplamente sobre as demais reclamações, o que significa que a insatisfação do cliente está fortemente relacionado com a queima rápida do produto. Este tipo de problema afeta à função básica do produto “iluminar ambiente” e está relacionado à durabilidade do produto, ou seja, a lâmpada queima antes do seu tempo de vida média (750 a 1.000 horas), segundo o Inmetro (2012).

Detectado o principal problema, os esforços para identificar quais componentes estão relacionados na geração do defeito, são focados no problema 1 (lâmpada queima rápido), que apresentou 66 das 80 reclamações observadas na plataforma. Com esta informação, foi construído um Diagrama de Pareto para identificar os problemas com maior índice de reclamações. Tal diagrama é representado no GRÁFICO 2 a seguir.

GRÁFICO 2 - DIAGRAMA DE PARETO DAS RECLAMAÇÕES



FONTE: O autor (2016).

Uma vez identificados os principais problemas, estes foram relacionados aos componentes que, de certa maneira, estão envolvidos com a ocorrência da falha ou problema, por meio do Diagrama Matriz.

No Diagrama Matriz, a atribuição de pontuações foi feita por meio do *software* Matlab, utilizando uma de suas ferramentas chamada *fuzzy logic toolbox*, por meio da qual foi possível construir um sistema de controle para calcular as pontuações dos componentes.

Etapa 4 - Identificação do componente causador da falha

Na sequência, o Diagrama Matriz (TABELA 7) foi feito relacionando o problema “lâmpada queima rápido” com os componentes do produto que estão relacionados à causa do defeito ou falha.

Para a falha “queima rápido” da lâmpada incandescente, os itens relacionados a produção de tal defeito são: filamento, fio de contato com a base, fio de contato com a lateral, fio de suporte, ponto de contato com a lateral e gás inerte. Estes, por sua vez, encontram-se classificados em quatro subsistemas, os quais são: resistência, condução, conexão e proteção, compostas dos componentes apresentados no QUADRO 4:

QUADRO 4 – COMPONENTES E SUBSISTEMAS DA LÂMPADA

COMPONENTES	SUBSISTEMAS
- Filamento;	→ Resistência
- Fio de contato com a base;	} Condução
- Fio de contato com a lateral;	
- Fio de suporte;	
- Ponto de contato com a lateral;	} Conexão
- Ponto de contato com a base;	
- Gás inerte.	→ Proteção

FONTE: O autor (2016).

Para atribuição de “notas” no Diagrama Matriz, foram utilizados pesos difusos, conforme a intensidade da relação entre cada modo de falha e cada componente. Os pesos foram baseados nos termos linguísticos das TABELAS

1, 2 e 3. Essas tabelas contêm as notas para as avaliações da severidade das principais reclamações, da possibilidade do componente ser o causador da falha e do Fator de impacto.

A FIGURA 30 representa uma demonstração de como foram calculados os valores do fator de impacto (f) para o componente filamento.

FIGURA 30 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS REGRAS DIFUSAS NO MATLAB PARA CALCULAR O FATOR DE IMPACTO DO FILAMENTO



FONTE: O autor (2016).

Analisando o problema “lâmpada queima rápido”, classificou-se esta falha na variável de entrada (i) “impacto do defeito sobre o desempenho do produto” com o termo linguístico “Alto”, conforme estabelecido na TABELA 1, ou seja, a “Falha está relacionada às funções básicas do produto”. Este termo linguístico enquadra-se na escala numérica de (1.2, 2, 3).

Pelos motivos descritos, a regra analisada foi a de número 7, ressaltada com um círculo na FIGURA 30.

Para o filamento, os pesos atribuídos às variáveis de entrada foram:

- Para a variável de entrada (i) = 2
- Para a variável de entrada (p) = 4

Estes valores, por sua vez, foram dados respeitando as escalas numéricas definidas para ambas variáveis de entrada, no critério que cumpre o componente analisado (TABELAS 1 e 2). Por meio do sistema de controle fuzzy construído, foram simulados cenários factíveis, do ponto de vista do especialista, para calcular os valores da variável de saída (f).

Para o componente “filamento”, este resultado foi:

- Peso da variável de saída (f) = 0.87

Na TABELA 7 são apresentados os valores atribuídos empiricamente às variáveis de entrada de cada componente analisado e seus resultados, onde as colunas contêm os valores das variáveis de entrada e saída de todos os componentes analisados para o problema “lâmpada queima rápido”.

TABELA 7 – VALORES DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDAS DE CADA COMPONENTE ANALISADO

Tipo de variável		Componentes analisados para o problema detectado						
		Filamento	Fio de cont. com a base	Fio de cont. com a lateral	Fio de suporte	Ponto de cont. com a lateral	Ponto de cont. com a base	Gás inerte
Entrada	i	2	1.5	1.49	1.56	1.63	1.61	2.4
Entrada	p	4	2.1	2.49	1.45	1.26	1.31	2.9
Saída	f	0.870	0.504	0.492	0.533	0.510	0.513	0.725

FONTE: O autor (2016).

Os valores ressaltados no campo saída dentro do retângulo são as variáveis de saída (f) de cada componente calculado pelo sistema Mamdani na *fuzzy logic toolbox*. Estes valores foram utilizados para construir o Diagrama Matriz, que é representado na TABELA 8.

TABELA 8 - DIAGRAMA MATRIZ DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS COM OS COMPONENTES D LÂMPADA INCANDESCENTE

Subsistemas		Componentes						
		Resistência	Condução			Conexão		Proteção
Problemas	Peso	Filamento	Fio de cont. com a base	Fio de cont. com a lateral	Fio de suporte	Ponto de cont. com a lateral	Ponto de cont. com a base	Gás inerte
Lâmpada queima rápido	0.825	0.870	0.504	0.492	0.533	0.510	0.513	0.725
NPA		0.7177	0.4158	0.4059	0.4397	0.4207	0.4232	0.5981
Prioridade de atividades		1	6	7	3	5	4	2

FONTE: O autor (2016).

Como o problema “lâmpada queima” apresentou uma quantidade de reclamações muito superior dos demais tipos de queixas (82,5% do total), este foi o único problema analisado, já que identificando os componentes que poderiam estar afetando ao desempenho esperado do produto se estaria obtendo um ganho de tempo e esforço importantíssimo para a empresa.

Ao implementar o Diagrama Matriz, com a atribuição de notas difusas, foram identificados quais componentes têm maior probabilidade de serem os geradores dos problemas reclamados pelos clientes por meio do cálculo do Número de Prioridades de Atividades (NPA) de cada componente.

O resultado do Diagrama Matriz permitiu identificar os componentes com maior possibilidade de serem os geradores da falha. Desta maneira, pode-se interpretar que a alta quantidade de reclamações está relacionada a alguma anomalia no filamento e no gás inerte, já que apresentaram os maiores fatores de impacto (0.7177 e 0.5981 respectivamente), representando os componentes onde os esforços por parte da empresa devem ser focados para solucionar o problema.

6 CONCLUSÃO

Em virtude de não existirem trabalhos correlatos na área em que foi desenvolvida esta dissertação, a principal colaboração para o meio acadêmico foi apresentar uma metodologia que integra quatro ferramentas de qualidade, que são: Diagrama de Afinidades, Diagrama FAST, Diagrama de Pareto e Diagrama Matriz, com o objetivo de identificar os possíveis componentes de um produto que ocasionam falhas no seu desempenho técnico a partir de uma base de dados de reclamações fornecido pelos clientes.

A grande contribuição desta pesquisa foi criar a metodologia 2RP (Rápida Resposta para a Produção), a qual serviu para aproveitar o *feedback* oferecido pelos usuários do produto em estudo, por meio das reclamações, uma vez que elas foram organizadas e classificadas para uma interpretação depurada e mais eficiente do que realmente acontecia com o produto que provocava insatisfação nos clientes.

A triagem das ferramentas de qualidade e dos *softwares* que conformam e deram suporte à 2RP foi feita após uma árdua tarefa de análise e tratamento das reclamações contida em uma base de dados da plataforma virtual Reclame Aqui, onde foram escolhidas as ferramentas que melhor se adaptaram ao objetivo perseguido pelo estudo, que foi entender as causas das falhas do produto relacionadas ao seu desempenho técnico.

A metodologia 2RP proposta consta de 4 etapas e para demonstrar seu funcionamento foi aplicada em um caso prático, mais especificamente em uma empresa da área de iluminação e elétrica. A etapa 1 serviu para fazer a coleta e análise dos dados observados na base de reclamações. Uma caracterização das funções dos componentes do produto foi realizado na etapa 2. Nesta etapa foi essencial a classificação dos itens do produto em estudo (lâmpada incandescente) em subsistemas para obter um ganho de tempo e esforço na identificação de quais componentes têm relação com o problema reclamado pelo cliente. Na etapa 3, uma vez classificadas corretamente as reclamações por meio de uma análise do conteúdo textual individual de cada reclamação

através do *software* Wordle, foi feita a identificação dos problemas mais reclamados por meio do Diagrama de Pareto. Já na etapa 4 com a aplicação do Diagrama Matriz, auxiliada pela lógica *fuzzy* por meio do *software Matlab*, foram calculados os pesos e feitas as atribuições de notas difusas às variáveis em estudo, cálculo que permitiu identificar os componentes com maior possibilidade de serem os geradores da falha no produto.

Em virtude dos fatos percorridos nesta dissertação, constata-se que foram atingidos os objetivos específicos estabelecidos, posto que foi feita uma pesquisa exploratória com o intuito de descrever, explicar e identificar as ferramentas de qualidade que fazem parte da metodologia 2RP. Na sequência, por meio da aplicação da metodologia proposta no caso prático foi possível fazer os ajustes correspondentes para validá-la.

Tendo em vista o que foi exposto, conclui-se que o objetivo geral desta dissertação de mestrado foi atingido, pois a pesquisa contribuiu com a área de detecção e diagnóstico de falhas de produtos depois de terem sido vendidos ao consumidor final, ao apresentar uma metodologia capaz de integrar ferramentas da qualidade que contribuam na identificação dos componentes que afetam o desempenho esperado do produto analisado.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a finalidade de dar continuidade à pesquisa e fortalecer a metodologia proposta nesta dissertação, sugere-se para trabalhos futuros focar os esforços nos seguintes pontos:

1. Com relação à aplicação prática da metodologia proposta, recomenda-se testá-la em uma organização onde a causa do defeito de uma determinada reclamação por problema técnico no desempenho do produto seja conhecida, para confrontar e validar os resultados obtidos neste trabalho;
2. A respeito da metodologia 2RP, para complementar o trabalho sugere-se o seguinte:
 - Desenvolver um método que permita classificar sistemas complexos como, por exemplo, produtos com um número significativo de componentes de maneira mais eficiente e, no possível, que essa classificação seja autônoma;
 - Para trabalhos futuros dar ênfase na análise de conteúdo de palavras utilizando técnicas como *Data mining*, *Text mining* ou *Big data*, já que a classificação errada dos defeitos e uma falta de interpretação das reclamações foi uma das dificuldades observadas ao aplicar a metodologia 2RP na prática;
 - Por fim, em relação à lógica *fuzzy* utilizada na metodologia proposta, para trabalhos futuros recomenda-se usar outros conjuntos *fuzzy* para confrontar os resultados obtidos no caso prático apresentado, podendo, por exemplo, utilizar na prática formas trapezoidais variando os graus de pertinência. Sugere-se também, determinar os pesos e escalas numéricas normalizadas adotando métodos multicritérios com o AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

REFERÊNCIAS

AMENDOLA, M.; SOUZA, A.L; BARROS, L.C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no MATLAB 6.5**. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, Unicamp, v 2, 46 p, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT). **NBR 10002**. Gestão da qualidade - Satisfação do cliente - Diretriz para o tratamento de reclamações nas organizações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT). Sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário: **NBR 9000**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT). **NBR 8402**: Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade Total. Rio de Janeiro, 1994.

BANAS, Fernando. **Ferramentas da Qualidade. Diagrama de Pareto**. Revista Banas Qualidade, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://agente.epse.com.br/banasqualidade/qualidade48481315484848.PDF>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

BENEVIDES, Mário. **Introdução, motivação e conjuntos FUZZY**. 36 p. 2016. Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/~mario/logica/logicaFuzzy.pdf>>. Acesso em: 22 Nov. 2016.

BORZA, John S. **FAST Diagrams: The Foundations for Creating Effective Function Models**. General Dynamics Land Systems. Trizcon. Detroit. 2011.

BRASIL. Lei nº 8.078. Primeiro Programa de Proteção e Defesa do Consumido. PROCON. **Código de Defesa do Consumidor**, de 11 set. 1990. Portal da Legislação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm>. Acesso em: 17 fev. 2016.

CARVALHO, M.; PALADINI, E. **Gestão da Qualidade. Teoria e Casos**. 2ªEd. Elsevier. São Paulo. 2012.

CHAVES NETO, A. **Técnicas estatísticas aplicadas à engenharia de qualidade**. Notas de aula, 2013.

CORREA, Lorena, **Ingeniería del valor y diagrama FAST**. Universidad Autónoma del Noreste. Maestría en Productividad CD. Acuña, Coah. 2005. Disponível em: <<http://yavapainn.library.link/portal/Ingenier%C3%ADa-del-valor-y-diagrama-FAST-Lorena/zuKI9tsNFho/>>. Acesso em: 23 dez. 2016.

CROSBY, Philip B. **Qualidade é Investimento**. 2 ed. Tradução de Áurea Weissenberg. Rio de Janeiro. José Olympio Editora, v. 2, p. 20. 1979.

CSILLAG, João Mario. **Análise do Valor**. 4ª Ed. São Paulo. Editora Atlas S.A. 1995.

DELLARETTI, O. **As sete ferramentas do planejamento da qualidade**, Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais. 1996.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: A revolução da Administração**. 1ª ed. Tradução de Clave Comunicações e Recursos Humanos, Rio de Janeiro, Marques. Saraiva, 367p. 1990.

ESPINOSA, E. & AGUILAR, E. **Análisis de funciones, ¿Cómo funciona um foco incandescente?**. Material didático. 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2_ipDw-Ug04> Acesso em: 03 nov. 2016.

FERNANDES, J; REBELATO, M. G.; **Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA**. Gestão & Produção, V. 13, n.2, p.245-259. 2006.

FOGLIATTO, Flávio S. **Manutenção e Confiabilidade**. 2003. 11 p. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/397_laminas_da_aula_1.pdf> Acesso em: 03 jul. 2016. Notas de aula.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2002. Apostila digitalizada.

GARGAMA H. & CHATURVEDI S. K. **Criticality Assessment Models for Failure Mode Effects and Criticality Analysis Using Fuzzy Logic**. IEEE Transactions on reliability, vol. 60, no. 1. 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODINHO, L. A. C; SILVA, M. D. B; GOSLING M. **Reclamações e emoções: um estudo no setor de eletrodoméstico**. Revista Ciências Sociais em Perspectiva. Vol. 13, Cascavel, Paraná, 2014.

GÜNAY KARLI, Ph. D. **Fuzzy Systems and Control**. 2015. 29 p. Disponível em: <<https://www.ibu.edu.ba/assets/userfiles/it/2012/eee-Fuzzy-1.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

HAQZ Y. et al. **Fuzzy Logic Based Failure Mode and Effect Analysis of Automotive Powertrain Assembly Systems**. Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan. 2015.

INMETRO. **Lâmpada Incandescente**. Informação ao Consumidor. 2012. Disponível em: <<http://infoconsumo.gov.br/consumidor/produtos/incand.asp>> Acesso em: 12 nov. 2016.

JURAN, J. M.; **Juran y el liderazgo para La calidad. Un manual para ejecutivos**. Tradução de Jesús Nicolau Medina, Mercedes Gozalbes Ballester. Madrid. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1990.

KELLER, C. W. **QOS. A simple method for a big or small**. Quality Progress, Chicago, v. 36, n. 9, p. 28-39, 2003.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing**. 14 ed. São Paulo: Pearson Prentice hall, 765 p. 2013.

LAFRAIA, J. R. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Abreu's System, Rio de Janeiro. 2001.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2005.

LEMO, L. M. P. **Nuvem de tags como ferramenta de análise de conteúdo – uma experiência com as cenas estendidas da telenovela Passione na internet**. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 36.; Manaus. 2013.

LIU H. C., LIU L., LIU N. **Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review**. Expert Systems with Applications. 2013.

MARIANI, A.M. **Confiabilidade. Tecnologia Eletrônica**. Ano 2007. 36 p. Notas de aula.

MARRO, A. A. et al. **Lógica fuzzy: conceitos e aplicações**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Departamento de Informática e Matemática Aplicada. 2010.

MARTINELLI, F. B. **Gestão da Qualidade Total**. IESDE Brasil S.A. 200 p. Curitiba, Paraná; 2009.

MASSUKADO-NAKATANI, M. S. **Métodos e técnicas de pesquisa em turismo: Amostragem**. 2009. Disponível em: <<http://www.turismo.ufpr.br/drupal5/files/Aula%2022%20-%20Amostragem.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

MIZUNO, S. **Gerencia para melhoria da qualidade. As sete novas ferramentas de controle da qualidade**; Rio de Janeiro: LTC - Livros técnicos e científicos Ed. 312 p. 1993.

MOUBRAY. John. **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad**. Traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados. Buenos Aires, 2004.

MOURA, Eduardo. **As sete ferramentas gerenciais da qualidade: implementando a melhoria continua com maior eficácia.** São Paulo: Makron, 1994.

OLIVEIRA, U. R.; PAIVA, E. J. ALMEIDA, D. A., **Metodologia Integrada Para Mapeamento de Falhas: Uma Proposta de Utilização Conjunta do Mapeamento de Processos com as Técnicas FTA, FMEA e a Análise Crítica de Especialistas.** Revista Produção, v.20. n.1, p. 77-91, 2009.

PALADINI, Edson P. **Gestão Estratégica da Qualidade: princípios, métodos e processos.** São Paulo: Atlas S.A, 2008.

PÉREZ, Pedro Alberto et al. **Análisis del valor para una licuadora de uso doméstico.** CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM. 19., Pachuca, Hidalgo, México. 2013.

RATTNER, Henrique. **Revisitando o “milagre” japonês.** FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, n. 276p. 23-28, setembro. 2003.

REBELATO, M.G; MELONI, C; RODRIGUES, A. M; **Uma proposta de integração entre ferramentas para a melhoria continua.** Revista de administração da Unimep, v. 9, n. 10, 2010.

RECLAME AQUI. **Reclamações.** Disponível em: <<http://www.reclameaqui.com.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

RODRIGUES, L. M.; DIMURO, G. P. **Utilizando Lógica Fuzzy para Avaliar a Qualidade de uma Compra Via Internet.** Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional Universidade Federal do Rio Grande. 2010.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a Qualidade**, 5ª Edição Revisada e Ampliada Rio de Janeiro. Elsevier, 2014.

ROTILI, L. et al. **Análise da percepção de satisfação dos clientes de uma empresa de móveis e eletrodomésticos do noroeste do rio grande do sul.** SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIJUÍ, 24. Ijuí. 2016.

RUIZ-FAICO, A. **Despliegue de la función calidad (QFD).** Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE. Madrid. 2009. Disponível em <<http://web.cortland.edu/matresearch/QFD.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

SANTOS, W. **“Quality Gate” Sistema de Garantia da Qualidade.** 85 f. Monografia (Especialização). Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté, São Paulo, 2000.

SCHMITT, José Claudemir. **Método de Análise de Falha utilizando a Integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA.** 110 f. Dissertação

(Mestrado). Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Bárbara D'Oeste, 2013.

SHAHIN, A. **Integration of FMEA and the Kano model. An exploratory examination**; International Journal of Quality & Reliability Management; Vol. 21 No. 7, 2003.

SHARMA, et al. **Modeling and analyzing system failure behaviour using RCA, FMEA and NHPPP models**. International Journal of Quality & Reliability Management, V. 24, n.5, p-525-546, 2007.

SILVA, D.R.C. **Sistema de Detecção e Isolamento de Falhas em Sistemas Dinâmicos Baseado em Identificação Paramétrica**. 115 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Natal, RN, 2008.

SILVA, E.L., MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª edição revisada e atualizada. UFSC. Florianópolis. 2005.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Diagrama de Pareto**. Revista Banas Qualidade. São Paulo, 2013. Disponível em <<http://www.banasqualidade.com.br/2012/portal/conteudo.asp?codigo=17146&acao=Artigos>>. Acesso em: 19 dez. 2016.

SIMÕES M. G. **Controle e Modelagem FUZZY**. 2ª edição. Editora Edgard Blucher Ltda. 2007.

SIVANANDAM S. N. SUMATHI S. DEEPA S. N. **Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 441 p. 2007.

SOUZA, J. B.; MARÇAL, R. F. M. **Reliability Center Ed Maintenance (RCM) e Failure Mode na Defects Analysis (FMEA)**: uma reflexão teórica-analítica. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. SIMPEP. 16. Bauru, São Paulo, 08 a 10 de nov. 2009.

SOUZA, R. Q.; ALVARES, A. J.; **FMEA and FTA Analysis for Application of the Reliability Centered Maintenance Methodology: Case Study on Hydraulic Turbines**. ABCM SYMPOSIUM SERIES IN MECHATRONICS, v.03, p.803-812, 2008.

TARP. Technical Assistance Research Program. **Consumer complaint handling in America: an update study**. Washington: White House Office of Consumer Affairs. 1986.

VALE, M. R. B. **Sistema Híbrido para Detecção e Diagnóstico de Falhas em Sistemas Dinâmicos**. 86 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande

do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação. Natal, Rio Grande do Norte, 2014.

VAZ, Conrado. A. **Os 8P's do marketing digital**. 1ª edição. Novatec Editora, São Paulo, 2011.

VENKATASUBRAMANIAN, V.; RENGASWAMY, R.; YIN, K.; KAVURI, S.; **A Review of process fault detection and diagnosis Part I: Quantitative model-based methods**, Computer and Chemical Engineering 27, 293-311,USA, 2003a.

VENKATASUBRAMANIAN, V.; RENGASWAMYKAVURI, KAVURI, S.; YIN, K.; **A Review of process fault detection and diagnosis Part III: Process history based methods**, Computer and Chemical Engineering 27, 327-346,USA, 2003c.

VILAR, J. F; GÓMEZ, F.; TEJERO, M. **Las Siete Herramientas para la Mejora de la Calidad**. 2ª Ed. FC Editorial, 166 p. 1997.

WANG Y. et al. **Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean**. Expert Systems with Applications. 36 p. 2009.

WILKINS, Dennis J. **The Bathtub Curve and Product Failure Behavior Part One. The Bathtub Curve, Infant Mortality and Burn-in**. Reliability Engineering Resources. 2002. Disponível em: <<http://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm>>. Acesso em 21 nov. 2016.

WUTTKE, R. A. **Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico**. Revista Produção On Line. Vol 8. Nr. 6 , 2008.

ZAPATA, Carlos J. **Confiabilidad em Ingeniería**. 1ª ed. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. 154 p. 2011.

GLOSSÁRIO

CAMINHO CRÍTICO: Parte da estrutura do diagrama FAST que contém uma sequência de funções que devem ocorrer para atender a função básica do sistema técnico.

CAUSA DE FALHA: Circunstância que induz ou ativa um mecanismo de falha.

CLIENTE: Pessoa que recebe um produto.

CONFIABILIDADE: Probabilidade de que um componente, equipamento ou sistema exercera sua função sem falhas, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas.

COMPONENTE: Parte, subsistema ou sistema a ser modelado como um item que faz parte de um sistema a ser estudado isoladamente ou globalmente.

FALHA: Perda de uma função. Para a pesquisa, os termos “Falha”, “Defeito” e “Anomalia” são utilizados para indicar o não-cumprimento de uma função esperada.

FALHA FUNCIONAL: Incapacidade de qualquer item em atingir o padrão de desempenho esperado.

FALHA TECNICA: Ver definição da falha funcional.

FUNÇÃO: Toda ou qualquer atividade que o item desempenha, sob o ponto de vista operacional.

FUNÇÃO BÁSICA: representa o propósito específico para o qual o sistema técnico existe.

FUNÇÃO SECUNDARIA: todas as funções que fazem parte do sistema técnico e contribuem diretamente na realização da função básica.

FUNÇÃO PERMANENTE: são as funções realizadas em todo momento pelo produto ou processo em estudo, independente de seu estado de uso ou não.

HIBRIDIZAÇÃO DE FERRAMENTAS: processo de integrar varias ferramentas para que trabalhem juntas na busca da solução de um problema.

ITEM: Termo geral que designa qualquer parte, subsistema, sistema ou equipamento que possa ser considerado individualmente e ensaiado separadamente.

MODO DE FALHA: Conjunto de efeitos pelos quais uma falha é observada.

PROCESSO: Segundo a NBR ISO 9000, processo é o “conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas)”.

QUALIDADE: Capacidade de que o produto cumpra com as especificações técnicas estabelecidas, associadas aos materiais utilizados, aos processos de desenho e à fabricação.

QUALITY GATE: sistema de filtros no processo, estação de verificação “portaria”, que visa identificar e corrigir falhas no processo e irregularidades de material.

RECLAMANTE: Cliente que faz a reclamação.

RECLAMAÇÃO: Expressão de insatisfação feita a uma organização, relativa aos seus produtos, ou ao próprio processo de tratamento das reclamações, para a qual explicitamente ou implicitamente espera-se uma resposta ou resolução.

SISTEMA: Conjunto de componentes ou subsistemas.

VIDA ÚTIL: Intervalo de tempo durante o qual um item desempenha sua função com a taxa de falha especificada, ou até a ocorrência de uma falha não reparável.