



**Andressa Strey**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÉTODO PARA GESTÃO DE NOVOS  
DESENVOLVIMENTOS E A REDUÇÃO DE FALHAS**

Horizontina - RS

2019

**Andressa Strey**

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM MÉTODO PARA GESTÃO DE NOVOS  
DESENVOLVIMENTOS E A REDUÇÃO DE FALHAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia de produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Sirnei César Kach.

Horizontina - RS

2019

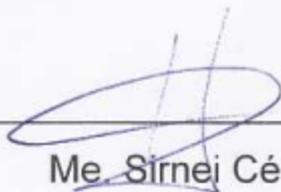
FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Implementação de um Método para Gestão de Novos Desenvolvimentos e a  
Redução de Falhas”

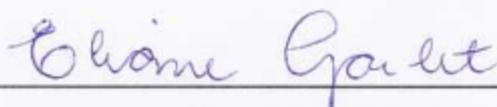
Elaborada por:  
Andressa Strey

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Produção



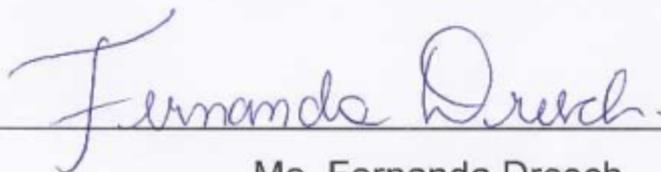
Me. Sirnei César Kach

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Eliane Garlet

FAHOR – Faculdade Horizontina



Me. Fernanda Dresch

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2019

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha mãe, por sempre acreditar e investir em mim. Por me mostrar que tudo é possível quando queremos e por sempre estar ao meu lado, em todos os momentos que precisei.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus, pela proteção durante todo este percurso, por sempre acolher as minhas orações e acalmar o meu coração em situações difíceis.

À minha mãe, Iliane, por sempre estar ao meu lado, dedicando todo apoio e amor incondicional, por não me deixar desistir e sempre estar de braços abertos para me acolher de volta. Ao meu pai, Eliseu, pelo apoio e carinho a mim dedicados.

Ao meu tio, Ivo, que mesmo longe sempre se fez presente, incentivando e prestando todo o apoio e suporte necessários.

Ao meu padrasto, Elemar, e meu irmão, Lucas, que nunca mediram esforços para me auxiliar nas mais diversas situações durante este período.

Aos amigos, colegas e professores por todas as experiências compartilhadas nesta jornada, e por todo auxílio prestado no decorrer deste trabalho.

À Metalúrgica Candeia, por abrir as portas da empresa para a realização desta pesquisa, ao diretor de operações, Rafael Mombach, pela oportunidade e à minha gestora, Sr<sup>a</sup> Maria Aparecida, por todos os ensinamentos e suporte para que este trabalho fosse possível.

A todos, o meu Muito Obrigada!

“Correr atrás de um sonho tem um preço. Pode exigir que abandonemos nossos hábitos, pode nos fazer passar por dificuldades e pode nos levar a decepções. Porém, por mais caro que seja, nunca é tão alto quanto o preço pago por quem não viveu.”

(Paulo Coelho)

## RESUMO

Com a evolução constante das tecnologias, os consumidores estão cada vez mais exigentes no que diz respeito ao nível de qualidade de um produto e da mesma forma, estão sempre buscando por prazos e preços adequados às suas necessidades. Neste sentido, ressalta-se a importância de haver, para todos os processos, um método de controle, estruturado, a fim de garantir a qualidade dos produtos e a entrega no prazo. O APQP, é uma metodologia que tem como principal objetivo, definir e estabelecer as etapas necessárias que garantem que um produto satisfaça a necessidade do cliente. Este trabalho, é caracterizado por uma pesquisa-ação em uma empresa localizada em Santa Rosa - RS, cuja principal atividade é a fabricação de ferro fundido, sendo a problemática inicial referente a falha no processo de gestão da engenharia, voltada para desenvolvimento de novos itens. Foram realizadas pesquisas bibliográficas, afim de entender os conceitos relacionados ao tema, para então analisar o cenário atual da empresa e poder propor uma nova metodologia estruturada. Como principais resultados do trabalho, destacam-se: a criação e implementação de uma sistemática, com base nos conceitos do manual do APQP, afim de reduzir as falhas do processo, e melhorar a confiabilidade perante o cliente. Onde obteve-se ganhos principalmente relacionados a prazos de entrega, melhoria na comunicação entre os processos internos e engajamento da equipe.

Palavras-chave: APQP. Engenharia. Gestão da Qualidade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação dos conceitos dos 5S's (5 sentidos) .....	24
Figura 2 – Ciclo PDCA .....	26
Figura 3 – Exemplo de mapa de fluxo de valor.....	29
Figura 4 – Folha de Verificação para Classificação de Defeito .....	32
Figura 5 – Exemplo de aplicação do gráfico de Pareto - Análise das reclamações de clientes .....	33
Figura 6 – Exemplo de aplicação do gráfico de Pareto para problemas com equipamento.....	33
Figura 7 – Modelo de diagrama de causa e efeito .....	35
Figura 8 – Exemplo de histograma, para controle de peso de produto .....	36
Figura 9 – Exemplo de diagramas de dispersão .....	37
Figura 10 – Esboço de gráfico de controle .....	38
Figura 11 – Processo do FMEA.....	41
Figura 12 – Etapas do cronograma do APQP .....	42
Figura 13 – Ilustração da 1ª fase no cronograma do APQP .....	45
Figura 14 – Ilustração da 2ª fase no cronograma do APQP .....	48
Figura 15 – Ilustração da 3ª fase no cronograma do APQP .....	53
Figura 16 – Ilustração da 4ª fase no cronograma do APQP .....	56
Figura 17 – Ilustração da 5ª fase no cronograma do APQP .....	59
Figura 18 – Fluxograma da coleta de dados do trabalho .....	65
Figura 19 – Delineamento da pesquisa .....	67
Figura 20 – Fluxograma do atual funcionamento do processo.....	70
Figura 21 – Fluxograma do novo sistema proposto .....	72
Figura 22 – Fluxograma para implementação da nova proposta.....	85

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Avaliação de risco/status para fabricação de um produto .....	44
Quadro 2 – Entradas e saídas da 1ª fase do APQP.....	46
Quadro 3 – Entradas da 1ª fase do APQP .....	49
Quadro 4 – Saídas por atividades responsáveis pelo projeto, relacionadas 2ª fase do APQP .....	50
Quadro 5 – Saídas por equipe relacionadas a 2ª fase do APQP .....	50
Quadro 6 – Entradas da 3ª fase do APQP .....	54
Quadro 7 – Saídas da 3ª fase do APQP .....	54
Quadro 8 – Entradas da 4ª fase do APQP .....	57
Quadro 9 – Saídas da 4ª fase do APQP .....	58
Quadro 10 – Entradas da 5ª fase do APQP .....	60
Quadro 11 – Saídas da 5ª fase do APQP .....	61
Quadro 12 – Quadro para definição da equipe do projeto. ....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fases do DMAIC e suas características .....	26
Tabela 2 – Tabela de pontuação: Severidade x Ocorrência x Detecção do FMEA .	39
Tabela 3 – <i>Checklist</i> para Análise de Itens Desenvolvidos .....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

APQP – Planejamento Avançado da Qualidade do Produto

DFMEA – Análise de Modo de Efeito e Falha de Projeto

DGO – Programa de Desenvolvimento de Gerentes Operacionais

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control.*

DPAR – Desenho, Processo, Aparência e Revisão.

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ISO/TS – *International Organization for Standardization/Specification Technical*

IT – Instrução de trabalho

MAE – Manual do APQP – 1ª Edição

MFA – Manual da Ford do APQP

MSA – Sistema de Análise de Medição

NPR – Número de Prioridade de Risco

PDCA – Planejar, Desenvolver, Checar e Agir.

PFMEA – Análise de Modo de Efeito e Falha de Processo

R&R – Reprodutibilidade e Repetitividade

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

TFC – Trabalho de Final de Curso

TQC – Controle da Qualidade Total

VOC – Voz do Cliente

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 TEMA .....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
<b>1.2.1 ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	<b>16</b>
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA .....	16
1.4 HIPÓTESES .....	18
1.5 JUSTIFICATIVA .....	18
1.6 OBJETIVOS .....	20
<b>1.6.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>20</b>
<b>1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>20</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>22</b>
2.1 CONCEITO DE QUALIDADE .....	22
2.2 GESTÃO DA QUALIDADE .....	24
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE E GESTÃO DE PROCESSOS .....	25
<b>2.3.1 GESTÃO DE PROCESSOS</b> .....	<b>25</b>
2.3.1.1 FILOSOFIA 5S .....	25
2.3.1.2 CICLO PDCA .....	27
2.3.1.3 DMAIC .....	29
2.3.2.4 ENGENHARIA .....	30
2.3.1.5 MAPA DO FLUXO DE VALOR .....	31
<b>2.3.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE</b> .....	<b>31</b>
2.3.2.1 ESTRATIFICAÇÃO .....	33
2.3.2.2 FOLHA DE VERIFICAÇÃO .....	33
2.3.2.3 GRÁFICO DE PARETO .....	35
2.3.2.4 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO .....	37
2.3.2.5 HISTOGRAMA .....	38
2.3.2.6 DIAGRAMA DE DISPERSÃO .....	40
2.3.2.7 GRÁFICOS DE CONTROLE .....	41
<b>2.3.3 FMEA</b> .....	<b>43</b>
2.4 APQP .....	43
<b>2.4.1 CONCEITUAÇÃO SOBRE AS FASES DO APQP E SUAS ETAPAS</b> .....	<b>49</b>
2.4.1.1 FASE 1: PLANEJAR E DEFINIR O TRABALHO .....	50

2..4.1.2 FASE 2: PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	53
2..4.1.3 FASE 3: PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO.....	58
2.4.1.4 FASE 4: VALIDAÇÃO DO PRODUTO E PROCESSO.....	61
2.4.1.5 FASE 5: RETROALIMENTAÇÃO, VALIDAÇÃO E AÇÃO CORRETIVA.....	62
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>63</b>
3.1 MÉTODOS DE PESQUISA ADOTADO.....	63
3.2 ABORDAGEM DA PESQUISA.....	64
3.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	64
3.4 COLETA DE DADOS.....	65
3.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	67
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO CENÁRIO ATUAL.....	70
4.2 SISTEMA PROPOSTO.....	72
4.3 DETALHAMENTO DAS FASES DO SISTEMA PROPOSTO.....	75
<b>4.3.1 FASE DE PLANEJAMENTO E DEFINIÇÃO DO PROGRAMA.....</b>	<b>75</b>
<b>4.3.2 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....</b>	<b>81</b>
<b>4.3.3 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO.....</b>	<b>82</b>
<b>4.3.4 VALIDAÇÃO DO PRODUTO E PROCESSO.....</b>	<b>83</b>
<b>4.3.5 RETROALIMENTAÇÃO, AVALIAÇÃO E AÇÃO CORRETIVA.....</b>	<b>85</b>
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO.....	85
4.4.1 REUNIÃO COM A EQUIPE DE TRABALHO.....	87
4.4.2 IMPLEMENTAÇÃO DA SISTEMÁTICA APLICADA A UM ITEM.....	87
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE A – CRONOGRAMA PADRÃO PARA DESENVOLVIMENTOS.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE B – CHECKLIST PARA ANÁLISE DE DESENHO.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE C – ATA DE REUNIÃO DE REVISÃO DE PRODUTO.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE D – MODELO PADRÃO DE FLUXOGRAMA.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE E – MODELO PADRÃO DE FMEA.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE F – CHECKLIST PARA ANÁLISE DE DOCUMENTOS .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE G – MODELO PADRÃO DE PLANO DE CONTROLE.....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE H – TABELA PARA ANÁLISE DE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS.....</b>	<b>106</b>

<b>APÊNDICE I – TABELA PARA ESPECIFICAÇÃO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES MECÂNICAS.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE J – MODELO PADRÃO PARA ESTUDO DE R&amp;R.....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE K – MODELO PADRÃO DE RELATÓRIO DE EMBALAGEM.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE L – TABELA PARA ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS..</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE M – <i>CHECKLIST</i> PARA ANÁLISE DE DOCUMENTAÇÃO DE PPAP .....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE N – CERTIFICADO DE SUBMISSÃO DE PEÇAS.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE O – DOCUMENTO DE AVALIAÇÃO DE SATISFAÇÃO DO CLIENTE .....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE P – RELATÓRIO DE ANÁLISE DIMENSIONAL.....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE Q – CRONOGRAMA PADRÃO PARA DESENVOLVIMENTOS APLICADO A PROPOSTA DE ESTUDO.....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE R – FLUXOGRAMA PARA DESENVOLVIMENTOS APLICADO A PROPOSTA DE ESTUDO.....</b>	<b>114</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente empresas que buscam se manter no mercado estão condicionadas a sua capacidade de atender cada vez mais os requisitos de qualidade dos seus clientes. Tanto requisitos de processo como de produto, e ainda, atender todas as normativas vigentes das partes interessadas, os quais são responsáveis pela garantia de diferencial competitivo para a organização.

Qualidade é um assunto cada vez mais presente nas organizações, e é importante que seja mantida desde o início do processo para que a entrega do produto seja realizada com excelência. O presente trabalho trata-se da implementação de uma metodologia para desenvolvimento de novos itens, em uma empresa do ramo metalúrgico, onde hoje a problemática exposta é a ineficiente gestão de processos da engenharia de desenvolvimento de novos itens.

Para estruturação desta metodologia padrão foram utilizados conceitos de qualidade, embasados na metodologia do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP). Segundo conceitos estudados no MFA (2003), o APQP trata-se de um método estruturado para definir e estabelecer as etapas necessárias que garantem que um produto satisfaça a necessidade do cliente. O objetivo do planejamento da qualidade do produto é facilitar a comunicação com todos os envolvidos, para assegurar que todas as etapas necessárias sejam completadas dentro do prazo estipulado.

Tendo em vista a dificuldade das organizações para desenvolver itens novos, e do quanto as falhas neste processo poderão impactar negativamente na imagem da empresa perante o cliente, é de extrema importância que o processo de gestão da engenharia tenha uma metodologia estabelecida, para não somente agilizá-lo, como também para torna-lo mais estável e confiável.

Desta forma, levando em consideração os aspectos expostos acima, este trabalho consiste no estudo e aplicação da metodologia do APQP e de ferramentas complementares da qualidade com intuito de agilizar o desenvolvimento de itens novos na empresa objeto de estudo, reduzindo falhas e melhorando índices de qualidade e por consequência a satisfação de clientes.

## 1.1 TEMA

Método de planejamento e controle eficaz sobre demandas de novos desenvolvimentos.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Como já citado anteriormente, este trabalho tem como principal objetivo, desenvolver um sistema para gerenciar o processo de desenvolvimento de novos itens, tendo como base o APQP. A necessidade de melhoria neste processo deu-se a partir da quantidade de itens desenvolvidos que foram entregues em atraso por motivos de não haver uma sistemática de projeto adequada para a gestão dos mesmos. A falta de um fluxo correto para as informações pode acarretar no não cumprimento de requisitos de cliente, em atrasos de entrega e ainda em problemas de qualidade.

A sistematização do método para gestão de desenvolvimentos dentro da empresa, foi implementada, principalmente com base nos manuais do APQP e de ferramentas da qualidade. A aplicação dos mesmos, auxiliou na definição do fluxo das informações, identificando os responsáveis de cada processo e quem seriam as pessoas encarregadas por cada etapa e cada atividade do projeto de desenvolvimento do item, através de um cronograma estruturado para todos os itens a serem desenvolvidos.

A utilização do cronograma foi essencial para a atualização do status de cada peça, facilitando a visualização das atividades pendentes e dos prazos estipulados para cada atividade, possibilitando uma visão macro da situação do item, e auxiliando a tomada de decisão em casos de necessidade. Além disso, devido ao histórico gerado no próprio cronograma através das datas previstas/realizadas, tornam-se viáveis as análises futuras relacionadas aos atrasos nas atividades e seus impactos. Outro ponto importante é a padronização de documentos, pois facilita a coleta de dados e posterior análise dos mesmos.

Desta forma, evidencia-se como delimitação do tema deste trabalho, a implementação de um método de gestão de novos desenvolvimentos, baseado na metodologia APQP, apenas na engenharia de processos de uma empresa de médio porte.

### **1.2.1 Estrutura do trabalho**

Neste 1º capítulo, apresenta-se a introdução do trabalho, bem como objetivos e delimitação acerca do tema que será pesquisado, a problemática da pesquisa e a justificativa da mesma. O trabalho contempla no total cinco capítulos, os quais enfatizam a proposta de metodologia a ser implementada na empresa, conforme será apresentado a seguir.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura relacionada a proposta do trabalho, onde traz o embasamento teórico da metodologia aplicada, de acordo com os manuais do APQP e de apontamentos importantes associados a área da qualidade. Essas referências foram importantes para dar base às tomadas de decisões pertinentes ao trabalho.

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, a qual neste caso trata-se de uma pesquisa-ação, pois é necessário um período de acompanhamento do processo de desenvolvimento para posterior comprovação da eficácia das ações implementadas.

O capítulo 4 é onde são apresentados os resultados do trabalho e as discussões relacionadas ao mesmo, de forma estruturada, contemplando as fases e etapas da metodologia adotada, bem como, a documentação utilizada em cada fase do trabalho. O fluxo do processo e o cronograma foram elaborados com base na metodologia, mas de forma que se adequasse as necessidades da empresa, e os documentos utilizados foram padronizados para que a cada novo item que será desenvolvido, seja utilizada essa mesma sistemática padrão.

No 5º e último capítulo, foram apresentadas as considerações finais associadas ao trabalho, onde foram apontadas as principais melhorias evidenciadas após a implementação do APQP na engenharia de processos da empresa.

### **1.3 PROBLEMA DE PESQUISA**

Agilidade e qualidade são diferenciais competitivos muito presentes nas tendências mercadológicas nos dias de hoje. Atender o cliente da melhor forma, com a maior agilidade possível, torna-se cada vez mais importante.

Esta pesquisa iniciou-se a partir da necessidade de melhoria na gestão de processos da engenharia de desenvolvimento de novos itens, na empresa Metalúrgica Candeia, onde hoje enfrenta dificuldades relacionadas a cumprimento de prazos de entrega de amostras, bem como, cumprimento de requisitos de projeto.

Os desenvolvimentos são realizados com base em um cronograma de entrega, estipulado pelo cliente. Após a aprovação do orçamento de algum item, é estipulado um prazo para envio de amostras e documentações, este prazo é definido em conjunto com a empresa, e para definição do mesmo é considerado todo o período necessário para fabricação de ferramental, tempo de produção, testes de material, ensaios e/ou processos terceirizados de acordo com os critérios de cada projeto.

Após definida a data é realizada uma reunião com toda a equipe responsável pelo projeto, tanto por parte do cliente como da empresa, onde são avaliados todos os requisitos de projeto, quais as necessidades para atendê-los e se não há alguma variável considerada crítica e que necessita maior atenção. E sem uma metodologia padronizada estabelecida para os desenvolvimentos, muitas das informações discutidas nesta reunião acabam se perdendo, não chegando às partes interessadas. E o cliente por sua vez, entende que todas as dúvidas referentes ao projeto estão sanadas e que o projeto será finalizado e entregue no prazo acordado. O que impacta diretamente na relação de confiança para/com o cliente.

O período para execução do processo de desenvolvimento de determinado item inicia a partir da aprovação do orçamento. Então a data para entrega é definida e a empresa tem esse tempo para ajustar todo o processo de produção do item, fazer documentação necessária, realizar análises e testes de material, tudo dentro daquele período estipulado, para que na data acordada sejam enviadas as amostras e a documentação solicitada, sem atrasos e cumprindo todos os requisitos de projeto necessários para que o planejamento de qualidade do item seja aprovado.

Realizando análise da engenharia de processos de novos desenvolvimentos verificou-se que o processo num todo estava ineficaz, pois a grande maioria dos desenvolvimentos entregues até a realização do presente trabalho não foram entregues dentro do prazo esperado pelo cliente, e ainda quando entregues apresentaram problemas de cumprimento ao plano de qualidade. Estes problemas não se restringem a documentação, mas também problemas com especificações de projetos.

Além disso, é importante destacar que, alguns projetos que tiveram os planos de qualidade enviados e aprovados pelo cliente, ao iniciar a produção efetiva do item, evidenciaram-se dificuldades para cumprimentos de requisitos definidos no plano de qualidade, impactando diretamente na imagem que a empresa passa para o cliente.

Em busca de gerar diferencial competitivo para/com seus clientes, a empresa busca definir uma metodologia para agilizar o desenvolvimento de novos itens, promovendo uma gestão eficiente da engenharia de processos, de forma que os prazos de entregas de documentação e amostras sejam reduzidos, e que as mesmas sejam entregues com a qualidade esperada pelo cliente. Para tanto, é necessário, assegurar que os processos envolvidos com toda e qualquer entrega para o cliente, estejam padronizados e muito bem alinhados entre si, desde o primeiro contato com o cliente.

Uma forma de padronizar o processo de desenvolvimento de novos itens, e garantir que o cronograma seja seguido da melhor forma, é a implementação da metodologia APQP. Com base no exposto, tem-se o seguinte questionamento: a metodologia APQP realmente é a melhor prática para organizar e padronizar a gestão de processos no desenvolvimento de novos itens?

#### 1.4 HIPÓTESES

Com a problemática exposta analisou-se uma metodologia eficiente que possibilitou propor uma solução para padronização e maior eficiência do processo de desenvolvimento de novos itens, a qual refere-se a implementação de uma metodologia com base no APQP.

MFA (2003) aponta que o principal objetivo do APQP é facilitar a comunicação entre a equipe do projeto, sendo algumas das vantagens do sistema de gestão pelo APQP, direcionar os recursos de forma correta, evitando transportes e falhas desnecessárias que poderão impactar nas entregas ao cliente e na qualidade do produto.

Desta forma, o APQP pôde ser utilizado como base, para propor uma metodologia adequada a empresa, onde foram feitas análises das principais falhas de desenvolvimento até a aplicação do presente trabalho e quais foram os principais impactos sentidos pelo cliente. A partir disso, foi elaborado uma sistemática

estruturada para utilizar como padrão para todos os novos desenvolvimentos na empresa.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho foi embasado em normas vigentes da qualidade e o mesmo se justifica pela necessidade de agilizar e padronizar o processo de desenvolvimento de novos itens, de forma que os requisitos dos projetos sejam cumpridos dentro do prazo estipulado pelo cliente.

A empresa utilizada como base é a Metalúrgica Candeia, onde havia a necessidade de padronizar e agilizar o processo de desenvolvimento de novos itens, de forma a reduzir o período compreendido entre a aprovação do orçamento do item e a entrega das amostras e da documentação necessária, cumprindo todos os requisitos de qualidade exigidos pelo cliente, conforme problemática exposta.

O processo de desenvolvimento de itens novos não estava eficaz no que diz respeito ao atendimento de prazos de entrega de amostras e documentação, onde mais de 80% das entregas eram realizadas fora do prazo. Além do problema de atraso, tem-se também a dificuldade de manter o que foi definido no processo de desenvolvimento, para a produção efetiva.

Algumas ações foram recentemente tomadas na empresa, mas não promoveram a eficácia desejada, sendo assim, esta pesquisa serviu para efetivamente reduzir as falhas encontradas nesse processo, para atender o cliente em menos tempo, com mais qualidade. Garantindo que todo o processo esteja devidamente alinhado já na fase de desenvolvimento, para que a partir do momento em que iniciar a produção efetiva, a empresa consiga atender a demanda exigida pelo cliente com a qualidade que ele realmente espera.

A utilização do sistema de gestão de processos baseada no APQP é uma forma de padronizar os procedimentos para desenvolvimentos de itens novos. A forma de análise tem seu início na primeira reunião realizada pela empresa, onde antes não era formalizada, e após implementação desta metodologia baseada no APQP, é realizada uma reunião com toda a equipe de projeto e responsáveis do processo para fazer análise prévia dos desenhos e definir principais requisitos, como serão atendidos e se há alguma restrição ou dificuldade em atender o que está especificado no desenho.

Tudo que é discutido e analisado nesta reunião é registrado, seguindo um roteiro conforme *checklist* padrão, disponível no apêndice A, para num segundo momento discutir com a equipe responsável pelo projeto por parte do cliente, para que não fiquem dúvidas para a fase de execução.

O sistema de gestão da engenharia de processos baseado no APQP, prevê criação de um cronograma de acompanhamento interno, contemplando todos os processos, desde projeto de ferramental, planejamento da produção do item para testes, medição, processos e ensaios de terceiros, pintura, etc., e permite controlar em qual etapa o projeto está e quais ainda faltam realizar. Neste cronograma é possível definir uma data prevista para todos os processos e após realizado é informada a data de realização, possibilitando a comparação da data prevista x data realizada, identificando quais os processos estão atrasando as entregas.

Com registros de acompanhamento do processo, é possível realizar uma análise de demandas de projeto, para conhecer causas e variáveis que atrasam as entregas possibilitando maior atenção e cuidado perante as mesmas. E estas causas sendo conhecidas e registradas, serão sempre avaliadas para novos projetos, inclusive para definições de prazos.

Além disso, a implementação desta metodologia para gestão do processo de novos desenvolvimentos, promove melhor comunicação entre todas as etapas do processo, de forma que a equipe central do projeto esteja sempre a par dos acontecimentos para que em casos de necessidades de tomada de decisão, esta possa ser baseada em dados.

O trabalho de conclusão utilizando este tema do APQP, possibilita aplicação de diferentes ferramentas do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), uma vez que está diretamente associado a gestão da qualidade. A realização deste trabalho contribui significativamente para a formação de um engenheiro de produção, uma vez que, ele precisa ter uma visão sistemática dos processos, pois permite aplicação de conceitos estudados no decorrer do curso em uma situação real.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho, visa uma sistemática padrão para agilizar, padronizar e proporcionar confiabilidade ao processo de desenvolvimento de novos itens, de forma que atenda aos requisitos do cliente, dentro do menor prazo e com a qualidade esperada por ele.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

Seguindo o objetivo geral detalhado acima, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Apresentar uma prévia do cenário atual da engenharia de processos;
- Propor uma nova estruturação com base nas etapas do APQP adequando a condição da engenharia em estudo;
- Aplicar um objeto de estudo, produto em desenvolvimento, para alimentação da proposta;
- Avaliar desempenho entre cenários anteriores e atual com a proposta.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção serão descritos os principais conceitos bibliográficos relacionados ao propósito desta pesquisa.

### 2.1 CONCEITO DE QUALIDADE

Segundo Carpinatti e Gerolamo (2019) o conceito de qualidade evoluiu ao longo das décadas. Até o início dos anos 1950, a qualidade de um produto era entendida como perfeição técnica, se o produto estivesse atendendo as exigências técnicas ele seria de qualidade. A partir da década de 1950, percebeu-se que qualidade deveria estar associada não somente ao grau de perfeição técnica, mas também ao grau de adequação aos requisitos exigidos pelo cliente. Desta forma, qualidade passou a ser conceituada como satisfação do cliente quanto à adequação do produto ao uso.

De acordo com Montgomery (2017), a qualidade de um produto pode ser descrita, avaliada e mensurada de diversas maneiras, mas sempre vai estar relacionada ao atendimento de requisitos. Esses requisitos, de acordo com o mesmo autor, poderão contemplar as seguintes dimensões:

- Desempenho, onde é avaliado se o produto irá realizar a tarefa para qual foi criado. Ou seja, se irá desempenhar as suas funções básicas.
- Confiabilidade, onde é verificada a frequência de falhas do produto.
- Durabilidade, onde considerado quanto tempo o produto irá durar. Ou seja, a vida útil efetiva do produto.
- Assistência técnica, a qual se trata do suporte que será oferecido em caso de falhas no produto.
- Estética, onde é avaliado a aparência do produto, considerando fatores como estilo, cor, forma, embalagens alternativas, características táteis e outros aspectos sensoriais.
- Características, onde é ponderado as características funcionais, ou seja, o que o produto faz.
- Qualidade percebida, a qual trata-se da reputação da marca do produto.
- Conformidade com especificações, onde é verificado se o produto atende as especificações iniciais pretendidas.

Segundo Juran e DeFeo (2015), durante décadas, a expressão utilizada para definir qualidade era simplesmente adequação ao uso. De forma que, ao produzir bens adequados ao uso, os mesmos eram considerados de alta qualidade. Durante a maior parte do século XX, essa definição fazia sentido, pois era de fácil compreensão. Isso significa que, quando os clientes compravam um bem e ele funcionasse, eles ficavam satisfeitos com a qualidade. Para os fabricantes desse produto, era fácil de produzir, contanto que os fabricantes compreendessem bem as exigências do cliente. Historicamente, a gestão voltada para a qualidade era utilizada para “garantir a conformidade do produto com as exigências”, e a maior parte das tarefas recaía na cadeia de suprimentos, nas operações e nos departamentos de qualidade.

Martinelli (2009), aponta definições de qualidade segundo Juran, onde afirma que a gestão da qualidade tem três pontos fundamentais, que formam sua famosa trilogia:

- Planejamento da qualidade: onde relata a necessidade de identificar os clientes, determinando as suas necessidades, criando características de produto e processos que satisfaçam essas necessidades, e ainda transferindo a liderança desses processos para o nível operacional.
- Controle da qualidade: o qual objetiva avaliar o nível de desempenho atual, para comparar com os objetivos estabelecidos, a fim de tomar medidas para reduzir a diferença entre o desempenho atual e o previsto;
- Melhoria da qualidade: onde o objetivo é reconhecer as necessidades de melhoria, transformando as oportunidades de melhoria em uma tarefa de todos, a fim de criar um conselho para qualidade que selecione projetos de melhoria, promovendo a formação em qualidade, avaliando o progresso dos projetos, premiando as equipes vencedoras, divulgando os resultados, revendo os sistemas de recompensa para aumentar o nível de melhorias e incluindo os objetivos de melhoria nos planos de negócio da empresa.

## 2.2 GESTÃO DA QUALIDADE

De acordo com Campos (1992), o gerenciamento da qualidade é formado por três etapas: o planejamento, a manutenção e a melhoria da qualidade. Sendo o planejamento, uma das etapas que requer maior atenção e precisa ser fielmente executada, sob o risco de comprometer o desempenho do programa de qualidade. O

autor, ressalta que a implantação de um programa de qualidade é um processo de aprendizado e, portanto, não deve ter regras muito rígidas, mas precisa estar adaptado às necessidades, usos e costumes da empresa.

O sistema de gestão da qualidade é composto de processos interrelacionados e compreender como os resultados são produzidos por este sistema, incluindo todos os seus processos, recursos, controles e interações, permite à organização otimizar o seu desempenho, essa é a importância dada para a abordagem de processos. O próximo princípio é a melhoria, o qual a norma aponta como essencial para uma organização manter os níveis atuais de desempenho, para reagir às alterações em suas condições internas e externas e para criar novas oportunidades. Em sua relação, afirma que tomar decisões baseando-se em evidências é mais propenso a produzir resultados desejados (NORMA ISO 9001:2015).

Segundo Maranhão (2005), sistema de gestão da qualidade é apenas um conjunto de recursos e regras mínimas, com o objetivo de orientar cada processo da empresa para que executem suas tarefas de maneira correta e no tempo certo, em harmonia com as demais, permitindo que todas estejam direcionadas para o objetivo comum da empresa: ser competitiva, oferecendo qualidade e ao mesmo tempo, produtividade. O autor cita que, neste sentido qualidade entende-se como sendo a satisfação dos clientes e também a produtividade e eficiência dos processos, fazer mais com cada vez menos recursos.

## 2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE E GESTÃO DE PROCESSOS

Tendo definido os conceitos de qualidade, Montgomery (2017) relata que a gestão da qualidade busca acompanhar o resultado do trabalho, verificando se o que está sendo feito, está atingindo os níveis desejados para garantir que atenderá às expectativas dos clientes.

### 2.3.1 Gestão de Processos

A gestão por processos pode ser definida como, a coordenação integrada de todas as atividades realizadas dentro de uma organização, em particular aquelas executadas por diversas equipes das mais variadas áreas. Sendo assim, o funcionamento adequado da organização depende exatamente da competência com a execução desta coordenação (DGO, 2014).

### 2.3.1.1 Filosofia 5S

De acordo com Carpinetti e Gerolamo (2019) uma metodologia bastante utilizada para melhoria da organização do ambiente de trabalho é o programa 5S. Baseado na filosofia japonesa, o 5S tem por objetivo organizar e racionalizar o ambiente de trabalho.

Figura 1 – Representação dos conceitos dos 5S's (5 sentidos)

整理	整頓	清掃	清潔	躰
Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
Sort	Set order	Shine	Standardize	Sustain
Selecione	Arrume	Limpe	Padronize	Mantenha

Fonte: Carpinetti e Gerolamo, 2019.

O programa baseia-se em cinco princípios fundamentais, os denominados 5 esses, conforme pode ser verificado na Figura 1. É um programa que pode ser aplicado também à pequenas empresas, já que requer o mínimo de investimento para a sua implementação e pode trazer ganhos significativos em termos de organização do ambiente de trabalho e eficiência e eficácia no atendimento dos requisitos dos clientes (CARPINETTI E GEROLAMO, 2019)

### 2.3.1.2 Ciclo PDCA

O ciclo de Schewhart, era indicado por Deming como um modelo para guiar melhorias. Os quatro passos, planejar-fazer-verificar-agir, são frequentemente chamados de ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), conforme pode ser verificado na figura 2. A fase planejar, é onde são realizadas as propostas de mudança em que se deseja melhorar o sistema. Na fase fazer, é onde a mudança é efetivamente realizada. Em alguns casos realiza-se teste piloto, para garantir que os resultados esperados serão obtidos. A fase verificar consiste na análise dos resultados da mudança. Na fase agir, é definido se a mudança será ou não adotada. O processo é, na maioria das vezes

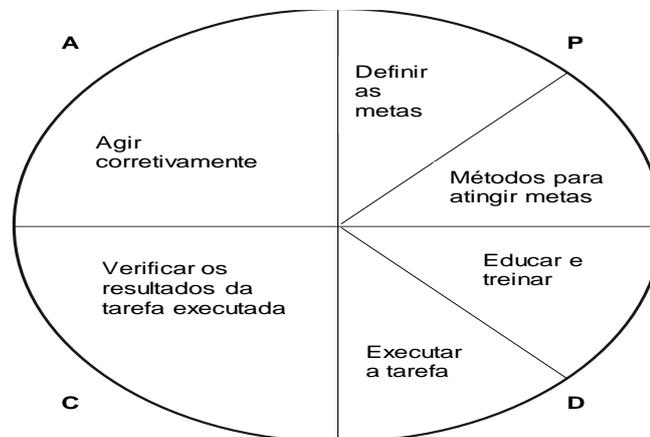
iterativo, e em alguns casos requer muitos ciclos para a solução de problemas complexos (MONTGOMERY, 2016).

Carpinetti e Gerolamo (2019), aponta o ciclo PDCA como o principal e mais genérico método de melhoria contínua, onde define as quatro etapas do mesmo como:

- Planejamento: inclui a identificação do problema, a investigação das causas raízes, a proposição e planejamento de soluções;
- Execução: preparação (incluindo treinamento) e execução das tarefas de acordo com o planejado;
- Verificação: coleta de dados e comparação do resultado alcançado com a meta planejada;
- Ação corretiva: atuação sobre os desvios observados para corrigi-los. Se necessário, replanejamento das ações de melhoria e reinício do ciclo PDCA.

A Figura 2 representa o ciclo PDCA e suas etapas.

Figura 2 – Ciclo PDCA



**Fonte:** Carpinetti e Gerolamo, 2019.

Carpinetti (2016), relata que o ciclo PDCA é o método básico de gestão da qualidade, pois contempla a análise da situação atual, planejamento de ações, execução da ação, revisão de progresso e replanejamento de ações. O PDCA se aplica tanto para a gestão estratégica como para gestão das operações. A sua aplicação pode ser assistida por um conjunto de técnicas, qualitativas ou quantitativas, que auxiliam nos processos de tomada de decisão para a gestão da qualidade e melhoria. Quando utilizadas em nível estratégico, as técnicas podem auxiliar a:

- Identificar prioridades de melhoria;
- Identificar e analisar causas fundamentais;
- Planejar ações de melhoria e avaliar o seu progresso.

O autor descreve que, quando utilizadas em nível operacional, podem auxiliar a:

- Controlar a conformidade da produção (atendimento de requisitos);
- Reduzir ou evitar custos da não qualidade.

### 2.3.1.3 DMAIC

De acordo com Andrietta e Miguel (2007), a metodologia para solução de problemas DMAIC é um conjunto ordenado das seguintes etapas: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control*(controlar), as quais ao serem utilizadas em conjunto, possibilitam adequada organização da implementação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos Seis Sigma. A Tabela 1, indica a descrição de cada uma das fases do DMAIC.

Tabela 1 – Fases do DMAIC e suas características

<b>Fases do DMAIC</b>	<b>Característica de cada Fase</b>
<b>Define (Definir)</b>	Análise das expectativas do cliente nas quais identifica-se as etapas e os produtos do processo, ou seja, define de forma precisa o escopo do projeto.
<b>Measure (Medir)</b>	Mensurar para obter informações a fim de executar o mapa de processo e elaborar a matriz de causa e efeito, determinando o foco do problema.
<b>Analyse (Analisar)</b>	Identificar o desempenho em relação à meta estabelecida, detectando os possíveis gargalos do processo. Fase necessária ao uso de software estatístico para a realização de cálculos e gráficos que permite conhecer as não conformidades dos processos e as suas variações.
<b>Improve (Melhorar)</b>	Desenvolver soluções para intervir no processo reduzindo significativamente os níveis de defeitos.
<b>Control (Controlar)</b>	Controlar e monitorar o processo para manter os resultados obtidos.

Fonte: Adaptado de Andrietta e Miguel (2007)

A metodologia DMAIC não prevê retroalimentação, quando o resultado do projeto não sair conforme esperado, é porque não houve a priorização correta das variáveis de entrada. A melhoria contínua não é feita revisando projetos já concluídos, e sim aplicando a metodologia DMAIC para outros projetos ligados ao mesmo processo. Desta forma, outro projeto trabalhará com as outras variáveis não melhoradas no projeto anterior, a fim de reduzir ainda mais a taxa de defeitos (PANDE, NEUMAN E CAVANAGH, 2001).

### 2.3.1.3 Engenharia

A engenharia da qualidade é um conjunto de atividades operacionais, de gerenciamento e de engenharia que podem ser utilizadas para garantir que as características da qualidade de um produto estejam nos níveis nominais ou exigidos, e que a variabilidade em torno desses níveis desejados seja a menor possível. (MONTGOMERY, 2017).

A engenharia de processos é a área da engenharia que surgiu a partir da necessidade de sistematizar os projetos de processos. Possibilitando que os projetos sejam executados com maior rapidez, maior segurança e menor custo, resultando processos mais econômicos, seguros e ambientalmente integrados (PERLINGEIRO, 2005).

### 2.3.1.6 Mapa do fluxo de valor

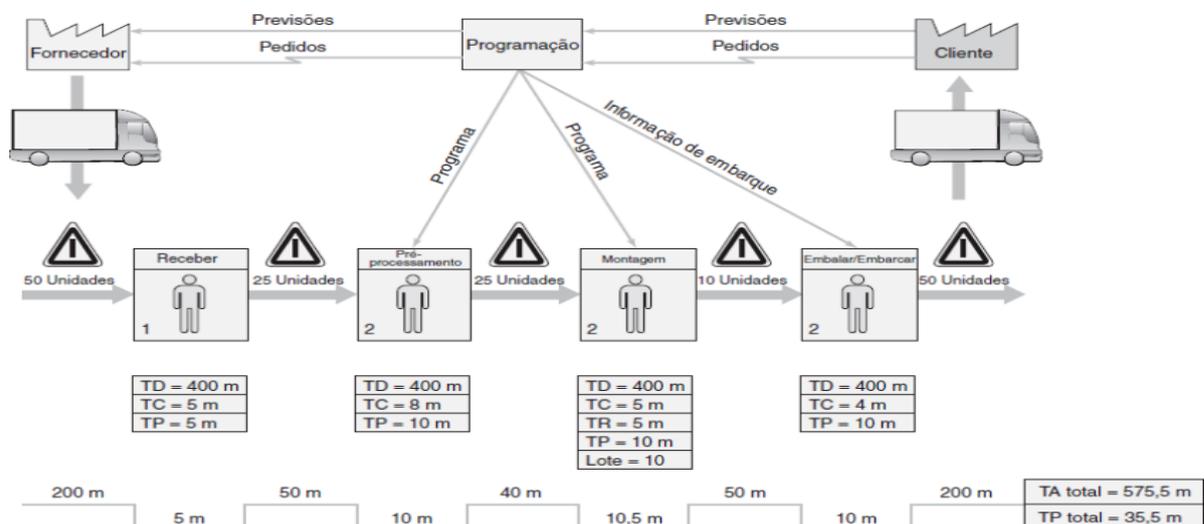
De acordo com Montgomery (2017), o mapa de fluxo de valor apresenta em figuras, o fluxo do valor a partir do ponto de vista do produto, ou seja, não é um fluxograma das operações executadas pelas pessoas e sim do que ocorre com o produto. É necessário realizar a coleta de dados do processo, para construir um mapa de fluxo de valor. Alguns dos dados geralmente coletados incluem:

- Tempo de provisionamento (TA) – tempo necessário para que uma unidade do produto percorra todo o fluxo de valor do início ao fim;
- Tempo de processamento (TP) – tempo compreendido entre a entrada do produto em um processo e sua saída do mesmo;
- Tempo de ciclo (TC) – pode ser entendida como a frequência com que um produto é concluído por um processo. É uma taxa, calculada pela divisão do tempo de processamento pelo número de pessoas ou máquinas que fazem o trabalho;

- Tempo de reestabelecimento (TR) – as quais são as atividades como carga/descarga, preparação de máquinas, teste e rodadas de teste. Ou seja, todas as atividades que ocorrem entre a conclusão de um bom produto até o início do trabalho na próxima unidade ou lote;
- Tempo disponível (TD) – tempo diário no qual o fluxo de valor pode operar se houver trabalho a ser feito;
- Tempo útil (TU) – porcentagem do tempo em que o processo realmente opera em relação ao tempo disponível ou ao tempo de operação planejado;
- Tamanho do lote – quantidade do produto feita e movida de uma só vez;
- Tempo de espera – tempo que o produto espera por processamento;
- Trabalho em processo (TEP) – produto que está sendo processado, mas ainda não está concluído;
- Fluxos de informação – programações, previsões e outras informações que dizem a cada processo o que fazer em seguida.

Montgomery (2016), ilustra o exemplo de um mapa de fluxo de valor, conforme Figura 3. O fluxo ilustrado pode ser utilizado para desenhar um fluxo de várias opções, desde um produto manufaturado (receber peças, pré-processar peças, montar o produto, embalar e despachar o produto para o cliente) até uma transação (receber informação, pré-processar a informação, fazer cálculos e tomar decisões, informar o cliente da decisão ou resultado).

Figura 3 – Exemplo de mapa de fluxo de valor



Fonte: Montgomery, 2016.

### 2.3.2 Ferramentas da qualidade

Carpinetti (2016) aponta que o processo de melhoria contínua de produtos e processos envolve basicamente etapas de identificação dos problemas prioritários, observação e coleta de dados, análise e busca de causas-raiz, planejamento e implementação das ações e por final a verificação dos resultados. Para auxiliar o desenvolvimento dessas ações foram criadas várias ferramentas, as quais são conhecidas como as Sete Ferramentas da Qualidade. As Sete Ferramentas da Qualidade compreendem:

- Estratificação;
- Folha de verificação;
- Gráfico de Pareto;
- Diagrama de causa e efeito;
- Histograma;
- Diagrama de dispersão;
- Gráfico de controle.

Desta forma, serão descritos os conceitos de cada uma das ferramentas mencionadas, nos próximos tópicos.

#### 2.3.1.1 Estratificação

De acordo com Werkema (2006), estratificação nada mais é do que a divisão de um determinado grupo de dados, em diversos subgrupos de acordo com alguns fatores, os quais são conhecidos como fatores de estratificação. As causas que atuam no processo produtivo e são capazes de gerar algum tipo de variação, são os possíveis fatores de estratificação. Ou seja, fatores como turnos, máquinas, tempo, métodos, pessoas, medidas matérias-primas, condições ambientais, etc. são fatores naturais para a estratificação de dados. É uma ferramenta que pode ser aplicada nas etapas de observação, análise, execução e padronização do ciclo PDCA para fins de melhorias e nas etapas de execução e ação corretiva para manter o que foi melhorado.

### 2.3.2.2 Folha de Verificação

Para fins de gestão da qualidade, são utilizadas diversas ferramentas e métodos, cuja escolha pode variar de acordo com a situação e a etapa em que o processo se encontra. Estas ferramentas possuem como finalidade a mensuração, definição, análise e proposição de soluções para eventuais problemas. Dentre as mais utilizadas, está a folha de verificação, também denominada lista de verificação ou *checklist*, a qual corresponde a uma ferramenta de simples e fácil aplicação MONTGOMERY (2016).

Montgomery (2016), aponta ainda que, a folha de verificação consiste em um formulário planejado, o qual facilita a coleta e análise de dados, e gera informações as quais servem como início para os controles de processos. O mesmo pode ser apresentado tanto de forma impressa como digital, e normalmente corresponde a um quadro, tabela ou planilha, que possui campos a serem preenchidos, onde são registrados dados e informações relativas a uma determinada tarefa ou processo. A medida em que o formulário vai sendo aplicado, são gerados históricos de informações sobre determinada tarefa ou processo, permitindo que sejam verificados comportamentos ou tendências, o que viabiliza a tomada de ações corretivas e auxilia no planejamento dos ciclos de melhorias.

Para Lobo (2010), a folha de verificação corresponde a uma planilha pela qual pode-se coletar e agrupar dados de forma sistêmica, gerando registros uniformes, e facilitando a interpretação dos resultados. Desta forma, a ferramenta permite o registro e agrupamento lógico de uma série de dados e informações, viabilizando o acompanhamento do comportamento de uma variável a ser controlada. Entre os objetivos de sua utilização, pode-se citar, de acordo com o mesmo autor:

- Verificar quantas vezes um mesmo erro ocorre e onde ele ocorre;
- Coletar dados que certificam as causas de um defeito;
- Analisar se a medida de um item está conforme o especificado, através de amostragens;
- Assegurar a correta execução de todas as etapas de um processo;

A Figura 4, ilustra um modelo de *checklist*, utilizado para identificação e classificação de produto defeituoso.

Figura 4 – Folha de Verificação para Classificação de Defeito

<b>Problema: XXXXXXXX</b> <b>Período: 01/09/19 a 31/09/19</b> <b>Responsável:</b>		
<b>Tipo de defeito</b>	<b>Frequência</b>	<b>Total</b>
Defeito 1	I	21
Defeito 2		35
Defeito 3	II	17
Defeito 4		29
Defeito 5		3
Defeito 6		5
<b>Total</b>		<b>110</b>

**Fonte:** Adaptado de Lobo, 2010.

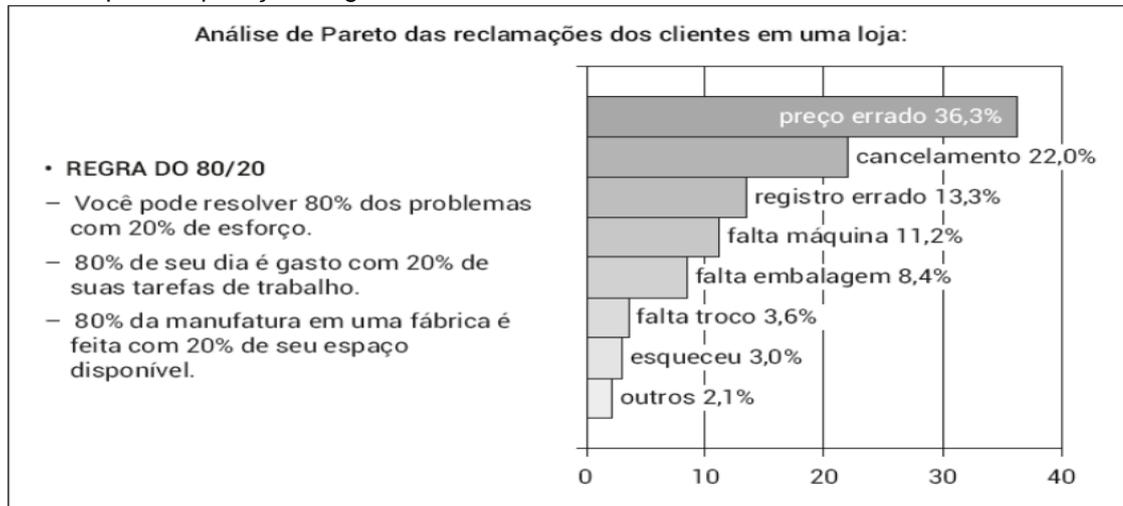
De acordo com Martinelli (2009), a folha de verificação permite o registro do número de vezes que algum fato ocorre, do tempo necessário para uma ação seja tomada, do custo de determinada operação ao longo de certo período e também do impacto que uma ação pode causar ao longo do tempo.

### 2.3.2.3 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto constitui-se na distribuição de frequência (ou histograma) de dados atributos, organizados por categoria. Em geral, são utilizados nos passos “medir” e “analisar” do DMAIC. A análise de Pareto, consiste na identificação dos custos da qualidade por categoria, por produto, por tipo de defeito ou não conformidade (MONTGOMERY, 2017).

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Tem como objetivo principal, detectar os problemas mais importantes e separá-los, partindo do princípio de que, normalmente, temos muitos problemas sem importância perante outros com muita importância. Auxilia, em especial, na visualização e na identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre eles (BALLESTERO-ALVAREZ, 2019). A Figura 5, ilustra um exemplo de análise pela regra de Pareto.

Figura 5 – Exemplo de aplicação do gráfico de Pareto.

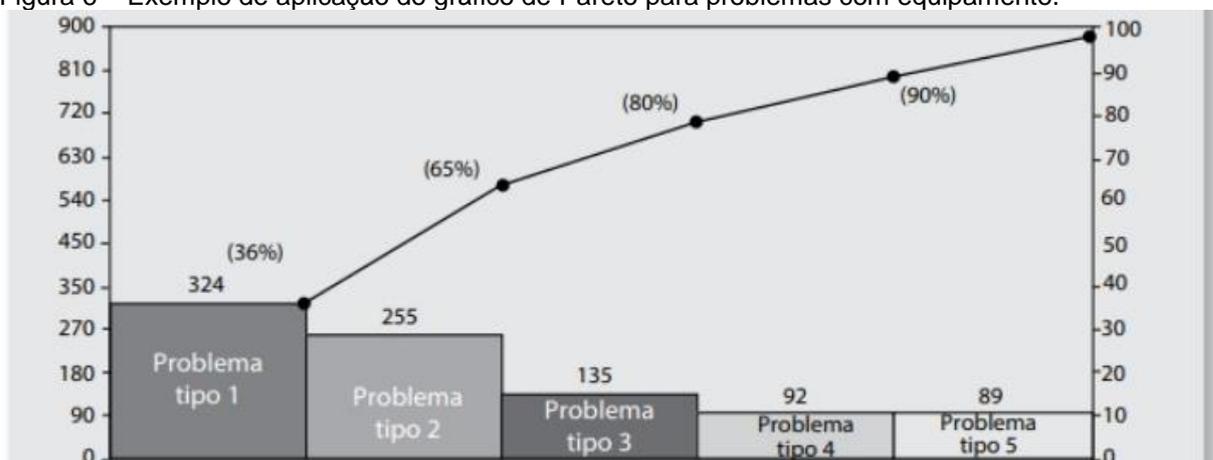


**Fonte:** Ballestero-Alvarez, 2019.

Ballestero-Alvarez (2019), aponta que o diagrama de Pareto permite organizar, hierarquicamente, as causas do problema ou a oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos.

De acordo com Oliveira (2015), o gráfico de Pareto é também uma ferramenta estatística e gráfica. Ele permite a identificação e organização dos dados de acordo com o aspecto de análise considerado o mais interessante, como por exemplo a hierarquização decrescente da frequência, ou seja, dos acontecimentos mais frequentes aos menos frequentes. A análise de Pareto, possibilita resolver os problemas de modo eficiente, priorizando as causas que se mostram responsáveis pela maior parte das perdas. Na Figura 6 pode-se verificar um exemplo de gráfico de Pareto para problemas com determinado equipamento.

Figura 6 – Exemplo de aplicação do gráfico de Pareto para problemas com equipamento.



**Fonte:** Oliveira, 2015.

Oliveira (2015), novamente, cita que o gráfico de Pareto pode ser utilizado em diversas situações, como por exemplo:

- Definição de projetos de melhoria;
- Identificação das principais fontes de custo;
- Identificação das principais causas que afetam um processo;
- Escolha do projeto de melhoria a ser desenvolvido na empresa, em razão do número de não conformidades geradas no processo produtivo;
- Identificação da distribuição de recursos por projeto.

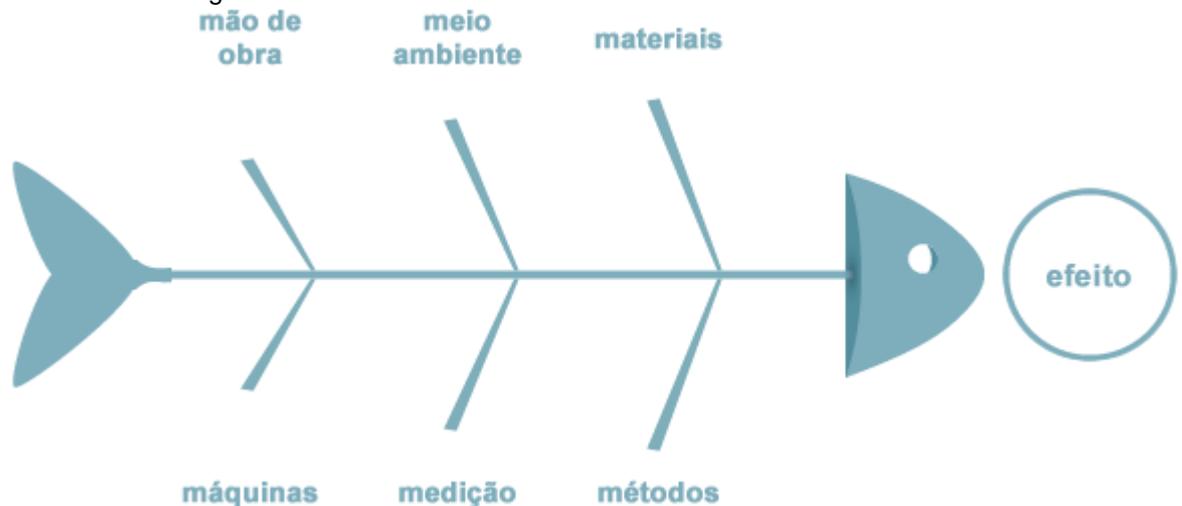
#### 2.3.2.4 Diagrama de Causa-e-efeito

O diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe é utilizado para que, após identificação do defeito, sejam descobertas as potenciais causas responsáveis pela ocorrência do defeito. Em situações em que as causas não são óbvias, o diagrama é uma ferramenta formal frequentemente útil na exposição de causas potenciais, e também útil nos passos analisar e melhorar do DMAIC (MONTGOMERY, 2017).

O diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta gráfica utilizada para mostrar a relação entre causas e efeitos, ou alguma determinada característica de qualidade e os fatores envolvidos. O diagrama de causa e efeito, também é denominado de 6Ms devido as iniciais dos fatores que considera em primeiro lugar, as quais sejam: método, matéria-prima, mão de obra, máquinas, medição, meio ambiente. (BALLESTERO-ALVAREZ, 2019)

De acordo com Lobo (2010), o diagrama de causa e efeito foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possíveis causas que possam contribuir para ele. Esse diagrama é desenhado para ilustrar as diversas causas que afetam um processo por classificação e a relação das causas. Para cada efeito existem diversas categorias de causas, sendo as principais agrupadas em seis grandes grupos, os 6 M's: máquina, mão-de-obra, matéria-prima, meio ambiente, medição e método. A Figura 7, ilustra um modelo utilizado para o preenchimento e análise do diagrama de causa e efeito.

Figura 7 – Modelo de diagrama de causa e efeito.



Fonte: Lobo, 2010.

De acordo com o mesmo autor, o efeito ou problema é colocado no lado direito do gráfico e do lado esquerdo, são listados os causadores do problema, subdivididos pelos 6M's citados anteriormente.

### 2.3.2.5 Histograma

Histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários intervalos, apresenta os valores representados por uma variável de interesse. Para cada um desses intervalos, é construída uma barra vertical, cuja área deverá ser proporcional ao número de observações na amostra (CARPINETTI, 2016).

De acordo com Montgomery (2017), histograma é um compacto resumo dos dados. Para a construção de um histograma de dados contínuos, deve-se dividir a amplitude dos dados em intervalos, que são geralmente chamados de intervalos de classe, células ou caixas. É necessário selecionar o número de classes, de modo que fique bem visível. O número de classes depende do número de observações e da quantidade de dispersão dos dados. Um histograma que use muito poucas ou muitas classes não será informativo.

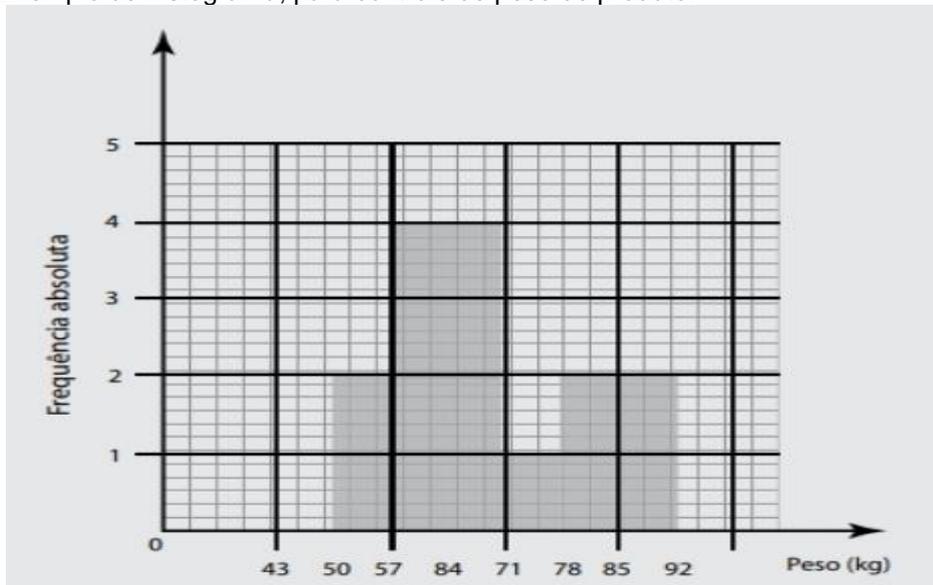
De acordo com Oliveira (2015), o histograma fornece uma imagem da variável em determinado instante. Através de histogramas é possível fazer inferências a respeito da natureza do processo que os originou e de suas possíveis perdas. A Figura

8, representa o exemplo genérico de um histograma, onde está sendo controlado o peso de um produto. O autor define as etapas para a construção do histograma como:

- Coletar os dados e ordená-los sequencialmente;
- Escolher o número de classes e determinar o tamanho da classe;
- Determinar os valores extremos para cada classe;
- Contar e registrar o número de elementos em cada classe;
- Construir o diagrama de barras.

Um exemplo de histograma pode ser verificado na Figura 8, onde traz um gráfico relacionando controle de peso de produto.

Figura 8 – Exemplo de histograma, para controle de peso de produto.



Fonte: Oliveira, 2015.

Segundo o mesmo autor, os resultados da aplicação desta ferramenta, de acordo com o mesmo autor, possibilitam a exibição de uma grande quantidade de dados, difíceis de serem interpretados em forma de tabelas, e ainda, mostram a frequência relativa da ocorrência de vários valores e dados, revelando a tendência central, variação e forma dos dados, de forma clara e ilustrativa.

#### 2.3.2.6 Diagrama de Dispersão

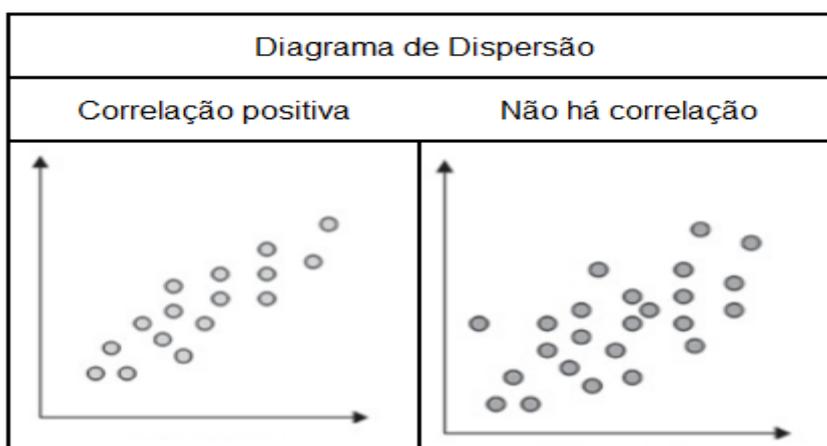
O diagrama de dispersão é um gráfico onde pode-se verificar tipo de relacionamento entre duas variáveis, através dele, é possível identificar se existe uma

tendência de variação conjunta (correlação) entre duas ou mais variáveis. O conhecimento dessa tendência de variação contribui para aumentar a eficiência dos métodos de controle do processo facilitando a identificação de possíveis problemas e contribui para o planejamento de ações que permitem o estudo e compreensão de alguma dessas relações (WERKEMA, 2006).

Segundo Ballesterro-Alvarez (2019) o gráfico, ou diagrama de dispersão, é utilizado para mostrar relações entre dois conjuntos de dados associados que ocorrem em pares. As relações entre os conjuntos de dados são deduzidas através do formato de nuvens de pontos que se formam. Os gráficos podem apresentar diversas formas, de acordo com a relação existente entre os dados. Normalmente, os gráficos de dispersão são utilizados para comparar dados agregados por categorias.

De acordo com Lobo (2010), o diagrama de dispersão é utilizado para estudar a possível relação entre duas variáveis, onde permite identificar uma possível relação entre causa e efeito. Isso não prova que uma variável afete a outra, mas torna claro se a relação existe e em qual intensidade. O diagrama é construído de forma que o eixo horizontal represente os valores medidos de uma variável e o eixo vertical represente as medições da segunda variável. A Figura 9, representa o exemplo de dois diagramas de dispersão.

Figura 9 – Exemplo de diagramas de dispersão



Fonte: Adaptado de Lobo, 2015.

De acordo com o mesmo autor, no primeiro gráfico pode-se verificar que o aumento de Y depende de do aumento em X, ou seja, se X é controlado, Y está naturalmente

controlado. Já no segundo gráfico, pode-se verificar que uma variável não depende da outra, pois elas não se correlacionam.

### 2.3.2.7 Gráficos de controle

Um gráfico de controle é uma das técnicas principais do controle estatístico do processo (CEP). A Figura 10, mostra um gráfico de controle, onde pode-se verificar as médias das medidas de uma característica da qualidade em amostras do processo versus tempo (ou o número da amostra). O gráfico tem uma linha central (LC) e limites superior e inferior de controle. A linha central representa onde essa característica do processo deveria estar caso não houvesse variabilidade (MONTGOMERY, 2016).

Figura 10 – Esboço de gráfico de controle



Fonte: Montgomery, 2016.

Montgomery (2016), relata que o gráfico de controle é uma técnica de monitoramento do processo muito importante, pois quando fontes não usuais de variabilidade estão presentes, as médias amostrais são marcadas fora dos limites de controle. E nestes casos isto é um sinal de que há necessidade de investigação do processo para que alguma ação corretiva seja tomada, removendo as fontes não usuais de variabilidade. A utilização sistemática do gráfico de controle é uma excelente metodologia para redução de variabilidade.

De acordo com Ballesterro-Alvarez (2019), o gráfico de controle é uma ferramenta visual, estatística, utilizada para avaliar a estabilidade ou as flutuações de um processo, distinguindo as variações decorrentes de causas especiais das variações casuais inerentes ao processo. As variações casuais repetem-se aleatoriamente dentro de limites previsíveis. As variações decorrentes de causas

especiais necessitam de tratamento especial. É necessário, identificar, investigar e colocar sob controle alguns fatores que afetam o processo.

### 2.3.3 Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA)

De acordo com Montgomery (2016) a metodologia de análise de modos e efeitos de falha (FMEA) é uma ferramenta muito útil durante a fase de análise. O FMEA é utilizado para hierarquizar as diferentes fontes potenciais de variabilidade, falhas, erros ou defeitos em um produto ou processo em relação a três critérios, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de pontuações: Severidade x Ocorrência x Detecção do FMEA

<b>Critérios de Avaliação do NPR</b>			
Pontos /Critérios	Severidade	Ocorrência	Detecção
1	Mínima - Nenhum efeito perceptível.	Muito baixa - a falha é eliminada através do controle preventivo.	Praticamente certa
2	Pequena - Problemas na aparência ou ruído audível, não afetou funcional do componente. Percebido por clientes observadores.	Baixa ≤ 1 por 1.000.000	Muito Alta
3	Moderada - Problemas na aparência ou ruído audível, não afetou funcional do componente. Percebido por muitos clientes.	Baixa 1 por 100.000	Alta
4	Alta - Problemas na aparência ou ruído audível, não afetou funcional do componente. Percebido pela maioria dos clientes.	Moderada 1 por 10.000	Moderadamente alta
5	Degradação da função secundária - componente operando, porém diminuiu os níveis de conforto.	Moderada 1 por 2.000	Moderadamente alta
6	Perda total das funções secundárias.	Moderada 1 por 500	Baixa
7	Degradação das funções primárias.	Alta 1 por 100	Muito baixa
8	Perda total das funções primárias.	Alta 1 por 50	Remota
9	Compromete a segurança e envolve não conformidade governamental, com aviso prévio.	Alta 1 por 20	Muito Remota
10	Compromete a segurança e envolve não conformidade governamental, sem aviso prévio.	Muito Alta 1 por 10	Praticamente impossível

Fonte: Adaptado de Montgomery, 2016.

As pontuações obtidas para cada fonte potencial de variabilidade, falha, erro ou defeito, são multiplicadas entre si para a obtenção de um número de prioridade de risco (NPR). No caso das fontes de variabilidade ou falhas com os mais altos valores de NPR deve-se focar em melhorar ou replanejar aquela determinada situação, tomando-se ações para as mesmas, as quais serão posteriormente registradas (MONTGOMERY, 2016).

De acordo com Carpinetti (2016), o FMEA é um método utilizado no desenvolvimento de produto e processo para o progresso de ações de melhoria, e tem por objetivo minimizar ou eliminar as falhas consideradas mais críticas. Pode ser aplicado tanto na melhoria de produto como de processo. Em caso de novos produtos ou processos, o FMEA pode ser utilizado para desenvolver ações que objetivam minimizar a chance de ocorrência de uma falha potencial. Assim, o método FMEA, quando aplicado a produto ou processo, foca no desenvolvimento de possíveis ações de melhoria, corretivas/preventivas, a partir da determinação dos aspectos a seguir de acordo com Carpinetti(2016):

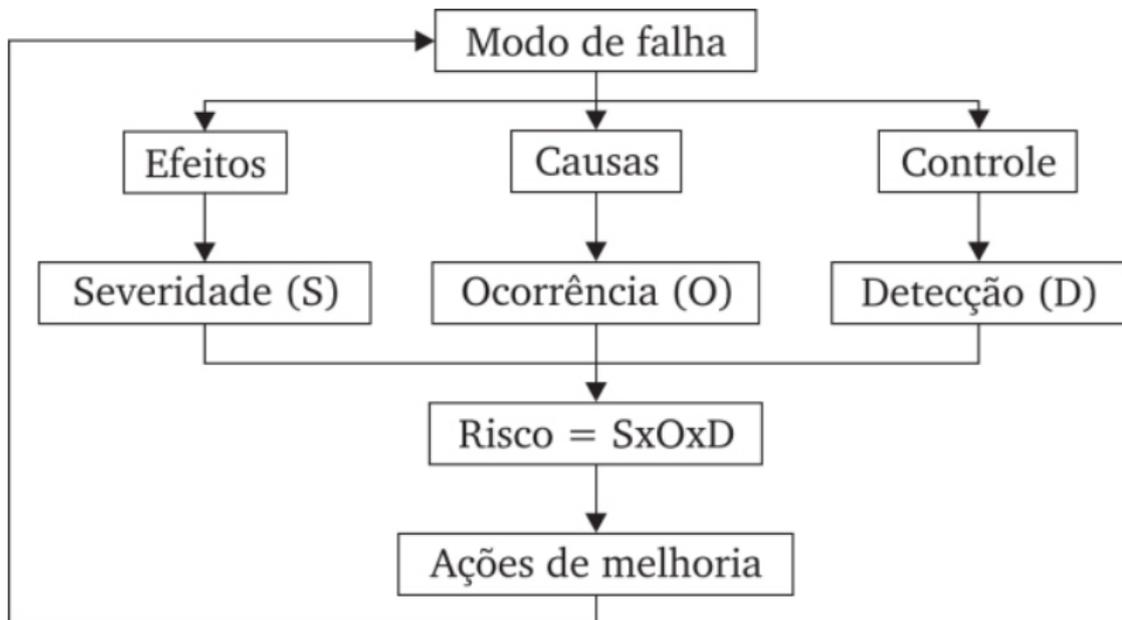
- Todos os possíveis modos de falhas;
- Os efeitos de cada um dos modos de falha, sobre o desempenho do produto ou processo;
- As causas dos modos de falhas.

A partir dessa análise, a priorização para a tomada de ações para a eliminação/minimização de falhas é feita com base nos seguintes critérios, de acordo com Carpinetti(2016):

- Severidade do efeito: qual é a gravidade do efeito da falha no cliente;
- Ocorrência da falha: qual a frequência de ocorrência da falha;
- Detecção da falha: qual a chance de se detectar a ocorrência da falha antes que ela gere o efeito indesejável no cliente.

De acordo com o mesmo autor, é a partir da quantificação do risco baseado na combinação desses três fatores (severidade, ocorrência e detecção) as ações são priorizadas e implementadas. A Figura 11 ilustra o processo do FMEA.

Figura 11 – Processo do FMEA



Fonte: Carpinetti, 2016.

Para Oliveira (2015), o FMEA é uma ferramenta que possui a finalidade de evitar, por meio da análise de falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, a ocorrência de erros no projeto do produto e do processo. Em outros termos, seu objetivo é identificar, definir, priorizar e reduzir os potenciais de falhas o mais cedo possível, diminuindo as chances de sua ocorrência tanto nos clientes internos como externos.

Oliveira (2015), cita ainda que o FMEA é utilizado para reduzir falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. E pode ser aplicada tanto no desenvolvimento do projeto do produto como no projeto do processo. As etapas e a forma de realização da análise são os mesmos, diferenciando-se somente quanto ao objetivo. Desta forma, as análises FMEA, de acordo com Oliveira(2015), podem ser divididas em dois tipos principais:

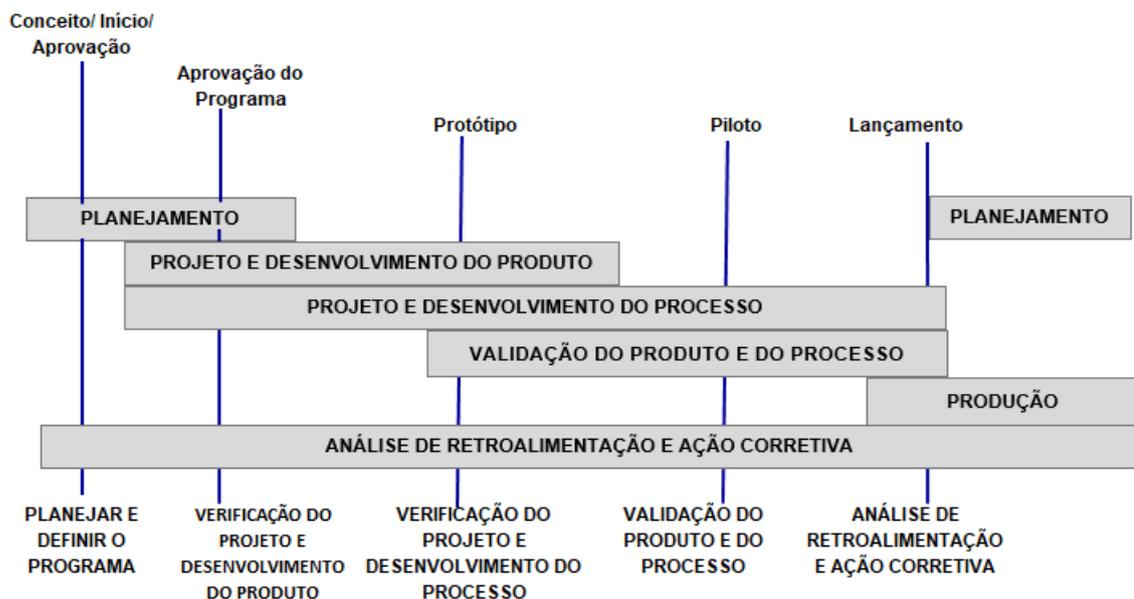
- FMEA de produto, onde são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. Tem como objetivo, evitar falhas no produto ou no processo decorrentes do projeto. Pode ser também chamada de FMEA de projeto;

- FMEA de processo, que é onde se considera as falhas no planejamento e execução do processo, isto é, o objetivo dessa análise é evitar problemas no processo, tomando como base as não conformidades do produto em relação as especificações do projeto.

## 2.4 APQP

De acordo com o manual de qualidade da Ford Motor Company (2003), o Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP) é um método estruturado para definir e executar as ações necessárias, a fim de garantir que um produto satisfaça os requisitos estabelecidos pelo cliente. O APQP é controlado pelo próprio programa e pelo fornecedor, e neste planejamento são exigidas todas as demandas de manufatura de sistema, subsistema e componentes. A Figura 12, ilustra as etapas do cronograma do APQP.

Figura 12 – Etapas do cronograma do APQP



Fonte: MAE, 1994.

Segundo Rocha (2009), o objetivo principal do APQP é estabelecer uma série de atividades que precisam ser cumpridas em determinadas fases durante o desenvolvimento do produto ou do processo, onde deve ser criado um relatório em

determinados períodos descrevendo as conformidades ou não conformidades dentro do cumprimento de cada etapa.

De acordo com Pimenta (2009), o APQP é um manual específico de referência para desenvolvimentos de produtos da indústria automobilística, e está inserido na Norma ISO/TS 16:949:2002. A metodologia APQP foi criada a partir do ciclo PDCA, e objetiva auxiliar na estabilização do processo. E dentre inúmeras definições do APQP, a autora descreve como um método estruturado o qual direciona as tomadas de decisões dos líderes e também dos demais participantes do projeto.

Segundo MAE (1994), a meta do planejamento da qualidade do produto é facilitar a comunicação entre toda a equipe envolvida com o projeto, e assegurar que todas as tarefas sejam executadas dentro do prazo. O manual cita ainda, algumas das vantagens do planejamento da qualidade do produto, onde destacam-se principalmente em:

- Direcionamento de recursos para promover a satisfação do cliente;
- Possibilidade de identificação antecipada de alterações necessárias;
- Diminuição da necessidade de alterações de projeto de última hora; e
- Permite a empresa oferecer um produto de qualidade, dentro do prazo, a um custo mais baixo.

De acordo com Silva (2007), a equipe de envolvidos e o cronograma devem ser definidos levando em consideração as cinco fases do APQP, o qual está dividido em 23 etapas. Nestas etapas estão identificadas as principais ferramentas utilizadas no sistema de gestão dos dados. Sendo estes os dados geradores das informações que irão compor os resultados de acordo com o andamento do projeto, reconhecidos em seus indicadores de desempenho.

MAE (1994), aponta que é necessário definir uma equipe multifuncional responsável pelo projeto, envolvendo pelo menos um representante para cada área, desde compras, engenharia, manufatura, vendas, subcontratados, assistência técnica e também é importante definir o responsável no cliente, que será a pessoa de contato para eventuais situações. Após definição da equipe, a mesma deve se reunir para definição de alguns critérios importantes, tais como:

- Escolha de um líder da equipe de projeto, para que faça o monitoramento dos processos do planejamento da qualidade;
- Estabelecer funções e responsabilidades para cada área;

- Identificar clientes externos e internos;
- Definir e analisar as exigências do cliente;
- Compreender as necessidades específicas do cliente para/com o projeto;
- Avaliar a viabilidade do projeto em relação a exigências do cliente;
- Identificar custos, cronograma e restrições de projeto a serem consideradas;
- Identificar documentações exigidas.

De acordo com o MFA (2003), o primeiro passo do APQP é designar responsabilidades a uma equipe multifuncional, envolvendo todas as áreas da empresa.

O cronograma geralmente é subdividido em três escalas de prioridades para simplificar a gestão. O status “Green-Yellow-Red” (Verde-Amarelo-Vermelho) representa o avanço em relação ao término do projeto, faz a comparação das datas do cronograma e evidencia a eficácia do resultado. O Quadro 1 ilustra a gestão da avaliação de riscos em relação ao cumprimento do cronograma, indicando o status de cada área e os seus resultados, e verificando a necessidade de retificação do planejamento (APQP FORD, 2003).

Quadro 2 – Avaliação de risco/status para fabricação de um produto

<b>Avaliação de Riscos/Status</b>		
<b>Risco</b>	<b>Cor</b>	<b>Definição</b>
Alto	Vermelho	As datas de entrega, ou produto a entregar estão em risco. Um plano de trabalho de recuperação não está disponível ou implementado ou o plano não alcança os objetivos do programa.
Moderado	Amarelo	As datas de entrega ou produtos a entregar estão em risco, mas um plano de trabalho de recuperação com recursos foi desenvolvido para atingir os objetivos do programa e foi aprovado pela gerência da equipe.
Nenhum	Verde	As datas de entrega e os produtos a entregar estão localizados e atendem os objetivos.

Fonte: Adaptado MFA, 2003.

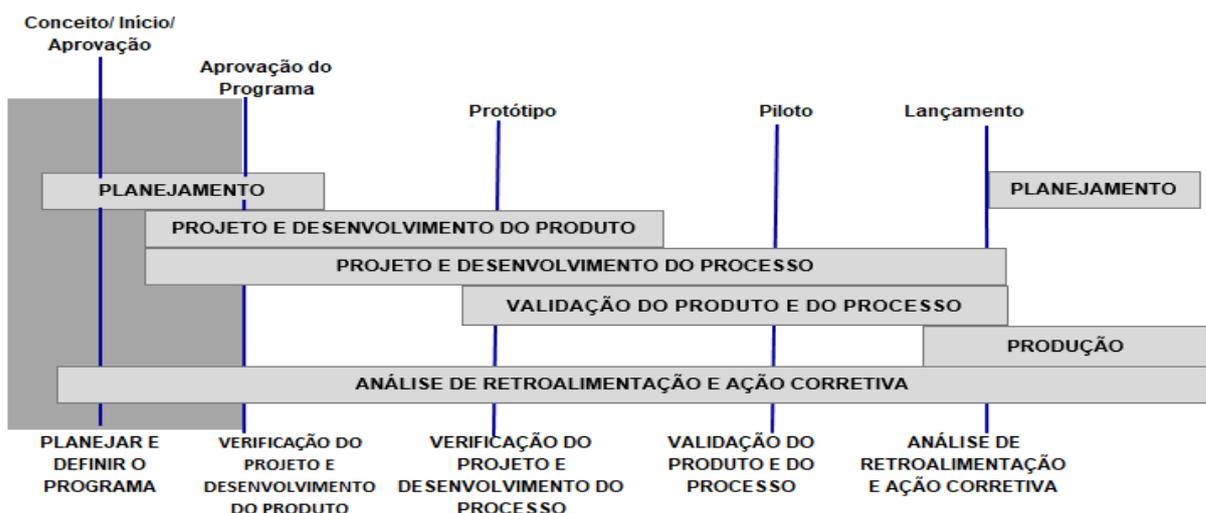
## 2.4.1 Conceituação sobre as fases do APQP e suas etapas

De acordo com MAE (1994), o APQP é composto por 5 fases distintas do processo de análise e projeções de resultados. Essas fases vão evoluindo conforme a anterior vai sendo finalizada, ou seja, primeiro é realizado uma análise de todos os elementos da primeira fase e após finalizar esta, é então iniciada a avaliação dos itens da segunda e assim consecutivamente.

### 2.4.1.1 Fase 1: planejar e definir o trabalho

A fase de planejamento do plano de qualidade é a fase inicial do processo e prevê a garantia da compreensão das necessidades e expectativas dos clientes, para que ao final do processo, as mesmas sejam atendidas. Para a melhor compreensão das necessidades do cliente, é necessário ter conhecimento sobre algumas informações tanto do processo como do produto, alguns dados relacionados aos mesmos e entender a nível macro o que o cliente espera deste produto em questão. A Figura 13 identifica todas as fases do APQP, e ilustra quais processos do cronograma a 1ª fase compõem (MAE, 1994).

Figura 33 – Ilustração da 1ª fase no cronograma do APQP



Fonte: Adaptado de MAE, 1994.

Esta primeira fase, destaca-se principalmente pelo planejamento do programa da qualidade, iniciando com o recebimento da documentação do cliente, até a fase de aprovação de orçamentos, conforme pode ser verificado na Figura 13. O Quadro 2,

destaca as principais entradas(*inputs*) e saídas(*outputs*) desta 1ª fase do processo de planejamento da qualidade do produto, sendo que as saídas desta primeira fase irão compor as entradas da segunda fase.

Quadro 2 – Entradas e saídas da 1ª fase do APQP

INPUTS	OUTPUTS
Voz do cliente.	Objetivos do Projeto.
Plano de Negócios/ Estratégias de "Marketing".	Metas de Confiabilidade e de Qualidade.
Dados de Benchmark do Produto e do Processo.	Lista Preliminar de Materiais.
Premissas do Produto/ Processo.	Fluxograma preliminar do Processo.
Estudos sobre a Confiabilidade do Produto.	Lista Preliminar de Características Especiais do Produto e do Processo.
Inputs do Cliente.	Plano de Garantia do Produto.
-	Suporte da Gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Conforme detalhado no Quadro 2, as principais entradas(*inputs*) e saídas(*outputs*) da primeira fase com base no MAE(1994), são descritas e ponderadas:

- Voz do cliente (VOC): refere-se a informações de clientes, sejam eles internos ou externos, e as formas de obtenção destas informações podem ser através de pesquisa de mercado, de históricos de garantia e qualidade, ou até mesmo pela experiência da equipe;
- Plano de negócios/Estratégias de *marketing*: o plano de negócios contém informações sobre o projeto (tempo, custo, investimento, etc.) e irá direcionar o plano de qualidade do produto. Estratégias de marketing tem como objetivo definir o cliente-objetivo, qual será o público alvo e quais os concorrentes;
- Dados de *benchmark* de produto e processo: consiste na identificação das melhores práticas para desenvolvimento do projeto. O *benchmark* é definido e a partir disso deve-se propor um objetivo de desempenho para o produto, com base nas informações já coletadas. Nesta fase são definidos os meios para se atingir ou até superar o *benchmark* analisado;
- Premissas do produto e processo: é a definição das principais características do produto, e dados técnicos que compõem o mesmo. Essas informações devem ser consideradas no decorrer do desenvolvimento do projeto do produto;

- Estudos sobre a confiabilidade do produto: esta etapa verifica históricos de manutenção e substituição de componentes, avaliando qual a frequência dessas ocorrências, e também resultados de testes de confiabilidade do produto;
- *Inputs* do cliente: utilizar experiências anteriores do cliente, para este novo desenvolvimento, como forma de melhorar a qualidade do produto e atender às expectativas do cliente em relação ao produto;
- Objetivos de projeto: neste tópico, deve-se avaliar o que foi definido na voz do cliente, e traduzir isso para objetivos mensuráveis. É importante a real compreensão das necessidades do cliente, para que os objetivos sejam definidos de forma clara e que realmente atendam as expectativas do cliente;
- Metas de confiabilidade e de qualidade: as metas de confiabilidade devem ser estabelecidas com base nas expectativas e necessidades dos clientes, e também com base no *benchmark*. O *benchmark* juntamente com os objetivos do programa tem como propósito garantir o cumprimento das expectativas do cliente, dentro do plano de qualidade e garantia de produto;
- Lista Preliminar de materiais: os materiais utilizados no projeto devem ser definidos com base nas premissas do produto/processo. A definição dessa lista de materiais, auxilia no mapeamento de fornecedores e das dificuldades de fornecimento de algum item subcontratado;
- Fluxograma preliminar do processo: o fluxograma preliminar de processo, deve ser desenhado com base nas premissas de produto e de processo e também com base na lista de materiais necessários para o projeto;
- Lista preliminar de características especiais: a lista de características especiais deve ser definida levando em consideração as premissas do produto, em normas relacionadas e requisitos de clientes, nas metas e requisitos de qualidade e confiabilidade e em FMEA's de itens similares;
- Plano de garantia do produto: o plano de garantia deve ser desenvolvido de forma que atenda às necessidades e expectativas dos clientes. Ele tem a função de traduzir, os objetivos em requisitos de projetos. É uma parte significativa do plano de qualidade, portanto é de extrema importância considerar requisitos de engenharia e de processo, bem como, análise do FMEA para que o plano de garantia possa atender de fato as necessidades do cliente;

- Suporte da gerência: para o sucesso do plano de qualidade, é de extrema importância a participação e suporte dos gestores. As reuniões de planejamento da qualidade do produto, devem ser realizadas junto dos gestores, e os mesmos devem ser informados ao final de cada etapa realizada. Desta forma também, destaca-se a importância de documentar as etapas realizadas, para facilitar a demonstração de dados quando necessário.

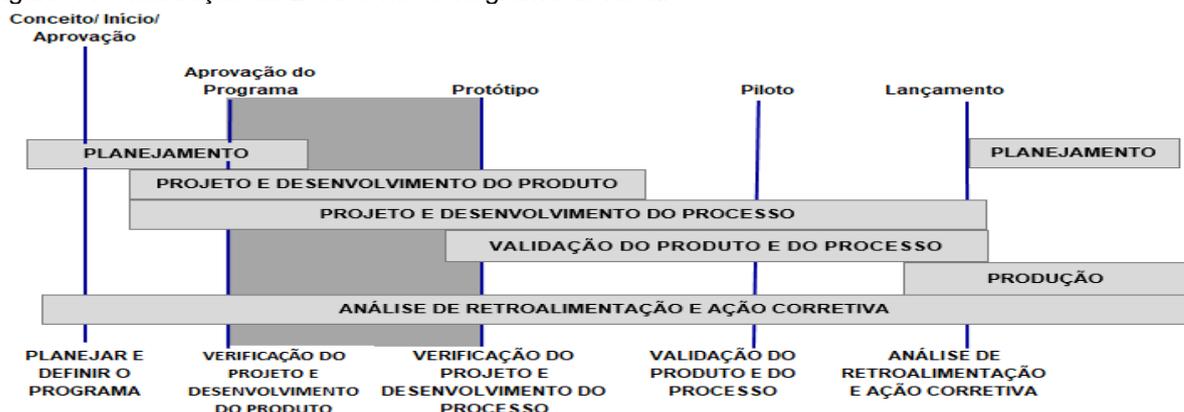
#### 2.4.1.2 Fase 2: projeto e desenvolvimento do produto

A fase de projeto e desenvolvimento do produto aborda elementos do processo de planejamento e ao final desta fase, são desenvolvidas as características específicas do projeto, e neste sentido, destaca-se a importância de considerar nesta fase, todos os fatores de projeto, conforme ilustração na Figura 14, onde pode-se verificar as principais etapas abordadas (MAE, 1994).

MAE (1994), aponta que as etapas que constituem esta fase incluem a construção do protótipo, para avaliar se o produto atende os objetivos determinados pelo cliente, conforme verificado na etapa da Voz do cliente. Nesta fase também, é necessário verificar volumes e programação da produção, e avaliar a viabilidade relacionada a engenharia, a custos e ao atendimento da demanda.

A fase 2 do APQP, tem como objetivo principal, garantir uma ampla revisão crítica dos requisitos da engenharia, bem como, demais informações técnicas, e realizar mais uma análise referente a possíveis problemas de manufatura que poderão ocorrer durante o processo de produção MAE (1994).

Figura 44 – Ilustração da 2ª fase no cronograma do APQP



Fonte: Adaptado de MAE, 1994.

Tendo em vista que a fase 2 inicia após aprovação do programa de qualidade do produto, as entradas(*inputs*) da 2ª fase, estão relacionadas com as características do produto e serão as mesmas que as saídas da fase 1, de acordo com o exposto no Quadro 3.

Quadro 3 – Entradas da 1ª fase do APQP

<b>INPUTS</b>
Objetivos de Projeto.
Metas de Confiabilidade e Qualidade.
Lista Preliminar de Materiais.
Fluxograma Preliminar do processo.
Lista preliminar de características especiais do produto e do processo.
Plano de Garantia do Produto.
Suporte da Gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

As saídas(*outputs*) desta 2ª fase podem ser divididas em duas etapas, sendo a primeira etapa referente às atividades dos responsáveis pelo projeto, conforme Quadro 4, e a segunda etapa através da equipe de planejamento da qualidade do produto, conforme Quadro 5 (MAE, 1994).

Quadro 4 – Saídas por atividades responsáveis pelo projeto, relacionadas 2ª fase do APQP

<b>"OUTPUTS" POR ATIVIDADE RESPONSÁVEL PELO PROJETO</b>
Análise de modo e efeitos de falha de Projeto(DFMEA).
Projetos para manufaturabilidade e montagem.
Verificação do Projeto.
Análises críticas de Projeto.
Construção de Protótipo - Plano de Controle.
Desenhos da Engenharia.
Especificações da Engenharia.
Especificações de Material.
Alterações de desenhos e especificações.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Levando em consideração que esta segunda fase abrange principalmente aspectos voltados ao desenvolvimento do projeto, as saídas estão voltadas para este

processo. Desta forma, o Quadro 4 aponta documentos de análise de especificações e cotas críticas relacionadas ao produto conforme detalhamento dos responsáveis de processo e da engenharia, já o Quadro 5 aponta necessidades relacionadas aos responsáveis da qualidade, pois considera formas de controle das cotas e equipamentos necessários para estas medições (MAE, 1994).

Quadro 5 – Saídas por equipe relacionadas a 2ª fase do APQP

<b>"OUTPUTS" POR EQUIPE DE PLANEJAMENTO DA QUALIDADE DO PRODUTO</b>
Requisitos para novos equipamentos.
Características especiais de produto e de processo.
Requisitos para dimensional e testes.
Comprometimento de Viabilidade da equipe e Suporte da gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Conforme evidenciadas as entradas e saídas desta 2ª fase do processo de desenvolvimento nos Quadros 3, 4 e 5, são listados os principais conceitos que estão relacionados às 2 etapas das saídas do cronograma de acordo com MAE (1994):

- **Análise de modo e efeito de falha de projeto (DFMEA):** é um método analítico de avaliação de probabilidade de falhas seus efeitos, através do número de prioridade de risco (NPR). Trata-se de um documento vivo que acompanha o desenvolvimento do projeto do produto, e pode sofrer alterações de acordo com as necessidades e expectativas dos clientes. No DFMEA são analisadas todas as especificações e características do produto, para prever possíveis falhas e tratá-las antes mesmo que ocorram. O NPR possibilita tratativas de melhoria contínua, e elenca ações mais urgentes e importantes;
- **Projeto para manufaturabilidade e montagem:** trata-se de um processo da engenharia simultânea, para otimizar a relação entre a função do projeto, a manufaturabilidade e a engenharia de montagem. Não existe uma metodologia formal para definição desta etapa, a equipe vai definir a forma de gerenciamento das necessidades, conforme os requisitos de projeto. Para esta etapa é importante considerar tolerâncias dimensionais do produto, requisitos de desempenho, ajustes de processo, manuseio de material, e ainda levar em consideração normas governamentais que em alguns casos pode ser necessário;

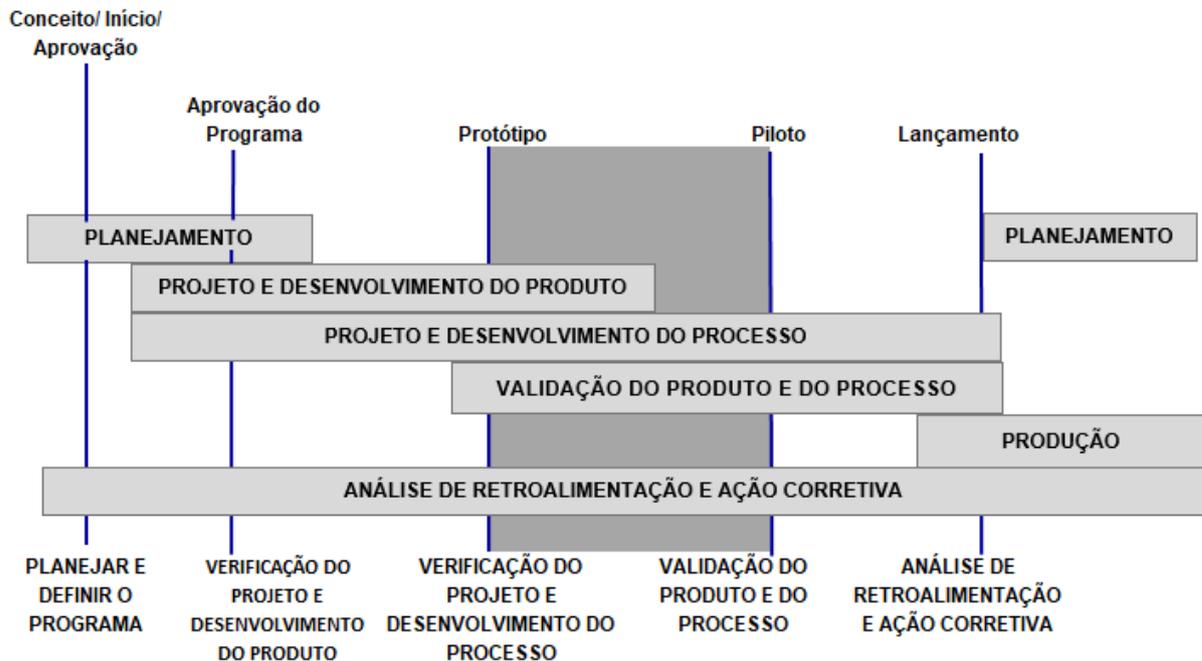
- Verificação do projeto: nesta etapa é realizada uma avaliação do produto desenvolvido, analisando se o que já foi feito atende aos requisitos definidos no projeto e às necessidades e expectativas dos clientes;
- Análises críticas do projeto: tratam-se de reuniões regulares planejadas com a equipe responsável pelo projeto, e tem como objetivo o alinhamento das informações, para que não ocorra falhas de comunicação no decorrer do desenvolvimento e para acompanhamento do progresso do projeto. A análise crítica pode ser realizada através de verificações referentes aos requisitos do projeto e suas funcionalidades, através de testes e simulações, e também pelo próprio DFMEA;
- Construção do protótipo - plano de controle: é um método para estabelecer critérios de controle das características do produto. A função do plano de controle é garantir que o produto desenvolvido vai atender aos requisitos definidos pelo cliente, e que o processo vai estar sempre controlado e em acompanhamento. Importante salientar que é necessário um histórico de acompanhamento das características definidas no plano de controle;
- Desenhos da engenharia: são o esboço do projeto e devem conter o maior número de informações possíveis. Todo desenho, sendo ele do cliente ou do fornecedor, precisa ser revisado, analisando todas as cotas, ângulos e comentários para que no decorrer do desenvolvimento não fique nenhuma dúvida referente ao mesmo. É importante avaliar se as informações do desenho são suficientes para montar um “*layout*” dimensional das peças;
- Especificações da engenharia: esta etapa trata dos detalhes técnicos e dos tipos de testes necessários para o projeto. Determina a quantidade do lote de amostra necessário para validação do processo e também, a frequência de verificações, bem como, os seus critérios de aceitação;
- Especificações de material: o plano de controle deve contemplar as especificações de material, onde é importante citar características de composição, manuseio e estocagem de acordo com o tipo de cada material, evitando a utilização trocada;
- Alterações de desenho e especificações: toda e qualquer alteração de desenho, deve ser imediatamente documentada e comunicada ao cliente, ao passo que, todos os integrantes da equipe responsáveis pelo projeto sejam comunicados, bem como, os responsáveis de cada processo;

- Requisitos para novos equipamentos, ferramental e instalações: se houver a necessidade de novos equipamentos e/ou ferramental, os mesmos deverão ser entregues e instalados dentro do período estipulado no cronograma, garantindo total funcionalidade e qualidade para utilização;
- Características especiais do produto e processo: estas podem ser identificadas já na etapa VOC, onde todos os requisitos de projeto são avaliados. Nesta etapa é importante garantir que a equipe de desenvolvimento tem posse dessas características especiais e que as mesmas foram devidamente registradas;
- Requisitos para meios de medição/equipamentos de testes: nesta etapa é verificado se os equipamentos necessários para medição do produto desenvolvido são o suficiente, ou se é necessário comprar mais algum equipamento. Lembrando que caso houver necessidade de compra, o mesmo precisa ser entregue devidamente calibrado dentro do período estipulado em cronograma;
- Comprometimento de viabilidade da equipe e suporte da gerência: nesta etapa avalia-se de forma mais detalhada, a viabilidade do projeto. A equipe de desenvolvimento do projeto deve garantir que o produto pode ser manufaturado, montado, embalado e entregue na quantidade certa e no tempo certo, a um custo aceitável pelo cliente. Essa análise de viabilidade precisa ser documentada e assinada pelos responsáveis para que fique o registro caso houver necessidade de revisão.

#### **2.4.1.3 Fase 3: projeto e desenvolvimento do processo**

De acordo com MAE (1994), a terceira fase do APQP trata dos requisitos necessários para a garantia da qualidade dos produtos, através do desenvolvimento do sistema de manufatura e seus respectivos controles. As etapas desta fase do APQP, dependem do cumprimento e atendimento aos requisitos da fase anterior, visto que o objetivo da terceira fase é garantir o desenvolvimento completo de um sistema de manufatura, o qual deverá atender requisitos do projeto, necessidades e expectativas do cliente. Conforme Figura 15, esta terceira fase abrangem todo o período compreendido entre o desenvolvimento do protótipo e o início da validação do mesmo.

Figura 55 – Ilustração da 3ª fase no cronograma do APQP



**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Considerando a abrangência desta terceira fase, as entradas(inputs) para a mesma compreendem as saídas da fase anterior pois estão relacionadas diretamente ao desenvolvimento do protótipo, conforme Quadro 6 (MAE, 1994).

Quadro 6 – Entradas da 3ª fase do APQP

INPUTS
Análise de modo e efeitos de falha de Projeto(DFMEA).
Projetos para manufaturabilidade e montagem.
Verificação do Projeto.
Análises críticas de Projeto.
Construção de Protótipo - Plano de Controle.
Desenhos da Engenharia.
Especificações da Engenharia.
Especificações de Material.
Alterações de desenhos e especificações.
Requisitos para novos equipamentos, Ferramental e Instalações.
Características especiais do produto e do processo.
Requisitos para meios de medição e equipamentos de teste.
Comprometimento de viabilidade pela equipe e suporte da gerência .

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Tendo em vista as entradas desta terceira fase e as etapas que a mesma abrange, as saídas(outputs) estão diretamente ligadas à validação do protótipo, conforme Quadro 7 (MAE, 1994).

Quadro 7 – Saídas da 3ª fase do APQP

<b>OUTPUTS</b>
Padrões de Embalagem.
Análise Crítica do sistema da qualidade do produto e do processo.
Fluxograma do processo.
Layout das instalações.
Matriz de características.
PFMEA.
Plano de controle de Pré-Lançamento.
Instruções do Processo.
Plano de análise dos sistemas de medição.
Especificações de Embalagem.
Suporte da Gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Conforme detalhamento das particularidades das entradas e saídas provenientes da 3ª fase, serão descritos abaixo os principais conceitos relacionados as saídas desta fase do cronograma, de acordo com (MAE, 1994).:

- Padrões de embalagem: na maioria das vezes o cliente define o padrão de embalagem conforme sua preferência, e se não houver, o fornecedor poderá fazer um projeto de embalagem e este deverá garantir a integridade do produto até a hora do uso;
- Análise crítica do sistema de qualidade do produto/processo: nesta etapa o plano de controle já está definido, e então é necessário avaliar o processo e identificar se houveram alterações após a elaboração do plano de controle, e caso houve qualquer tipo de alteração do processo, estas deverão ser contempladas no plano. Nesta fase, pode-se então trabalhar para melhorias e otimização de custos;
- Fluxograma do processo: é a representação do fluxo atual do processo em forma de esquemas. Pode ser utilizado para analisar as fontes de variação das máquinas, materiais, métodos e mão-de-obra do início ao fim do processo, e também para dimensionar o impacto das fontes de variação sobre o processo;

- Layout das instalações: é imprescindível a avaliação crítica do layout das instalações, para certificar-se de que todos os métodos de inspeção estão dispostos nos locais adequados, e prontos para utilização. Garantindo que o as medições do processo ocorram corretamente conforme estabelecido no plano de controle;
- Matriz de características: é uma técnica utilizada para mostrar a correlação entre os parâmetros definidos do processo e as células de manufatura.
- Análise de modo e efeito de falhas do processo (PFMEA): o PFMEA é uma ferramenta utilizada para análise dos modos e efeitos de falhas durante o processo de manufatura. Para cada modo de falha e seu respectivo efeito, é atribuído um NPRs, o qual possibilita definir qual falha deve ser tratada primeiro, ou seja, qual oferece mais risco para o projeto;
- Plano de controle de pré-lançamento: trata-se das descrições das medições dimensionais, de material e de testes funcionais que ocorrem após a fabricação do protótipo e antes da produção em série. O plano de controle de pré-lançamento tem como objetivo, conter problemas e não conformidades no processo antes de iniciar a produção inicial;
- Instruções do processo: devem ser completas e fornecer detalhes suficientes para orientação de todo o pessoal de processo. Importante que as instruções sejam claras e de fácil entendimento por parte dos operadores, e que contenham parâmetros do processo. Para criação destes documentos, é relevante levar em consideração o PFMEA, plano de controle, fluxograma, e informações relevantes do processo;
- Plano de análise do sistema de medição: A equipe de planejamento da qualidade do produto deve garantir que seja criado um plano para acompanhamento e análise das medições do processo. Este plano deve conter a inspeção dos instrumentos de medição, garantindo que estão corretamente calibrados para não provocar alterações de resultados;
- Plano de estudo preliminar da capacidade do processo: é importante a verificação da capacidade do processo, para identificar causas comuns e especiais de variação, permitindo acompanhamento e estabilidade para o mesmo;
- Especificações de embalagem: nesta etapa é desenvolvida uma embalagem individual para o produto. Para desenvolvimento da mesma é importante considerar os critérios do cliente, normas de proteção (quando houver), e o custo

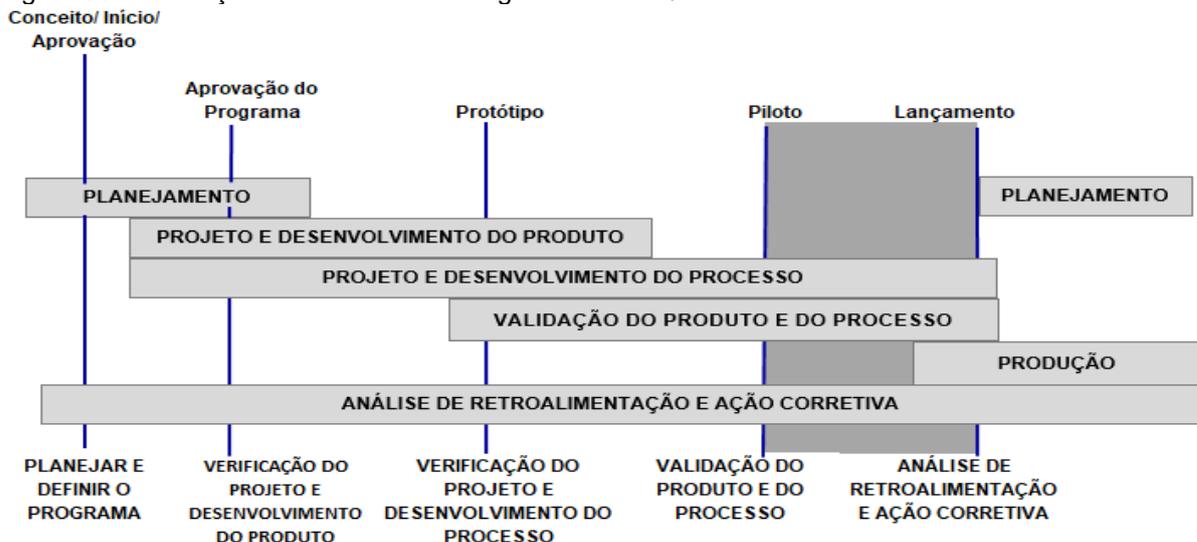
detalhado no orçamento, na primeira etapa. É vital que a embalagem proteja o produto, de forma que o desempenho do mesmo não seja afetado devido a transporte e alocação;

- Suporte da Gerência: é importante que a equipe de planejamento da qualidade do produto, realize uma análise crítica forma do desenvolvimento do projeto até esta etapa, para assegurar o comprometimento da gerência na conclusão do desenvolvimento do projeto. Esta análise tem por objetivo, manter a gerência informada sobre a situação atual do programa.

#### 2.4.1.4 Fase 4: validação do produto e processo

A penúltima fase do cronograma, aborda os principais requisitos para a validação do projeto, onde é realizada uma corrida piloto de produção, para posterior análise. Durante uma corrida piloto de produção, a equipe responsável pelo projeto deve certificar-se de que o fluxograma especificado e o plano de controle definido estão sendo seguidos, e desta forma, verificar se os produtos atendem aos requisitos solicitados pelo cliente. Variações de processo já devem ser identificadas nesta fase, para que ações sejam tomadas antes mesmo de iniciar a produção efetiva. A Figura 16, ilustra o andamento da 4ª fase do projeto, onde abrange as etapas compreendidas entre a validação do protótipo e a aprovação do produto para envio ao cliente MAE (1994).

Figura 66 – Ilustração da 4ª fase no cronograma do APQP



Fonte: Adaptado de MAE, 1994.

Considerando que a quarta fase, está voltada ao para a validação do produto e do processo de manufatura, as entradas(*inputs*) desta quarta fase relacionam-se principalmente com as análises das etapas anteriormente realizadas, conforme pode ser verificado no Quadro 8 (MAE, 1994).

Quadro 8 – Entradas da 4ª fase do APQP

<b>INPUTS</b>
Padrões de Embalagem.
Análise Crítica do sistema da qualidade do produto e do processo.
Fluxograma do processo.
Layout das instalações.
Matriz de características.
PFMEA.
Plano de controle de Pré-Lançamento.
Instruções do Processo.
Plano de análise dos sistemas de medição.
Especificações de Embalagem.
Suporte da Gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

As principais saídas(*outputs*) associadas a fase 4 podem ser compreendidas como os últimos testes do produto, antes de enviá-lo para aprovação do cliente, conforme podem ser verificadas no Quadro 9 (MAE, 1994).

Quadro 9 – Entradas da 4ª fase do APQP

<b>OUTPUTS</b>
Corrida piloto de produção.
Avaliação de sistemas de medição.
Estudos preliminares da capacidade do processo.
Aprovação de peça de produção.
Testes de validação da produção.
Avaliação de embalagem.
Plano de Controle da produção.
Aprovação do planejamento da qualidade e suporte da gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

Conforme detalhamento das principais saídas desta fase do cronograma, abaixo serão descritos os principais conceitos relacionados a estas saídas:

- Corrida piloto de produção: é a simulação de uma produção normal do produto. Devem ser utilizados o ferramental e os equipamentos do processo, e quem deve produzir são os operadores responsáveis pela execução do processo em produção normal. O objetivo da corrida piloto de produção é validar o processo de manufatura, e o lote mínimo da mesma é muitas vezes definido pelo cliente ou então, pela própria equipe de planejamento da qualidade do produto;

- Avaliação dos sistemas de medição: deve ser feita durante a corrida piloto de produção, para validação da eficiência do sistema de medição proposto. É realizada através da análise de medição das características e cotas especificadas em desenho, verificando a eficiência da medição conforme o que está previsto no plano de controle;

- Estudo preliminar da capacidade do processo: devem ser desenvolvidos a partir das características determinadas no plano de controle. O estudo fornece uma avaliação das condições atuais do processo, e da confiabilidade nas tomadas de decisão necessárias, relacionadas ao mesmo;

- Aprovação de peça de produção: é a etapa onde são avaliados todos os testes e as medições realizados no produto, para verificar se o mesmo se encontra de acordo com os requisitos do projeto e conforme especificações do desenho;

- Testes de validação da produção: para verificação da qualidade do produto, é realizado um teste de validação de produção, o qual refere-se ao teste de engenharia que determina que os produtos fabricados a partir de determinado processo atendem as exigências de projeto do item em questão. Importante destacar que para este teste deve ser utilizado o fluxo normal de produção, utilizando ferramentas e instalações que serão utilizadas para a produção efetiva do item;

- Avaliação de embalagem: nesta etapa a embalagem desenvolvida deve ser testada, garantindo que as movimentações com o produto e que fatores ambientais não vão prejudicar o desempenho e a aparência do mesmo;

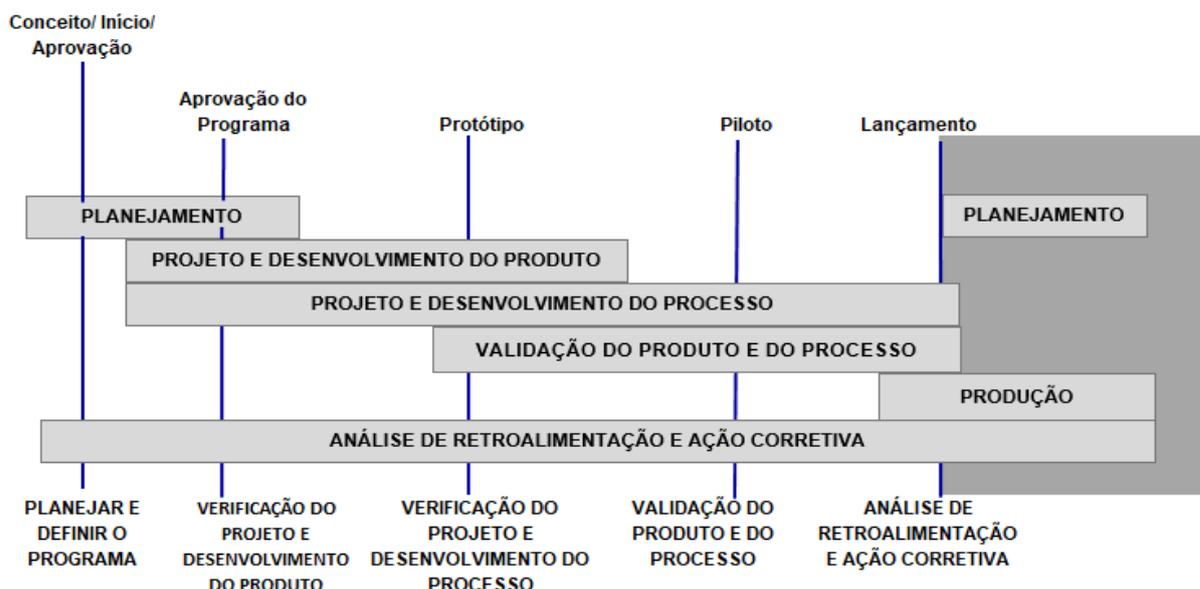
- Plano de controle da produção: é uma descrição dos sistemas de controle das peças e processos. Trata-se de um documento vivo e deve ser atualizado frequentemente para análise de oportunidades de melhoria;

- Aprovação do planejamento da qualidade e suporte da gerência: a equipe de planejamento da qualidade do produto deve garantir que todos os fluxos de processo e planos de controle estejam sendo seguidos. Para isso convém realizar uma análise crítica dos locais de manufatura, verificando a utilização das instruções de processo e sistemas de medição adequados, para então redigir uma avaliação formal para apresentação à gerência, assegurando que o processo de manufatura está seguindo o que foi definido no planejamento.

#### 2.4.1.5 Fase 5: retroalimentação, validação e ação corretiva

Após a validação do processo, é realizada uma análise para avaliar a efetividade do planejamento da qualidade do produto, e para isso é utilizado como base o plano de controle definido para o item. A análise deverá contemplar dados do tipo variáveis e também por atributos, para verificação da estabilidade e capacidade do processo. E nesta fase, é que deverão ser elaborados planos de ações para causas comuns e especiais que poderão vir a interferir na capacidade do processo, e consequente não conformidade dos produtos. A disposição da quinta fase no cronograma do APQP está sendo ilustrada na Figura 17, onde pode-se verificar que esta refere-se às últimas etapas do plano de qualidade, contemplando atividades de relacionadas a aprovação da peça pelo cliente MAE (1994).

Figura 17 – Ilustração da 5ª fase no cronograma do APQP



Fonte: Adaptado de MAE, 1994.

Tendo em vista que esta última fase do plano de qualidade está associada com a aprovação do mesmo, as entradas (*inputs*) desta fase, conforme Quadro 10, são derivados das saídas da fase anterior e referem-se aos testes e procedimentos de validação do protótipo (MAE, 1994).

Quadro 10 – Entradas da 5ª fase do APQP

<b>INPUTS</b>
Corrida piloto de produção.
Avaliação de sistemas de medição.
Estudos preliminares da capacidade do processo.
Aprovação de peça de produção.
Testes de validação da produção.
Avaliação de embalagem.
Plano de Controle da produção.
Aprovação do planejamento da qualidade e suporte da gerência.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

As saídas (*outputs*), e últimas etapas do programa de planejamento da qualidade do produto, conforme Quadro 11, estão associadas às etapas de envio das amostras ao cliente, à avaliação da satisfação do mesmo e ao acompanhamento do processo após lançamento do produto (MAE, 1994).

Quadro 11 – Saídas da 5ª fase do APQP

<b>OUTPUTS</b>
Variação reduzida.
Satisfação do Cliente.
Entrega e Assistência técnica.

**Fonte:** Adaptado de MAE, 1994.

São descritos os principais conceitos relacionados às saídas da última fase do cronograma do APQP, de acordo com MAE (1994):

- **Variação reduzida:** nesta etapa é realizada uma análise crítica do processo, através de cartas de controle e outras ferramentas da qualidade, para identificar as variações do processo e suas causas, de forma que possam ser tomadas ações corretivas e de melhoria necessárias para garantir a capacidade do processo;

- Satisfação do cliente: nesta etapa é importante avaliar a satisfação do cliente, e isso não pode ser feito somente garantindo que o produto tenha sido entregue em acordo com as especificações detalhadas no projeto. Para efetivamente garantir a satisfação do cliente, é importante mostrar receptividade e proatividade em casos de necessidade de alterações para correção ou ajuste do projeto. É importante que o fornecedor demonstre empenho em resolver o problema do cliente;
- Entrega e assistência técnica: Para garantir que o cliente esteja satisfeito com o produto entregue, é importante realizar uma entrega acompanhada, prestar assistência em caso de necessidade e mostrar que o fornecedor está aberto à adaptação do produto caso o cliente não tenha ficado plenamente satisfeito com a entrega. Nesta etapa, o suporte pós-venda é essencial, pois determina muitas vezes se o cliente voltará a fazer novos negócios com o fornecedor ou não.

### **3 METODOLOGIA**

Este capítulo tem por objetivo descrever os procedimentos metodológicos utilizados durante a elaboração deste trabalho, a partir da fundamentação teórica que serviu como base para a implementação de uma proposta de metodologia para desenvolvimento de itens novos baseado no APQP, através da aplicação de uma pesquisa-ação.

De acordo com Matias-Pereira (2019), o método de pesquisa pode ser compreendido como o roteiro, os procedimentos e as técnicas utilizados para alcançar um objetivo. Ou seja, é um roteiro apoiado em procedimentos lógicos para atingir um resultado, desta forma, as atividades são ordenadas por um conjunto de procedimentos que visam esclarecer acerca dos meios adequados para chegar à compreensão da situação.

#### **3.1 MÉTODOS DE PESQUISA ADOTADO**

De acordo com Cauchick (2012), os métodos mais indicados para conduzir uma pesquisa qualitativa na área da engenharia de produção, são o estudo de caso e a pesquisa ação.

A pesquisa-ação discorre-se de uma estreita relação com alguma ação ou resolução do problema, no qual o pesquisador envolve-se de modo cooperativo com

os membros representativos da situação ou problema abordado a fim de buscar sua solução (GIL 2002).

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social que é compreendida e realizada em estreita combinação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação a ser investigada estão envolvidos de modo cooperativo e participativo (THIOLLENT, 1985).

A técnica empregada para desenvolver a pesquisa em questão é classificada como um pesquisa-ação, pois refere-se à concepção e ao emprego de métodos e técnicas de gerenciamento da engenharia de projeto, onde a pesquisadora participa observando as atividades desenvolvidas pelo grupo e contribuindo com sugestões junto aos participantes de forma a resolver determinados problemas quando estes surgem da implementação de uma melhoria, juntando conhecimento prático com o teórico.

### 3.2 ABORDAGEM DA PESQUISA

De acordo com Gil (2002) existem duas vertentes quanto à forma de abordagem do problema, a pesquisa quantitativa e a qualitativa, conforme descrição abaixo:

- Quantitativa: Considera-se que todas as variáveis podem ser quantificadas, são utilizados números para extrair opiniões e conclusões;
- Qualitativa: Considera uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. A interpretação dos acontecimentos e a atribuição de significados aos mesmos são regras básicas do processo de pesquisa qualitativa. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Não utiliza números para mensuração.

Desta forma, esta pesquisa se caracteriza por ser de ordem qualitativa, pois utiliza de entrevistas aos responsáveis e de observação do processo de gestão da engenharia, voltada para desenvolvimento de itens novos, fazendo apontamentos e discutindo soluções em conjunto com a equipe.

### 3.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Para identificar as ferramentas e técnicas que melhor atendem a gestão de engenharia de projetos, para desenvolvimento de itens novos, foi imprescindível a utilização de pesquisa exploratória, pois a pesquisadora necessitou realizar levantamento bibliográfico acerca do tema da pesquisa. De acordo com Gil (2002), a pesquisa exploratória tem por objetivo familiarizar o pesquisador com o propósito do estudo, por meio de levantamento bibliográfico, entrevistas e conversas com as partes interessadas envolvidas na problemática exposta.

E ainda, para fins de análise de dados foi utilizado a pesquisa descritiva, pois para entendimento do problema, foi necessário a observação das atividades relacionadas a gestão da engenharia de processos realizadas dentro da empresa. Onde Gil (2002), descreve que a pesquisa descritiva possui como objetivo principal a descrição de características de alguma situação ou fenômeno, estabelecendo relação entre as variáveis.

Além disso, segundo o mesmo autor a pesquisa explicativa tem como meta principal identificar fatores que influenciam na ocorrência dos fenômenos. Desta forma, o trabalho em questão destaca-se ainda como explicativo, pois identificou e explicou as ações realizadas no decorrer do trabalho.

### 3.4 COLETA DE DADOS

Para delimitação das atividades desenvolvidas em cada etapa do trabalho, optou-se em realizar a coleta de dados dividida em dados primários e secundários:

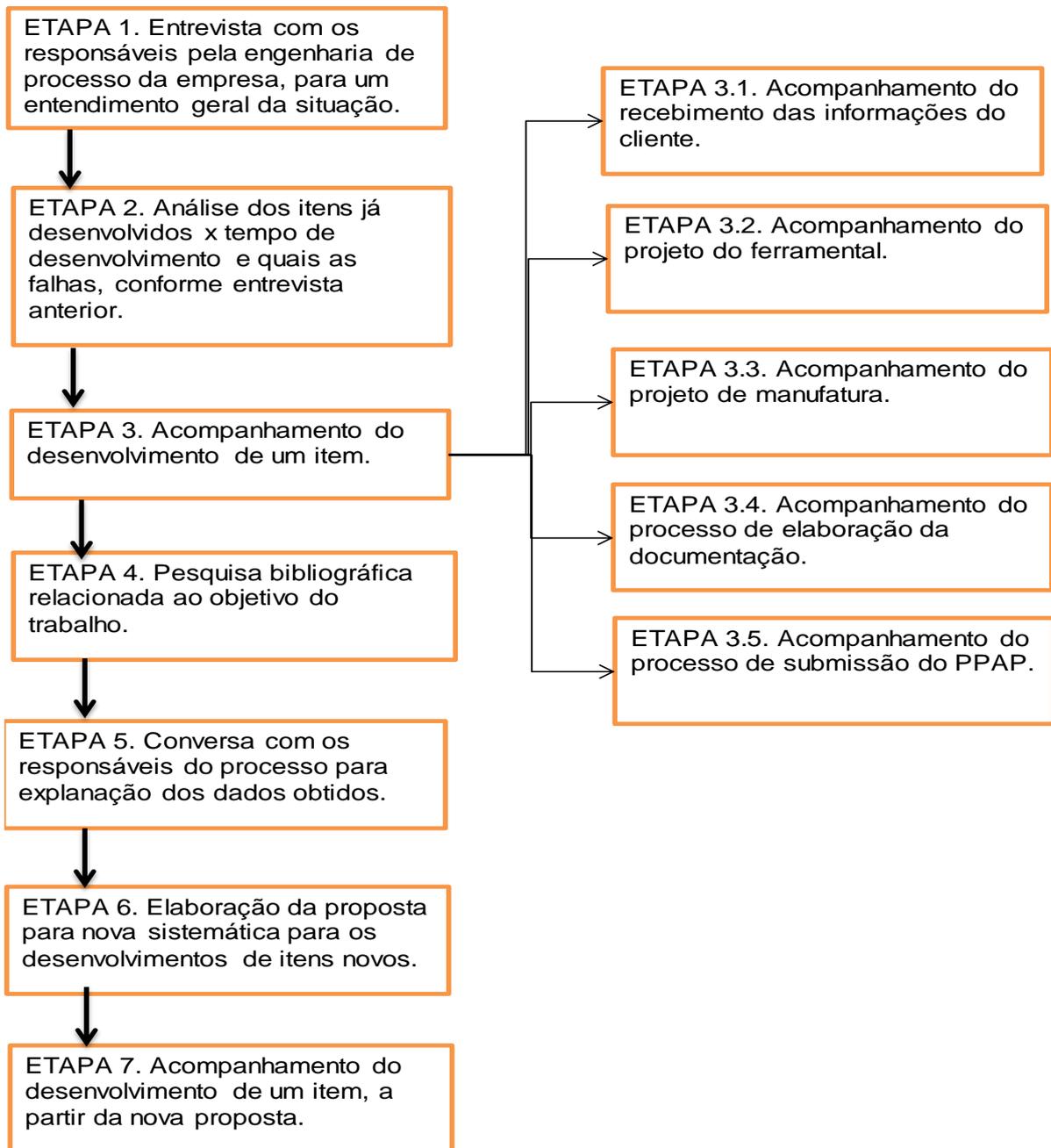
- Dados primários: foram coletados através de entrevistas aos responsáveis da engenharia de processo, e também através da observação direta por meio de reuniões e documentos fornecidos pela empresa.
- Dados secundários: foram coletados através de normas e manuais referentes a metodologia utilizada, artigos dissertações, livros, entre outros.

A Figura 18, detalha o fluxograma referente a coleta dos dados para o trabalho, onde está dividido em sete etapas, a contar desde a explanação do problema até o acompanhamento de um novo item a ser desenvolvido a partir da nova sistemática proposta.

Na primeira etapa, realizou-se uma entrevista informal com os responsáveis do processo de gestão da engenharia, onde se buscou conhecer o processo como um todo e entender quais as principais falhas. Na segunda etapa, ainda com auxílio dos responsáveis, se buscou realizar uma análise do que já havia sido desenvolvido e de qual foi o período de atraso na entrega das amostras e após isso na terceira etapa, foi acompanhado o desenvolvimento de um item, verificando etapa por etapa, desde o recebimento dos desenhos do cliente, até a entrega final das amostras, a fim de mapear o processo atual de desenvolvimento de itens novos, sendo estas primeiras etapas caracterizadas como coleta de dados primária.

A quarta etapa, refere-se a fase da coleta de dados secundários, ou seja, onde foi realizado o levantamento de dados bibliográficos relacionados ao tema da pesquisa, conforme Capítulo 2 deste trabalho.

Figura 19 – Fluxograma da coleta de dados do trabalho



**Fonte:** Elaborado pela Autora, 2019.

As etapas após levantamento de referenciais bibliográficos, estão voltadas para a elaboração e acompanhamento da aplicação da nova proposta de sistemática para o desenvolvimento de novos itens. São utilizadas como base para a nova metodologia a ser utilizada, as análises realizadas do cenário atual e a revisão da literatura explanada no capítulo dois, conforme citado nas etapas anteriores do fluxograma.

### 3.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA

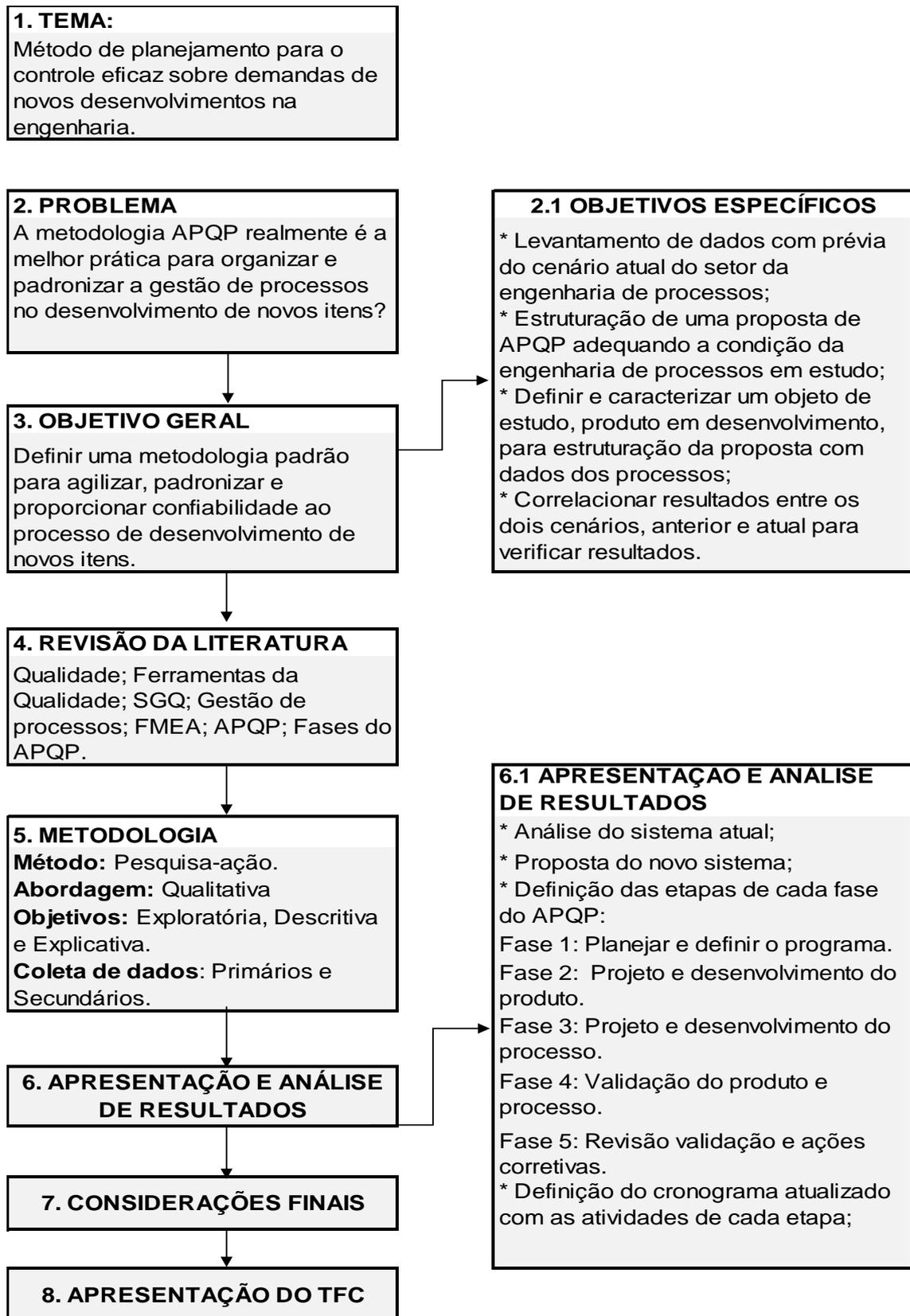
Desta forma, foram estudadas todas as fases e etapas que compõem o APQP, bem como, as ferramentas básicas e documentações necessárias que auxiliam na gestão da engenharia de processos, com intuito de implementar uma sistemática adequada em uma empresa de médio porte. O delineamento é intitulado como a estrutura da pesquisa, onde são definidas as atividades a serem realizadas para alcançar os objetivos do trabalho.

Com base no exposto e para ilustrar as atividades que compõem o desenvolvimento desta pesquisa, a Figura 19 apresenta o delineamento da pesquisa.

A utilização desta nova metodologia dentro da empresa, influencia não somente na engenharia de processo, mas também em outras áreas da empresa. A sistemática proposta possibilita uma visão mais clara do fluxo das informações, onde cada processo e cada atividade dentro do cronograma tem um responsável, facilitando a comunicação interna. Da mesma forma, para os desenvolvimentos de itens novos, é possível verificar a situação atual em que o produto se encontra, quais etapas já foram cumpridas e quais ainda estão faltando de modo que fique registrado histórico de todas as atividades realizadas e data da realização das mesmas, para que posteriormente todas as variáveis possam ser criticamente analisadas e consideradas para próximos desenvolvimentos.

As três primeiras etapas do fluxograma do delineamento, caracterizam-se pela definição do tema do trabalho, da problemática encontrada e de quais os objetivos, geral e específico, propostos para o mesmo.

Figura 19 – Delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

O delineamento do sistema proposto tem como objetivo a implementação de um sistema de gestão da engenharia de processos, baseado na metodologia APQP, em uma empresa de médio porte onde identificou-se a necessidade de melhoria no processo de gestão de novos desenvolvimentos. Sendo que, essa necessidade está relacionada principalmente a prazos de entrega, qualidade do produto e satisfação do cliente e que hoje não apresenta uma forma para medir e controlar parâmetros associados a estes indicadores.

A utilização desta nova metodologia dentro da empresa, influencia não somente na engenharia de processo, mas também em outras áreas da empresa. A sistemática proposta possibilita uma visão mais clara do fluxo das informações, onde cada processo e cada atividade dentro do cronograma tem um responsável, facilitando a comunicação interna. Da mesma forma, para os desenvolvimentos de itens novos, é possível verificar a situação atual em que o produto se encontra, quais etapas já foram cumpridas e quais ainda estão faltando de modo que fique registrado histórico de todas as atividades realizadas e data da realização das mesmas, para que posteriormente todas as variáveis possam ser criticamente analisadas e consideradas para próximos desenvolvimentos.

A etapa quatro do delineamento tem como objetivo a estratificação dos principais conceitos relacionados a qualidade e ao APQP, bem como, ferramentas e técnicas que auxiliam no processo de gestão da engenharia para novos desenvolvimentos, a fim de dar embasamento teórico à sistemática proposta.

Na etapa cinco, é realizada a definição da metodologia que foi utilizada para resolução do problema, bem como, método, abordagem e forma de coleta de dados.

Na etapa seis, podem ser verificadas as análises e discussões de resultados, onde em um primeiro momento é realizada uma análise da situação atual da empresa, apontando os principais aspectos relacionados ao tema proposto, de forma que seja possível identificar a sistemática atual utilizada e quais as dificuldades encontradas. Após análise crítica do cenário atual, levando em consideração o que se obteve a partir dos referenciais estudados, foram utilizados como base, conceitos do APQP para a definição de uma metodologia que melhor atende às necessidades da problemática exposta, que foi controle e gerenciamento do processo de desenvolvimento de novos itens. E após implementada, é realizado o

acompanhamento do desenvolvimento de um item, para avaliar a eficácia do sistema proposto.

Após análise dos resultados, foi feito o fechamento do trabalho, com as considerações finais, fazendo a relação dos resultados obtidos com o objetivo da pesquisa, conforme descrito na etapa seis. E por último, na etapa sete, foi realizada a apresentação do trabalho de final de curso.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Nesta seção, apresentam-se as informações coletadas na empresa e as análises relacionadas as mesmas que serviram como base para a elaboração do trabalho de final de curso, no que se refere à proposta e implementação de uma metodologia para desenvolvimento de novos itens com base no APQP.

Os dados coletados foram analisados diante dos resultados obtidos durante a pesquisa. Em um primeiro momento são explanadas as características da empresa, objeto de estudo, para identificação da situação atual do processo de desenvolvimento de novos itens. Após identificada a necessidade, definiu-se uma proposta para uma nova sistemática para o processo em questão. Definida, a proposta foi apresentada aos responsáveis, para avaliação e sugestões de melhoria. Desta forma, os responsáveis concordaram em implementar a sistemática para um item, para validação da proposta, as quais são apresentadas a seguir.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO ATUAL**

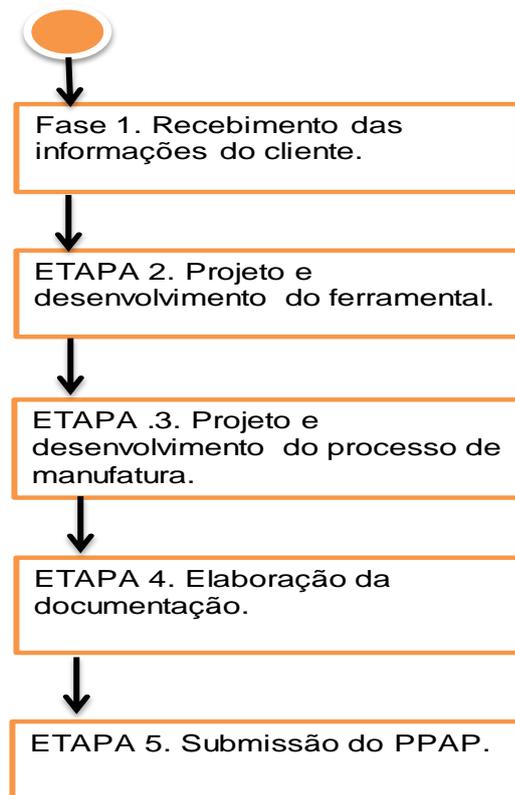
A empresa, objeto de estudo, está situada no município de Santa Rosa – RS, e trata-se de uma metalúrgica de porte médio onde dedica-se principalmente no desenvolvimento, fabricação e comercialização de peças fundidas. Atualmente, a planta conta com um pavilhão onde ocorre o processo de fundição, outro onde ocorre o processo de usinagem das peças e um terceiro que é onde é realizado o processo de pintura, e desde 2005, é certificada pela ISO 9001.

Atualmente, a empresa conta com um quadro de 104 funcionários contratados, e uma produção de 300 toneladas de ferro por mês. Onde possui uma vasta carteira de clientes, todos voltados para o ramo agrícola, o que faz com que a maior parte das

vendas, seja de peças para tratores, colheitadeiras, entre outros maquinários agrícolas.

Ao iniciar a pesquisa na empresa objeto de estudo, identificou-se que, a falha na gestão dos novos desenvolvimentos, deu-se principalmente devido a não haver um método estruturado, com uma equipe definida como responsável e um fluxo de informações padrão para este processo. Da mesma forma, o acompanhamento não é feito diariamente, o que acaba impossibilitando o controle do status de cada item de forma ordenada. Na Figura 20, pode ser verificado um esboço do fluxograma de funcionamento atual do processo de gestão de engenharia, onde foi realizado o acompanhamento do desenvolvimento de um item, para mapeamento do processo atual e de como ocorre.

Figura 20 – Fluxograma do atual funcionamento do processo.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Conforme etapas do fluxograma, na fase um, recebe-se as informações do cliente para fazer a cotação da peça e se aprovado o orçamento, já é iniciado o projeto do ferramental necessário para o processo, conforme destacado na fase dois.

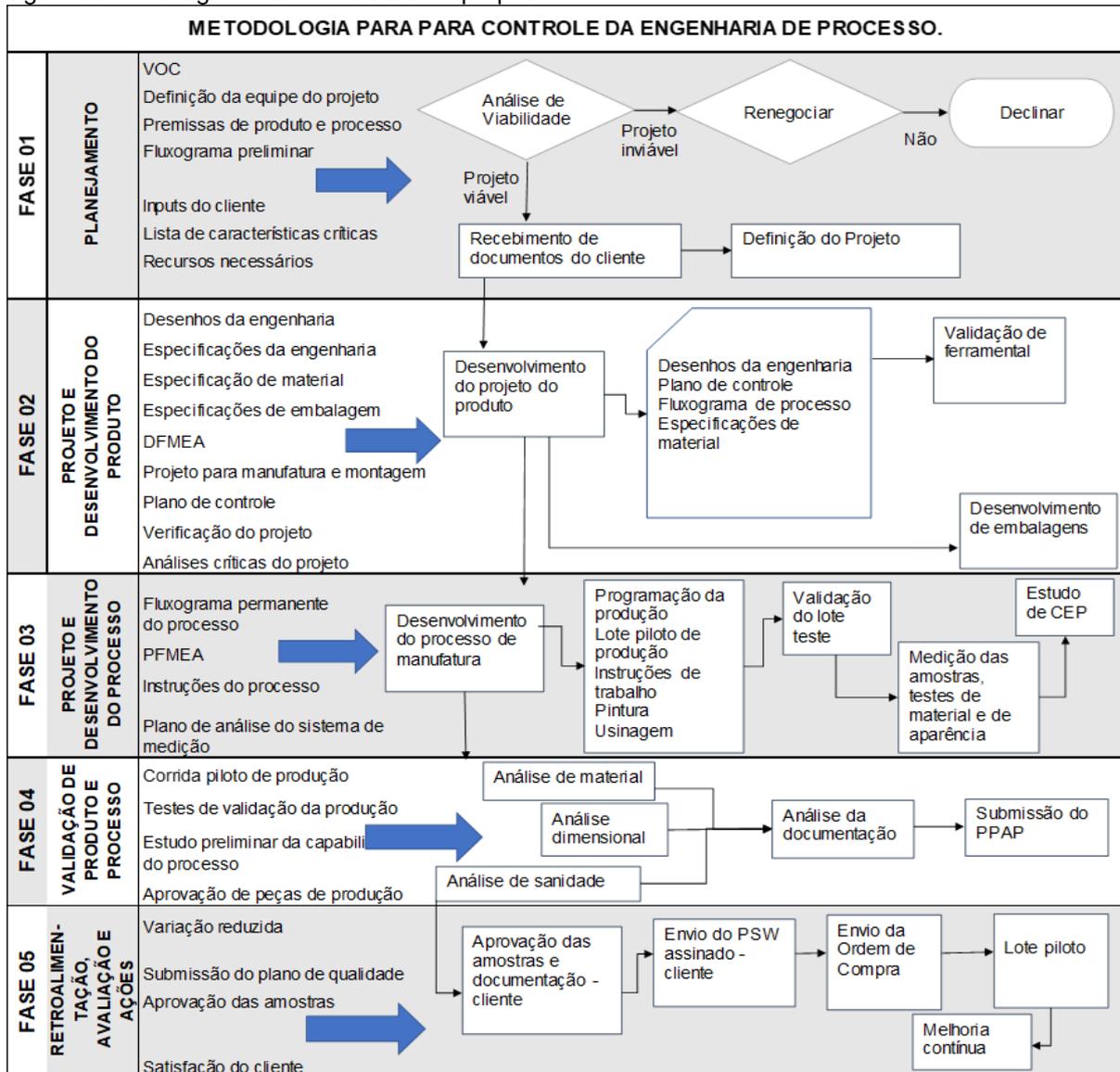
A fase três, é o projeto de manufatura, onde são feitos os testes de fundição e usinagem, e realizado ajustes de processo quando necessário, conforme controles internos de especificação de material e dimensional. A quarta fase refere-se à elaboração da documentação, conforme solicitação do cliente. E a quinta e última fase, é o momento de submissão da peça, ou seja, enviar as amostras e documentações ao cliente.

Neste fluxo atual, identificou-se falhas relacionadas a falta de análise da documentação recebida pelo cliente, falta de padronização das informações recebidas e analisadas e também de um local correto para armazenagem das mesmas, falhas de comunicação, pois não há responsáveis por cada etapa e as informações acabam não chegando ao destino desejado. Também se identificou falta de análise crítica e acompanhamento do desenvolvimento no decorrer do projeto, ocasionando a descoberta da falha somente próximo a data de entrega das amostras, e ainda, falta de um cronograma estruturado para acompanhamento do andamento de cada etapa e se a mesma está aprovada ou não.

#### 4.2 SISTEMA PROPOSTO

Realizando análise do cenário atual da empresa e considerando o levantamento bibliográfico relacionado às necessidades apresentadas, foi elaborado uma proposta de sistemática para a engenharia de processos voltada para a parte de desenvolvimento de itens novos. A Figura 22 apresenta fluxo do sistema proposto para gestão da engenharia de processos da empresa objeto da pesquisa.

Figura 22 – Fluxograma do novo sistema proposto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme os manuais do APQP, essa proposta foi dividida em cinco fases, e cada fase contempla as etapas e atividades necessárias para a sua finalização, sendo composta por um total de dezessete etapas e quarenta e uma atividades. A Figura 22 ilustra as fases e resume o que é executado em cada uma delas.

Na primeira fase, conforme a nova proposta de metodologia, são recebidas todas as documentações necessárias do cliente, para realização de uma análise de viabilidade através do desenho 3D e técnico e também de viabilidade financeira, através dos orçamentos detalhados e nesta fase ainda, é definida a equipe central do

projeto, quais são os recursos necessários para a produção das peças e também, um cronograma para entrega das amostras.

Na segunda fase, referente ao projeto e desenvolvimento do produto são realizadas as simulações da peça no *software*, para definição do projeto do ferramental, bem como, o fornecedor do mesmo e também é realizado o projeto da embalagem para o item. Ainda nesta fase, é feito um levantamento das características do produto, para identificar se há ou não características especiais.

Na terceira fase, a qual trata das questões do processo, é onde são realizadas análises relacionadas ao projeto de manufatura da peça, definindo o FMEA e o plano de controle, e realizando testes de produção, de material e medição das peças.

A quarta fase está relacionada com a validação das etapas anteriores, onde devem ser realizadas as análises dos testes e de toda a documentação necessária, para posteriormente fazer a submissão do plano de qualidade do produto e envio das amostras ao cliente. Vale ressaltar que nesta nova metodologia, é proposto que a documentação seja elaborada conforme as etapas do processo vão ocorrendo, para que nesta fase, sejam apenas analisadas.

Na quinta e última fase, é quando as amostras e o plano de qualidade são aprovados, e para esta nova metodologia é proposto para que todo item desenvolvido e aprovado, tenha um lote piloto de produção, o qual deve ser produzido e registrado como lote piloto na própria ordem de produção do sistema ERP, e a partir disso, deve ser realizado acompanhamento do produto, para garantir que continuará atendendo o cliente no decorrer da produção efetiva.

A partir desta nova proposta, ficou determinado que ao finalizar o plano de qualidade de cada item, será realizada uma análise sucinta sobre a retrospectiva do mesmo, contemplando informações relacionadas às datas de envio das amostras e também ao prazo acordado inicialmente com o cliente, se o mesmo foi cumprido ou não e se houve após envio, alguma divergência de documentação, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Checklist para Análise de Itens Desenvolvidos.

ANÁLISE DE ITENS DESENVOLVIDOS							
ITEM	CLIENTE	DATA INICIAL ACORDADA	DATA ENVIO PPAP	DATA ENVIO DAS AMOSTRAS	DATA APROVAÇÃO PPAP	DIVERGÊNCIA DE DOCUMENTAÇÃO	OBSERVAÇÕES IMPORTANTES

**Fonte:** Elaborado pela autora.

O objetivo desta análise é gerar um histórico dos desenvolvimentos e das falhas encontradas no decorrer do processo, para que as mesmas sejam consideradas nos próximos projetos. Vale ressaltar que este *checklist* pode ser alterado conforme as necessidades forem surgindo.

### 4.3 APLICAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

Conforme exposto acima, nesta seção foi realizado o detalhamento das fases do sistema proposto, citando as etapas, as atividades e documentações (quando houver) que compõem a mesma.

#### 4.3.1 Fase de planejamento e definição do programa

A primeira fase do sistema proposto, tem como objetivo principal, o entendimento da necessidade do cliente. Esta fase se inicia a partir do cronograma do APQP, disponível no apêndice A, o qual foi desenvolvido com base nos processos da empresa, e visa nortear as necessidades do projeto do produto. A partir do momento em que um projeto é enviado para a empresa, o cronograma do APQP deve ser preenchido, e alimentado conforme sequenciamento das etapas.

Para garantir que este cronograma seja devidamente alimentado, foi definido uma reunião diária que possui como objetivo, o alinhamento dos itens que estão em processo de desenvolvimento. Nesta reunião é verificado em qual etapa do processo o item está, e se até então estão sendo atendidos os requisitos do cliente e devendo comparecer toda a equipe responsável pelo projeto. A seguir, são descritas as etapas do planejamento utilizadas para implementação e controle da primeira fase do APQP.

#### 4.3.1.1 VOC - Documentos do cliente

Na etapa VOC, é quando o cliente envia a documentação necessária para o desenvolvimento do item, e no caso da empresa, os documentos recebidos são principalmente normas e os desenhos técnicos detalhados do projeto. A empresa em estudo, recebe projetos prontos de peças, conforme a necessidade do cliente e é responsável pela fabricação das mesmas. Ou seja, o cliente define as especificações da peça, e a empresa realiza o processo de manufatura, atendendo os requisitos de qualidade estipulados pelo cliente. Para esta fase, definiu-se que, toda documentação recebida do cliente, deve ser armazenada na rede de dados da empresa, para garantir que nenhuma informação seja perdida.

#### 4.3.1.2 Definição da equipe central do projeto

Ainda nesta primeira fase, a nova sistemática prevê a necessidade de definir quem serão os responsáveis pelo projeto dentro da empresa, designando uma pessoa responsável por cada processo, e garantindo que pelo menos um representante deste processo se fará presente nas reuniões diárias de alinhamentos de itens de amostra. Para registro da equipe definida, são coletadas assinaturas no documento utilizado na próxima etapa, o *checklist*.

#### 4.3.1.3 Premissas de produto e processo

A etapa de premissa de produto e processo, é onde são definidas as principais características do produto, e o que é considerado para o processo de manufatura. Ou seja, é a avaliação das cotas do produto e de como as mesmas serão controladas no processo, e também análise do material solicitado pelo cliente, para validação de acordo com os processos internos, na empresa esta análise é feita com base principalmente no desenho técnico.

A nova proposta sugere que para esta análise, seja realizada uma reunião com a equipe de projeto juntamente da engenharia e do pessoal de processo, onde devem ser verificadas todas as dúvidas relacionadas ao desenho e até mesmo, dúvidas relacionadas à medição das peças, e se consta no desenho todas as tolerâncias definidas. Para esta etapa definiu-se como documento padrão, o *checklist* de análise de especificações de projeto, conforme apêndice B.

#### 4.3.1.4 Fluxograma preliminar do processo

Após alinhamento das necessidades do cliente e avaliação das cotas do desenho, ficou definido que será realizada a definição prévia do fluxo do processo, conforme apêndice D, afim de facilitar o controle e alimentação do cronograma. Além disso, com um fluxo definido as informações chegam ao seu destino correto com maior eficácia.

#### 4.3.1.5 Inputs do cliente

Para esta etapa, são consideradas todas as informações do cliente, incluindo relatos de não conformidades encontradas anteriormente, e até mesmo informações de conhecimento de processo, que auxiliaram no decorrer do desenvolvimento.

A nova proposta sugere que, como padrão, seja sempre realizada uma reunião com o cliente para obtenção de informações relevantes relacionadas ao item a ser desenvolvido, e também para tirar dúvidas relacionadas às análises realizadas na etapa anterior. Esta reunião, designada DPAR (Desenho, Processo e Revisão de montagem), deve ser realizada pela equipe de projeto com representantes da empresa e também do cliente. O documento padrão utilizado para esta etapa refere-se a um *checklist* do DPAR e pode ser verificado no apêndice C.

#### 4.3.1.6 Lista preliminar de cotas críticas de produto e processo

Como última etapa desta primeira fase, definiu-se a análise do checklist, apêndice B, e dos desenhos (desenho técnico e 3D), para identificar a presença de características especiais e que demandam uma atenção maior, tanto para o produto como para o processo. Para que posteriormente, possa ser definido quais serão os controles adotados para garantia das características especiais. Nesta etapa, utilizou-se como documento padrão para preenchimento da análise, o FMEA, disponível no apêndice E.

### 4.3.2 Projeto e Desenvolvimento do produto

A segunda fase do projeto tem como principal objetivo garantir que todos os requisitos da engenharia, bem como, demais informações técnicas, sejam revisados assegurando que as necessidades do cliente, especificadas na VOC, estejam sendo consideradas para a fabricação do produto. Desta forma, para garantir que o objetivo desta fase seja atendido, foi definido nesta nova proposta, que as etapas da segunda fase do plano de qualidade, conforme são descritos nos próximos tópicos:

#### 4.3.2.1 Desenhos da engenharia

O desenho da engenharia é o principal requisito de projeto utilizado pela empresa, é com base nele que são definidos a maioria dos processos e seus controles. A responsabilidade da equipe de projeto, é garantir que o desenho e todas as especificações nele contidas sejam corretamente compreendidas e controladas. As informações deste documento incluem cotas do produto, informações de material e acabamento e as mesmas irão compor o plano de controle. Esta etapa foi definida no fluxo da nova sistemática, apenas para assegurar que a engenharia tenha posse do desenho e que o mesmo esteja na última revisão definida pelo cliente. Vale ressaltar ainda, que a partir desta etapa, o desenho correto deve ser preenchido nas pastas do item, na rede e no cadastro do mesmo no ERP para ser impresso junto a ordem de produção.

#### 4.3.2.2 Especificações da engenharia

A análise dos requisitos da engenharia, refere-se a uma avaliação detalhada de todo o processo de manufatura, bem como, do produto, onde são avaliadas as saídas de cada processo e quais requisitos os mesmos devem atender. Uma avaliação detalhada das especificações da engenharia, permite identificar previamente as variáveis do processo, tornando-o mais confiável.

Desta forma, a nova sistemática indica como parte desta fase, a etapa de análise das especificações da engenharia. Para a qual definiu-se como documento padrão, o *checklist* de análise de especificações da engenharia, conforme apêndice B, onde é realizada uma reunião com a equipe de projeto e responsáveis de processo para coletar todas as informações necessárias do processo, durante a primeira fase,

para nesta etapa, realizar a análise juntamente com o desenho técnico e com o projeto em 3D. Nesta etapa, inclui-se também, todo o projeto do ferramental da peça, onde utiliza-se a simulação através do *software*, para enviar ao fornecedor o detalhamento para que ele possa fabricar e encaminhar para a empresa.

#### 4.3.2.3 Especificação de material

O material é definido a partir da instrução de trabalho de composição química, conforme pode ser verificado no apêndice I, onde está descrito qual tipo de composição deverá ser utilizado para atender à necessidade daquele produto. Esta etapa, conforme sistemática definida é extremamente importante, e o que for definido e analisado na mesma, deverá ser incluído no plano de controle do produto, afim de assegurar que o material requisitado seja atendido corretamente.

#### 4.3.2.4 Especificações de embalagem

Definiu-se como padrão, a partir da nova proposta que, para cada produto será criado, com base nos requisitos do cliente, uma instrução de embalagem, conforme apêndice K, onde contempla a embalagem padrão a ser utilizada, a forma de acondicionamento da peça dentro da mesma, e a quantidade sugerida por caixa.

#### 4.3.2.5 DFMEA

O DFMEA é um documento vivo, que acompanha o projeto até o final e é alterado conforme necessidade. Serve para identificar os modos de falhas e seus efeitos, e através do NPR, possibilita identificar os mais urgentes para posteriormente elaborar os planos de ações necessários. Para tanto, definiu-se como parte da segunda fase do modelo proposto, a elaboração do FMEA, o qual deve ser elaborado logo ao final da primeira fase, garantindo que a equipe responsável pela construção do mesmo tenha em mãos todas as informações relacionadas às características do produto e sua aplicabilidade. O documento padrão do FMEA definido para esta etapa pode ser verificado no apêndice E.

Esta etapa, contempla também a análise de características especiais do produto, as quais são consideradas as características mais críticas e que precisam de um maior acompanhamento. A nova proposta define que as mesmas poderão ser

identificadas através do FMEA (apêndice E) e também do desenho técnico, onde geralmente estão indicadas como cotas críticas (KC's). Vale ressaltar que estas características precisam obrigatoriamente ser contempladas no plano de controle e precisam manter histórico de acompanhamento. E ainda, por se tratar de característica crítica do produto, é necessário a realização de estudo de CEP e R&R para garantir que o processo esteja estável e seja capaz de atender a necessidade do cliente.

#### 4.3.2.6 Projeto para manufatura e montagem

A segunda etapa desta fase, foi definida como o projeto de manufatura e montagem, o qual é caracterizada como processo da engenharia simultânea estruturado para otimizar o relacionamento entre a função principal do projeto, sua manufaturabilidade e a facilidade de montagem final. Definiu-se que para elaboração desta etapa, é importante a posse de informações que contemplam requisitos de desempenho, tolerâncias dimensionais, número de componentes, manuseio de material, ajustes de processo, entre outras. Não há um método padronizado para esta etapa, por este motivo o mesmo não é contemplado no trabalho.

#### 4.3.2.7 Plano de controle

O plano de controle trata-se de um documento que descreve as ações (medições, inspeções, verificações de qualidade ou monitoramento dos parâmetros) necessárias em cada fase de um processo para garantir que o produto se mantenha dentro dos requisitos pré-determinados, tanto no desenvolvimento como na produção. Nesta nova proposta de metodologia, foi definido que o plano de controle deve ser elaborado na segunda fase, pois é importante tê-lo em mãos para fins de controle das próximas etapas. O apêndice G, relata o modelo padrão de plano de controle definido para desenvolvimento deste projeto. Ainda para esta etapa de controle, a nova proposta prevê, a necessidade de avaliação dos meios de medição utilizados para acompanhamento das especificações, e para isso definiu-se um documento padrão para controle e acompanhamento de calibração de equipamentos, conforme apêndice H, onde são contemplados os registros dos equipamentos e a data de calibração.

#### 4.3.2.8 Verificação do projeto

A verificação de projeto é realizada através de reuniões regulares programadas, e lideradas pela engenharia de projeto juntamente com os responsáveis do processo, com objetivo de acompanhar o andamento do projeto de desenvolvimento. Ainda nesta reunião, é realizada também, a alimentação do cronograma estipulado no início da fase de planejamento do projeto, para identificar alguma divergência de data e se o processo está ocorrendo conforme planejado.

#### 4.3.2.9 Análises críticas do projeto

A nova proposta define como a última etapa da segunda fase do plano de qualidade, a análise crítica do projeto, onde deve ser verificado e analisado detalhadamente cada etapa já realizada e as suas documentações. As análises incluem, avaliação de resultados de simulação de *software*, FMEA, falhas de teste, dimensional, composição química, sanidade, entre outros.

Para o desenvolvimento deste projeto, foi definido um relatório padrão de análise crítica, conforme apêndice F, onde são disponibilizados os documentos elaborados em cada etapa e a partir disso é possível realizar a análise de cada item de acordo com a ordem das etapas definidas no cronograma.

### **4.3.3 Projeto e desenvolvimento do processo**

A nova proposta estabelece que o objetivo da terceira fase do plano de qualidade do produto, é analisar as principais características do sistema de manufatura e seus respectivos planos de controle afim de garantir produtos de qualidade. A mesma está dividida em cinco etapas conforme é relatado nos próximos tópicos:

#### 4.3.3.1 Fluxograma do processo

O fluxograma do processo refere-se à representação esquemática do “caminho” que o produto irá percorrer para na fábrica durante o processo de manufatura. É utilizado para facilitar a identificação das fontes de variação do processo, e desta forma, conseguir mensurar os impactos que as mesmas podem causar. Esta etapa, conforme sistemática proposta, tem o objetivo de validar o

fluxograma anterior, revisando-o e definindo-o como permanente, para que esta seja a revisão do fluxo do processo que irá ser utilizado. O modelo padrão de fluxograma definido para o projeto, está ilustrado no apêndice D.

#### 4.3.3.2 PFMEA

Definiu-se como segunda etapa da terceira fase o PFMEA, por tratar-se de um documento utilizado para analisar os modos de falhas e seus efeitos, neste caso aplicado ao processo. Após definição do fluxo, são avaliados os processos que a peça sofrerá, para fazer uma análise crítica das variáveis, possibilitando identificar através do NPR, quais são os modos de falhas com maior risco e que precisam ser tratados com maior urgência. O apêndice E, ilustra o modelo padrão de FMEA utilizado no projeto.

#### 4.3.3.3 Instruções do processo

Conforme nova sistemática proposta, as instruções servem para direcionar o pessoal do processo para a execução das operações. E devem ser feitas e adaptadas na fase de desenvolvimento do processo, para que estejam ajustadas corretamente ao iniciar a produção efetiva da peça. Vale destacar que toda Instrução de trabalho, deve ser elaborada com base nos documentos das etapas anteriores (fluxograma, plano de controle, D-FMEA, etc.), contemplando toda e qualquer informação necessária para a execução da atividade, dentro dos parâmetros de qualidade exigidos. As instruções serão criadas de acordo com cada processo, e direcionadas ou não para um produto em específico. Em alguns casos, a mesma instrução se aplica a vários processos, e também pode ser utilizada a própria ordem de produção para orientar alguns aspectos importantes referentes ao produto que está sendo fabricado.

Por haver variação de acordo com cada processo, não foi incluído neste trabalho um modelo padrão de IT, mas a mesma deve contemplar em sua sequência, a descrição do processo, o fluxo das operações, imagens ilustrativas e plano de ação para situações de inconformidades.

#### 4.3.3.4 Plano de análise do sistema de medição

Nesta etapa, é realizada a definição do plano de medição da peça, conforme acompanhamento do processo, onde são definidos os instrumentos a serem utilizados para cada cota e registrados no plano de controle. Para assegurar que as peças vão sair em conformidade com os requisitos, seguindo um padrão de linearidade e repetibilidade, definiu-se como documento padrão o registro de R&R, conforme apêndice J. Dentro deste plano de análise, compreende-se todos os registros de equipamentos e a calibração dos mesmos, conforme apêndice H, para assegurar que os equipamentos utilizados para medição das peças estejam adequados.

#### **4.3.4 Validação do produto e processo**

A quarta fase definida pela nova sistemática proposta, trata da validação do processo de manufatura, através da corrida piloto de produção, para que através desta a equipe de planejamento da qualidade possa avaliar se o produto está saindo dentro das especificações solicitadas pelo cliente, e está atendendo aos processos e normas internas da empresa. Nesta fase, são contempladas quatro etapas, que são descritas na sequência.

##### 4.3.4.1 Corrida piloto de produção

A metodologia proposta, define como padrão, que todo item desenvolvido deverá ter registro da corrida piloto, a qual refere-se ao primeiro lote produzido após definição e ajuste de processo da peça, e deve ser conduzida diante de um cenário normal de produção, ou seja, utilizando os equipamentos, máquinas e mão-de-obra que serão utilizados na produção efetiva, e também no mesmo ambiente.

As peças fabricadas pelo lote piloto, serão utilizadas para estudos de capacidade, análise de material, dimensional e sanidade. O lote piloto é gerado a partir da liberação da engenharia de processo, onde então comunica o PCP, que por sua vez gera uma ordem de produção identificada como lote piloto e disponibiliza aos operadores. Quem irá definir a quantidade a ser produzida neste primeiro lote, é a equipe de planejamento da qualidade do produto.

##### 4.3.4.2 Testes de validação da produção

Os testes de validação da produção tratam-se da análise da peça, verificando se a mesma atende os requisitos do cliente. Os testes de validação da produção contemplam, análise de composição química, dureza, tração, escoamento, alongamento, sanidade, dimensional e acabamento. Como padrão, estipulou-se que os resultados dos testes serão registrados no documento de controle de propriedades mecânicas, conforme apêndice L, quando se tratam destas análises, e os dimensionais serão registrados no relatório de análise dimensional, conforme apêndice P. Sanidade e acabamento serão controlados através da auditoria de produto pronto.

#### 4.3.4.3 Estudo preliminar da capacidade do processo

O estudo de CEP é realizado com base nas informações do plano de controle, onde são verificadas na maioria das vezes, as cotas mais críticas da peça. É utilizado para identificar a linearidade das informações, de forma a tornar o processo mais confiável. Para esta etapa, definiu-se que será realizado estudo de CEP para todas as peças com características críticas de controle, sendo o modelo padrão definido neste caso, disponível no apêndice J.

#### 4.3.4.4 Aprovação de peças de produção

A peça é aprovada após a equipe de planejamento da qualidade do produto, analisar todas as informações obtidas através de todas as etapas do processo, e constatar que os resultados encontrados são satisfatórios e atendem as necessidades do cliente. Para esta nova metodologia proposta, definiu-se como padrão, a análise da documentação elaborada, através do *checklist* de análise de documentação, conforme, apêndice M. Este *checklist* preenchido deverá ser anexado junto aos demais documentos utilizados na elaboração do plano de qualidade, na pasta física criada para o item.

### 4.3.5 Retroalimentação, avaliação e ação corretiva

A quinta fase, a partir desta nova sistemática, refere-se à avaliação dos resultados do desenvolvimento. Onde está previsto o acompanhamento da produção da peça, para validar se a mesma está atendendo aos requisitos do cliente com base

no plano de controle do item. É nesta fase também, que deverão ser tomadas as ações corretivas conforme necessidade. A quinta e última fase é composta por três etapas, conforme abaixo:

#### 4.3.5.1 Variação reduzida

Esta etapa tem o objetivo de reduzir as variações dentro do processo. Para isso, poderão ser utilizadas ferramentas de controle estatístico, como por exemplo as cartas de controle, para identificação de causas comuns e especiais. A partir da identificação destas causas, é possível trabalhar em melhoria contínua, para diminuir a variação do processo, e ainda possibilitando a redução de custos. Definiu-se que todos os itens desenvolvidos a partir deste período, farão parte desta tratativa de controle.

#### 4.3.5.2 Submissão do plano de qualidade e aprovação das amostras

O apêndice N, ilustra o certificado de submissão do plano de qualidade, sendo este o documento de aprovação das amostras da peça. Uma vez que aprovadas as amostras, a empresa está apta a fornecer peças para o cliente conforme demanda solicitada. Para esta etapa, foi definido que todo o PSW assinado pelo cliente, será revisado e anexado junto aos demais documentos, para ficar como registro.

#### 4.3.5.3 Satisfação do cliente

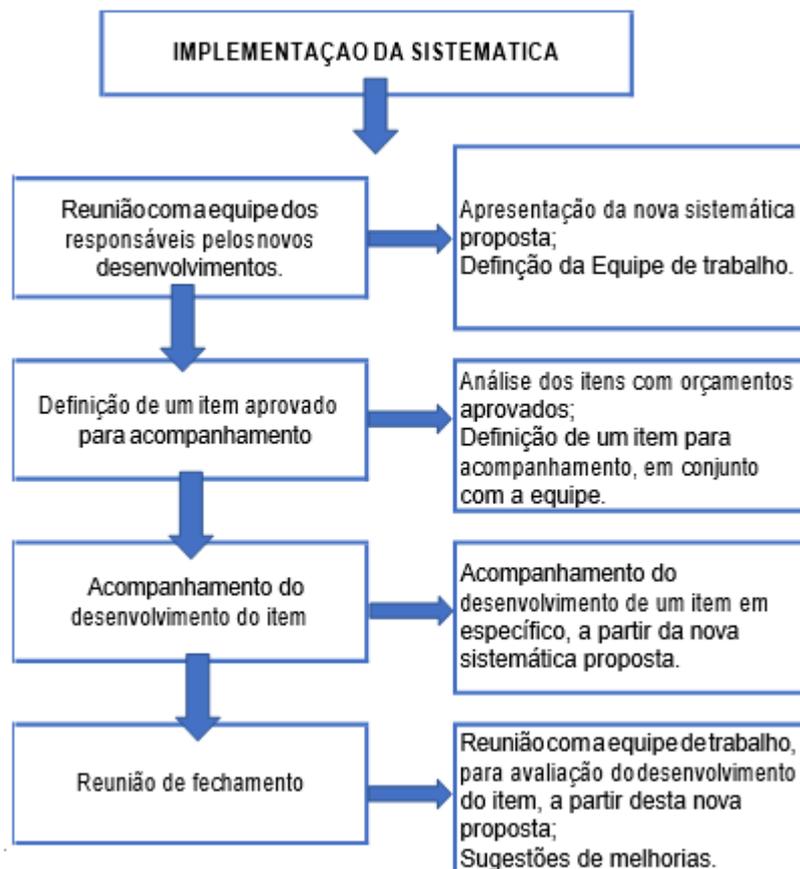
As especificações do cliente são definidas na etapa VOC, então para atender as necessidades e expectativas do mesmo, é necessário que todos os requisitos detalhados nesta etapa sejam atendidos. Para compreensão da visão do cliente em relação a empresa, definiu-se que, ao final de cada desenvolvimento será aplicado uma pesquisa de satisfação, conforme apêndice O, com intuito de mensurar a satisfação do cliente em relação ao item fornecido e ao suporte prestado.

### 4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

Com base na nova sistemática definida, foi realizado o acompanhamento do desenvolvimento de um item, para alimentação da nova proposta, afim de avaliar se

seria ou não eficaz para a empresa. Inicialmente a proposta foi apresentada a empresa, e após concordarem com as definições, foi definido um item em específico para que seu desenvolvimento fosse acompanhado. Para isso definiu-se o fluxograma de trabalho da Figura 22.

Figura 22 – Fluxograma para implementação da nova proposta.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

O fluxograma contempla quais foram as etapas necessárias para implementar e avaliar a sistemática proposta, afim de avaliar se esta seria efetivamente a nova sistemática adotada para o processo de novos desenvolvimentos.

#### 4.4.1 Reunião com a equipe de trabalho

A primeira reunião realizada foi no mês de agosto, deste ano, onde foi apresentada a nova sistemática proposta, para que os responsáveis do processo pudessem avaliá-la. Nesta reunião foram apresentados os conceitos do APQP, e qual

seriam os ganhos com a implementação de um sistema estruturado para gerenciar as demandas do processo de desenvolvimento de novos itens.

Os participantes desta reunião, foram a equipe de engenharia e qualidade, e também os responsáveis da fundição e da usinagem.

Após explanação dos objetivos, e vantagens da nova sistemática proposta, o grupo definiu que seria possível esta aplicação, e que seria feita para um item em específico em um primeiro momento.

#### **4.4.2 Implementação da sistemática aplicada a um item**

Juntamente com os responsáveis da engenharia e da qualidade, definiu-se um item para realizar a aplicação da nova sistemática proposta. Como já mencionado anteriormente, a Candeia desenvolve produtos com base nas necessidades do cliente, ou seja, o cliente envia o desenho, e com base no desenho, é desenvolvido todo o projeto para fabricação do mesmo. Por motivos de confidencialidade a pedidos do cliente, o projeto do desenho do item, não pôde ser divulgado.

Após definição do item a ser acompanhado, o mesmo passou pelas etapas definidas na nova sistemática:

- Preenchimento inicial do cronograma para desenvolvimento do item: para isso foi utilizado o cronograma disponível no apêndice A, onde foram alimentados inicialmente com as informações do desenho;
- Recebimento dos documentos do cliente: onde recebeu-se o desenho com revisão atualizada do item, e realizou-se análise das normas aplicadas ao item e se todas já estavam em posse da empresa;
- Definição da equipe de projeto: foi definido quais seriam as pessoas que fariam parte da equipe deste projeto, definindo responsáveis para cada processo, sendo a equipe definida, conforme Quadro 12;

Quadro 12 – Quadro para definição da equipe do projeto.

DEFINIÇÃO DE EQUIPE DE PROJETO	
ITEM:	XX
CLIENTE:	XXX
DATA DE ENTREGA: 15/10/19	
NOME	PROCESSO
Diogo	Usinagem
Andressa	Qualidade
Aparecida	Qualidade
Jaqueline	Pintura
Andréas	Engenharia
Uéslei	Engenharia
Marcos	Fundição
Roaldo	Fundição
Jaime	Usinagem
Cristiano	Qualidade

Fonte: Elaborado pela autora.

- Premissas de produto e processo: foi realizada uma reunião com a equipe de projeto, para fazer análise do desenho técnico da peça, para levantamento de detalhes técnicos e cotas, sistemas de medição utilizados, e também para explanar ao pessoal de processo quais eram as necessidades do cliente e da importância de desenvolver o item. Para esta reunião, utilizou-se o *checklist* disponível no apêndice B.

- Fluxograma preliminar: este tópico foi tratado na reunião também, e para definição do fluxo preliminar da peça, foi utilizado o modelo disponível no apêndice C, este fluxograma foi definido com base nas necessidades do cliente e requisitos do item, conforme Apêndice R.

- *Inputs* do cliente: após reunião interna, foi realizada uma conferência com o cliente, o qual chama-se de DPAR, onde foi alinhado todos os pontos importantes do item, sistema de medição, e também nesta reunião, foi definido em acordo com a equipe de projeto por parte do cliente e da empresa, a data de entrega das amostras, a qual ficou para o dia 15/10/2019.

- Lista de cotas críticas: para esta etapa, foi realizada uma análise do *checklist*, do DPAR e do desenho técnico, para avaliar as cotas críticas do produto. Após a reunião com o cliente, e após estabelecido data de entrega das amostras, foram realizadas reuniões diárias para acompanhamento do desenvolvimento do item, e na primeira, foram tratadas as cotas críticas e definido o cronograma para cumprimento das próximas etapas do projeto, conforme Apêndice Q. A partir desta etapa, foram realizadas reuniões diárias para tratar deste item, as reuniões ocorriam sempre as 9:30 da manhã, e duravam cerca de 30 minutos.

- Desenhos da engenharia: nesta etapa, o responsável recebeu os desenhos digitalizados, e incluiu todos no sistema ERP e na pasta definida na rede. Para isso, necessitou criar um cadastro para o item, tanto no ERP como na rede, para incluir informações relevantes do produto. Devido a confidencialidade do cliente, não são divulgadas as imagens do cadastro;

- Especificações da engenharia: nesta etapa, foram realizadas análises pela equipe da engenharia, com base no desenho e nos *checklists* das reuniões, para fazer o projeto da alimentação do produto no *SolidWorks* e após fazer a simulação da peça no *Software "MAGMA"*, o qual é utilizado para identificar as falhas de fundido que poderão apresentar na peça. Após realizada as simulações de *software*, o projeto do ferramental foi enviado ao fornecedor Maria de Fátima;

- Especificações do material: ainda através das simulações do MAGMA, é possível incluir diferentes tipos de composição para a peça, onde a partir disso foi realizado diversas simulações a fim de chegar no melhor nível de sanidade da peça, garantindo que não apresente nenhuma falha, ao fundir a mesma;

- Especificações da embalagem: nesta etapa, definiu-se a embalagem da peça conforme necessidade do cliente. A responsável, desenvolveu a embalagem conforme requisição do cliente, protegendo a peça, na caixa padrão definida, com as proteções adequadas;

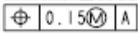
- Plano de controle: O plano de controle foi elaborado pelo responsável do processo de usinagem, pela responsável da pintura, e pelo responsável pelo processo de fundição, após concluído, foi enviado para a equipe de projeto revisar, e avaliar se estava contemplando todos os aspectos necessários;

- Verificação e avaliação do projeto: esta etapa foi realizada durante as reuniões diárias, para fazer uma análise geral do que foi desenvolvido até o momento,

e definir se seria necessária alguma alteração, e se as atividades estariam dentro do prazo e seria possível atender o prazo do cliente. Neste caso, tudo estava correndo como planejado, apenas na usinagem, foi alterado uma castanha para fixação da peça no dispositivo de usinagem;

- Fluxograma do processo: o fluxograma manteve-se o mesmo, definido inicialmente, pois não houve nenhum ajuste de processo e troca de máquinas.
- PFMEA: o PFMEA é reavaliado a cada três meses, neste caso, não houve necessidade de alteração do mesmo, apenas era revisado se as ações definidas estavam sendo implementadas e se o que é considerado crítico pelo PFMEA estava sendo controlado no processo. Verificou-se que havia registro dos controles de processos críticos;
- Instruções de trabalho: para esta etapa, utilizou-se as IT's definidas para cada processo, e afim de direcionar as operações do produto, foram incluídas observações no ERP do cadastro do item, para que saíssem impressos na OP;
- Plano de análise de medição: conforme análises iniciais, nesta etapa foi definido quais seriam os instrumentos de medição utilizados para medição das peças, e quantas peças das amostras seriam medidas. Neste caso, mediram-se seis peças, e isso foi definido a partir do número de figuras do molde, e os instrumentos utilizados para cada cota podem ser verificados conforme figura 24;

Figura 24 – Relatório dimensional do item desenvolvido.

RELATÓRIO DE ANÁLISE DIMENSIONAL											Nº:	338
CLIENTE:	xxxx			CÓDIGO ITEM/DESENHO:	xxxxx			Data:	14/10/2019			
DATA DA REVISÃO:	29/09/2019			REVISÃO/DESENHO:	A			INSPECTOR	Cristiano Dufenthaler			
AMOSTRA	X	PROTÓTIPO		DIMENSIONAL :	PEÇA	x	MODELO	Diédro utilizado:				
Item	Dimensional Especificado	Tolerância	Equipamento Medição	PEÇA 01	PEÇA 02	PEÇA 03	PEÇA 04	PEÇA 05	PEÇA 06	STATUS		Observação
										A	R	
1		x-x	Tridimensional 0,0005	0,011	0,033	0,106	0,135	0,091	0,086	OK		
2	Cota 10,07	± 0,03	Tridimensional 0,0005	10,099	10,096	10,078	10,076	10,079	10,084	OK		
3	Rugosidade	3,2Ra	Rugosímetro	3,02	2,60	3,09	3,01	3,00	2,63	OK		
4	Diametro 8,7 (6X)	+0,25 -0,05	Tridimensional 0,0005	8,489	8,486	8,52	8,508	8,493	8,526	OK		Cota de processo, sendo aprovada pela cota 06 (Rosca M10 x 1,5)
				8,515	8,542	8,508	8,523	8,507	8,509	OK		
				8,482	8,497	8,528	8,512	8,495	8,523	OK		
				8,483	8,522	8,499	8,53	8,506	8,519	OK		
				8,522	8,523	8,512	8,517	8,498	8,526	OK		
5	Diametro 10,8 x 90° (6X)	± 0,5 / ± 3°	Paquímetro 0,02	10,34	10,42	10,38	10,98	10,52	10,56	OK		
				10,48	10,48	10,44	10,56	10,32	10,62	OK		
				10,68	10,42	10,34	10,72	10,48	10,62	OK		
				10,86	10,66	10,46	10,68	10,56	10,46	OK		
				10,46	10,46	10,48	10,72	10,82	10,38	OK		
				10,42	10,78	10,38	10,96	10,42	10,44	OK		

Fonte: Elaborado pela autora.

- Corrida piloto: Nesta etapa, foi realizada a corrida piloto de produção, onde foram fundidas 4 caixas da peça, conforme definição da engenharia e da qualidade;
- Teste de validação da produção: Nesta etapa, foram realizados todos os testes necessários para análise dos critérios especificados no projeto do item, os quais incluem, teste de sanidade, de material, de propriedades mecânicas, de dimensional e de pintura;
- Aprovação de peças de produção: Após realização dos testes, foi feita a avaliação dos mesmos, a fim de aprovar as peças de amostra, e para o item em questão todos os resultados alcançaram os critérios de aceitação determinados para atender o cliente. Para garantir que a documentação está pronta para enviar ao cliente, foi utilizado o checklist do apêndice M;
- Submissão do plano de qualidade: após validação de testes e de toda a documentação, foi criado um arquivo com extensão em PDF Zipado, para enviar ao cliente através do sistema de envio de planos de qualidade;
- Satisfação do cliente: para fins de entender se o trabalho de desenvolvimento havia sido completo, enviou-se ao cliente um formulário simples, para avaliação da proposta conforme, apêndice O. A avaliação do cliente foi positiva, pois todos os critérios foram atendidos, inclusive o de prazo de entrega e a documentação foi aprovada sem requisições excedentes.

Cabe destacar ainda, que após implementação da sistemática proposta, houveram melhorias na comunicação interna entre os processos, os prazos de entrega que antes não eram atendidos, foram cumpridos conforme definido no cronograma e também, auxiliou no engajamento da equipe com o propósito do projeto. Todos da equipe sabiam do andamento do projeto, o que possibilitou melhor planejamento de cada etapa, para que as mesmas fossem cumpridas conforme prazo estabelecido. Além disso, vale ressaltar que, com o preenchimento do cronograma, apêndice A, foi possível analisar as datas prevista x realizada, identificando gargalos de processo de forma que os mesmos possam ser ajustados.

## CONCLUSÃO

Destaca-se inicialmente, a importância deste trabalho para a área de aplicação da Engenharia de Produção, partindo do pressuposto de que a metodologia utilizada tem como uma das principais vantagens, a satisfação do cliente, e além disso, auxilia na entrega de um produto de qualidade, dentro do prazo solicitado.

A problemática exposta inicialmente, estava relacionada a gestão de engenharia da empresa, objeto de estudo, onde foram identificadas falhas no processo de desenvolvimento de novos itens, sendo estas apontadas principalmente pelo fato de não haver uma sistemática definida. Através das análises qualitativas realizadas, identificou-se que, os efeitos das falhas acarretavam principalmente em atrasos de entrega, e em alguns casos desenvolvimento incorreto das peças de amostra.

A utilização de uma sistemática pré-estabelecida, é fundamental para este e qualquer outro processo, pois além de auxiliar na tomada de decisão, e agilizar o processo, influencia muito no resultado que chegará até o cliente. Utilizando uma metodologia padrão, a probabilidade de que o processo permaneça estável é muito maior, e desta forma, acaba impactando de forma positiva em índices de refugo e não conformidades tanto internas como no cliente.

O objetivo geral desta pesquisa, foi a adaptação e implementação de uma sistemática para o processo de desenvolvimento de novos itens, baseada na metodologia APQP, com o intuito de reduzir as falhas e melhorar os prazos de entrega das amostras. Após análise do cenário atual da empresa, e pesquisas bibliográficas acerca do tema, foi elaborada uma proposta de sistemática, que melhor se adaptasse às necessidades da empresa, para apresentação à equipe de responsável pelo processo de desenvolvimento de novos itens. A equipe analisou, e ponderou aspectos importantes, e concordou em implementar a proposta para o próximo item a ser desenvolvido. A equipe de engenharia e qualidade definiu um item para implementação da proposta, o qual não pode ser divulgado devido a normas de confidencialidade do cliente. Foi realizado o desenvolvimento do item sugerido, utilizando a nova sistemática proposta, afim de validar a eficácia da mesma.

No que tange aos objetivos específicos do trabalho:

- Com relação ao primeiro objetivo específico definido, referente ao mapeamento e análise do cenário atual, a análise foi realizada, onde foi verificado que a falta de um método estruturado para a gestão dos novos desenvolvimentos, estava impactando principalmente em atrasos de entrega da maioria dos itens desenvolvidos, e ainda na qualidade e confiabilidade do processo, pois quando o item entrava em linha para efetivamente produzir e vender, algumas características não estavam sendo atendidas, e além disso, os níveis de refugo de amostra estavam muito elevados, conforme capítulo 4.1 do trabalho.

- No que se refere ao segundo objetivo específico, referente a criação de uma proposta de sistemática padrão para os novos desenvolvimentos, a proposta foi criada, de acordo com as necessidades da empresa, tendo como base a metodologia do APQP e suas fases e etapas, conforme capítulo 4.2 do trabalho.

- Em relação ao terceiro objetivo específico, relacionado à implementação da sistemática proposta, foi implementada a sistemática, a partir do desenvolvimento de um item, afim de validar a mesma. A implementação está detalhada no capítulo 4.3 deste trabalho.

Desta forma, fica como sugestão para trabalhos futuros, a implementação da metodologia baseada no 5S's, a qual poderá auxiliar na mudança cultural da empresa, organizando melhor todos os processos.

## REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J.M.; MIGUEL, P.A.C. **Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras-Gestão da Produção**. São Carlos, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade: requisitos**. Rio de Janeiro, 2015.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão de Qualidade, Produção e Operações**. São Paulo: Editora Atlas, 2019.

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 4ª ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Otoni, 1992.

CARPINETTI, L. C. R.; GEROLAMO, M. C.; **Gestão da qualidade ISO 9001:2015: Requisitos e integração com a ISO 14001:2015**. 1ª Ed, São Paulo: Atlas, 2019.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CAUCHICK, M. P. A. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

DGO - Diretoria de Desenvolvimento Gerencial Programa de Desenvolvimento de Gerentes Operacionais. **Gestão de processos: módulo 3**. – Brasília: ENAP / DDG, 2014.

JURAN, M., DeFEO, A.; **Fundamentos da Qualidade para Líderes**. São Paulo: Bookman Editora, 2015.

LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2010.

MAE. **Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle – Manual APQP 1ªed.** (MAE); AIAG (EUA) e IQA (Brasil); 1994.

MARANHÃO, M.; **ISO série 9000(versão 2000) – Manual de Implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

MARTINELLI, F., B.; **Gestão da Qualidade Total.** Florianópolis: Administração, 2009.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica.** – 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MFA. **Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (Manual Ford APQP),** 2003. Disponível em:

<[https://elsmar.com/Guide\\_APQP/APQP\\_Misc%20Folder/APQP\\_Ford\\_2001.pdf](https://elsmar.com/Guide_APQP/APQP_Misc%20Folder/APQP_Ford_2001.pdf)>

Acesso em 17 de setembro de 2019.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade.** 7ª Ed – Rio de Janeiro: LTC, 2017.

OLIVEIRA, O. J. **Curso Básico de Gestão da Qualidade.** São Paulo: Cengage Learning Ed, 2015.

PANDE, P; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. **Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de Processos: Análise, Simulação, Otimização e Síntese de Processos Químicos.** 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2005.

PIMENTA, L. C. N. **APQP: Caracterização da Aplicação da Metodologia de Gestão do Desenvolvimento de Produto em Fornecedores de Setores da Linha Branca e Automotiva.** Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) Universidade

Federal de São Carlos Centro de ciências Exatas e de Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, São Paulo, 2009.

ROCHA, J. R. P. **A Gestão do Desenvolvimento de Produto Via APQP na Indústria Automobilística**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para Mestrado em Engenharia da Produção, São Paulo, 2009.

SILVA, D.H. C. **APQP: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto**. 2007. Disponível: <https://docplayer.com.br/12094196-Apqp-planejamento-avancado-da-qualidade-do-produto.html>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1985.

WERKEMA, M.C.C. **As Ferramentas estatísticas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

## APÊNDICE A - Cronograma Padrão para Desenvolvimentos

CRONOGRAMA					
ITEM:		Revisão:	Cliente:	Data envio PPAP:	
Fases do APQP	Atividade	Descrição das Atividades	Responsável	Data	
				Prevista	Realizada
1	1	Documentação do cliente(3D, desenho técnico, normas, etc)			
	2	Análise de viabilidade técnica			
	3	Orçamento peça bruta			
	4	Orçamento peça usinada			
	5	Orçamento pintura, embalagem, terceiros			
	6	Orçamento ferramental fundição			
	7	Orçamento ferramental usinagem			
	8	Análise de viabilidade econômica			
	9	Reunião análise do desenho com os responsáveis do processo			
	10	Reunião com o cliente para análise do desenho e banchmark de processo			
2	11	Análise de especificações da engenharia			
	12	Definição do material de fabricação			
	13	Simulação(MAGMA) da árvore da peça			
	14	Projeto e desenvolvimento do ferramental junto ao fornecedor			
	15	DFMEA			
	16	Plano de controle			
	17	Recebimento e análise do ferramental(modelaria)			
	18	Definição de embalagem			
	19	Verificação das etapas do projeto			
	20	Análise crítica da documentação das etapas já elaboras			
3	21	Fluxograma permanente do processo			
	22	PFMEA			
	23	Programação do PCP para fundição de testes			
	24	Produção lote teste			
	25	Análise de material			
	26	Pré-dimensional de raios e cotas críticas			
	27	Montar instruções de trabalho relacionadas ao item			
	28	Envio de peças para terceiros(scanner, raio x, têmpera, etc)			
	29	Ajuste de processo usinagem			
	30	Medição das peças - relatório dimensional			
	31	Pintura			
	32	Testes de Pintura			
4	33	Análise do relatório dimensional			
	34	Estudo de CEP do item			
	35	Análise da documentação(check list)			
	36	Submissão de PPAP			
5	37	Aprovação do plano de qualidade do item(PSW assinado)			
	38	Lote piloto de produção			
	39	Testes de validação			
	40	Análise da satisfação do cliente			
<b>LEGENDA DAS FASES DO APQP</b>			Obs:		
1.	Planejar e Definir Programa				
2.	Projeto e Desenvolvimento do Produto				
3.	Projeto e Desenvolvimento do Processo				
4.	Validação do Produto e do Processo				
5.	Retroalim., Avaliação e Ação Corretiva				

## APÊNDICE B - Checklist para análise de desenho

Checklist Desenvolvimento				
Código / Referência: XXX	Rev.: XX	Cliente: XX	Unidade: XX	
Revisão do desenho X orçamento X pedido está OK ? <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO Qual a divergência:				
FERRAMENTA: <input checked="" type="checkbox"/> Fundição <input checked="" type="checkbox"/> Usinagem <input checked="" type="checkbox"/> Inspeção Tem Ordem de Compra: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO				
FERRAMENTAL	Fundição - Nrs Figuras		Fornecedor:	
	Usinagem - Ferramenta Especial:			
	Há Dispositivo de Processo:			
	Há modificação no modelamento em relação ao 3D ( Estração, sobremetal, raios) que podem impactar atendimento das cotas do desenho e/ou montagem?			
DESENHO	Especificação de Material	Cliente	Candeia	
	Normas técnicas disponíveis <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual:			
	3D para desenvolvimento <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Quem responsável no cliente;			
	Tolerâncias especificadas			
	Entendimento de cotas / <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não -			
	Falta cotas	Raios não especificados <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual:		
		Grausextração <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual:		
	Local para identificação do item <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não -			
Local para medição da dureza <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Sugestão:				
PROCESSOS	<b>FUNDIÇÃO</b>			
	Realizada simulação magma (quais possíveis falhas):			
	Sobre metal:			
	Restrições/ Observações			
	Necessidade de alterar IT do processo ou RQ já existente ou criar novo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual			
	<b>MACHARIA</b>			
	Validade do macho <input type="checkbox"/> 6 Meses <input type="checkbox"/> 3 Meses <input type="checkbox"/> Outro:			
	Pintura de macho <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
	Necessidade de alterar IT do processo ou RQ já existente ou criar novo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual			
	<b>REBARBAÇÃO</b>			
	Precisa desenvolver algum gabarito para inspeção?			
	Rebarba conforme norma até 1 / 1,5mm é permitido em toda a peça??			
	<b>USINAGEM</b>			
	Número de peças vida útil do inserto de acabamento:			
	Necessidade de alterar IT do processo ou RQ já existente ou criar novo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual			
	<b>MEDIÇÃO</b>			
	Equipamentos adequados/ Investimentos:			
	O que vamos monitorar:			
	Necessidade de CEP <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Qual cota:			
	Tem estudo R&R aprovado: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Qual:			
	Necessidade de alterar IT do processo ou RQ já existente ou criar novo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não - Qual			
	<b>PINTURA</b>			
	Isolamento ( se precisa, compra e fabricação do isolamento):			
	Local para pendurar os ganchos e ferramenta?			
	No local onde tem ganchos pintura com falha - É problema para o cliente??			
	Instrução do Processo IT-032:			
	Tinta especificada é Homologada?		Especificação nível acabamento pintura:	
Data Proposta para PPAP:				
Equipe envolvida na análise:				

## APÊNDICE C – Ata de Reunião de revisão de produto

REUNIÃO DE REVISÃO DE PRODUTO			
CÓDIGO DA PEÇA	REVISÃO	DESCRIÇÃO PEÇA	<KC> (Y/N)
XXX	X	XXX	Y
RESPONSÁVEIS DO PROJETO			
FUNÇÃO		REPRESENTANTE	
Engenheiro de produto			
Engenheiro de manufatura			
Engenheiro da qualidade			
Responsável do fornecedor			
Item	DESCRIÇÃO		COMENTÁRIOS
<b>1</b>	<b>Revisão geral</b>		
1.1	Atendimento às cotas e tolerâncias do desenho.		
1.2	Entender onde a peça é montada.		
1.3	Certificar-se de que a indicação do material está corretamente especificada no desenho.		
1.4	Confirmar que o valor de massa especificado no desenho está coerente com o material.		
1.5	Revisar sequência de eventos e processo de fabricação.		
<b>2</b>	<b>Proteção superficial (pintura / zincagem / oxidação)</b>		<b>Comentários</b>
2.1	Verificar se a peça é pintada.		
2.2	Verificar se o processo de pintura está homologado de acordo com a norma.		
2.3	Verificar a necessidade de proteção contra oxidação		
<b>3</b>	<b>Peças usinadas, fundidas ou forjadas</b>		<b>Comentários</b>
3.1	Necessidade de Radiografia		
3.2	Verificar se existem superfícies usinadas que devem estar livres de rebarbas e/ou restos de canais.		
3.3	Certificar-se que estão especificadas/aplicáveis( Sanidade da peça Raio X e seccionamento; Tolerâncias de fundição; Proteção contra oxidação).		
3.4	Validação do projeto através de software		
3.5	Solicitar escanemanto 3D da peça para peças fundidas.		
3.6	Teste de dureza e especificar posição na peça para o teste, método e equipamento.		
3.7	Verificar quantas cavidades que o ferramental de fundição contempla.		
3.8	Revisar os pontos de apoio para a usinagem:		
3.9	Identificação da peça:		
<b>4</b>	<b>Requisitos para Característica-Chave &lt;KC&gt; - Projeto / Processo</b>		<b>Comentários</b>
4.1	Revisar cotas críticas		
<b>5</b>	<b>Plano de Controle</b>		<b>Comentários</b>
5.1	Determine o que, quanto e disponibilidade de medição de equipamentos, medidores especiais e métodos alternativos, gígas de teste, etc.		
<b>6</b>	<b>Fechamento do DPAR</b>		<b>Comentários</b>
6.1	Plano de embalagem para o item		
6.2	Revisar requerimentos para ferramental		

### APÊNDICE D – Modelo padrão de fluxograma

LOGO DA EMPRESA	<b>FLUXOGRAMA</b>				DATA:		PPAP N.º			
CÓDIGO DA PEÇA:	DESCRIÇÃO DA PEÇA:				REVISÃO:		DATA:			
<b>Simbologia</b>	Operação		Inspeção		Transporte		Embalagem		Expedição	
<b>Passo</b>	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO				CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO PRODUTO					
Nº										
<b>FUNDIÇÃO</b>										
OP1										
OP2										
<b>USINAGEM</b>										
OP										
OP										
<b>PINTURA</b>										
OP										
OP										
<b>OBSERVAÇÃO:</b>										
Equipe envolvida:										



**APÊNDICE F – Checklist para análise de documentos**

<b>Análise de Documentação PPAP</b>			
Responsável pela análise:			
Item	Status	Data Análise	Observações
Desenho Boletado			
Relatório de material			
Scanner			
Relatório Scanner			
Raio X			
Relatório do Raio X			
Relatório de Sanidade			
Relatório de identificação			
PFMEA			
Plano de Controle			
Relatório de Pintura			
IT de Embalagem			
IT de Rebarbação			
Relatório Dimensional			
PSW Assinado			
PSW de Terceiros			







**APÊNDICE J – Modelo padrão para estudo de R&R**

ESTUDO DE R&R POR ATRIBUTO									
OPERADOR	MEDIÇÃO	PEÇA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	1								
	2								
	3								
B	1								
	2								
	3								
C	1								
	2								
	3								
D	1								
	2								
	3								

**APÊNDICE K – Modelo padrão de relatório de embalagem**

INSTRUÇÃO DE EMBALAGEM			
CÓDIGO DA PEÇA	REV:	CLIENTE:	Nº:
<b>PROCESSO DE EXPEDIÇÃO</b>			
EMBALAGEM PRINCIPAL A SER UTILIZADA			
REFERÊNCIA:		QT/ EMBALAGEM:	
IMAGEM DA PEÇA DENTRO DA EMBALAGEM			ESPECIFICAÇÃO DE EMBALAGEM



## APÊNDICE M – Checklist para análise de documentação de PPAP

<b>CHECK - LIST PARA ANÁLISE DE PPAP's</b>	
Cliente _____	Código: _____
PPAP N°: _____	
Descrição: _____	Revisão: _____
Data da Revisão: _____	
Data Análise PPAP: _____	Responsável análise do PPAP: _____
<b>Desenho aprovado pelo Cliente</b>	
<input type="checkbox"/> Cotas boletadas	<input type="checkbox"/> Normas, comentários e observações boletadas
<b>Diagrama do Fluxo de Processo</b>	
<input type="checkbox"/> Formulário com Identificação Candeia	<input type="checkbox"/> Nível de alteração e data da alteração
<input type="checkbox"/> Código / Revisão Desenho e descrição do Item	<input type="checkbox"/> Descrição das operações
<input type="checkbox"/> Sequencia das operações	<input type="checkbox"/> Sinalização das características críticas/Significativas (Se houver)
<b>FMEA de Processo</b>	
<input type="checkbox"/> Formulário com Identificação	<input type="checkbox"/> Data da elaboração e revisão do FMEA
<input type="checkbox"/> Código / Revisão Desenho e descrição do Item	<input type="checkbox"/> Ações, responsável e prazos para RPN altos
<input type="checkbox"/> Sequência das operações - Sequência conforme Fluxo	<input type="checkbox"/> Prazo ações vencidas / novo NPR
<input type="checkbox"/> Pontuações da severidade, ocorrência e detecção	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Descrição do modo falha, efeito potencial, causa potencial, prevenção e detecção, ações, responsável e prazo, resultados das ações	
<b>Plano de Controle</b>	
<input type="checkbox"/> Formulário com Identificação do fornecedor	<input type="checkbox"/> Sequência das operações - conforme fluxo
<input type="checkbox"/> Código / Revisão Desenho e descrição do Item	<input type="checkbox"/> Identificação das cotas conforme desenho boletado
<input type="checkbox"/> Data da elaboração e revisão do Plano	<input type="checkbox"/> Há em Dpar / documento cliente - cotas a serem controladas
<input type="checkbox"/> Descrição da operação, características, caract. especial, especificações, medição, amostra, método de controle, planos de reação/ação.	
<input type="checkbox"/> Há documentos solicitados para envio pelo cliente	<input type="checkbox"/> Necessidade de Teste para Controle do produto
<b>Relatório de Resultados de Ensaios/Material</b>	
<input type="checkbox"/> Formulário com Identificação da Candeia	<input type="checkbox"/> Nome do Cliente
<input type="checkbox"/> Código / Revisão Desenho e descrição do Item	<input type="checkbox"/> Especificação e Resultados da medição
<input type="checkbox"/> Sinalização das características críticas/Significativas (Se houver)	<input type="checkbox"/> Data da aprovação / Emissão
<input type="checkbox"/> Aprovação/Reprovação dos resultados encontrados	<input type="checkbox"/> Responsável pela aprovação do relatório
<input type="checkbox"/> Certificado de Matéria prima (se necessário)	<input type="checkbox"/> Testes de performance (Se necessário)
<b>Resultados Dimensionais</b>	
<input type="checkbox"/> Formulário com Identificação da Candeia	<input type="checkbox"/> Nome do Cliente
<input type="checkbox"/> Código / Revisão Desenho e descrição do Item	<input type="checkbox"/> Especificação das característica e Tolerância
<input type="checkbox"/> Sinalização das características críticas/Significativas (Se houver)	<input type="checkbox"/> Resultados da medição da Candeia
<input type="checkbox"/> Aprovação/Reprovação dos resultados encontrados	<input type="checkbox"/> Data da aprovação e Responsável pela aprovação do relatório
<b>Relatório de Resultados de Ensaios Destrutivos</b>	
<input type="checkbox"/> Formulário com Identificação da Candeia	<input type="checkbox"/> Nome do Cliente
<input type="checkbox"/> Código / Revisão Desenho e descrição do Item	<input type="checkbox"/> Especificação e Resultados da medição
<input type="checkbox"/> Aprovação/Reprovação dos resultados encontrados	<input type="checkbox"/> Responsável pela aprovação do relatório
<input type="checkbox"/> Data da aprovação.	<input type="checkbox"/>
CORREÇÕES NECESSÁRIAS: _____	
_____	
_____	
Assinatura do Avaliador	

## APÊNDICE N – Certificado de submissão de peças

Certificado de Submissão de Peças de Produção (PPAP)	
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	
Nome da Peça _____	Número da Peça cliente _____
Nível de Alteração de Desenho de Engenharia _____	Peso(Kg): _____ Data: _____
<b>INFORMAÇÕES DE MANUFATURA DA ORGANIZAÇÃO</b>	
Nome do Fornecedor e Código _____	
Endereço do Fornecedor _____	
CEP _____	Cidade _____ Estado _____
<b>RAZÃO PARA SUBMISSÃO (Marque pelo menos um):</b> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Sim   <input type="checkbox"/> Não   <input checked="" type="checkbox"/> N/A</span>	
<input type="checkbox"/> Submissão Inicial <input type="checkbox"/> Alteração de Engenharia <input type="checkbox"/> Ferramental <input type="checkbox"/> Correção de Discrepância <input type="checkbox"/> Ferramental Inativo por mais de 1 ano	<input type="checkbox"/> Mudanças de Material ou Construção Opcional <input type="checkbox"/> Sub-Fornecedor ou mudança na Fonte do Material <input type="checkbox"/> Mudança no Processo da Peça <input type="checkbox"/> Peças Produzidas em outra Localidade <input type="checkbox"/> Outros - Especifique _____
<b>NÍVEIS DE SUBMISSÃO (Marque um):</b>	
<input type="checkbox"/> Nível 1 - Certificado apenas (e para os itens designados de aparência, um Relatório de Aprovação) <input type="checkbox"/> Nível 2 - Certificado, com amostras peças de produção e uma quantidade limitada de dados de suporte submetido ao cliente <input type="checkbox"/> Nível 3 - Certificado, com amostras peças de produção, dados de suporte completo submetido ao cliente <input type="checkbox"/> Nível 4 - Certificado e outros requerimentos definidos pelo cliente <input type="checkbox"/> Nível 5 - Certificado, com amostras peças de produção, dados de suporte inspecionados no local de fabricação do	
<b>RESULTADOS DA SUBMISSÃO:</b>	
Os resultados de:    Medições dimensionais; Ensaios de materiais e funcionais; Critérios de aparência; Dados	
Os resultados atendem a todos requisitos de registro de projeto: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	
<b>DECLARAÇÃO:</b>	
Por meio desta afirmo que as amostras representadas por este certificado são representativas das nossas peças. Estas foram fabricadas através de um processo que atende todos os requisitos da 4ª edição do Manual de PPAP. Estas amostras foram produzidas na razão de produção de /horas _____.	
Certifico também que a evidência documentada de tal conformidade está arquivada e disponível para análise crítica.	
<b>EXPLICAÇÃO / COMENTÁRIOS:</b>	
Assinatura Autorizada pelo Fornecedor: _____	Data: _____
Nome Legível: _____	Telefone: _____
Cargo: _____	e-mail: _____
<b>PARA USO SOMENTE DO CLIENTE (SE APLICÁVEL)</b>	
Disposição das Peças: <input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Rejeitado <input type="checkbox"/> Outra	
Assinatura do cliente: _____	
Nome legível: _____	Data: _____

### APÊNDICE O – Documento de Avaliação de Satisfação do Cliente

LOGO EMPRESA	<b>PESQUISA DE SATISFAÇÃO DE CLIENTES</b>		
<b>Cliente</b>		<b>Contato</b>	
<b>Responsável pela pesquisa</b>		<b>Data pesquisa</b>	
<b>Item</b>	<b>Critério de Avaliação</b>	<b>Grau de Satisfação</b>	<b>Observações</b>
1	Qualidade		
2	Entrega		
3	Atendimento		
4	Pós-Venda		
Observações/Comentários Importantes:			
Legenda coluna "Grau de Satisfação": 1. Muito Satisfeito; 2. Satisfeito; 3. Pouco Satisfeito; 4. Insatisfeito; 5. Muito Insatisfeito			



## APÊNDICE Q - Cronograma Padrão para Desenvolvimentos aplicado a proposta de estudo

CRONOGRAMA								
ITEM: xxxx		Revisão: A		Cliente: xxxx		Data envio PPAP: 15/10/2019		
Fases do APQP	Etapas do APQP	Descrição das Etapas do APQP	Atividade	Descrição das Atividades	Responsável	Data		
						Prevista	Realizada	
1	1	Especificações do produto	1	Documentação do cliente(3D, desenho técnico, normas, etc)	Engenharia	10/08/2019	10/08/2019	
	2	Viabilidade Técnica	2	Análise de viabilidade técnica	Engenharia	11/08/2019	11/08/2019	
	3	Orçamentos	3	Orçamento peça bruta	Engenharia	11/08/2019	12/08/2019	
			4	Orçamento peça usinada	Engenharia	11/08/2019	12/08/2019	
			5	Orçamento pintura, embalagem, terceiros	Engenharia	11/08/2019	12/08/2019	
			6	Orçamento ferramental fundição	Engenharia	12/08/2019	13/08/2019	
	7	Orçamento ferramental usinagem	Engenharia	13/08/2019	13/08/2019			
4	Viabilidade Econômica	8	Análise de viabilidade econômica	Engenharia	13/08/2019	13/08/2019		
5	Envio de Orçamentos	9	Envio do orçamento	Engenharia	13/08/2019	13/08/2019		
6	Aprovação de Orçamentos	10	Aprovação do orçamento e liberação para fabricação de ferramental	Cliente	14/08/2019	15/08/2019		
2	7	Análise de especificações, benchmarking do cliente	11	Reunião análise do desenho com os responsáveis do processo	Equipe responsável	16/08/2019	16/08/2019	
			12	Reunião com o cliente para análise do desenho e benchmark de processo		16/08/2019	16/08/2019	
			13	Definição de embalagem	Cliente	16/08/2019	16/08/2019	
	8	Projeto do ferramental	14	Simulação(MAGMA) da árvore da peça	Alison	16/08/2019	16/08/2019	
			15	Projeto ferramental	Fornecedor	17/08/2019	18/08/2019	
			16	Aprovação compra do ferramental	Cliente	19/08/2019	21/08/2019	
			17	Desenvolvimento do ferramental	Fornecedor	31/08/2019	02/09/2019	
			18	Entrega do ferramental	Fornecedor	02/09/2019	04/09/2019	
			19	Análise do ferramental(modelaria)	Marcos	02/09/2019	04/09/2019	
			20	Liberação ferramental	Marcos	02/09/2019	04/09/2019	
21	Fluxograma do processo	Andressa	04/09/2019	04/09/2019				
3	9	Análise do Processo	22	PFMEA	Andressa	04/09/2019	04/09/2019	
			23	Plano de controle	Andressa	04/09/2019	05/09/2019	
			24	Programação do PCP para fundição de testes	Camila	05/09/2019	07/09/2019	
	10	Teste de Produção - Fundição	25	Produção lote teste	Marcos	07/09/2019	09/09/2019	
			26	Análise de material	Jonas	09/09/2019	11/09/2019	
			27	Pré-dimensional de raios e cotas críticas	Cristiano	12/09/2019	12/09/2019	
			28	Envio peças rebarbação	Giseli	13/09/2019	13/09/2019	
			29	Liberação lote teste	Vinicius	15/09/2019	16/09/2019	
			30	Envio de peças para terceiros(scanner, raio x, têmpera, etc)	Vinicius	15/09/2019	16/09/2019	
	11	Teste/Ajuste do Processo da Usinagem	31	Ajuste de processo usinagem	Jaime	16/09/2019	17/09/2019	
12	Análise do Msa	32	Medição das peças - relatório dimensional	Cristiano	17/09/2019	18/09/2019		
		33	Estudo de CEP do item	Cristiano	17/09/2019	18/09/2019		
13	Teste/Análise Processo de Pintura	34	Pintura	Jaqueline	20/09/2019	21/09/2019		
		35	Testes de Pintura	Jaqueline	22/09/2019	23/09/2019		
		36	Análise do relatório dimensional	Aparecida	23/09/2019	24/09/2019		
		37	Análise da documentação(check list)	Andressa	23/09/2019	24/09/2019		
	15	Envio de PPAP ao cliente	38	Submissão de PPAP	Aparecida	29/09/2019	25/09/2019	
5	16	Aprovação de PPAP	39	Aprovação do plano de qualidade do item(PSW assinado)	Cliente	08/10/2019	09/10/2019	
			40	Recebimento da OC do cliente	Andreas	09/10/2019	10/10/2019	
	17	Corrida Piloto	41	Lote piloto de produção	Marcos	12/10/2019	13/10/2019	
<b>LEGENDA DAS FASES DO APQP</b>					<b>Obs:</b>			
1. Planejar e Definir Programa								
2. Projeto e Desenvolvimento do Produto								
3. Projeto e Desenvolvimento do Processo								
4. Validação do Produto e do Processo								
5. Retroalim., Avaliação e Ação Corretiva								

## APÊNDICE R - Fluxograma aplicado a proposta de estudo

LOGO DA EMPRESA	FLUXOGRAMA			DATA:	10/09/19	PPAP N.º	324
CODIGO DA PEÇA:	XXX X	DESCRIÇÃO DA PEÇA:	Engrenagem	REVISÃO:	A	DATA: 20/07/19	
Simbologia	Operação	Inspeção	Transporte	Embalagem	Expedição		
Operação	<b>DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO</b>						
Nº							
OP1	<b>RECEBIMENTO</b> - Recebimento de matéria - prima para fabricação das peças.						
OP2	<b>MACHARIA</b> - Produção de machos Cold Box. Macho A,B e C.						
OP3	<b>MOLDAGEM</b> - Preparação da areia , mistura de areia verde. E a produção de moldes						
OP4	<b>FUSAO</b> - Preparação da carga, carga padrão, aquecimento do forno, composição química da carga base, correção da carga, controle da carga.						
OP5	<b>VAZAMENTO</b> - Medição da temperatura de vazamento. Vazamento e transferência do metal.						
OP6	<b>QUEBRA DE CANAL</b> - Separação das peças do canal.						
OP7	<b>JATEAMENTO</b> - Retirar/limpar a areia em excesso através do Jato de granalha.						
OP8	<b>EXPEDIÇÃO/INSPEÇÃO</b> - Inspeccionar 100% visual, separar as peças sem defeitos de fundição e encaminhar para a expedição. Fazer a contagem e preparar carga para encaminhar a rebarbação.						
OP9	<b>REBARBAÇÃO</b>						
OP10	<b>EXPEDIÇÃO</b> - Inspeção das peças que retornar da rebarbação. Preparação da carga para encaminhar para cliente interno(usinagem).						
OP11	<b>TORNEAMENTO</b> - Usinar em torno CNC						
OP12	<b>BROCHAMENTO</b> - Brochar em brochadeira hidráulica						
OP13	<b>INSPEÇÃO FINAL</b> - Inspeção das cotas						
OP14	<b>EXPEDIÇÃO</b> - Fazer a contagem e preparar carga para encaminhar a pintura.						
OP15	<b>ENTRADA NA PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE</b> - Para as peças entrar na linha de preparação de superfície						
OP16	<b>PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE</b> - Peças passar pela linha de banho para a limpeza e preparação da superfície						
OP17	<b>SAÍDA DA PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE</b> - Para as peças ir para a pintura ou quando necessário isolamento antes da pintura						
OP18	<b>PINTURA</b> - Pintura Primer Verde epóxi conforme sufixo ZZ1+ acabamento verde PU, conforme JDM F17A1.						
OP19	<b>OLEAMENTO</b> - Olear faces e furos sem pintura com óleo protetivo TIRRENO 7270 HFP						
OP20	<b>EMBALAGEM/ESTOQUE / EXPEDIÇÃO</b> - Embalar/ estocar as peças aprovadas, realizar a contagem, identificar e preparar carga para encaminhar para cliente						
<b>OBSERVAÇÃO:</b>							
Equipe envolvida: Andressa, Aparecida, Andreas, Marcos, Diogo							