



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
CENTRO DE ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANA MARIA PAIVA DE FARIAS

**MODELO PARA DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO**

MOSSORÓ – RN  
2018

ANA MARIA PAIVA DE FARIAS

**MODELO PARA DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas para obtenção do título de Engenheira Mecânica.

Prof. Dr. Fabrício José Nobrega Cavalcante – UFERSA

MOSSORÓ – RN  
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F224m Farias, Ana Maria Paiva de .  
Modelo para definição de metodologia para o  
desenvolvimento de um equipamento / Ana Maria  
Paiva de Farias. - 2018.  
61 f. : il.

Orientador: Fabrício José Nóbrega Cavalcante.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia  
Mecânica, 2018.

1. Metodologia. 2. Projeto. 3. Equipamento. I.  
Cavalcante, Fabrício José Nóbrega, orient. II.  
Título.

ANA MARIA PAIVA DE FARIAS

**MODELO PARA DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO**

Monografia apresentada a Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido como requisito  
para obtenção do título de Engenheira  
Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício José Nóbrega  
Cavalcante – UFERSA

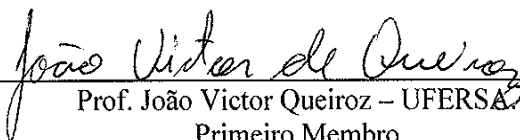
Aprovada em: 18 / 04 / 18.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Fabrício José Nóbrega Cavalcante – UFERSA.  
Presidente/Orientador



---

Prof. João Victor Queiroz – UFERSA  
Primeiro Membro



---

Eng. Daniel Ricardo Araújo Amaro.  
Segundo Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, sem Ele não teria chegado até aqui.

Aos meus pais, que não mediram esforços mesmo em meio à tantas dificuldades.

Aos meus grandes, fieis e verdadeiros amigos.

Aos meus familiares.

E, por fim, a todos os professores que me ensinaram e que me ajudaram tanto.

*“A mente que se abre a uma nova ideia,  
jamais volta ao seu tamanho original.”*

*Albert Einstein*

## **RESUMO**

Este trabalho propõe um estudo sobre as metodologias de projeto voltadas para a engenharia mecânica, dando ênfase à importância de elaborar um plano de projeto a fim de se obter resultados satisfatórios na produção de um equipamento. Metodologia de projeto representa o ramo da ciência que estuda os procedimentos usados pelos projetistas, fornecendo aos mesmos o conhecimento sobre o processo de como é feito o projeto, planejando desde a identificação da sua necessidade até seu produto final, podendo citar alguns conhecimentos como: processos de desenvolvimento, métodos, modelos, técnicas, viabilidade e um grande sistema de conceitos. O trabalho utilizou conceitos e metodologias segundo alguns autores na literatura para o desenvolvimento de um modelo de metodologia para desenvolvimento de um equipamento.

**Palavras-chave:** Metodologia. Projeto. Equipamento.

## **LISTA DE TABELAS**

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Análise de metodologias. .... | 27 |
|------------------------------------------|----|



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ciclo de vida do produto.....                                                   | 16 |
| Figura 2 - Metodologia de projeto proposta por Asimow .....                                | 19 |
| Figura 3 - Funil de decisões de Baxter .....                                               | 20 |
| Figura 4 - Atividades de projeto no desenvolvimento de produtos propostas por Baxter. .... | 22 |
| Figura 5 - Ciclo de vida do sistema proposto por Fabrycky e Blanchard .....                | 22 |
| Figura 6 - Modelo do processo de Pahl e Beitz .....                                        | 24 |
| Figura 7 - Modelo do processo de Pugh (2002) .....                                         | 25 |
| Figura 8 - Fluxograma da metodologia. ....                                                 | 29 |
| Figura 9 - Fluxograma da metodologia para o desenvolvimento de um equipamento.....         | 31 |
| Figura 10 - Etapas do projeto conceitual. ....                                             | 33 |
| Figura 14 - Exemplo de leiaute funcional. ....                                             | 35 |
| Figura 15 - Exemplo de leiaute celular.....                                                | 35 |
| Figura 11 - Componentes de um programa RCM. ....                                           | 41 |
| Figura 12 - Formulário FMEA. ....                                                          | 43 |
| Figura 13 - Definição dos termos e fluxograma de preenchimento do Formulário FMEA. ....    | 44 |

## SUMÁRIO

|        |                                                                                           |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1      | INTRODUÇÃO .....                                                                          | 12 |
| 2      | OBJETIVOS .....                                                                           | 13 |
| 2.1    | OBJETIVO GERAL .....                                                                      | 13 |
| 2.2    | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                               | 13 |
| 3      | JUSTIFICATIVA .....                                                                       | 14 |
| 4      | REVISÃO DE LITERATURA.....                                                                | 15 |
| 4.1    | PROJETO DE PRODUTO .....                                                                  | 15 |
| 4.2    | METODOLOGIA DE PROJETO .....                                                              | 17 |
| 4.2.1  | Metodologia de projeto proposta por Asimow .....                                          | 18 |
| 4.2.2  | Metodologia de projeto proposta por Baxter .....                                          | 19 |
| 4.2.3  | Metodologia de projeto proposta por Fabrycky & Blanchard .....                            | 22 |
| 4.2.4  | Metodologia de projeto proposta por Pahl e Beitz .....                                    | 23 |
| 4.2.5  | Metodologia de projeto proposta por Stuart Pugh .....                                     | 25 |
| 4.3    | OPORTUNIDADE E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO .....                                       | 26 |
| 4.4    | ANÁLISE DAS METODOLOGIAS EXISTENTES PARA O<br>DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO .....     | 26 |
| 5      | METODOLOGIA .....                                                                         | 29 |
| 6      | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                              | 31 |
| 6.1    | MODELO IDEAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO ....                                | 31 |
| 6.1.1  | Identificação da necessidade.....                                                         | 32 |
| 6.1.2  | Planejamento de Execução .....                                                            | 32 |
| 6.1.3  | Projeto Conceitual .....                                                                  | 33 |
| 6.1.4  | Simulação .....                                                                           | 33 |
| 6.1.5  | Aspectos gerais (custos, leiaute e tempo de operação) .....                               | 34 |
| 6.1.6  | Projeto detalhado .....                                                                   | 37 |
| 6.1.7  | Protótipo .....                                                                           | 38 |
| 6.1.8  | Análise de Falhas .....                                                                   | 39 |
| 6.1.9  | Fabricação e Montagem.....                                                                | 45 |
| 6.1.10 | Teste do equipamento e Ajustes finais .....                                               | 46 |
| 7      | CONCLUSÃO .....                                                                           | 47 |
|        | APÊNDICE .....                                                                            | 52 |
|        | APÊNDICE A – DADOS INICIAIS DO SOFTWARE PARA O DESENVOLVIMENTO DE<br>UM EQUIPAMENTO ..... | 52 |
|        | APÊNDICE B – FORMULÁRIO PLANEJAMENTO DE EXECUÇÃO.....                                     | 53 |
|        | APÊNDICE C - FORMULÁRIO PROJETO CONCEITUAL .....                                          | 54 |

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| APÊNDICE D – FORMULÁRIO CUSTOS.....                   | 55 |
| APÊNDICE E – FORMULÁRIO ANÁLISE DE FALHAS (FMEA)..... | 56 |
| APÊNDICE F – FORMULÁRIO ORDEM DE PRODUÇÃO.....        | 58 |
| APÊNDICE G – FORMULÁRIO FABRICAÇÃO .....              | 59 |
| APÊNDICE H – BANCO DE DADOS DO OPERADOR.....          | 60 |
| APÊNDICE I – BANCO DE DADOS DA MÁQUINA.....           | 61 |

## 1 INTRODUÇÃO

Empresas do ramo industrial se deparam com a necessidade de estarem sempre inovando devido aos problemas e necessidades que aparecem ao longo de sua trajetória. Assim, temos a importância do projeto e ligado a ele a metodologia de projeto, trabalhando para o seu desenvolvimento. A inovação é de suma importância para o sucesso dos negócios. A missão do engenheiro é encontrar soluções viáveis para os problemas técnicos que aparecem baseando-se em conhecimentos das ciências naturais e de engenharia levando em consideração alguns fatores tecnológicos, econômicos e algumas restrições (PAHL et al., 2005).

O projeto de produto é um processo de criação, invenção e definição que deve ser assimilado aos meios de produção e capaz de múltiplas reproduções por meios mecânicos estando ligado especificamente ao desenvolvimento da industrialização (MACHADO, 1997). Diante da grande importância de um produto que desperte interesse por parte do mercado, faz-se necessário um procedimento para desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável, tal procedimento para ser aplicável é necessário conhecimento especializado, trabalho sistemático e uma metodologia auxiliada por medidas organizacionais (PAHL et al., 2005).

A metodologia de projeto deve apresentar características como por exemplo solucionar um problema, ser compatível com conceitos, métodos e conhecimentos de outras disciplinas, usadas para desenvolvimento do equipamento. A mesma irá facilitar o trabalho em equipe em um processo integrado e multidisciplinar do processo de geração de um produto. Atualmente o engenheiro projetista, dispõe de inúmeras ferramentas computacionais e metodológicas para auxílio, o que acarretará em uma diminuição do tempo de fabricação do equipamento.

Neste trabalho será abordada a metodologia de projetos segundo alguns autores pesquisados aplicada a um equipamento a fim de criar um modelo ideal de metodologia aplicada ao desenvolvimento de um equipamento, partindo de uma análise dos métodos já existentes para elaboração de uma nova metodologia, onde serão adicionadas algumas etapas. O processo terá auxílio de ferramentas computacionais como o Excel.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Estruturar um modelo de metodologia para o desenvolvimento de um equipamento com base em metodologias de projetos segundo alguns autores.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Extrair das metodologias selecionadas as principais informações para desenvolvimento do equipamento.
- b) Selecionar os parâmetros mais importantes para o desenvolvimento de um equipamento.
- c) Agrupar de forma sistemática os parâmetros a fim de obter um modelo ideal para o processo de fabricação do equipamento.

### **3 JUSTIFICATIVA**

A metodologia é uma forma de se trabalhar dividindo um processo de projeto em uma sequência de etapas, desde a necessidade do produto ou equipamento ao planejamento e execução do projeto, nesse meio ainda entram várias etapas como a análise do problema, viabilidade, triagem de ideias, análise financeira, desenvolvimento e teste do equipamento, entre outras. A justificativa deste trabalho é utilizar metodologias de projeto já existentes na literatura para elaboração de um modelo de metodologia que irá ser aplicada no desenvolvimento de um equipamento.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 PROJETO DE PRODUTO

A atividade no ramo dos projetos tem ganhado cada vez mais espaço na sociedade, as formas de organização, condições de trabalho complementadas com a aplicação de metodologias e ferramentas de projeto, a interação de profissionais de diferentes competências, tudo isso vem em resposta às demandas cada vez mais elaboradas por partes dos usuários. A sofisticação dessa demanda é influenciada por diversos fatores como a globalização de produtos, condições de mercado, meios de produção, entre outros (ROMEIRO FILHO, 2006).

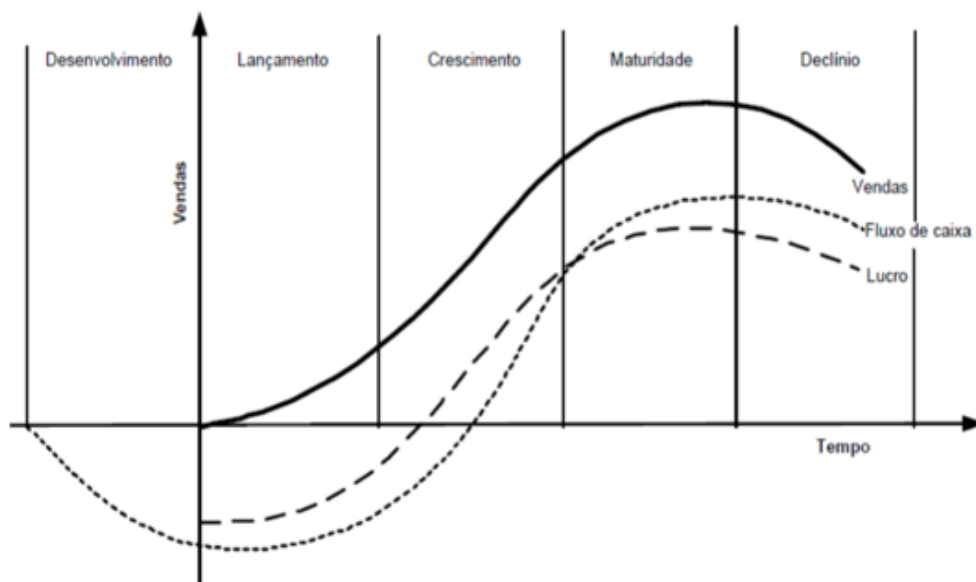
O projeto visa a elaboração de um novo produto, um novo sistema, um novo processo ou a melhoria de algo já existente. O projetista irá estabelecer um conjunto de procedimentos e especificações através de ideias e conhecimentos que irão determinar características técnicas, econômicas e ecológicas do produto perante o fabricante e o usuário (PAHL et al., 2005). Ainda segundo (PAHL et al., 2005), as atividades do projetista são influenciadas por diferentes aspectos, como a origem das tarefas, organização da empresa, novidade, quantidade de peças, ramo de especialidade e objetivos. Na origem das tarefas entra o planejamento do produto e uma forte pesquisa de mercado. Antes do desenvolvimento de um produto ou projeto faz-se primeiro a organização da empresa de um modo geral, a organização de um grupo de produtos compete a diferentes setores e profissionais da empresa. Novidade, utilizar novos princípios de solução para novos projetos e novos problemas. Quantidade de peças, tanto os projetos para produção individual como os de série em menor quantidade, tendo em vista a inexistência de um protótipo, requerem uma previsão reforçada dos processos físicos e detalhes de configuração, a fim de reduzir os riscos. Ramo de especialidade, a variação dos requisitos e tipo da solução exigem um ajuste das ferramentas e dos métodos de solução em meio ao amplo risco de problemas que contemplam a engenharia mecânica. Objetivos, otimizar os objetivos para solução dos problemas levando em consideração os condicionantes que foram impostos, o objetivo de um desenvolvimento pode ser maior durabilidade, menores custos, novos requisitos ergonômicos, entre outros.

O projetista, em seu trabalho, deve levar em consideração, além das necessidades impostas para atender o usuário do produto, a competitividade de mercado, nacional e internacional. A competitividade baseia-se em três requisitos, qualidade, custo e tempo. A

qualidade é o parâmetro que mais caracteriza o sucesso do produto e o parâmetro que gera maior expectativa nos usuários, o que irá definir se o produto será aprovado ou não. O ciclo de vida dos produtos está ficando cada vez mais curto, valorizando o curto tempo para produção. Por fim, temos o parâmetro não menos visado que os demais, o custo. Num mercado global e em constante evolução, o perfil do consumidor atual exige produtos de alta qualidade a um baixo custo. O custo é o motivo que gera o aumento da competição de preços (FORCELLINI, 2002). O baixo custo quando combinado a boa qualidade, promove uma maior procura e maior satisfação do cliente, mas nem sempre isso ocorre, fazendo o perfil do consumidor escolher entre qualidade e custo.

Mesmo em meio as dificuldades como o custo, falhas e competitividade de mercado, o desenvolvimento de produto é uma das maiores oportunidades que as empresas possuem para obtenção de lucros. Entre algumas razões para o desenvolvimento de produtos citamos o ciclo de vida do produto, mudanças de mercado, novas tecnologias, estratégias da empresa e mudanças na legislação (FORCELLINI, 2002). Na figura 1 é mostrado o ciclo de vida do produto

Figura 1 - Ciclo de vida do produto



Fonte: Forcellini, 2002.

Percebe-se que nas fases de lançamento e crescimento, que são as fases iniciais do produto, a empresa obtém lucros baixos ou negativos devido aos custos com pesquisa e desenvolvimento, assim como custos para inserir o produto no mercado, caracterizando-se uma fase de investimento e risco. O aumento do lucro ocorre na fase de crescimento e se



estabiliza na fase de maturidade, fases de maiores lucros na empresa. Na fase de declínio, ocorre a diminuição das vendas influenciada por fatores como o aumento da concorrência com novos produtos e mudança de hábitos dos consumidores. Após a fase de declínio geralmente ocorre o abandono do produto.

Tudo isso, exige das empresas uma maior agilidade, maior produtividade e alta qualidade que dependem da eficiência e eficácia destas no processo de desenvolvimento de produto. No início do processo, há a seleção das maiores soluções criativas e o grau de incerteza é bem elevado, mas este vai se diluindo com o tempo. É um desafio gerenciar estas incertezas que envolvem o desenvolvimento do produto, onde as decisões de maior impacto têm que ser tomadas no momento em que existe um maior número de alternativas e grau de incerteza.

## 4.2 METODOLOGIA DE PROJETO

É importante destacar a diferença entre metodologia, método de desenvolvimento de projeto e técnica de desenvolvimento de projeto. Metodologia é o estudo das técnicas e métodos aplicados à definição, a fim de solucionar problemas teóricos e práticos (BOMFIN, 1995, apud MELLO, 2011). Método de projeto será o processo em que o designer tentará chegar a uma solução levando em consideração as características e processos que deverá cumprir o produto para obter um resultado satisfatório. E por fim, as técnicas de desenvolvimento do projeto são itens que o designer faz uso, se julgar necessário e conveniente, para auxiliar o projeto de desenvolvimento do projeto (MELLO, 2011).

Apesar de projetar não ser uma tarefa fácil, o uso da metodologia de projeto pode trazer inúmeros benefícios, como a ampliação da visão inter e transdisciplinar, pois a mesma representa um processo metodológico de elevada aprendizagem envolvendo agregação de informações, conteúdos, conhecimentos e saberes em busca de uma abordagem mais complexa.

A metodologia de projeto irá proporcionar ao projetista um raciocínio lógico no processamento de um projeto, identificando o problema do projeto, ajudando-o a encontrar uma solução viável e adequada para o problema. A metodologia de projeto faz uso de todos os meios práticos que estiverem disponíveis a fim de tornar o projeto viável da melhor maneira possível. De um modo geral, a mesma consiste em um conjunto de adereços e documentos de apoio ao processo de projeto, auxiliando os projetistas a tomarem melhores decisões, permitindo que estes saibam o que fazer, com o que fazer e como fazer (PEREIRA, 2014).

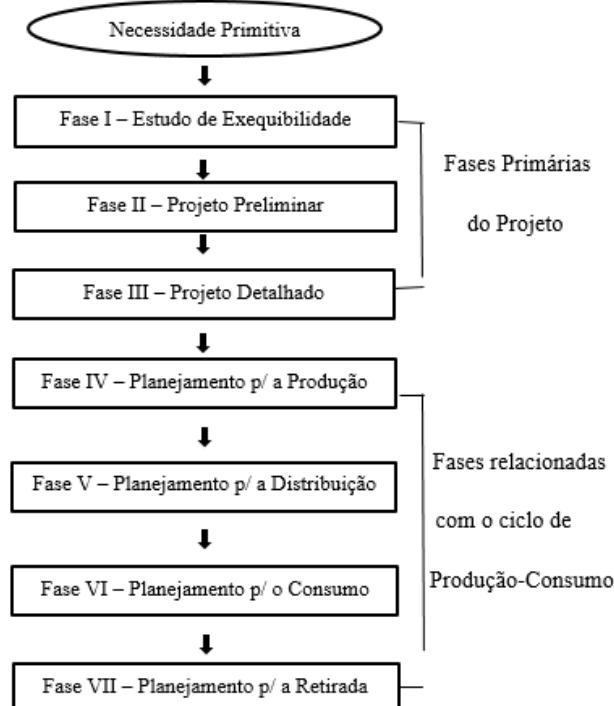
Cada projeto consiste em um processo diferente que será composto por uma sequência de etapas a serem seguidas para obtenção do produto final. A seguir, serão abordadas metodologias de projetos já existentes na literatura desenvolvidas por alguns autores.

#### **4.2.1 Metodologia de projeto proposta por Asimow**

A metodologia de projeto proposta por Asimow procura determinar de forma extensiva e encadeada todos os passos do desenvolvimento de produtos. Sua metodologia baseia-se em três elementos principais que seria um conjunto de princípios e derivações lógicas, uma estrutura operacional e um instrumento de crítica que irá realimentar o processo. Dispõe de um método que estabelece o aspecto operacional do projeto, o mesmo é definido e caracterizado por uma sequência de eventos, formando um modelo comum a todos os projetos (DUFOUR, 1996).

O processo consiste em sete fases, a Fase I, o estudo de exequibilidade, onde o projetista irá propor uma sequência de passos a fim de obter um produto bem determinado e com viabilidade de fabricação, nesta fase são coletadas informações das necessidades, concepções para o projeto, assim como análise econômica e financeira. Na Fase II, projeto preliminar, inicia-se com soluções úteis sendo avaliadas pela qual apresentar melhor concepção. Na Fase III, projeto detalhado, são estabelecidas as especificações de manufatura. Na Fase IV, planejamento para a produção, ocorre a busca para definir todos os processos de fabricação e custos. Na Fase V, planejamento para a distribuição, objetiva em um sistema eficiente e flexível de distribuição, transporte e embalagem. Na Fase VI, planejamento para consumo, busca incorporar aspectos de serviços ao projeto como manutenção e ciclo de vida. E por fim, na Fase VII, planejamento para retirada do produto do mercado, planejando o fim do ciclo de vida do produto, caracteriza-se pela fase de descarte.

Figura 2 - Metodologia de projeto proposta por Asimow



Fonte: Adaptado de Ogliari, 2007.

Acredita-se que Asimow teve grande influência em outros processos teóricos que seguiram a linha de fases como: definição do problema, especificação, avaliação e decisão. O processo de Asimow é completo e com uma maior visão de planejamento, é caracterizado por possuir uma metodologia bem estruturada, possui também uma configuração com retornos pré-determinados e bastante rígidos, tendo uma ordenação e descrição completa das tarefas a serem executadas.

#### 4.2.2 Metodologia de projeto proposta por Baxter

O processo de Baxter consiste no gerenciamento e controle do processo do desenvolvimento de novos produtos que partem de uma oportunidade de negócio identificada, para Baxter, após identificar os objetivos da empresa e do tipo de inovação definido no plano estratégico é que irá iniciar o processo de desenvolvimento do produto (PAZ; WEBER, 2010).

Segundo Baxter (2000), o fator mais importante para o desenvolvimento do produto é o produto ter maior diferenciação em relação aos concorrentes no mercado e apresentar as características mais valorizadas pelos consumidores. Para ele, para ser um bom produto os produtos precisavam ter melhores qualidades que os concorrentes e ter mais valor. Esses

produtos possuem 5,3 vezes mais chances de sucesso do que aqueles que eram considerados marginalmente diferentes.

O autor apresenta o que denomina de funil de decisões, é um processo de tomada de decisões utilizando da visualização das variações de risco e incerteza ao longo do processo de desenvolvimento de novos produtos, o mesmo é dividido em seis etapas.

Figura 3 - Funil de decisões de Baxter



Fonte: Baxter, 2000.

Para Baxter (2000), o funil de decisões é apenas um esquema para mostrar o caminho da tomada de decisões e não uma representação das atividades de projeto. As etapas estão vinculadas ao investimento financeiro e ao risco, nota-se que a medida que o processo de desenvolvimento avança existe um efeito multiplicador de custos que aumentam consideravelmente, enquanto que inversamente, à medida que o processo avança o risco reduz progressivamente (PAZ; WEBER, 2010). O autor classifica as atividades para o desenvolvimento do produto em quatro etapas:

A primeira etapa se inicia quando for dada a partida ao processo de desenvolvimento explorando algumas ideias para um primeiro teste de mercado. Nessa etapa, o produto pode ser apresentado na forma de um desenho de apresentação, destacando um número potencial de consumidores ou vendedores. Se o produto for aprovado, passa para a segunda etapa.

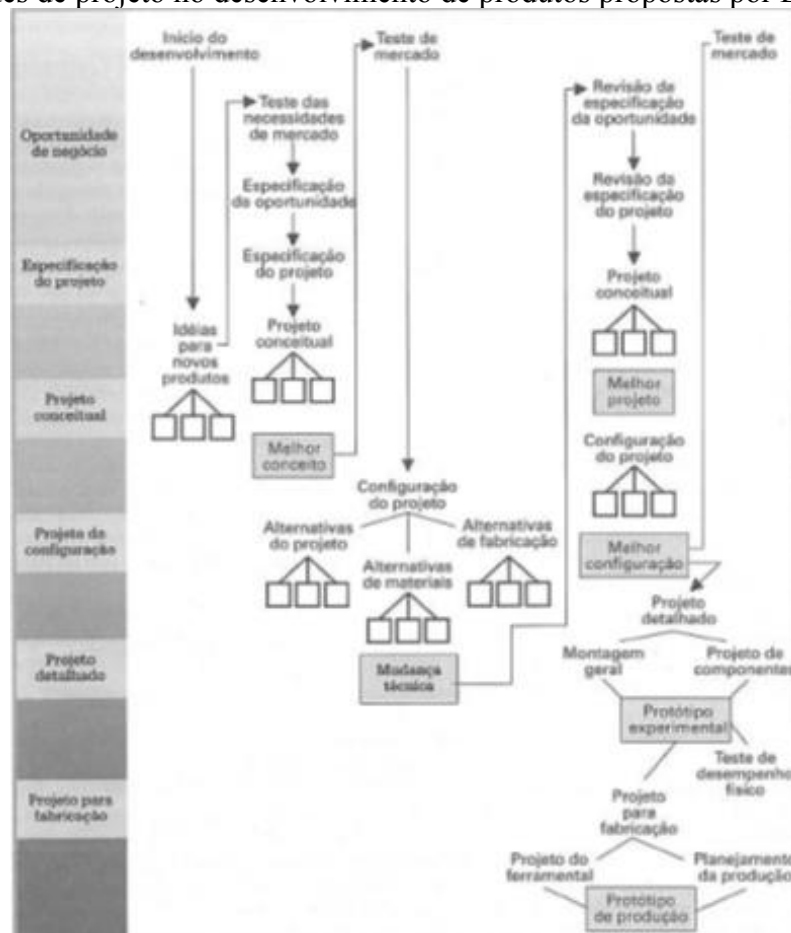
A segunda etapa inclui a especificação da oportunidade, especificação do projeto e volta-se, então para o projeto conceitual, para selecionar o melhor conceito.

A terceira etapa, o conceito selecionado é submetido a um segundo teste de mercado. Se o novo teste de mercado também é satisfatório, deverão ser iniciadas as atividades de configuração do produto. É comum descobrir alternativas de projeto que não foram consideradas anteriormente, ou promover alguma mudança técnica, envolvendo materiais e processos de fabricação. Se essas mudanças afetarem algum componente importante do produto, é necessário retroceder a especificação de oportunidade, podendo provocar revisões da especificação do projeto e do projeto conceitual. Sendo aprovado por essas recomendações, retoma-se à configuração do produto, assim, pode-se selecionar aquela melhor de acordo com as especificações do projeto e isso irá para o terceiro teste de mercado.

A quarta etapa, sendo aprovado passa-se para os desenhos detalhados do produto e seus componentes, desenhos para fabricação e construção do protótipo. Quando o protótipo for aprovado oficialmente, encerra-se o processo de desenvolvimento do produto.

Para Baxter (2000), alguns designers não concordam com a divisão do projeto em etapas. Segundo ele, designers argumentam que o processo, na prática, não segue uma sequência linear. O modelo é prescritivo e cíclico, como mostrado na figura 4, recomenda procedimentos sequenciais para a realização do projeto e permite retornos para selecionar melhor os conceitos e ajustes.

Figura 4 - Atividades de projeto no desenvolvimento de produtos propostas por Baxter.

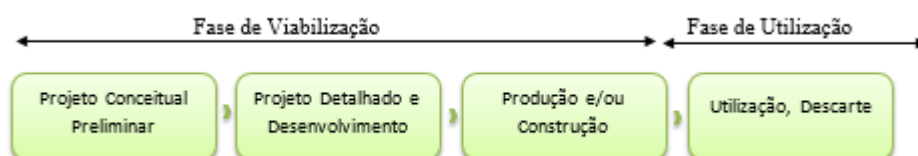


Fonte: Baxter, 2000.

#### 4.2.3 Metodologia de projeto proposta por Fabrycky & Blanchard

Fabrycky e Blanchard tem o projeto como uma função no ciclo de vida de um sistema que começa com a identificação da necessidade, e se expande através do planejamento, pesquisa, projeto, produção, avaliação, consumo, suporte logístico e descarte (DUFOUR, 1996). Conforme a Figura 5, retrata o ciclo de vida do sistema proposto por Fabrycky e Blanchard.

Figura 5 - Ciclo de vida do sistema proposto por Fabrycky e Blanchard



Fonte: Adaptado de Machado, 1997.

No projeto conceitual são realizados os primeiros estudos de viabilidade e necessidades do projeto, caracteriza-se pela fase de planejamento de todo o processo, sendo realizados também os levantamentos dos requisitos técnicos do projeto. No projeto detalhado e desenvolvimento a solução que foi proposta na etapa anterior irá ser agora detalhada e passar por um teste, para assegurar que o modelo irá atingir os parâmetros que foram exigidos. Em cada estágio do projeto existe uma avaliação, que é realizada para assegurar que o projeto esteja correto e possa prosseguir ao próximo estágio, sucessivamente até a sua finalização com a produção. Por fim, a fase de utilização do modelo e descarte do mesmo.

Os autores propõem que os engenheiros no geral tendem a focar principalmente na fase de viabilização do ciclo de vida e estão envolvidos nas atividades iniciais de análise e projeto sem a participação dos consumidores, dessa forma a performance do produto tem sido o objetivo principal, aliado aos fatores econômicos. Desta forma, apresenta a necessidade do desenvolvimento de produtos com foco no ciclo de vida do produto.

#### **4.2.4 Metodologia de projeto proposta por Pahl e Beitz**

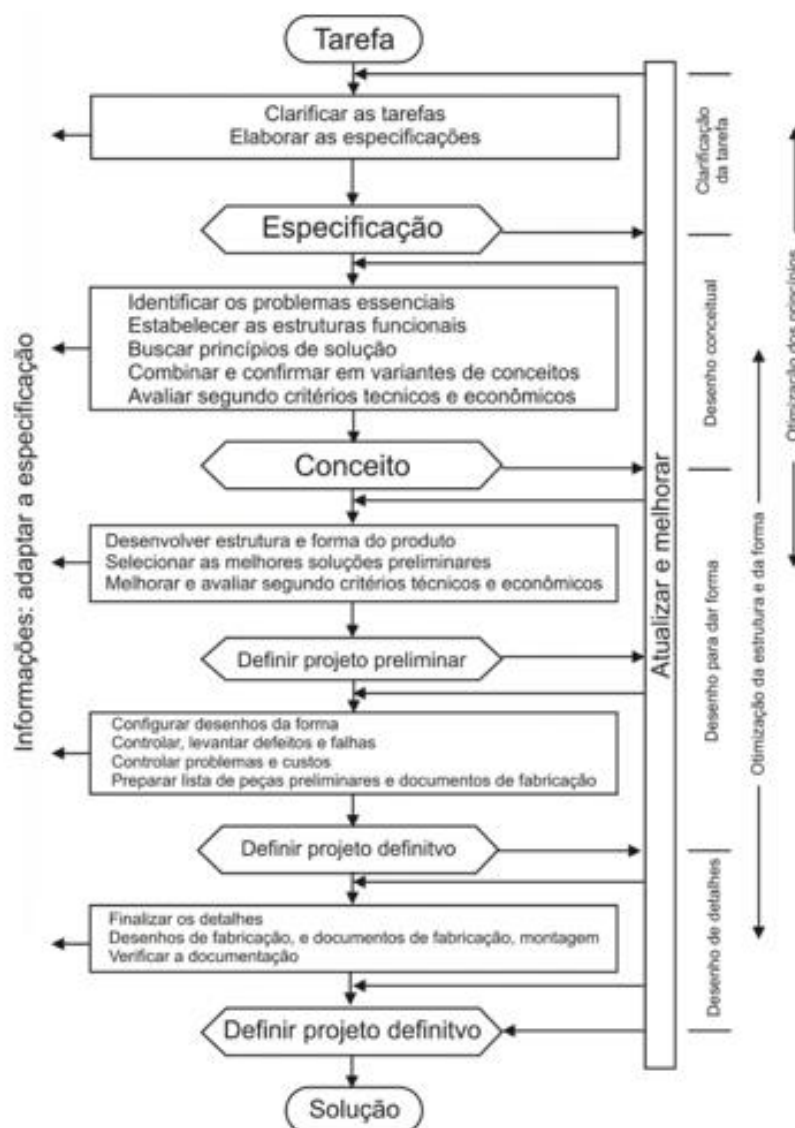
O processo proposto por Pahl e Beitz é um processo completo e com clareza, está dividido em quatro etapas: definição da tarefa, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Assim como outras metodologias, é um processo cíclico, com retornos pré-determinados.

Estas fases de projeto de produtos industriais, são subdivididas em diferentes etapas, cada uma com suas respectivas tomadas de decisões. Nesta metodologia é necessário avaliar cada uma das etapas antes de passar à seguinte, maneira encontrada de se garantir que não está levando à frente erros cometidos em etapas iniciais.

Na Fase I, pretende-se definir a função requerida, as grandezas de entrada e saída e as perturbações externas ao problema, que resultarão na elaboração detalhada das especificações de projeto (DUFOUR, 1996). Na Fase II, projeto conceitual, é elaborado uma solução conceitual através da identificação de problemas, busca de princípios e soluções apropriadas, esta fase depende das especificações de projeto estabelecidas na fase anterior. Fase III, projeto preliminar, é a etapa do processo que, partindo do conceito de um produto técnico, o projeto é desenvolvido, de acordo com critérios técnicos e econômicos, que, com o apoio de futuras informações, chega a um ponto que com o detalhamento subsequente, pode levar diretamente à produção. A ideia básica nesta fase do processo de projeto é satisfazer a uma dada função com a forma dos componentes, leiautes e materiais apropriados (DUFOUR, 1996). E por fim,

a Fase IV, projeto detalhado, é caracterizada pela escolha dos detalhes do projeto como arranjos, formas, dimensões, tolerâncias. Temos ainda, estudo de viabilização do projeto de forma técnica e econômica. Dufour (1996) destaca que as principais atividades desta etapa são a otimização dos princípios e a otimização do leiaute e formas.

Figura 6 - Modelo do processo de Pahl e Beitz



Fonte: Adaptada de Pahl e Beitz (1996), apud Paz e Weber (2010).

Cada fase se desdobra em etapas e atividades que de vem ser realizadas e sintetizadas para passar para a próxima etapa. Existe sempre a possibilidade de atualizar e melhorar o projeto até definir a solução, tornando-se um procedimento sistemático (PAZ; WEBER, 2010).

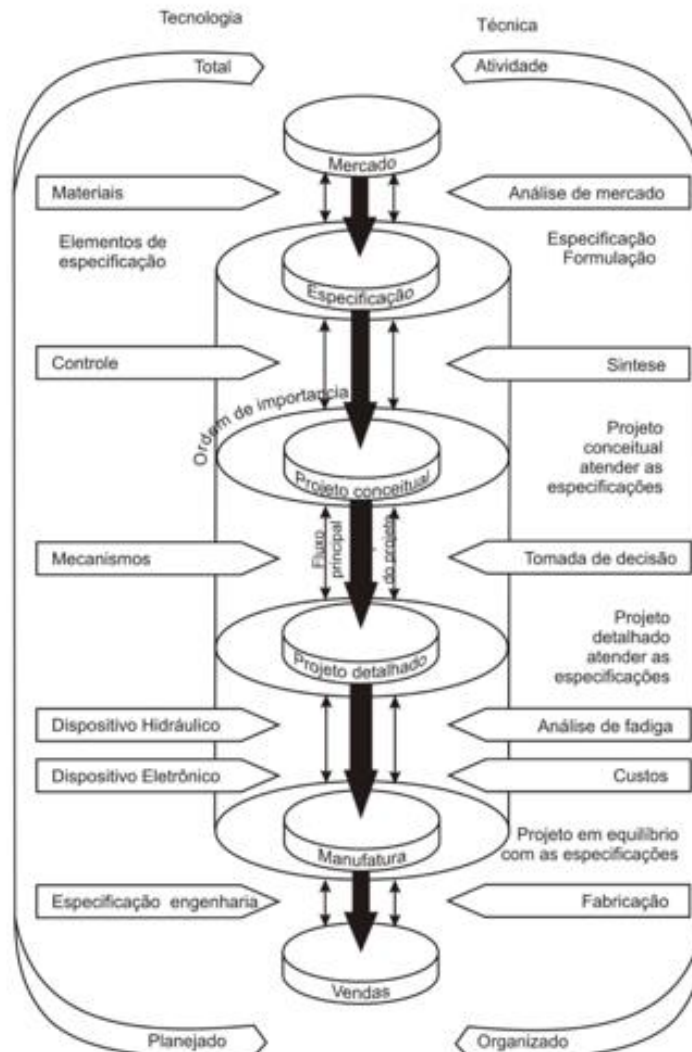


#### 4.2.5 Metodologia de projeto proposta por Stuart Pugh

O processo proposto por Pugh (2002) possui influência de uma visão voltada para o mercado e as vendas e foi publicado na década de 90. De acordo com o método do autor, o projeto começa e termina no mercado. As fases centrais, investigação de mercado, especificação do projeto do produto, projeto conceitual, projeto detalhado, manufatura e vendas, como são previstos em outros modelos são considerados universais e comuns para todo tipo de projeto (MELLO, 2011).

Pugh entende a atividade de projeto, como um processo integrado em que profissionais de diversas áreas de conhecimento trabalham de forma multidisciplinar.

Figura 7 - Modelo do processo de Pugh (2002)



Fonte: Adaptado de Pugh (2002), apud Paz e Weber (2010).

Na fase de projeto detalhado, recomenda-se projetar pensando na fabricação, montagem e reciclagem dos componentes. A fase de fabricação envolve os fatores relacionados aos sistemas produtivos. Por fim, a fase de vendas, onde são levadas em consideração as necessidades dos usuários já consideradas nas primeiras fases, os canais de distribuição, promoção e vendas. No processo há uma constante troca de informações que são subsídios para cada fase e para cada tomada de decisão (PAZ; WEBER, 2010).

#### 4.3 OPORTUNIDADE E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO

Por definição, um equipamento é caracterizado como uma ferramenta que irá aumentar a eficiência de uma operação em que estejam envolvidos dois ou mais objetos, podendo ser caracterizado como simples ou complexo, dependendo da função a ser desempenhada.

O processo de desenvolvimento de um equipamento ocorre quando objetiva-se lançar no mercado, suprir uma necessidade dentro da empresa ou até mesmo para melhorar algum produto ou processo na empresa. A oportunidade pode ser conceituada como sendo uma chance de se conseguir o objeto desejado, tratando-se de uma chance para fornecer ao mercado algo de seu interesse, podendo ser um produto, um serviço e até mesmo um serviço para solucionar um problema em questão (KAMPA, 2009).

Geralmente, nas empresas, o processo de produção de um equipamento ocorre a partir de um problema, a fim de solucioná-lo. Para isso, este processo se divide em etapas, partindo do problema, analisando os componentes que irão fazer parte desse equipamento, análise de riscos, dentre outras etapas. Quando o projeto do equipamento já está em desenvolvimento, tem-se um aprimoramento do processo de fabricação e também uma otimização do processo.

#### 4.4 ANÁLISE DAS METODOLOGIAS EXISTENTES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO

Tabela 1 - Análise de metodologias.

| <b>Asimow</b>      | <b>Baxter</b>           | <b>Fabrycky e Blanchard</b>         | <b>Pahl e Beitz</b>     | <b>Pugh</b>        | <b>Modelo Ideal para o Desenvolvimento de um Equipamento</b> |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------|
| Necessidade        | Oportunidade            | Projeto Conceitual e Preliminar     | Classificação da Tarefa | Mercado            | Necessidade                                                  |
| Exequibilidade     | Especificação           | Projeto detalhado e Desenvolvimento | Projeto Conceitual      | Especificação      | Planejamento de Execução                                     |
| Projeto Preliminar | Projeto Conceitual      | Produção                            | Projeto Preliminar      | Projeto Conceitual | Projeto Conceitual                                           |
| Projeto Detalhado  | Projeto da Configuração | Utilização/Descarte                 | Projeto Detalhado       | Projeto Detalhado  | Simulação                                                    |
| Produção/Consumo   | Projeto Detalhado       |                                     |                         | Manufatura         | Aspectos Gerais                                              |
|                    | Fabricação              |                                     |                         | Vendas             | Projeto Detalhado                                            |
|                    |                         |                                     |                         |                    | Protótipo                                                    |
|                    |                         |                                     |                         |                    | Análise de Falhas                                            |
|                    |                         |                                     |                         |                    | Fabricação e Montagem                                        |
|                    |                         |                                     |                         |                    | Testes e Ajustes finais                                      |

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Analizando as metodologias de PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto), percebe-se que as mesmas se baseiam em etapas e fases de transição. Na maioria das metodologias acima, existe a fase da oportunidade, necessidade ou caracterização da tarefa, ambas têm basicamente o mesmo conceito. Em todas elas existe a fase de preparação do projeto, onde irá haver um levantamento de todos os dados, chamo atenção para a metodologia proposta por Asimow, onde existirá a fase da exequibilidade, nesta fase são coletadas informações das necessidades, concepções para o projeto, assim como análise econômica e financeira, o que já engloba a parte de projeto conceitual.

A seguir, tem-se o projeto preliminar e o detalhado, onde começa o detalhamento do produto, construção do protótipo, passando por análises técnicas e econômicas. Após a aprovação, o produto é fabricado e lançado.

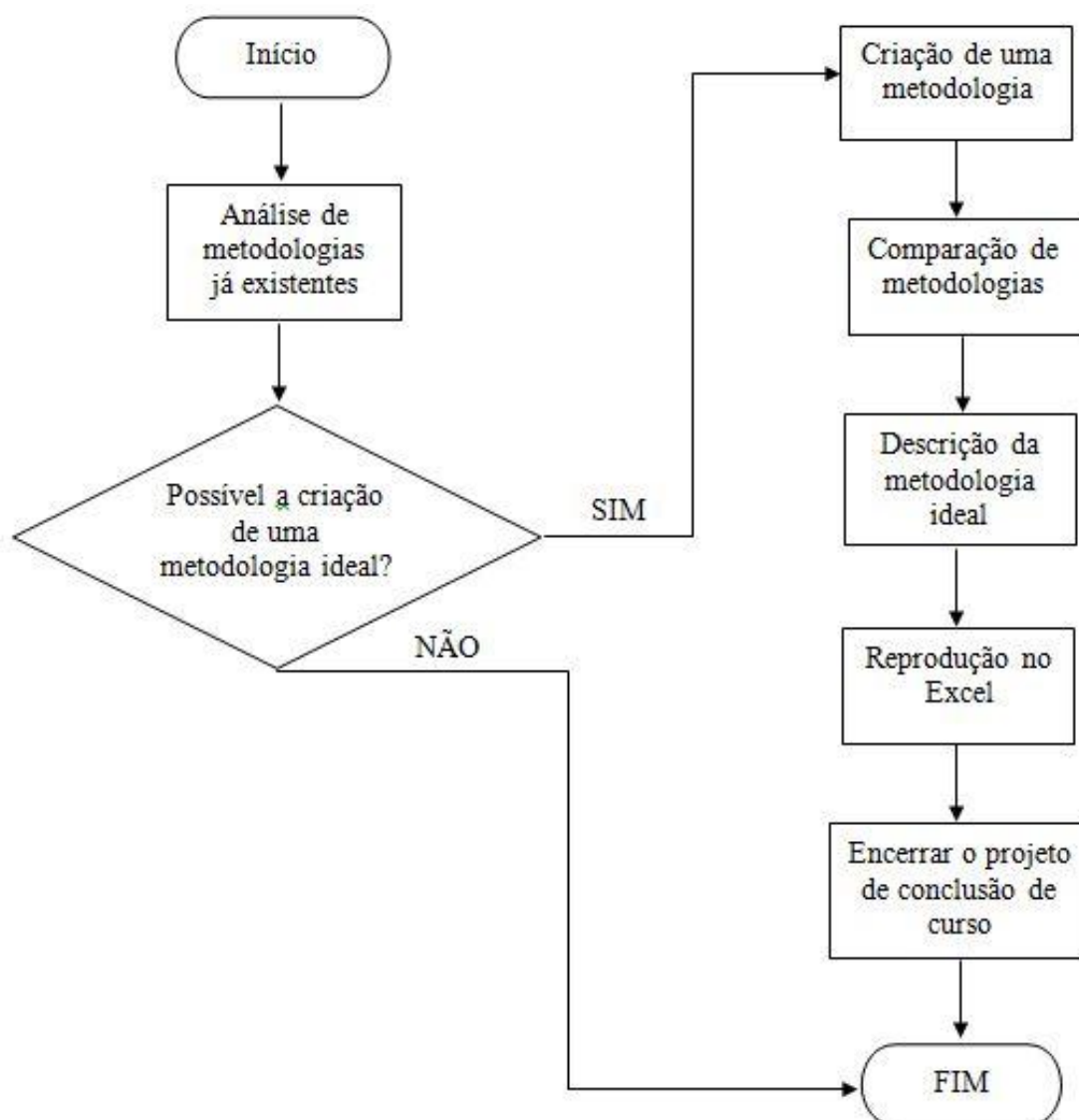
Comparando as metodologias PDP ao processo de desenvolvimento de um equipamento, observa que no desenvolvimento de um equipamento também irá partir de uma necessidade, porém na fase inicial tem-se um projeto detalhado já, onde seria feita uma simulação para saber se o equipamento atenderia a necessidade, após a simulação teria a construção de um protótipo, geralmente essas etapas só são feitas no final das metodologias PDP, no modelo ideal essas etapas vem logo no início para assegurar o bom funcionamento do projeto.

Quando chegar no projeto detalhado, serão só ajustes de detalhes, e para assegurar ainda mais, terá uma análise de falhas para evitar possíveis eventos inesperados. O modelo construído é extremamente complexo, portando etapas bem definidas e bem detalhadas, sendo possível estimar o tempo correto da produção e promover um desenvolvimento de um equipamento com êxito.

## 5 METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser classificado como uma pesquisa exploratória, uma vez que com base em pesquisas e estudos, foi desenvolvido um modelo de metodologia. Na figura 8, pode-se observar um esquema resumindo a abordagem metodológica aplicada ao presente trabalho a fim de atingir os objetivos do mesmo.

Figura 8 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autoria própria, 2018.

O esquema proposto pela Figura 8 se dá pelas seguintes etapas:

1ª. Análise das metodologias PDP já existentes, análise feita para estudar o desenvolvimento de cada uma delas, quais seus principais pontos, quais desses pontos se encaixam ou não para o desenvolvimento de um equipamento.

2ª. É possível criar uma metodologia? Através das análises realizadas, observou-se que seria possível a criação de um modelo adequado ao equipamento.

3ª. Criação da metodologia, a mesma foi feita com base em bibliografias, estudos sobre desenvolvimento de equipamentos, breve pesquisa (não oficial) realizada em uma empresa com desenvolvimento de equipamento, analisando quais os principais pontos e quais deixam a desejar. Todas as etapas foram criteriosamente analisadas.

4ª. Comparação de metodologias, relatando quais as vantagens do modelo ideal e os motivos de sua criação.

5ª. Descrição do modelo desenvolvido, cada etapa foi explicada, onde foi relatado o que seria realizado em cada uma e como seria realizado, assim como a sua importância para a metodologia.

6ª. Reprodução no excel, algumas etapas foram reproduzidas no excel, exibindo assim a forma que seria desenvolvido na indústria. Nem todas as etapas foram desenvolvidas devido algumas serem reproduzidas em outros softwares como o Solidworks, NX, dentre outros.

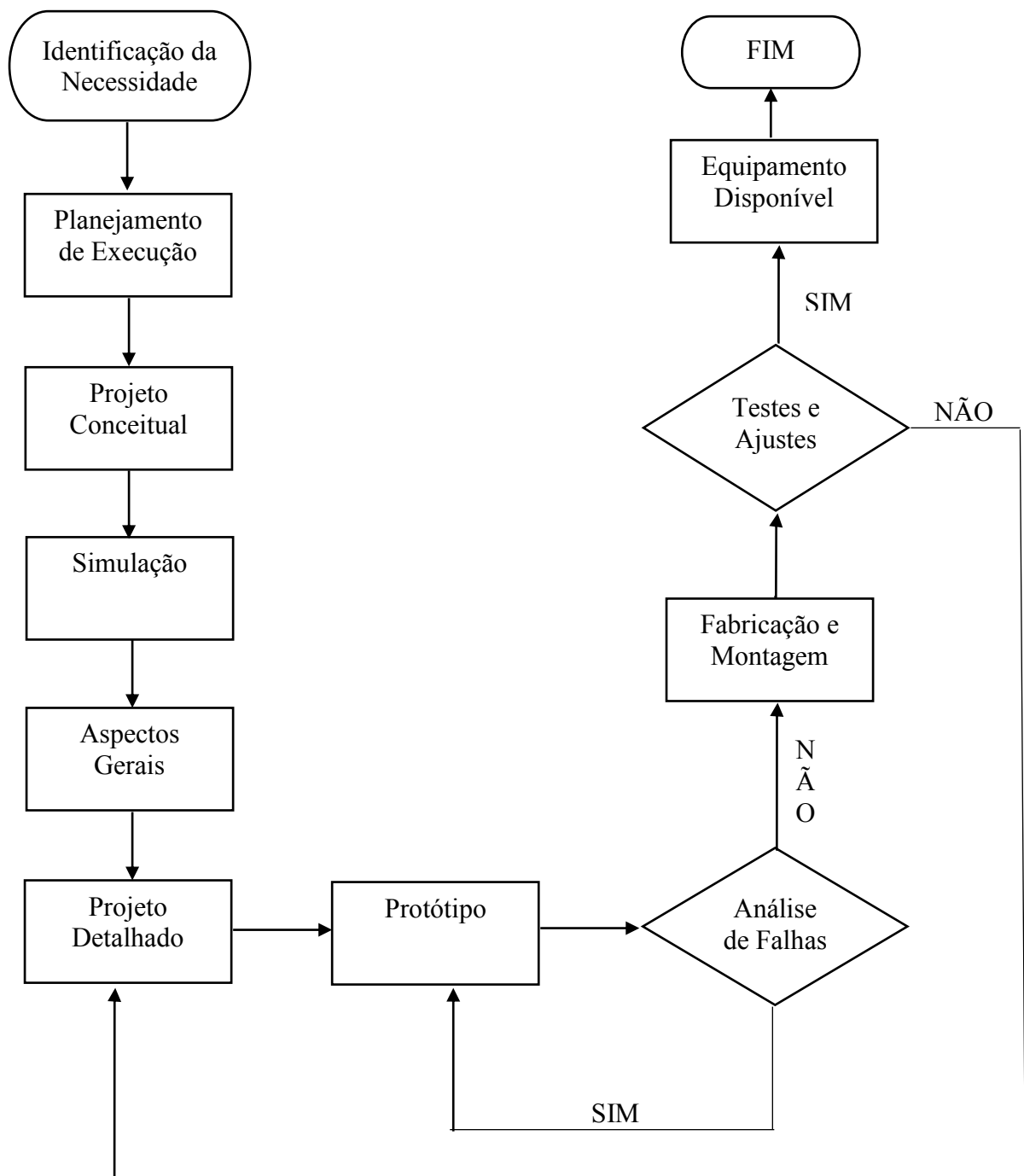
7ª. Encerramento do PCC (Projeto de Conclusão de Curso), elaborando as considerações e conclusões finais.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 MODELO IDEAL PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO

De acordo com as metodologias estudadas, foi possível desenvolver uma metodologia ideal para o desenvolvimento de um equipamento. O fluxograma proposto pela Figura 9 apresenta a metodologia desenvolvida.

Figura 9 - Fluxograma da metodologia para o desenvolvimento de um equipamento.



Fonte: Autoria própria, 2018.

### **6.1.1 Identificação da necessidade**

A necessidade irá surgir após a identificação de um problema, tal problema pode ser caracterizado como a falta de um equipamento, a necessidade de melhora de uma produção ou mesmo a inovação de um novo dispositivo.

Segundo Kampa (2009), cada projeto poderá apresentar problemas e dificuldades ao longo do seu desenvolvimento, no entanto, a capacidade de superar os desafios depende substancialmente do modelo de PDP adotado como referência ao planejamento e desenvolvimento. Os autores revelam que o ideal seria cada empresa ter o seu próprio modelo de referência, pois, segundo eles, modelos específicos derivam-se de modelos genéricos, adaptando-o conforme a necessidade de cada projeto de desenvolvimento de produtos da empresa (KAMPA, 2009).

Assim, surge a necessidade de desenvolver um modelo genérico para a criação de um equipamento. Onde a partir de um problema, será desenvolvido um conjunto de etapas para a fabricação de um equipamento, atendendo as necessidades exigidas pelo cliente.

### **6.1.2 Planejamento de Execução**

Nesta etapa, o engenheiro/responsável irá criar um cronograma detalhado de execução, definindo o tempo de cada etapa e acompanhando cada uma ao longo do desenvolvimento do equipamento. No planejamento de execução, irão conter as seguintes etapas:

- 1ª. Projeto Conceitual;
- 2ª. Simulação;
- 3ª. Protótipo;
- 4ª. Análise de Falhas;
- 5ª. Projeto Detalhado;
- 6ª. Fabricação e Montagem;
- 7ª. Testes e Ajustes finais.

Ao ser definido o tempo para cada umas destas fases, o responsável pelo projeto deverá acompanhar, desenvolver e analisar frequentemente se o que deve ser feito está realmente sendo feito e se está dentro dos prazos estabelecidos.

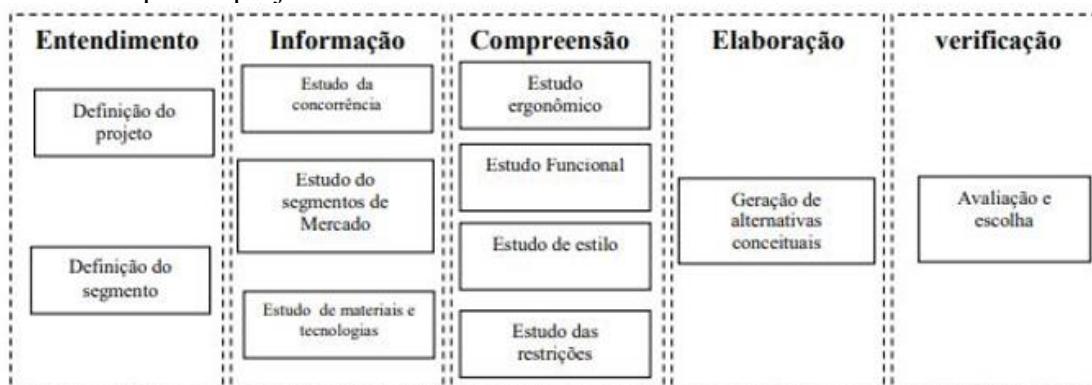


### 6.1.3 Projeto Conceitual

Segundo a revista Meio Filtrante (2011), o projeto conceitual é a validação de uma ideia, confirmando que a mesma é a melhor opção de solução proposta para atender uma necessidade que pode ocorrer em diversas áreas, portanto, é caracterizado como a fase inicial do processo de projeto de um produto.

O projeto conceitual tem início após a decisão de desenvolvimento de uma oportunidade identificada, o mesmo irá definir o processo em termos de forma e função do produto, sem preocupação com soluções tecnicamente viáveis, assim, seu principal objetivo é construir um esboço da ideia do produto levando em consideração restrições relacionadas ao contexto da empresa, condições ergonômicas e funcionais (IAROSZINSKI NETO; FAVARETTO, 2005).

Figura 10 - Etapas do projeto conceitual.



Fonte: Iarozinski Neto e Favaretto, 2005.

### 6.1.4 Simulação

O termo simulação, retrata a utilização de técnicas computacionais que permitem reproduzir o funcionamento de um sistema real, estimulando uma análise crítica de dados e respostas as possíveis dúvidas. O investimento em novas tecnologias de produtos ou mesmo processos é muito alto e também arriscado, assim, torna-se essencial o uso de simulações computacionais para garantir a eficácia e a viabilidade econômica a um baixo custo e baixo risco.

Identificado o problema, sabendo da necessidade do desenvolvimento do equipamento e identificando quais demandas o mesmo terá que atender, faz-se necessário o uso de uma

simulação para garantir a eficiência do projeto. A simulação do equipamento a ser construído poderá ser feita em softwares como o Solidworks e o Ansys.

É de suma importância que antes da fabricação seja feito a simulação para que o projetista possa analisar o comportamento do mesmo, se irá atender as necessidades esperadas e se será viável a construção para a empresa.

### **6.1.5 Aspectos gerais (custos, leiaute e tempo de operação)**

Alguns aspectos são de extrema importância para um bom desenvolvimento de um equipamento como os custos envolvidos no processo, leiaute de produção, o tempo de operação da máquina e do operador e condições de trabalho.

#### **6.1.5.1 Custos de produção**

Antes de desenvolver um equipamento, faz-se um levantamento dos custos da produção, levando em consideração alguns fatores como a matéria prima, mão de obra e materiais secundários. Podemos citar também o volume de produção, se for produzir em grandes quantidades irá ter um valor mais baixo por equipamento, a padronização do equipamento, se for um equipamento especial, de difícil desenvolvimento, este terá um valor mais elevado do que o que for um equipamento padrão. Podemos citar ainda a exclusividade, se o equipamento a ser produzido for uma novidade no mercado, isso o tornará mais caro, mas se for um equipamento em que existem outros similares, terá um valor mais baixo.

#### **6.1.5.2 Leiaute de Produção**

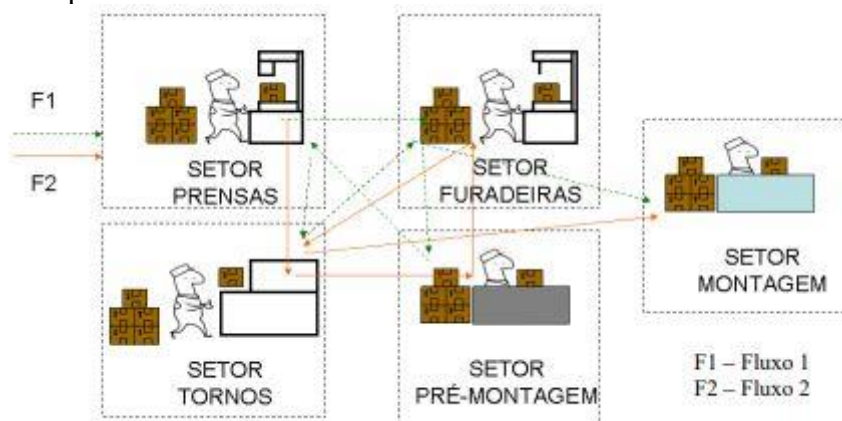
O leiaute de produção, também denominado arranjo físico, é uma técnica utilizada para definir a distribuição e disposição física dos componentes na indústria, tendo como objetivo a organização do espaço físico da fábrica localizando os equipamentos e postos de trabalho para obter uma maior eficiência na produção.

O arranjo físico é notório a todos que entram em uma linha de produção, é possível perceber a forma que o produto está sendo produzido, desde a entrada da matéria-prima no processo, passando pela transformação e acabamento, até chegar no produto final (LIMA FILHO; MALAGUTTI, 2017). A melhoria no leiaute permite, além do transporte, a melhoria ergonômica no trabalho (ALMEIDA, 2008).

Segundo Silva (2009), existem quatro tipos tradicionais de leiautes, são eles:

- Leiaute Funcional (processo): as máquinas são agrupadas em diferentes funções e as peças são movimentadas por toda a fábrica de acordo com cada máquina.

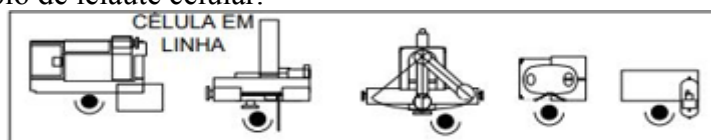
Figura 11 - Exemplo de leiaute funcional.



Fonte: Silva (2009).

- Leiaute por produto: a peça é movimentada através das estações de trabalho onde irá passar pelos processos de fabricação ou montagem, criando um fluxo unidirecional.
- Leiaute posicional: utilizado na fabricação de produtos de grande porte ou que irão permanecer fixos no local de fabricação, sendo as estações de trabalho que se deslocam até eles.
- Leiaute celular: as máquinas são agrupadas em células para fabricar os componentes, estes, são agrupados pela semelhança de forma, processo de produção ou até mesmos os dois, apresentado na Figura 15.

Figura 12 - Exemplo de leiaute celular.



Fonte: Silva (2009).

#### 6.1.5.3 Tempo Total de Produção

O tempo total da produção é composto pelo tempo do operador, podendo ser calculado logo abaixo, através da cronoanálise, o tempo estimado que cada máquina leva para executar o serviço e o tempo que o operador leva para deslocar a peça/equipamento para cada máquina

(este tempo pode ser calculado através de análises feitas através de um analista, com repetições suficientes para um intervalo de confiança). O tempo da máquina total (podendo ser mais de uma máquina) depende do equipamento que será produzido e quais serão as etapas de fabricação, pois assim será definido a quantidade de máquinas usadas no processo de fabricação e quanto tempo cada uma gastará.

#### **6.1.5.3.1 Cronoanálise**

Segundo Oliveira (2009), a cronoanálise é usada para cronometrar e analisar o tempo em que o operador leva para realizar um trabalho na linha de produção, tendo um tempo de tolerância, nesse tempo é levado em consideração necessidades fisiológicas, quebras de maquinários, entre outros.

Ainda de acordo com Oliveira (2009), a cronometragem é uma importante ferramenta da cronoanálise, apontando pontos relevantes para uma boa amostragem de tempos, como por exemplo:

- A capacidade real do operador através da cronometragem;
- Número de medições exigidas para que a análise seja considerada confiável;
- Avaliação de uma tolerância em porcentagem para cada operação.

Dentre as principais finalidades da cronoanálise, segundo o Congresso Científico da Produção da Universidade do Vale do Sapucaí (2016), podemos citar:

- Planejamento e controle da produção;
- Estimar o custo de um produto;
- Criação de tabelas de tempos planejados;
- Determinação dos padrões de tempos para definições de recursos humanos e de equipamentos;
- Viabilidade econômica do produto;
- Determinar prazos de entrega de produtos;
- Otimização dos custos dos recursos humanos e dos equipamentos.

De acordo com Almeida (2008), os elementos básicos de uma cronoanálise são:

- Identificação dos elementos que serão analisados;
- Aplicação do fator de ritmo, expresso pela seguinte Equação 1:

$$\text{TempoBásico} = \text{TempoObservado} \times \frac{\text{Ritmo}}{\text{RitmoPadrão}} \quad (1)$$

- Verificação das tolerâncias. Para estabelecer um fator de tolerância, é necessário analisar as condições de trabalho (temperatura, ruído, postura, monotomia), ferramentas e equipamentos defeituosos, rejeição de peças, pois esses fatores podem afetar o tempo de operação.
- Cálculo do tempo de trabalho através da seguinte Equação 2:

$$TempoPadrão = \left( TempoObservado \times \frac{Ritmo}{100} \right) \times \%TolerânciaTotal \quad (2)$$

O tempo básico é o tempo normal em que uma atividade leva para ser realizada. A definição do ritmo é dada de acordo com quem está observando o trabalho, por exemplo, suponhamos que o analista tenha analisado o ritmo do operador em 90%, ou seja, considerou que o ritmo do operador está abaixo do ritmo de um trabalhador normal. A avaliação do ritmo é para determinar o tempo básico da operação. Se o ritmo for menor que 100% o tempo básico será menor que o tempo observado, caso o ritmo seja maior que 100%, o tempo básico será maior que o tempo observado.

O último cálculo é o do tempo padrão, onde as tolerâncias são adicionadas ao tempo básico, também chamado de tempo normal. Ao final do cálculo obtém-se o tempo padrão, que é o tempo necessário para realizar uma operação por um operador qualificado e treinado, também é o tempo usado para calcular a capacidade dos operadores.

### 6.1.6 Projeto detalhado

O projeto detalhado será a fase de análise final antes de iniciar o processo de fabricação. O equipamento só chegará na fase do projeto detalhado após ter se mostrado viável nas etapas anteriores. Nessa fase, serão finalizados os detalhes e desenhos de fabricação. São definidos os pontos como vida útil do equipamento, especificação do material, documentação do equipamento (ano de fabricação, potência, modelo, inspeção), especificação de todos os componentes (lista de peças do equipamento).

### 6.1.7 Protótipo

Segundo Berkun (2000), a prototipagem define-se por ser um meio que permite a exploração de ideias antes de investir nas mesmas e a melhor razão para o protótipo é economizar tempo e recursos. Ainda segundo Berkun (2000) existem três principais motivos pelos quais optar pelo protótipo:

- **Prova de conceito**

Caso haja uma discordância a respeito da visão de um projeto, o protótipo poderá provar que a visão pode funcionar, ilustrando que a ideia funciona, expressando qualidades, motivando ao projetista a pensar sobre o problema em outra perspectiva.

- **Exploração de design**

A única maneira de saber como algo será usado é criar uma maquete e interagir com ela. É uma maneira de expressar para o desenvolvedor como algo deve funcionar.

- **Exploração técnica**

Utilizar HTML, Jscript, SQL, DHTML, Win32 ou abordagens de codificação específicas dentro de cada tecnologia têm compromissos diferentes. Às vezes, um protótipo representa uma exploração em que tecnologia funcionará bem para suportar uma determinada interface do usuário ou recurso da web.

Assim, temos a importância da construção do protótipo após a simulação, para esclarecer dúvidas sobre o projeto e perceber melhor seu funcionamento. O protótipo é uma forma de experimentar o projeto. Existem três tipos principais de prototipação: baixa fidelidade, média fidelidade e alta fidelidade.

- **Protótipos de Baixa Fidelidade**

São os rascunhos, concebidos ainda na fase inicial, durante a concepção do sistema. São construídos rapidamente, geralmente feitos mão, utilizando lápis e papel, não se preocupando ainda com layout, cores, entre outros. O protótipo de baixa fidelidade não se parece com o produto final.

Segundo Souza e Silva (2013) apud Benyon (2011), esse tipo de prototipagem apresenta características como serem produzidos rapidamente e descartados rapidamente também, são mais focados nas ideias amplas e fundamentais do design (conteúdo, forma e estrutura) e captura facilmente as propostas iniciais do design.

- **Protótipo de Média Fidelidade**

Este tipo de prototipagem é semelhante ao de baixa fidelidade, pois ainda utiliza técnicas como esboço, porém, pode haver uso de softwares de prototipação. Apresentam a estrutura e o conteúdo da interface, definindo peso, relevância e relação dos elementos, formando o layout básico do projeto.

- **Protótipos de Alta Fidelidade**

Os protótipos de média fidelidade se parecem com o produto final e essa semelhança ocorre devido a utilização de ferramentas que oferecem componentes de interface com aparência e comportamento semelhante ao projeto imaginado (SOUZA; SILVA, 2013).

Segundo Souza e Silva (2013) apud Benyon (2011), esse tipo de prototipagem apresenta características como ser um documento final do design que necessita de aprovação do cliente antes da programação final, é um tipo de prototipagem que é desenvolvido quando o projeto já está mais adiantado e já tem objetivos definidos e é útil para avaliações de elementos do design (conteúdo, aspectos visuais, interatividade, funcionalidade e mídia).

Assim, fica a critério da equipe envolvida no projeto escolher qual tipo de prototipagem desenvolver. Existem muitas ferramentas e tecnologias diferentes que podem ser usadas na construção do modelo, como o próprio papel, HTML, Visual Basic for Applications (VBA), dentre outros. Segundo Berkun (2000), os custos envolvidos na construção do protótipo devem ser minimizados e o mesmo deve ter tempo de vida definido, mesmo que não haja estudos de funcionalidade, deve-se definir quais os problemas e questões a equipe está tentando resolver e quais tarefas estão tentando melhorar.

### **6.1.8 Análise de Falhas**

Para uma realizar uma análise de falhas em um equipamento, é necessário entender o seu funcionamento, compreender os conceitos de falha e modo de falha. Segundo Schmitt (2013), a falha é caracterizada pela perda da função de um componente, essa perda ou a ocorrência de falha ocorrem devido a diversos fatores, que são chamados mecanismos de falha ou modos de falhas. Já Pinto (2004), define a falha como a perda da função ou do comportamento de um equipamento. Afonso (2002) conceitua a falha como o momento em que o equipamento não é mais capaz de executar sua função com segurança.

Modo de falha é definido como a falha que é inerente a um equipamento resultando em uma perda funcional sobre um sistema ou subsistema (PINTO, 2004). Um modo de falha é a causa da falha ou a possível forma que leve o sistema a falhar, quando um sistema tem muitas formas possíveis de falha, consequentemente, possui mais modos de falha.

O principal objetivo da análise de falhas é evitar o surgimento de novas falhas, determinando as causas das falhas, a qual deve ser usada para permitir a introdução de ações corretivas que impeçam a repetição do problema (AFONSO, 2002). Ainda segundo Afonso (2002) é importante seguir um esquema tradicional para análise de falhas caracterizado por coletar as informações, organizá-las, analisar os dados, determinar os modos de falhas e as causas básicas, no entanto, existem pontos cruciais aos quais não podem ser esquecidos:

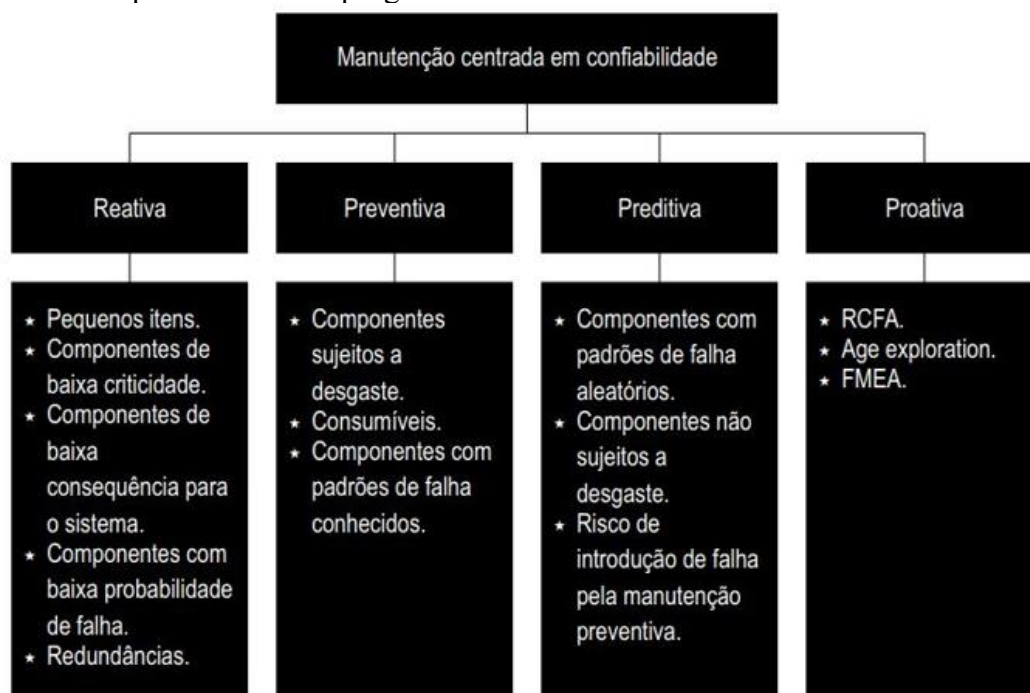
- Observar o primeiro componente a falhar, para que possa chegar na origem do problema, pois na maior parte dos casos os danos que surgem depois da origem são consequências da falha do primeiro componente.
- Procurar por pontos fracos ou por modos de falhas oculto. Ponto fraco é o componente que amplifica os efeitos de uma falha em outro componente. Modos de falha oculto acontecem com componentes que não funcionam o tempo todo, só sendo percebidos quando o componente é requerido a trabalhar.
- Procurar por mais de uma causa básica.
- Desenvolver um banco de dados de análise de falhas e de histórico de manutenção.
- Descobrir a causa de algumas máquinas não falharem, ao ter máquinas semelhantes trabalhando e uma ter uma alta confiabilidade, perceber a diferença entre ela e a que falhou para resolver o problema da máquina de baixa confiabilidade.

Entende-se por confiabilidade a probabilidade de um equipamento exercer sua função sem a ocorrências de falhas durante um determinado período de tempo.

De acordo com Pinto (2004), ao realizar uma análise de falhas, em alguns casos, usa-se a metodologia *Reliability Centered Maintenance* (RCM), em português significa Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), processo utilizado para determinar o tipo de metodologia mais eficiente para o tratamento de falhas potenciais, tal processo envolve a identificação de ações que ao serem executadas irão reduzir a probabilidade de falhas em um equipamento, assim como a redução dos custos de manutenção.



Figura 13 - Componentes de um programa RCM.



Fonte: Pinto (2004).

Pinto (2004) cita a FMEA como metodologia de base da análise RCM, segundo ele, a FMEA identifica cada função do sistema e as falhas associadas a eles, desse modo, identifica os modos de falha associados a cada uma das falhas, relatando quais as consequências que o sistema sofrerá.

#### 6.1.8.1 FMEA

FMEA ((Failure Mode and effects Analysis, ou Análise de Modo e Efeito de Falhas), tem como princípio evitar, por meio da análise de falhas e propostas de ações de melhoria, a ocorrência de falhas no projeto do processo ou do produto, tendo como principal objetivo evitar que problemas cheguem até o consumidor final, procurando aumentar a confiabilidade, ou seja, a probabilidade de falha do produto/processo (ERMENEGILDO, 2014).

Segundo Schmitt (2013) apud Puente et al. (2002), o FMEA se divide basicamente em dois estágios, no primeiro estágio, são constatados os possíveis modos de falhas, sejam eles de um produto ou processo, e os efeitos prejudiciais. No segundo estágio, é determinado o nível crítico (pontuação de risco) das falhas, logo serão colocadas em uma sequência determinada pela prioridade, a falha que apresentar maior criticidade, será a primeira da sequência, sendo considerada prioritária para realização de melhorias. Existem três fatores

que são utilizados para definir as prioridades de falhas, severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) (TOLEDO e AMARAL, 2008).

Segundo Toledo e Amaral (2008), pode-se aplicar FMEA em determinadas situações, como:

- Diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou novos processos;
- Diminuir a chance de ocorrência de falhas potenciais, ou seja, falhas que ainda não tenham acontecido em produtos ou processos que já estejam operando;
- Aumentar a confiabilidade de produtos ou processos que se encontrem em operação por meio da análise de falhas que já foram realizadas;
- Reduzir erros e elevar a qualidade em procedimentos administrativos.

A utilização do FMEA ajuda a detectar de uma forma qualitativa, partes em um sistema que tem maior probabilidade de ocorrência de falhas, necessitando de ações preventivas para impedir que a falha venha a ocorrer, outra vantagem é a redução de eventos não previstos durante o planejamento do produto/processo (SCHMITT, 2013).

A base desta metodologia é o formulário FMEA (Figura 12). A figura 13, apresenta as definições de cada termo do formulário.

Figura 14 - Formulário FMEA.

| <b>Análise do Tipo e Efeito de Falha</b>                        |                        |                         |                           |                             |                  |         |   |   |   |                    |                    |                                                                                       |                |   |   |   |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|---------|---|---|---|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---|---|---|--|--|--|
| Cod_pec :<br>Nome da Peça:<br>Data:<br>Folha No. _____ de _____ |                        |                         |                           |                             |                  |         |   |   |   |                    |                    | <input type="checkbox"/> FMEA de Processo<br><input type="checkbox"/> FMEA de Produto |                |   |   |   |  |  |  |
| Descrição do Produto/ Processo                                  | Função(ões) do produto | Tipo de Falha Potencial | Efeito de Falha Potencial | Causa da Falha em Potencial | Controles Atuais | Índices |   |   |   | Ações Recomendadas | Responsável/ Prazo | Medidas Implantadas                                                                   | Índices Atuais |   |   |   |  |  |  |
|                                                                 |                        |                         |                           |                             |                  | S       | O | D | R |                    |                    |                                                                                       | S              | O | D | R |  |  |  |
|                                                                 |                        |                         |                           |                             |                  |         |   |   |   |                    |                    |                                                                                       |                |   |   |   |  |  |  |

**S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos**

Figura 1: Formulário FMEA

Fonte: Toledo e Amaral, 2008.



### 6.1.9 Fabricação e Montagem

Nesta etapa, é inicializado o processo de fabricação e montagem do equipamento. Processo de fabricação é o modo como será realizado a construção do equipamento, utilizando uma ou mais máquinas de fabricação. Alguns fatores são de extrema importância nesta etapa, como a escolha do processo de fabricação adequado, dimensões e formas das peças, quantidade que será produzida, design do produto, grau de precisão exigido, operador qualificado e habilitado para o serviço, ferramentas e acessórios adequados para a produção, por fim, um bom acabamento final.

Existem basicamente dois tipos de produção, a produção contínua cuja fabricação é em série de produtos padronizados, nesse sistema é comum a fabricação de produtos para estoque. Já a produção por encomenda consiste na fabricação de produtos que não são padronizados, esse sistema se dá sob encomenda feita pelo cliente.

O processo de fabricação terá início através de um documento, a ordem de produção (OP), neste documento estão as especificações do equipamento a ser produzido, como matérias-primas, data de início, data de entrega e quantidades. Componentes que serão preenchidos na ordem de produção:

- Número da OP e lote: permitirão o rastreio dos produtos produzidos;
- Data de emissão da ordem e prazo de entrega;
- Produto e quantidade: tipos de produtos (peças) que serão produzidos e suas quantidades;
- Matérias-primas utilizadas: quantidade de matérias-primas utilizadas na composição final dos produtos acabados;
- Horário de início e término da produção: especificação da hora e de eventuais atrasos no início ou fim da produção;
- Observações gerais: informar se houve alguma parada de produção, se sim, por quanto tempo, existência de produtos defeituosos e rejeitados, entre outros.

Ao terminar o processo de fabricação das peças que irão compor o equipamento, inicia-se o processo de montagem do equipamento. A montagem mecânica consiste em montar os componentes juntos para desenvolver um produto completo. No contexto da fabricação industrial, a montagem mecânica é o processo usado na montagem da linha de produção, sendo adicionada uma peça a cada estação de trabalho.

Para iniciar o processo de montagem é necessário ter a mão elementos como os desenhos de montagem, lista de material, número de unidades que serão produzidas em um determinado intervalo de tempo. A montagem segue um fluxo de etapas, montagem da base, alimentação da base, componentes e acessórios, ajustes mecânicos e ligação dos componentes elétricos.

#### **6.1.10 Teste do equipamento e Ajustes finais**

Com o equipamento já pronto, faz-se necessário a realização de testes para assegurar o bom funcionamento do mesmo. O teste é realizado pela equipe responsável pelo processo de montagem, a fim de assegurar que todas as peças foram colocadas corretamente e que estão desempenhando sua função. Caso haja alguma disfunção no equipamento, o mesmo irá voltar para a etapa do projeto detalhado, no entanto, se tudo ocorrer bem, o equipamento estará conforme para uso, finalizando o processo.

## 7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo a criação de um modelo de metodologia ideal para o desenvolvimento de um equipamento com base nas metodologias PDP. Pode-se afirmar que o objetivo foi concluído, pois um modelo foi desenvolvido, abordando todas as etapas para a construção de um equipamento, transcrito para uma planilha em Excel, onde a mesma se encontra pronta para a realização da prática em um caso real.

Foi possível reunir as principais características das metodologias segundo autores para a construção do modelo ideal, sendo possível ainda a inovação de algumas etapas como a análise de falhas, planejamento de execução e o tempo de produção.

Com o modelo desenvolvido podemos citar vantagens como organização de tarefas, maior eficiência no processo de desenvolvimento, redução de erros de estimativa na definição do processo de fabricação, diminuição da ocorrência de erros finais, devido a uma análise específica de falhas recorrentes e futuras falhas, definição de tempo para o processo de desenvolvimento completo, com base no estudo das etapas, leiaute bem definido, entre outras possíveis vantagens.

Entre limitações que foram encontradas para elaboração do modelo, seriam a questão do tempo estimado de máquina, em como esse tempo seria estimado pela empresa, escolha de um processo enxuto para análise de falhas e para quais etapas o equipamento voltaria caso não fosse aprovado na fase de testes e ajustes finais. Outra dificuldade encontrada foi à construção das etapas para o desenvolvimento, sendo realizada além de um estudo das metodologias de PDP uma breve pesquisa sobre a realidade em uma empresa no desenvolvimento de projetos e quais as etapas mais difíceis para elaboração dos mesmos.

Assim, conclui-se que o modelo criado é eficaz, podendo ser usado tanto na indústria como em empresas de porte menor, seja para o desenvolvimento de um equipamento por encomenda ou na produção contínua para o desenvolvimento de equipamentos padronizados em maiores quantidades.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, L. O. A. **Equipamentos Mecânicos – Análise de Falhas de Máquinas Rotativas – Alguns pontos importantes.** 6ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos. Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, Denis Leandro Monteiro de. **Análise da aplicação do método MTM em empresas de manufatura: estudo de caso.** 2008. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ANDREIS, Diogo Batista. **Modelo para Definição de Processo Produtivo Enxuto A Partir do Conceito do Produto.** 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos.** 2. ed. São Paulo: Editora Blücher, 2000.

BERKUN, S. The art of UI prototyping. Nov. 2000. Disponível em: <http://scottberkun.com/essays/12-the-art-of-ui-prototyping/> . Acesso em: 24 Fev. 2018.

CONGRESSO CIENTÍFICO DA PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE DO VALE DO SAPUCAÍ, 3. e 4., 2016, Pouso Alegre. **Anais do III e IV Congresso Científico da Produção da Universidade do Vale do Sapucaí 2014/2015: Otimização de processos na gestão da produção.** Pouso Alegre: Univás, 2016. 399 p.

DUFOUR, Carlos. A. **Estudo do processo e das ferramentas de projeto de produtos industriais, como vantagem competitiva a estratégia de melhoria constante.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1996.

ERMENEGILDO, Ivo Marcelo. **Aplicação da Análise de Modos e Efeitos de Falha - FMEA - para Avaliação de Situações de Riscos no Projeto de Prevenção de Incêndio da Casa do Estudante Universitário (CEU-PR).** 2014. 61 f. Monografia (Especialização) -



Curso de Curso de Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

FORCELLINI, F. A.; BACK, N. **Projeto de Produtos**. 2002, 160 p. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

IAROSINSKI NETO, Alfredo; FAVARETTO, Fábio. **Projeto conceitual: O projeto da “Forma” do produto**. In: CBGDP, 5., 2005, Curitiba. Anais... . Curitiba, 2005. p. 1 - 9.

KAMPA, Josmael Roberto. **Sistemática para identificação de oportunidades inexploradas de desenvolvimento de novos produtos**: Uma proposta baseada na estratégia do oceano azul e no processo de desenvolvimento de novos produtos. 2009. 298 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LIMA FILHO, Osvaldo de; MALAGUTTI, Thiago Francisco. **A importância do layout para o aumento da produtividade**. Linguagem Acadêmica, Batatais, v. 7, n. 2, p.33-43, jan./jun. 2017.

MACHADO, Cristiano. S. **Contribuição ao estudo de metodologia e morfologia de projeto mecânico**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 126. 1997.

**MEIO FILTRANTE**. São Paulo: Rogéria Sene Cortez Moura, 2011.

MELLO, Willyams Bezerra de. **Proposta de um método aberto de projeto de produto - três alternativas de criação**. 2011. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, C. **Análise e controle da produção em empresa têxtil, através da cronoanálise**. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga, Formiga, Minas Gerais, 2009.

PAHL, Gerhard et al. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 2005. 411 p. Tradução de: Hans Andreas Werner.

PAZ, Ana Veronica; WEBER, Mino Pazmino. **Modelo de Ensino de Métodos de Design de Produtos**. 2010. 187 f. Tese (Doutorado) - Curso de Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Cap. 3. Disponível em: <[http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0721262\\_2010\\_cap\\_3.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0721262_2010_cap_3.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2017.

PEREIRA, Milton. **Metodologia de Projeto para Sistemas Mecânicos de Precisão Reconfiguráveis**. 2004. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PINTO, L. H. T. **Análise de Falhas – Tópicos de Engenharia de Confiabilidade**. [S.l.: s.n.], 2004.

Romeiro Filho, Eduardo. 2006. **Projeto do Produto** - Apostila do Curso. Segundo semestre de 2006. 8ª Edição. Belo Horizonte: LIDEP/ DEP/ EE/ UFMG, 2004.

SCHMITT, José Claudemir. **Método de Análise de Falha utilizando a Integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA**. 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

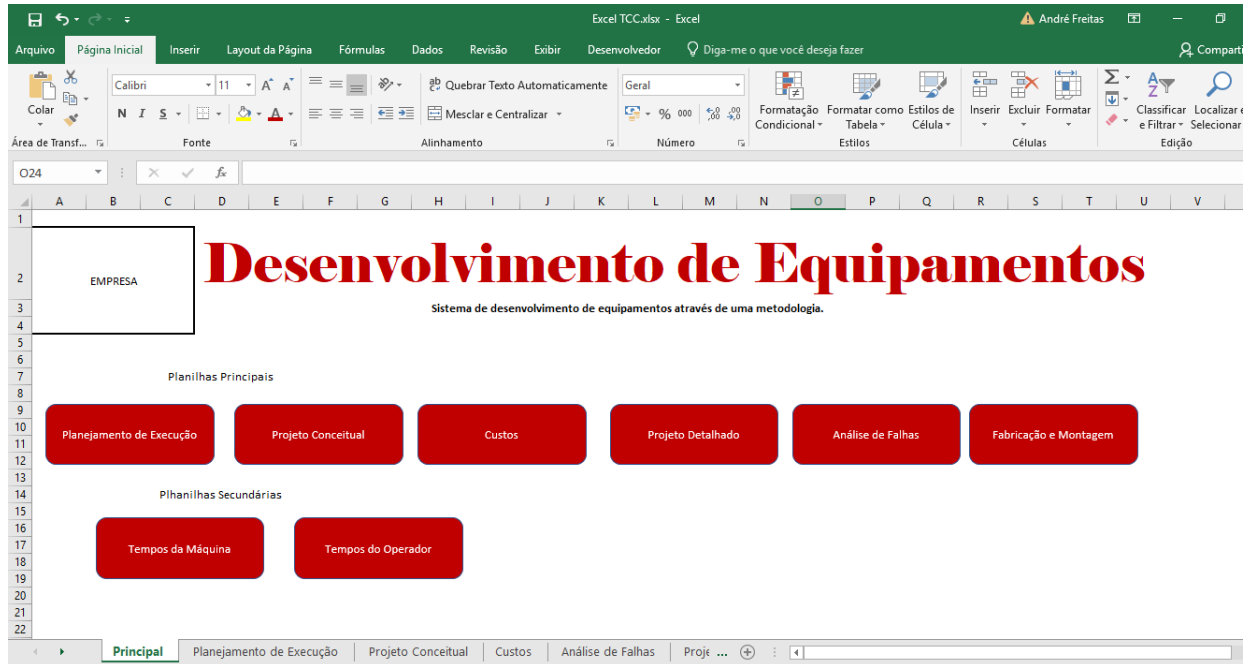
SILVA, Alessandro Lucas da. **Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de leiaute industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para a produção enxuta**. 2009. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SOUZA, Jackson Herbert Barbosa de; SILVA, Paulo Ricardo Pinto da. **Desenvolvimento e Avaliação do Protótipo de Interface de um Aplicativo para Tablets Baseado na Rede Social Sow Life**. 2013. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Departamento Acadêmico de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA – Análise do tipo e efeito de falha**. São Carlos: GEPEC/UFSCar, 2008.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – DADOS INICIAIS DO SOFTWARE PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO



## APÊNDICE B – FORMULÁRIO PLANEJAMENTO DE EXECUÇÃO

| PLANEJAMENTO DE EXECUÇÃO |                    |           |              |
|--------------------------|--------------------|-----------|--------------|
| Equipamento:             |                    |           | Data:        |
| Responsável:             |                    |           |              |
| Item                     | Etapa              | Descrição | Tempo (dias) |
| 01                       | Projeto Conceitual |           |              |
| 02                       | Simulação          |           |              |
| 03                       | Protótipo          |           |              |
| 04                       | Aspectos Gerais    |           |              |
| 05                       | Projeto Detalhado  |           |              |
| 06                       | Análise de Falhas  |           |              |
| 07                       | Fabricação         |           |              |
| 08                       | Montagem           |           |              |
| 09                       | Testes             |           |              |
| 10                       | Ajustes finais     |           |              |
| TEMPO TOTAL DO PROJETO:  |                    |           |              |

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável

**EMPRESA**

APÊNDICE C - FORMULÁRIO PROJETO CONCEITUAL

| PROJETO CONCEITUAL |            |             |            |             |
|--------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Equipamento:       |            |             |            | Data:       |
| Responsável:       |            |             |            |             |
| Entendimento       | Informação | Compreensão | Elaboração | Verificação |
|                    |            |             |            |             |

Assinatura do Responsável

EMPRESA

## APÊNDICE D – FORMULÁRIO CUSTOS

| CUSTOS       |                  |            |
|--------------|------------------|------------|
| Equipamento: |                  | Data:      |
| Responsável: |                  |            |
| Item         | Material/Serviço | Valor (\$) |
| 01           |                  |            |
| 02           |                  |            |
| 03           |                  |            |
| 04           |                  |            |
| 05           |                  |            |
| 06           |                  |            |
| 07           |                  |            |
| 08           |                  |            |
| 09           |                  |            |
| 10           |                  |            |
| 11           |                  |            |
| 12           |                  |            |
| 13           |                  |            |
| 14           |                  |            |
| 15           |                  |            |
| 16           |                  |            |
| CUSTO TOTAL: |                  |            |

Assinatura do Responsável

**EMPRESA**

[illegible]



## APÊNDICE F – FORMULÁRIO PROJETO DETALHADO

| <b>PROJETO DETALHADO</b> |       |           |               |
|--------------------------|-------|-----------|---------------|
| Equipamento:             |       | Data:     |               |
| Responsável:             |       |           |               |
| Item                     | Fases | Realizado | Não Realizado |
| 01                       |       |           |               |
| 02                       |       |           |               |
| 03                       |       |           |               |
| 04                       |       |           |               |
| 05                       |       |           |               |
| 06                       |       |           |               |
| 07                       |       |           |               |
| 08                       |       |           |               |
| 09                       |       |           |               |
| 10                       |       |           |               |
| 11                       |       |           |               |
| 12                       |       |           |               |
| 13                       |       |           |               |
| 14                       |       |           |               |
| 15                       |       |           |               |
| 16                       |       |           |               |

-----

*Assinatura do Responsável*

**EMPRESA**

APÊNDICE F – FORMULÁRIO ORDEM DE PRODUÇÃO

| Numeração da OP    |          | ORDEM DE PRODUÇÃO   |                   |
|--------------------|----------|---------------------|-------------------|
| Data de Emissão:   |          |                     | Prazo de Entrega: |
| Responsável:       |          |                     |                   |
| Horário de Início: |          | Horário de Término: |                   |
| Quantidade         | Material | Descrição           | Tipo de Serviço   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |
|                    |          |                     |                   |

Assinatura do Responsável

EMPRESA

APÊNDICE G – FORMULÁRIO FABRICAÇÃO

| FABRICAÇÃO   |                        |           |       |
|--------------|------------------------|-----------|-------|
| Equipamento: |                        |           | Data: |
| Responsável: |                        |           |       |
| Item         | Processo de Fabricação | Descrição |       |
| 01           |                        |           |       |
| 02           |                        |           |       |
| 03           |                        |           |       |
| 04           |                        |           |       |
| 05           |                        |           |       |
| 06           |                        |           |       |
| 07           |                        |           |       |
| 08           |                        |           |       |
| 09           |                        |           |       |
| 10           |                        |           |       |

EMPRESA

Assinatura do Responsável

APÊNDICE H – BANCO DE DADOS DO OPERADOR

| TEMPO DO OPERADOR        |                     |       |                    |
|--------------------------|---------------------|-------|--------------------|
| Data:                    |                     |       |                    |
| Responsável:             |                     |       |                    |
| Ordem                    | Medições (segundos) | Ordem | Medição (segundos) |
| 1°                       |                     | 14°   |                    |
| 2°                       |                     | 15°   |                    |
| 3°                       |                     | 16°   |                    |
| 4°                       |                     | 17°   |                    |
| 5°                       |                     | 18°   |                    |
| 6°                       |                     | 19°   |                    |
| 7°                       |                     | 20°   |                    |
| 8°                       |                     | 21°   |                    |
| 9°                       |                     | 22°   |                    |
| 10°                      |                     | 23°   |                    |
| 11°                      |                     | 24°   |                    |
| 12°                      |                     | 25°   |                    |
| 13°                      |                     | 26°   |                    |
| TEMPO TOTAL DO OPERADOR: |                     |       |                    |

Assinatura do Responsável

EMPRESA

## APÊNDICE I – BANCO DE DADOS DA MÁQUINA

| <b>TEMPO DA MÁQUINA</b>                                                                                         |                     |              |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| Data:                                                                                                           |                     |              |                    |
| Responsável:                                                                                                    |                     |              |                    |
| <b>Ordem</b>                                                                                                    | Medições (segundos) | <b>Ordem</b> | Medição (segundos) |
| 1°                                                                                                              |                     | 14°          |                    |
| 2°                                                                                                              |                     | 15°          |                    |
| 3°                                                                                                              |                     | 16°          |                    |
| 4°                                                                                                              |                     | 17°          |                    |
| 5°                                                                                                              |                     | 18°          |                    |
| 6°                                                                                                              |                     | 19°          |                    |
| 7°                                                                                                              |                     | 20°          |                    |
| 8°                                                                                                              |                     | 21°          |                    |
| 9°                                                                                                              |                     | 22°          |                    |
| 10°                                                                                                             |                     | 23°          |                    |
| 11°                                                                                                             |                     | 24°          |                    |
| 12°                                                                                                             |                     | 25°          |                    |
| 13°                                                                                                             |                     | 26°          |                    |
| <b>TEMPO TOTAL DA MÁQUINA:</b>                                                                                  |                     |              |                    |
|                                                                                                                 |                     |              |                    |
| <div style="border-top: 1px solid black; width: 200px; margin: 0 auto;"></div> <i>Assinatura do Responsável</i> |                     |              |                    |

**EMPRESA**