

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA

GIOVANNI FRANCO DALABONA
MURILO LINZMAYER

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE
PROJETOS MECÂNICOS VOLTADA À MICRO E PEQUENAS
EMPRESAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2019

GIOVANNI FRANCO DALABONA
MURILO LINZMAYER

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE
PROJETOS MECÂNICOS VOLTADA À MICRO E PEQUENAS
EMPRESAS**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Tcc2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação da disciplina.

Orientador: Prof. Samuel Soares Ansay, M.Sc.

CURITIBA
2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS VOLTADA À MICRO E PEQUENAS EMPRESAS", realizado pelos alunos Giovanni Franco Dalabona e Murilo Linzmayer, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica do Paraná.

Prof. Samuel Soares Ansay, M.Sc.

DAMEC, UTFPR

Orientador

Prof. Carlos Cziulik, PhD.

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Walter Mikos, Dr.

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 29 de Junho de 2018.

RESUMO

DALABONA, Giovanni F. ; LINZMAYER, Murilo. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS VOLTADA À MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. 2019. 51 f. Trabalho de conclusão de curso – Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo apresentar uma proposta de metodologia para o desenvolvimento de projetos mecânicos voltada à empresas de micro e pequeno porte. Considerando a complexidade da aplicação das metodologias conhecidas e a limitação de recursos para aplicá-las a proposta busca organizar, de maneira lógica, todas as etapas fundamentais de desenvolvimento de um projeto mecânico: desde a determinação do seu ciclo de vida e fases de amadurecimento até seus processos. Para tanto, buscou-se na literatura exemplos de metodologias e métodos, de forma a basear-se em conceitos validados para o desenvolvimento da proposta. Também levou-se em consideração a didática e as limitações de empresas deste determinado porte. A metodologia proposta é dividida em quatro etapas: Inicialização, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado e Finalização. Além das regras estabelecidas para dar fluxo ao processo de desenvolvimento do projeto mecânico foram sugeridas ferramentas, com suas possíveis entradas e saídas e boas práticas para o uso da metodologia.

Palavras-chave: Metodologia de projetos, projeto mecânico, gestão de projetos, ciclo de vida de um projeto, fases de um projeto, PMBOK®

ABSTRACT

DALABONA, Giovanni F. ; LINZMAYER, Murilo. PROPOSAL OF A METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF MECHANICAL PROJECTS FOCUSED ON MICRO AND SMALL ENTERPRISES. 2019. 51 f. Trabalho de conclusão de curso – Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

This monography aims to present a proposal of a methodology for the development of mechanical projects focused on micro and small companies. Considering the application complexity of the known methodologies and the limitation of resources to apply them, the proposal intends to organize, in a logical way, all the fundamental stages of development of a mechanical project: from the determination of its life cycle and maturation phases to their processes. To do so, we sought in the literature examples of methodologies and methods, in order to be based on validated concepts for the development of the proposal. We also took into account the limitations of small companies and the necessary didactics to make the proposal feasible. The proposed methodology is divided into four stages: Initialization, Conceptual Project, Detailed Project and Finalization. Besides the established rules to follow up on the process of development of the mechanical project, tools were suggested, with their possible entrances and exits and good practices for the use of the methodology.

Keywords: Project methodology, mechanical project, project management, life cycle of a project, project phases, PMBOK®

LISTA DE SIGLAS

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
FEL	Front End Loading
IPA	Independent Project Analysis
PMBOK®	Project Management Body of Knowledge
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i> (Planejar-Fazer-Checar-Agir)
FGV	Fundação Getúlio Vargas
PMI	Project Management Institute
CEP	Controle Estatístico de Processos
EAP	Estrutura Analítica de Projetos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Girador de locomotivas.	6
Figura 2 – Ocorrência dos trabalhos acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica.	8
Figura 3 – Fluxograma do processo de criação.	11
Figura 4 – Metodologia FEL resumida.	13
Figura 5 – Fluxograma da metodologia proposta por Pahl e Beitz.	14
Figura 6 – Fluxograma da metodologia proposta por Baxter.	15
Figura 7 – Fluxograma da metodologia proposta por MUNARI.	15
Figura 8 – Fluxograma da metodologia proposta por MORAES e MONT’ALVÃO.	16
Figura 9 – Fluxograma da metodologia proposta por PUGH.	17
Figura 10 – Análise qualitativa.	17
Figura 11 – Representação gráfica da metodologia Scrum.	18
Figura 12 – Representação gráfica da metodologia Design Thinking.	19
Figura 13 – Representação gráfica do método ecológico de desenvolvimento.	20
Figura 14 – Divisão do método ecológico de desenvolvimento.	20
Figura 15 – Ciclo de vida de um projeto de acordo com o Guia PMBOK®.	21
Figura 16 – Tipos de auditoria em gerenciamento de projetos.	22
Figura 17 – Ciclo PDCA.	24
Figura 18 – Exemplo de fluxograma.	26
Figura 19 – Exemplo de diagrama Ishikawa.	27
Figura 20 – Ciclos da metodologia.	30
Figura 21 – Domínios da metodologia.	31
Figura 22 – Representação do pivô.	31
Figura 23 – Representação de uma área pontilhada.	32
Figura 24 – Representação gráfica da metodologia.	33
Figura 25 – Primeiro passo.	34
Figura 26 – Saída da metodologia.	34
Figura 27 – Primeiro ciclo.	35
Figura 28 – Sugestões para o segundo ciclo.	36
Figura 29 – Segundo ciclo.	37
Figura 30 – Sugestões para o segundo ciclo.	38
Figura 31 – Terceiro ciclo.	39
Figura 32 – Sugestões para o terceiro ciclo.	41
Figura 33 – Quarto ciclo.	42
Figura 34 – Sugestões para o quarto ciclo.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento estatístico dos trabalhos acadêmicos (1)	9
Tabela 2 – Levantamento estatístico dos trabalhos acadêmicos (2)	9
Tabela 3 – Metodologia de projeto (exemplo)	12
Tabela 4 – Boas práticas para a aplicação da metodologia	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo geral	10
1.1.2	Objetivo específico	10
1.2	Justificativa	10
1.3	Processo de criação	11
1.4	Divisão do trabalho	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	Metodologias e métodos	12
2.1.1	Revisão e análise conceitual	12
2.1.2	Revisão e análise de metodologias e métodos não lineares	18
2.2	Gerenciamento de projetos	21
2.2.1	Guia PMBOK®	21
2.3	Auditoria em gerenciamento de projetos	22
2.4	NBR ISO 9001 - Sistema de Gestão de Qualidade	23
2.5	Gerenciamento de riscos em projetos	24
2.6	Ferramentas	25
2.6.1	Canvas	25
2.6.2	As sete ferramentas da qualidade	26
2.6.2.1	Fluxograma	26
2.6.2.2	Histograma	26
2.6.2.3	Diagrama de dispersão	27
2.6.2.4	Diagrama de Pareto	27
2.6.2.5	Diagrama Ishikawa	27
2.6.2.6	Folhas de verificação	28
2.6.2.7	Cartas de controle	28
2.6.3	Estrutura Analítica de Projetos (EAP)	28
3	METODOLOGIA	29
3.1	A divisão da metodologia	29
3.2	Elementos da metodologia	31
3.3	Controle	33
3.4	Fluxo de desenvolvimento do projeto	34
3.4.1	Primeiro Ciclo: Inicialização	35
3.4.1.1	Qualidade e Engenharia	35
3.4.1.2	Tempo	35
3.4.1.3	Custo	36

3.4.1.4	Sugestões para aplicação	36
3.4.2	Segundo Ciclo: Projeto Conceitual	36
3.4.2.1	Tempo	37
3.4.2.2	Qualidade e Engenharia	37
3.4.2.3	Custo	38
3.4.2.4	Sugestões para aplicação	38
3.4.3	Terceiro Ciclo: Projeto Detalhado	38
3.4.3.1	Tempo	39
3.4.3.2	Qualidade	39
3.4.3.3	Engenharia	39
3.4.3.4	Custo	40
3.4.3.5	Sugestões para aplicação	40
3.4.4	Quarto Ciclo: Finalização	41
3.4.4.1	Tempo	42
3.4.4.2	Qualidade	42
3.4.4.3	Engenharia	42
3.4.4.4	Custo	43
3.4.4.5	Sugestões para aplicação	43
3.5	Boas práticas	43
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
4.1	Dificuldades encontradas	45
4.2	Conclusões	45
4.3	Sugestões para trabalhos futuros	46
	REFERÊNCIAS	48
ANEXO A	MATRIZ DE AUDITORIA UNIVERSAL	50
ANEXO B	FOLHA CANVAS	51

1 INTRODUÇÃO

A construtora Roca Ltda. é uma empresa que atua no setor de construção civil desde 1977. Especializada em fabricar, reforçar, recuperar e montar pontes metálicas em ferrovias, ao longo dos anos aumentou sua gama de serviços oferecidos, como execução de pontes em concreto armado e protendido, recuperação e reforço de obras portuárias, entre outros.

No ano de 2017, executou pela primeira vez em sua história a recuperação de um Girador de Locomotivas (Figura 1). A superestrutura de 20 toneladas, localizada na cidade de Apucarana, tem como função principal rotacionar em 180° uma locomotiva de aproximadamente 200 toneladas, utilizando um sistema mecânico com rolamentos, engrenagens e uma estrutura metálica sobreposta à um eixo e biapojada próxima às extremidades.



Figura 1 – Girador de locomotivas.

Fonte: Arquivo pessoal

O girador substituído era responsável pela manobra de locomotivas menores e muito mais leves, tendo em sua estrutura uma liga de bronze no rodante, garantindo que o giro fosse realizado apenas com o contato entre a estrutura de base e a ponte metálica. Devido ao aumento significativo de massa das novas locomotivas, a estrutura não era mais capaz de realizar tal movimento.

Poucos meses após o fim do projeto, o girador de locomotivas passou a apresentar alguns problemas durante a realização do giro. Portanto, em conversa inicial com o professor orientador, cogitou-se realizar uma análise estrutural do sistema. Entretanto, após algumas conversas informais, explanando melhor o problema e as nuances do projeto, passou-se a analisar o caso de outra perspectiva: considerando a

magnitude do projeto e a estrutura organizacional da Construtora Roca, constatou-se que as possíveis causas dos problemas encontrados não seriam necessariamente erros de dimensionamento, e sim, do desenvolvimento do projeto como um todo, já que nenhuma metodologia definida é utilizada pela empresa.

Logo, aumentam-se os riscos de o projeto apresentar falhas e amplia-se a responsabilidade da empresa contratada, já que em caso de falhas, os impactos gerados no despendimento de recursos são muito maiores na micro e pequena empresa quando comparados a empresa contratante.

Sendo assim, buscou-se compreender como se dá o uso de metodologias de projeto em empresas de micro e pequeno porte, considerando suas limitações de recursos, quando são responsáveis por desenvolver projetos maiores.

Utilizando também o exemplo do desabamento da ciclovia Tim Maia, no Rio de Janeiro, de acordo com a matéria publicada por Rouvenat (2016), no site G1, pode-se fazer algumas observações: um relatório do CREA-RJ apontou uma falha grave em projeto e execução da obra. A ciclovia, que ficava sustentada à beira-mar, desabou por conta de uma onda que a encobriu. Duas pessoas morreram. A perícia constatou a falta de um estudo oceanográfico. Segundo o coordenador da Câmara de Engenharia Civil, Manoel Lapa, como cita a mesma reportagem, houve uma preocupação só com o esforço das ondas nos pilares de sustentação: "Neste caso aqui, não sei se por esquecimento ou por algum outro motivo ou pela pressa, estes estudos não foram feitos". Logo, conclui-se que faltou um procedimento básico relacionado ao desenvolvimento do projeto, causando uma tragédia que poderia ter sido facilmente evitada caso uma metodologia de projetos adequada tivesse sido utilizada.

A utilização de metodologias bem definidas podem evitar falhas em projetos. Entretanto, como geralmente sua aplicação é muito complexa, distanciam-se da realidade de micro e pequenas empresas, principalmente devido às suas limitações de recursos.

E quanto ao meio acadêmico? Quais são as metodologias de projeto usadas pelos alunos do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) nos seus Trabalhos de Conclusão de Curso e projetos de extensão?

Num primeiro momento, realizou-se um levantamento dos Trabalhos de Conclusão de Curso disponíveis no repositório eletrônico da UTFPR, englobando todos os trabalhos do Curso de Engenharia Mecânica da sede de Curitiba referente ao período entre o primeiro semestre de 2011 e o segundo semestre de 2015.

Primeiramente, dividiu-se os trabalhos nas áreas predominantes definidas pela matriz curricular do curso: Automação, Ciências Térmicas, Fabricação, Materiais, Mecânica Estrutural, Metrologia e Qualidade, Produção e Projetos. Então, de um total de 491 trabalhos, considerando os trabalhos subdivididos em, por exemplo Projetos

e Mecânica Estrutural, ou então, Fabricação e Materiais, obteve-se um somatório de incidências das áreas de 510 vezes.

Para uma visualização mais clara, extraiu-se um gráfico a respeito dos dados demonstrados na Figura 2:

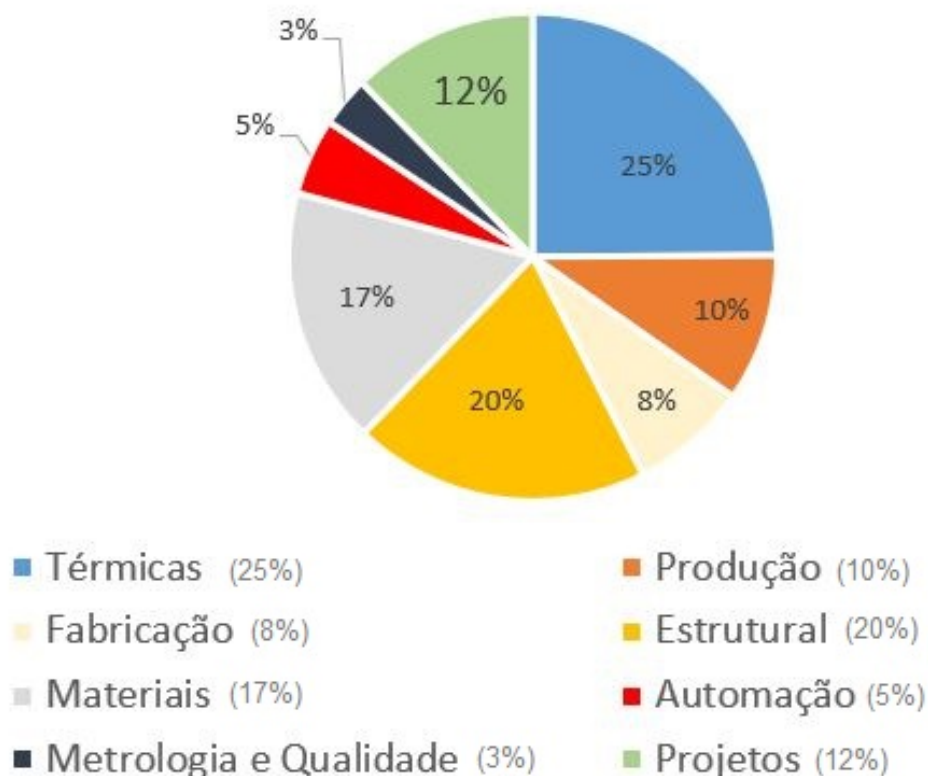


Figura 2 – Ocorrência dos trabalhos acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica.
Fonte: Os Autores (2018)

Objetivamente, a área de Projetos (representada em verde claro) englobou uma quantidade de 63 projetos, representando apenas 12% do total de trabalhos. O número é pequeno, visto que a área pode se repetir aos pares com qualquer uma das outras grandes áreas de predominância do curso, caso o tema envolva o desenvolvimento de um produto.

Em um segundo momento, foram filtrados gradativamente os trabalhos da área de projetos e aqueles de outras áreas em que se propuseram a desenvolver (e até mesmo executar) projetos, chegando a uma quantidade de 118 trabalhos. Em seguida, filtrou-se mais uma vez excluindo trabalhos com títulos de caráter exploratório na área de projetos (como trabalhos voltados a reunir bibliografias a respeito de um determinado assunto), diminuindo o número total de trabalhos para 108. Destes, 31 estão disponíveis no repositório eletrônico (abrangendo um período do primeiro semestre de 2011 ao segundo semestre de 2015). Como último filtro, foram excluídos sete trabalhos por considerá-los como não sendo aplicáveis em metodologias de projeto:

Tabela 1 – Levantamento estatístico dos trabalhos acadêmicos (1)

Trabalhos de Conclusão de Curso	
TCC's da área de Projetos e relacionados	118
Primeiro filtro (Títulos)	108
Encontrados no repositório	31
Trabalhos bibliográficos (exploratório)	7
Trabalhos analisados	24
Utilizaram metodologias validadas	12
Não utilizaram metodologias validadas	12

Fonte: Os autores (2018)

Analisando os 24 trabalhos restantes, levantou-se os seguintes dados:

Tabela 2 – Levantamento estatístico dos trabalhos acadêmicos (2)

Utilização de metodologias	
Nenhuma	10
Pahl & Beitz	6
Pahl & Beitz (adaptado ou simplificado)	4
Própria (criada especificamente para o projeto)	2
Bloemer	1
Rozenfeld	1

Fonte: Os autores (2018)

Logo, percebe-se que boa parte dos alunos não utilizam uma metodologia padrão. Procurando entender o significado dos dados algumas indagações foram feitas: existe uma dificuldade em utilizar alguma metodologia? Há facilidade em consultar outras metodologias? Qual é o grau de conhecimento dos alunos face à discussão do desenvolvimento e finalidade de metodologias?

A fim de entender um pouco melhor a escolha de metodologias em trabalhos de conclusão de curso relacionados ao desenvolvimento de produtos, foi realizada uma análise qualitativa de quatro tipos distintos de TCCs: Os que utilizam integralmente a metodologia proposta por Pahl et. al. (1996), os que a utilizam parcialmente, os utilizam outras metodologias e, finalmente, os que não utilizam metodologias.

No primeiro caso percebe-se, pela necessidade de adequação ao modelo descrito na literatura, alguns ajustes drásticos na concepção do produto, fator que altera o resultado final e confirma a eficácia da metodologia adotada.

Já no segundo caso, os trabalhos acabam adaptando a metodologia em face às necessidades do produto. Vale ressaltar que, nesse caso, a metodologia já fora iniciada com uma ideia de produto pré-concebida.

Para o caso da utilização de diferentes propostas, observa-se um ponto em comum: a necessidade de uma abordagem mais particularizada ao problema, como por exemplo os custos do projeto e o planejamento de tempo.

Há, também, o último caso, em que nenhum processo metodológico foi levado em consideração. No caso, não se pode concluir se a dificuldade estava na aplicação dos conceitos ou no julgamento, por parte dos autores, da importância da utilização de metodologias, por exemplo.

Assim, entende-se que existe uma necessidade de explorar as metodologias utilizadas por equipes com um número reduzido de executantes.

Pode-se fazer uma analogia à realidade das micro e pequenas empresas, onde a aplicação de metodologias extensas e complexas é de difícil viabilidade prática, ao passo que buscam uma maneira de organizar-se e projetar visando a confiabilidade, produtividade e repetibilidade de seus processos. Fato confirmado também pela UTJr (empresa júnior do Curso de Engenharia Mecânica da UTFPR), que desenvolve projetos mecânicos e vem buscando uma metodologia adequada às suas características: dentro de suas limitações de recursos, existem poucos projetistas desenvolvendo projetos complexos - os quais possuem uma visão ampla do mesmo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para o desenvolvimento de projetos mecânicos voltada à empresas de de micro e pequeno porte.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

São objetivos específicos do desenvolvimento desta metodologia:

- a) Discriminar o ciclo de vida de um projeto mecânico;
- b) Identificar as fases de amadurecimento de um projeto;
- c) Demonstrar as etapas essenciais para o desenvolvimento de um projeto mecânico;
- d) Balancear as áreas de Gestão e Técnica em uma metodologia de projetos;
- e) Propor uma metodologia a partir de uma nova perspectiva;
- f) Buscar possíveis ferramentas, bem como as entradas e saídas que se esperam no uso destas, a fim de facilitar o processo de desenvolvimento de projeto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela necessidade de uma metodologia de projetos mecânicos adaptada à realidade de micro e pequenas empresas, bem como no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos da área de Engenharia Mecânica que se dispõe a projetar, com a intenção de aumentar a produtividade neste processo, garantindo maior confiabilidade e repetibilidade aos projetos desenvolvidos.

1.3 PROCESSO DE CRIAÇÃO

Com o objetivo de construir uma sugestão de metodologia, uma sequência de passos foi definida, como mostra a Figura 3. Primeiramente, analisou-se a situação problema descrita no capítulo introdutório deste trabalho. A partir desta, foram levantados questionamentos a respeito das metodologias existentes, sendo estes estudados no capítulo Fundamentação Teórica por meio de análises qualitativas e sínteses.

Assim, definiu-se um método a ser utilizando como referência, bem como os elementos e características adequados ao caso, permitindo a aplicação dos conhecimentos adquiridos e o desenvolvimento da metodologia.

Por fim, para caracterizar uma possível aplicação da metodologia desenvolvida, foram sugeridas possíveis ferramentas e técnicas a serem utilizadas no desenvolvimento de um projeto, bem como suas entradas e saídas. Foram, também, apresentadas indicações bibliográficas, a fim de proporcionar um maior entendimento ao leitor, caso este não tenha conhecimento da aplicação prática das ferramentas e técnicas.

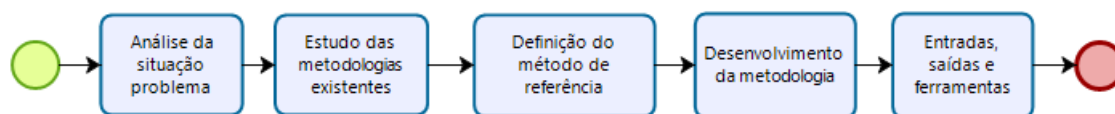


Figura 3 – Fluxograma do processo de criação.

Fonte: Os autores (2018)

1.4 DIVISÃO DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em quatro capítulos: Introdução, Fundamentação teórica, Metodologia e Considerações Finais.

No primeiro capítulo há uma descrição do *case* que deu início à situação problema. Ainda no capítulo introdutório são apresentados os Objetivos (Geral e Específicos), a serem atingidos durante a elaboração deste trabalho, a Justificativa, uma descrição do processo de criação da metodologia e, por fim, uma descrição de todas as etapas da divisão e realização do trabalho. No segundo capítulo encontra-se a fundamentação teórica, baseada em normas, artigos científicos e livros que trazem contribuições à respeito do assunto tratado.

No terceiro capítulo, há o desenvolvimento da metodologia e, por fim, são apresentadas as Considerações Finais: conclusões e considerações sobre o aprendido, bem como orientações e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 METODOLOGIAS E MÉTODOS

Ao longo desta seção serão apresentados alguns métodos e metodologias encontrados, bem como uma análise qualitativa em relação a estes.

2.1.1 REVISÃO E ANÁLISE CONCEITUAL

Em um primeiro momento, foram analisadas algumas metodologias de projeto voltadas ao desenvolvimento de produto.

De acordo com Norton (2013), em sua obra sobre projeto de máquinas, quando a definição do problema é vaga e existem muitas soluções possíveis, utiliza-se uma metodologia para enfrentar o problema não estruturado. Desta forma, "a metodologia de projetos é essencialmente um exercício de criatividade aplicada"(NORTON, 2013).

Ainda no capítulo introdutório, Norton propõe uma metodologia, mostrada na Tabela 3:

Tabela 1-1	Metodologia de projetos
1	Identificação da necessidade
2	Pesquisa de suporte
3	Definição dos objetivos
4	Especificações de tarefas
5	Síntese
6	Análise
7	Seleção
8	Projeto detalhado
9	Protótipo e teste
10	Produção

Fonte: Norton (2013)

O autor ressalta que essa metodologia tem ampla interpretação: pode ser interpretada de maneira linear, podendo ser concluída sequencialmente como demonstrado, por exemplo, ou de forma iterativa: uma ideia gerada na quinta etapa pode ter um resultado inesperado mais adiante, sendo necessário um retorno à alguma etapa anterior, a fim de corrigir eventuais problemas encontrados.

Logo, entende-se que metodologias, independente de quantas etapas possuam, generalistas ou particularizadas, devem ser aplicadas de maneira iterativa para que sejam eficientes, visando um resultado final otimizado.

Ainda relacionando-se a projetos envolvendo maquinários, "a metodologia FEL (Front-End-Loading) foi criada pelo *Independent Project Analysis* (IPA) objetivando

otimizar projetos principalmente de indústrias de transformação, petroquímica e refino"(BARBOSA et al., 2013, apud PRADO, 2004). A metodologia utiliza documentações de engenharia, a fim de garantir que o projeto esteja dentro das especificações técnicas esperadas.

A FEL é dividida essencialmente em três partes: FEL 1 (identificação da oportunidade), FEL 2 (engenharia conceitual), FEL 3 (engenharia básica) e tem como princípio básico os chamados *gates*, que nada mais são do que pontos de tomada de decisões, tendo três possíveis conclusões: avançar para o próximo estágio, retornar ao estágio anterior da metodologia, ou até mesmo suspender ou cancelar o projeto. Uma visão ampla e resumida da metodologia FEL pode ser observada na Figura 4:

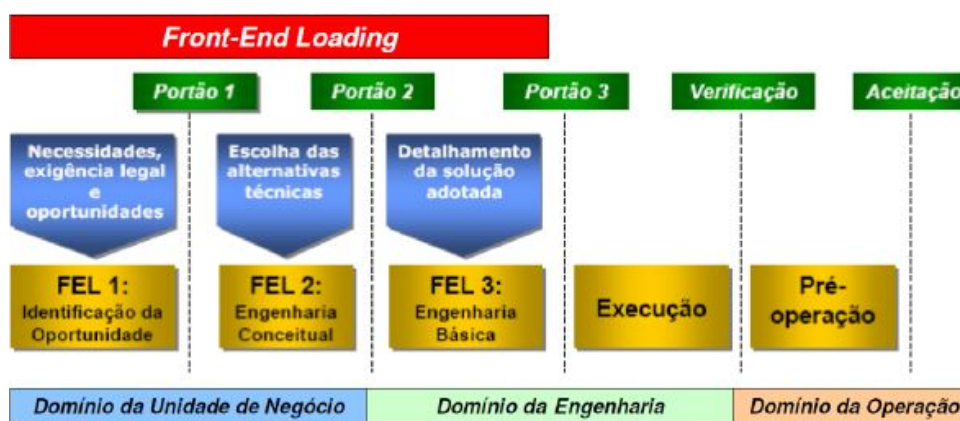


Figura 4 – Metodologia FEL resumida.

Fonte: Barbosa et al. (2013)

A metodologia proposta por PAHL; BEITZ (1996) divide-se em quatro etapas bem definidas: Clarificação da Tarefa, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Do uso da metodologia, ressalta-se a abstração em relação ao problema, de maneira a tratá-lo sem a influencia de uma ideia pré-concebida, tateando-o de maneira generalista, com o uso de verbos, por exemplo, até que através da metodologia chegue-se a uma solução neutra.

O fluxograma representado na Figura 5 mostra a dependência das etapas, bem como seus processos sequenciais.



Figura 5 – Fluxograma da metodologia proposta por Pahl e Beitz.

Fonte: Adaptado de Pahl e Beitz (1996)

Para a metodologia proposta por Baxter (1998), deve-se gerar o maior número de possibilidades de conceitos e selecionar o mais adequado ao projeto. Baseado na premissa de desenvolver a solução para determinado produto, a partir de um benefício ou função primordial, geram-se as diferentes alternativas técnicas para realizá-lo.

Levando em consideração a interação do usuário com o produto, questões como ergonomia e o ciclo de vida do produto são abordadas. Essa última consideração faz com que a metodologia aborde a Logística, levantando problemas como os efeitos do produto sobre o meio ambiente. Vale ressaltar que uma das ferramentas utilizadas durante esta metodologia é a análise de valor, demonstrando um maior interesse na parte de custo do produto.

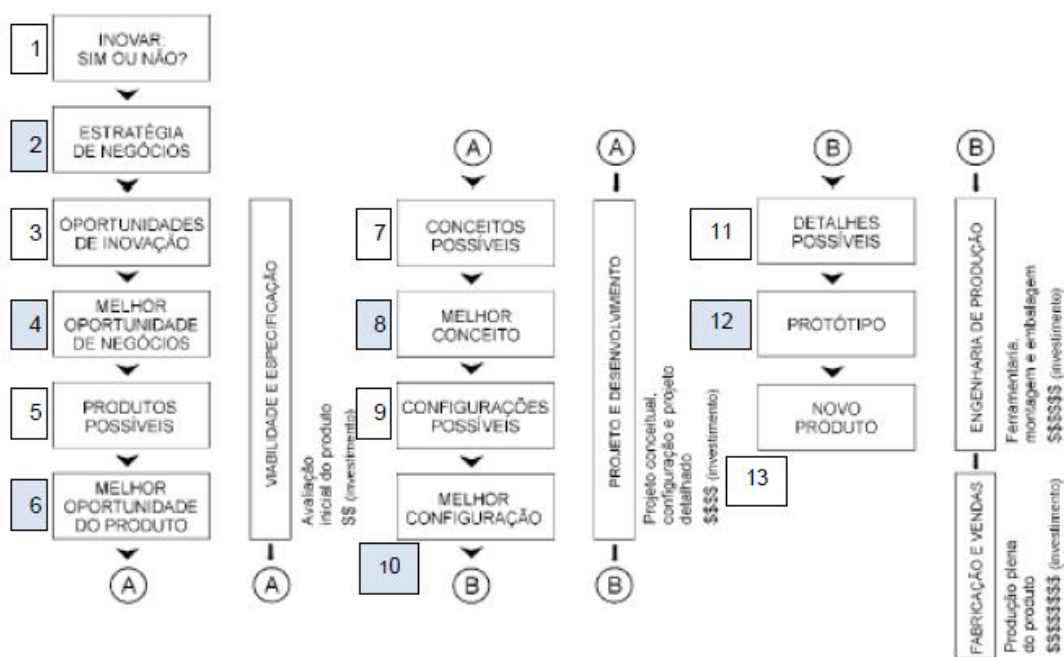


Figura 6 – Fluxograma da metodologia proposta por Baxter.
 Fonte: Adaptado de Baxter (1998)

Já o método proposto por Munari (1998), que é apresentado de maneira similar ao proposto por Baxter, trata de maneira simplista o projeto. Por apresentar-se de maneira superficial, o método carece de mais detalhes como, por exemplo, em relação a engenharia, fabricação, mercado, entre outros.

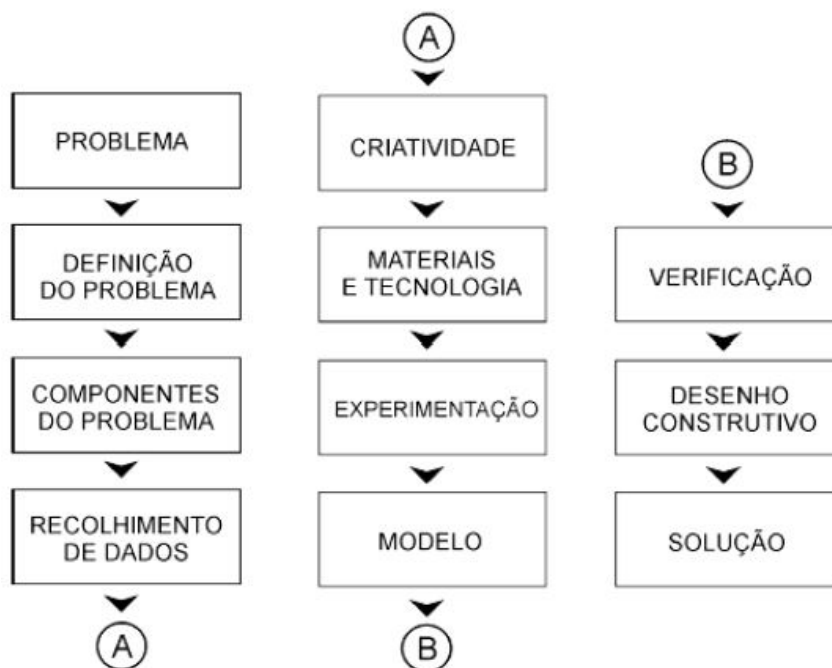


Figura 7 – Fluxograma da metodologia proposta por MUNARI.
 Fonte: Munari (1998)

Com enfoque na ergonomia, Moraes e Mont’Alvão (1998) apresentam um método de projeto onde a interação Sistema-Homem-Máquina detalha-se a partir da ótica humana. A primeira etapa do método consiste em realizar um levantamento dos problemas e, para isso, algumas técnicas como observação *in loco* e registros fotográficos são sugeridas.

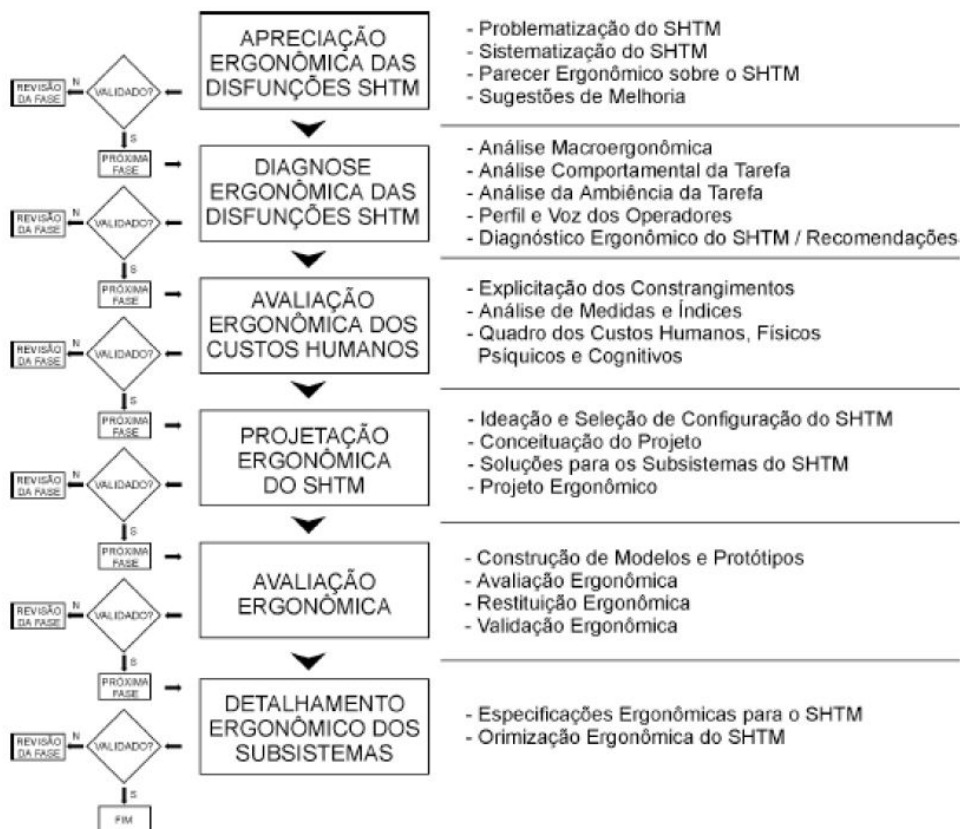


Figura 8 – Fluxograma da metodologia proposta por MORAES e MONT’ALVÃO.
 Fonte: Adaptado de Moraes e Mont’Alvão (1998)

A partir de uma visão um pouco mais interdisciplinar, o método proposto por Pugh (2002) aborda as conexões pessoas-atividade, processos-gestão e, também, a contextualização-estratégia.

Alinhando-se com outros modelos vistos anteriormente, observou-se elementos em comum entre outras metodologias, como por exemplo uma divisão de fases do projeto, envolvendo pesquisa de mercado e especificação do produto, por exemplo, como mostra a Figura 9:

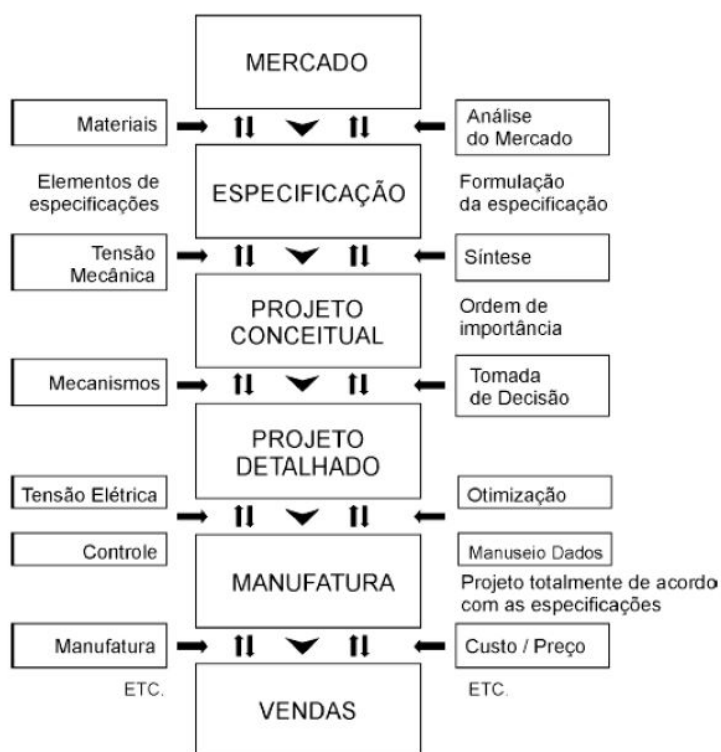


Figura 9 – Fluxograma da metodologia proposta por PUGH.
 Fonte: Adaptado de Pugh (2002)

A partir do conhecimento reunido a respeito dos métodos e metodologias e, baseando-se na análise qualitativa de Bezerra (2011), realizou-se algumas ponderações, além da inclusão de outras metodologias na análise, como mostra a Figura 10:

Método/Metodologia	Pontos positivos	Pontos negativos	Enfoque
Norton	Parte técnica apurada, leva em consideração a parte inicial do projeto bem como a produção	Não aborda gestão	Engenharia, máquinas
Front-End-Loading	Integra gestão e domínio técnico	Burocrática	Conformidade do produto
Pahl e Beitz	Detalhamento das fases e técnicas	Não aborda gestão	Engenharia do produto
Baxter	Interação do usuário com o produto, considera o ciclo de vida do produto, aborda mercado	Etapa de concepção pouco detalhada	Design e estratégia de mercado
Munari	Fácil entendimento, adequado para <i>designers</i> iniciantes	Estrutura muito superficial	Design
Moraes e Mont'Alvão	Aborda ergonomia	Não aborda gestão	Design, ergonomia
Pugh	Valorização de mercado	Etapas pouco detalhadas	Mercado, engenharia

Figura 10 – Análise qualitativa.
 Fonte: Adaptado de Bezerra (2011)

Em seguida, realizou-se uma síntese: os métodos e metodologias são lineares em sua totalidade, com alguns apresentando características iterativas ou recursivas,

mas, sempre em caráter linear. Além disso, destacaram-se algumas metodologias por apresentarem elementos diferentes como: pontos de tomada de decisões, enfoques bem particularizados (como ergonomia). Outra característica forte encontrada são as fases de projeto que, apesar de variarem de um modelo para outro, apresentam elementos comuns como projeto conceitual e projeto detalhado.

2.1.2 REVISÃO E ANÁLISE DE METODOLOGIAS E MÉTODOS NÃO LINEARES

Ao longo deste trabalho, muitas conversas informais foram realizadas com especialistas, professores e alunos de diversas áreas, a fim de aprofundar-se no assunto e observar diversos pontos de vista relacionados ao problema em questão. Tendo em vista os questionamentos levantados durante o capítulo de Introdução, sugeriu-se a pesquisa de diferentes métodos de desenvolvimento que se diferenciavam dos anteriores, deixando de lado o padrão linear encontrado e partindo para um padrão circular.

A metodologia Scrum tem seu nome baseado em uma terminologia vinda do Rugby, que nada mais é do que o método de se reiniciar uma jogada, aonde os jogadores de um mesmo time se reúnem com um único objetivo: recuperar a posse de bola.

Analogamente a este princípio, a metodologia voltada ao desenvolvimento de *softwares* de maneira ágil, têm como estratégia a reunião periódica das pessoas envolvidas no projeto. As reuniões são diárias a fim de manter-se atualizado o andamento do projeto (Lima et. al. (2012)). Além disso, reuniões maiores podem ser estabelecidas ao longo do projeto.

Para garantir o sucesso da aplicação da metodologia Scrum, são definidas algumas regras a serem seguidas, como por exemplo: reuniões diárias (sempre no mesmo horário e local, com duração máxima estabelecida), número limite de integrantes por equipe, entre outras. A Figura 11 ilustra de maneira sucinta a metodologia:

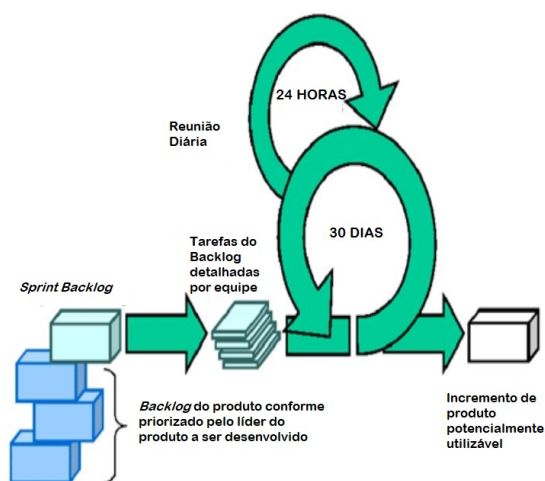


Figura 11 – Representação gráfica da metodologia Scrum.
Fonte: Adaptado de Lima et. al. (2012)

O Design Thinking é uma metodologia com enfoque na inovação e no *design* do produto. Esta tem um caráter cíclico, onde o grupo responsável por desenvolver o projeto é colocado ao centro do ciclo (Rosa (2017)). Criada por Rolf Fast e popularizada por David M. Kelley (fundador da IDEO, empresa internacional de design e consultoria em inovação), a metodologia proposta não trabalha com estatísticas e números, mas sim em observações empíricas, fazendo-se valer da observação de cada caso.

Relacionada com a imersão dos desenvolvedores no projeto para identificar o problema, é comum o uso do *brainstorming* para desenvolver soluções inovadoras e apenas ao fim passar a utilizar ferramentas de prototipagem. A Figura 12 demonstra alguns detalhes desta metodologia:



Figura 12 – Representação da metodologia Design Thinking.

Fonte: Rosa (2017)

O método ecológico de desenvolvimento, proposto por Bronfenbrenner (1976), psicólogo especialista em desenvolvimento, aborda o método natural no qual um indivíduo se desenvolve. Partindo-se do princípio, o indivíduo quando criança está inserido num contexto muito limitado, interagindo apenas com os parentes próximos, tendo pouquíssima influência do meio externo e suas características comportamentais ainda não estão bem estabelecidas.

Seguindo o processo natural de desenvolvimento, a medida em que o indivíduo passa pelo processo de amadurecimento e avança para uma outra fase, este, coloca-se em um contexto mais amplo: passa a interagir com um número maiores de pessoas (como na escola, por exemplo), suas características comportamentais passam a ser melhor definidas. Assim, o amadurecimento é marcado por fases, cada qual

com suas características gerais, como representada na Figura 13:

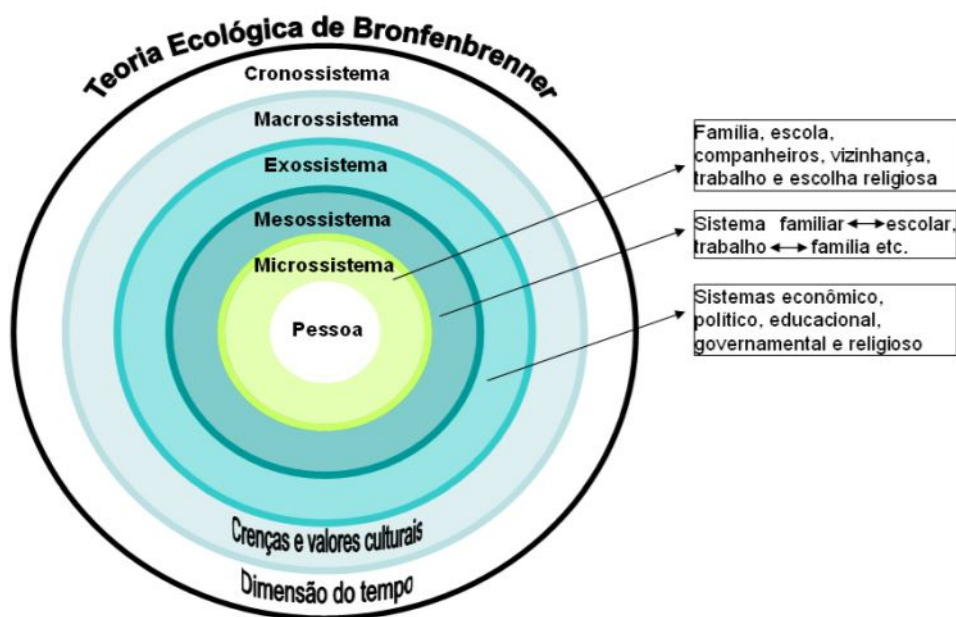


Figura 13 – Representação gráfica do método ecológico de desenvolvimento.
 Fonte: Stasiak (2010)

Para que se desenvolva naturalmente, o indivíduo amadurece em quatro pontos de maneira simultânea:

- a) Pessoa: características pessoais, contexto cultural e história pessoal;
- b) Contexto: contexto no qual a pessoa está inserida;
- c) Processos: interações recíprocas entre ambiente e pessoal;
- d) Tempo: tempo pessoal, ritmo natural no qual determinado indivíduo se desenvolve.



Figura 14 – Divisão do método ecológico de desenvolvimento.
 Fonte: Araújo (2014, Universidade Católica de Brasília, Brasília)

Os métodos e metodologias com caráter circular têm como forte característica

em comum sua compacidade: visualmente, o início e o fim do processo não estão tão distantes quanto os métodos que dispõem os processos de maneira linear.

O Design Thinking e o Scrum apresentam-se graficamente de maneira menos complexa e mais didática, com uma abordagem mais moderna, além de passar a imagem de que os desenvolvedores têm uma visão geral do projeto.

Já método de desenvolvimento ecológico, ao ser comparado com o Design Thinking, se assemelha na abordagem ao indivíduo, centralizando-o no processo de desenvolvimento, trazendo o protagonismo ao indivíduo.

2.2 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Durante o desenvolvimento de um projeto é essencial que este seja gerenciado, de modo que todos os processos pelos quais a metodologia estará submetida sejam realizados e controlados com sucesso. Por isso, realizou-se uma pesquisa ampla na área de gerenciamento de projetos: guias, normas e livros específicos.

2.2.1 GUIA PMBOK®

O Guia PMBOK® (2008) ressalta logo em seu capítulo introdutório que esta norma é muito mais um guia do que uma metodologia. Entretanto, sua tamanha abrangência em assuntos relacionados à projetos faz com que sirva de referência para projetistas nas mais diversas áreas de atuação.

As duas primeiras seções buscam esclarecer alguns termos e definições em relação ao que é projeto, gerenciamento de projetos, ciclo de vida de um projeto (Figura 15), entre outras definições essenciais.

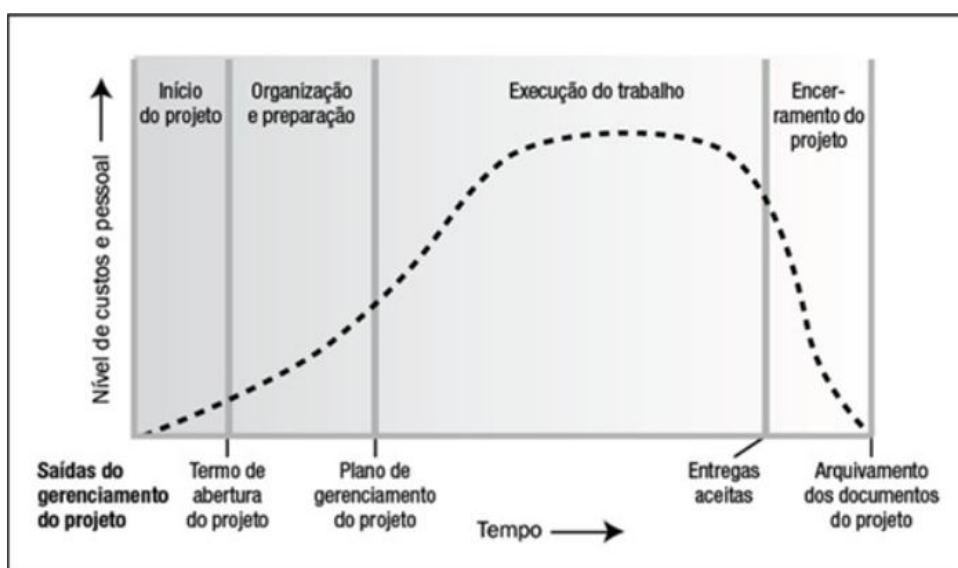


Figura 15 – Ciclo de vida de um projeto de acordo com o Guia PMBOK®.
Fonte: PMBOK® (2008)

A terceira e maior seção, dividida em nove capítulos, explica em cada um destes, de maneira separada, como se dá o gerenciamento de projetos em diferentes áreas como: custo, tempo, recursos humanos e aquisições, por exemplo. Dentro de cada capítulo, os assuntos são abordados primeiramente de maneira generalista e vão se aprofundando ao decorrer do texto, posicionando ferramentas, explicando técnicas e conceitos elementares para um projetista.

2.3 AUDITORIA EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Em artigo publicado pela Revista do Tribunal de Contas da União (WANDERLEY, 2016), é apresentada uma pesquisa bibliográfica a respeito das principais práticas adotadas para auditorias em Gerenciamento de Projetos. O auditor da marinha ressalta que não há uma metodologia a ser seguida nesta área, tampouco aspectos procedimentais definidos. Considerando-se, portanto, um território novo a ser explorado, justificado pela perspectiva do investimento de cerca de R\$ 140 bilhões nos próximos 20 anos no setor de defesa.

Da pesquisa realizada, ressalta-se o estudo do Instituto Alemão de Auditores Internos (DIIR) que considera como critério para uma auditoria normas relacionadas à boas práticas em gerenciamento de projetos, como por exemplo o PMBOK®, além de organizar os tipos de auditoria de acordo com Cleland e Ireland (Anexo A).

De acordo com Cleland e Ireland (2012, apud Wanderley, 2016): "As auditorias de projetos variam de acordo com a necessidade de comparação entre o plano e as práticas efetivas de execução". De acordo com seu entendimento, os autores também classificam os tipos de auditoria, como mostra a Figura 16:

TIPOS DE AUDITORIA DE PROJETOS	PROPÓSITO	RESULTADOS A SEREM ALCANÇADOS
De progresso	Revisão do progresso do projeto sob três perspectivas: cronograma, desembolso do orçamento e aspectos técnicos.	Comparação entre o progresso planejado e a realização efetiva para as três perspectivas.
De processo	Revisão das práticas da equipe do projeto, assegurar o cumprimento do processo e sua eficácia no cumprimento de metas.	Proporcionar segurança de que o processo é capaz de produzir o resultado desejado.
De sistema	Revisão de sistema técnico ou administrativo como, por exemplo, o plano de comunicação que é uma operação ou função de apoio do projeto	Informações sobre a adequação do sistema de apoio do trabalho no projeto. Garantir o funcionamento do sistema de acordo com a orientação documentada.
De produto	Revisão da realização técnica do projeto na construção do produto, e se a mesma está de acordo com o plano.	Relatório enunciando o grau de convergência entre os parâmetros técnicos e os parâmetros do trabalho.
De contrato	Verificar o cumprimento de exigências contratuais, verificar se a equipe do projeto está realizando o trabalho exigido no contrato.	Relatório contendo informações sobre até que ponto as exigências contratuais são atendidas.
Geral	Revisão de todos os aspectos de um projeto e a comparação das realizações planejadas com as realizações efetivas.	Relatório contendo informações sobre até que ponto todos os requisitos para realização do projeto são atendidos.
Especial	Revisão dos parâmetros específicos de um projeto para se determinar a sua situação ou seu progresso. Ocorre por uma perda de confiança nas realizações do projeto.	Relatório focalizado no progresso ou na situação, talvez com recomendações para a melhoria da condição.

Figura 16 – Tipos de auditoria em gerenciamento de projetos.
Fonte: Cleland e Ireland (2012)

Das normas técnicas brasileiras, tem-se a NBR 16277 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014): "Auditoria de projetos - Orientações para desenvolvimento e execução", que considera os seguintes princípios de governança de projetos: justificção contínua de negócio, a responsabilização, o desempenho, a conformidade, a ênfase no gerenciamento do projeto e o aprendizado com a experiência, para que então a alta direção corresponda com esses princípios através de evidências do seu comprometimento.

2.4 NBR ISO 9001 - SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE

A NBR ISO 9001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015) é a norma responsável por reger os requisitos para a implementação de um sistema de gestão de qualidade.

Transcrito literalmente do capítulo introdutório de tal norma, destacam-se algumas vantagens do seu emprego:

- a) a capacidade de prover consistentemente produtos e serviços que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos estatutários e regulamentares aplicáveis;
- b) facilitar oportunidades para aumentar a satisfação do cliente;
- c) abordar riscos e oportunidades associados com seu contexto e objetivos;
- d) a capacidade de demonstrar conformidade com requisitos especificados de sistemas de gestão da qualidade.

Para tal, emprega-se a abordagem do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) que, de acordo com a própria norma "habilita uma organização a assegurar que seus processos tenham recursos suficientes e sejam gerenciados adequadamente, e que as oportunidades para melhoria sejam identificadas e as ações sejam tomadas". Desta forma, determinam-se fatores que possam causar desvios em seus processos, assim como minimizam-se os efeitos negativos causados por estes.

Para melhor compreensão do ciclo PDCA, tem-se a Figura 17:

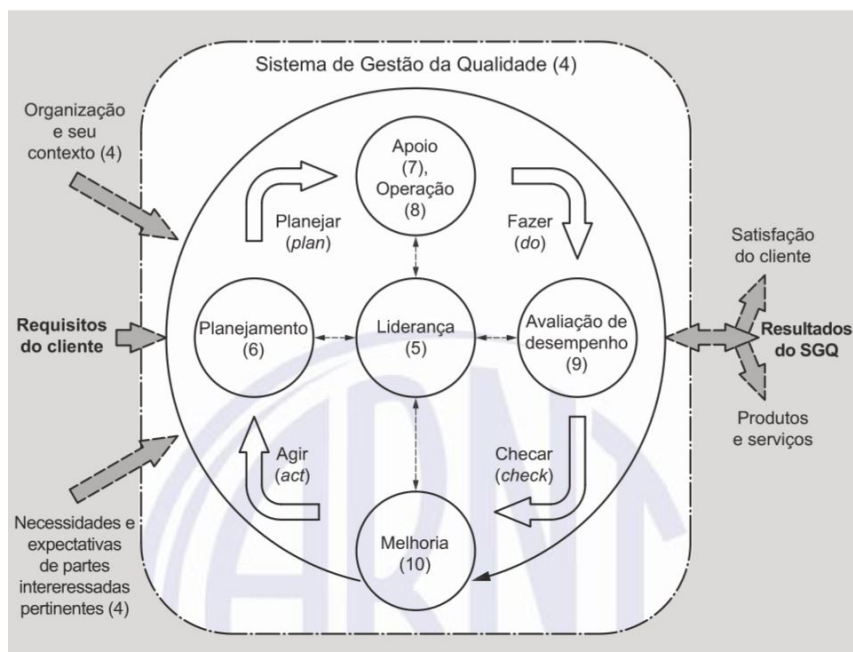


Figura 17 – Ciclo PDCA.
Fonte: NBR ISO (9001)

O ciclo pode, também, ser aplicado individualmente em cada parte do processo.

2.5 GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS

Joia (2013), em sua obra, escrita com a colaboração de professores convidados da FGV *Management* tem por objetivo apresentar o processo de gerenciamento de riscos em projetos, segundo a metodologia PMBOK® do Project Management Institute (PMI). Além das iniciais definições acerca de risco, incertezas e as devidas considerações, a obra caracteriza ferramentas universalmente conhecidas aplicadas no processo de análise de riscos, sendo estas passíveis de adaptações para particularizá-las à este trabalho, como por exemplo:

a) *Brainstorming*: o conceito de "tempestade de ideias" é utilizado para ampliar a visão sobre um determinado assunto e, até mesmo, considerar opções que podem parecer absurdas em um primeiro momento, mas que podem vir a ser a solução. A técnica segue dois princípios fundamentais: o atraso no julgamento e a abundância e qualidade da criatividade. Isso significa que durante o *brainstorming* todas as ideias devem ser igualmente respeitadas para garantir um fluxo de criatividade.

b) Análise da causa-raiz através do diagrama espinha de peixe (que será explicado mais adiante).

c) Análise Swot: o método consiste em explorar ambientes interno e externo, para então fazer uma análise por meio de combinação entre as forças e fraquezas e as oportunidades e ameaças.

Identificados os riscos, parte-se para uma análise quantitativa e qualitativa dos riscos, através de outras ferramentas como a criação de uma tabela ou uma árvore de decisão

Quando então finalmente são apresentados dois processos de gerenciamento de riscos, segundo a metodologia PMBOK® do PMI: o desenvolvimento de respostas aos riscos identificados e mensurados, e o controle e documentação dos mesmos ao longo da vida útil de projeto.

2.6 FERRAMENTAS

Faz-se necessário, também, o conhecimento de algumas ferramentas utilizadas no gerenciamento de projetos.

2.6.1 CANVAS

O conceito da ferramenta de montagem rápida de negócios conhecida como Canvas surgiu em 2010, idealizada por Alexander Osterwalder. A folha proporciona a análise de uma ideia por meio de uma divisão de características em blocos bem definidos. Os blocos seguem um padrão lógico envolvendo quatro perguntas principais: Como? O que? Quem? E quanto?

O bloco de conceitos da pergunta “Como?” é formado por três áreas: Parceiros Chave, Atividade Chave e Recursos. Nelas, o autor deve descrever fielmente as parcerias com as quais poderá contar, as atividades que a empresa ou ideia realizará e uma análise de qual é o negócio e o que ele tem disponível para se sustentar.

Uma das perguntas mais importantes - “O que?” - é constituído de uma única área: Valor Agregado. Aqui, pretende-se entender como a ideia representa um ganho para o cliente, seja ele intelectual, monetário ou de qualquer outra natureza.

O terceiro bloco é de foco total no cliente. Com três áreas, a pergunta “Quem?” estabelece a relação com o possível cliente ou utilizador, o canal de informação pelo qual o contato será feito e a racionalização do cliente em si.

Mais voltada à saúde financeira, a pergunta “Quanto?” é composta pelas áreas Custos e Benefícios, ou seja, mede os prós e contras da aplicação. O fato deste campo ser amplamente utilizado no planejamento financeiro, porém, não inviabiliza a contabilização de outros fatores tais como tempo aplicado, desgaste emocional, etc.

Inicialmente voltada ao empreendedorismo, a folha Canvas começou a ser utilizada cada vez mais para outros fins. Com a crescente expansão da utilização de inovação nas culturas organizacionais, foi adaptada e hoje é muito utilizada na validação rápida e modelagem de produtos, normas e até mesmo as mais simples ideias. A folha pode ser visualizada com suas respectivas áreas no Anexo B.

2.6.2 AS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Alguns conceitos fundamentais para o embasamento teórico deste trabalho são as ferramentas da qualidade. Uma metodologia que propõe o aumento da qualidade nos projetos deve, certamente, considerar os mecanismos já desenvolvidos por autores conceituados. Utilizando como referência o livro Controle da Qualidade (SELEME, 2008), as ferramentas podem ser descritas de sete maneiras, examinadas a seguir.

2.6.2.1 Fluxograma

Ilustrando sequencialmente cada uma das etapas do processo, o fluxograma tem por objetivo traçar um caminho ideal para uma atividade ou objeto. Utiliza uma simbologia própria e de fácil compreensão, e pode ainda identificar desvios e alterações de roteiro em processos já conhecidos. Um exemplo de fluxograma pode ser analisado na Figura 19:

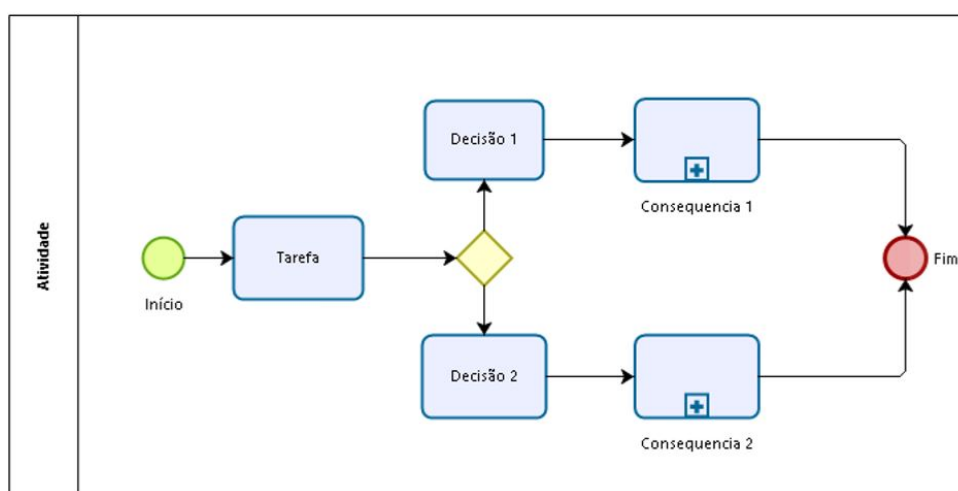


Figura 18 – Exemplo de fluxograma.

Fonte: Os autores (2018)

2.6.2.2 Histograma

Em tempos onde a conectividade e a automação nas indústrias ficam cada vez mais fortes, a manipulação e visualização de dados é cada vez mais requisitada. Idealizado pelo matemático britânico Karl Pearson, em 1895, o histograma é uma ferramenta de visualização temporal de dados dispostos em barras verticais. Análises estatísticas utilizam frequentemente esse recurso e muitas decisões são baseadas em sua visualização.

2.6.2.3 Diagrama de dispersão

Além da análise temporal dos dados, faz-se necessária a análise de comportamento destes de acordo com parâmetros conhecidos. Usado para obter uma relação de causa e efeito, o diagrama de dispersão é peça chave na análise de comportamento de lotes de peças, por exemplo, ou ainda em simulações de parâmetros de engenharia.

2.6.2.4 Diagrama de Pareto

Idealizado pelo economista italiano Velfredo Pareto, o diagrama tem participação fundamental nas decisões de um líder de projeto: ele caracteriza os dados de acordo com sua importância e indica qual é o ponto que deve ser focado de acordo com a mudança desejada. O exemplo clássico são as causas de refugos em lotes de peças, que são analisadas de acordo com a criticidade e solucionadas com a ajuda do Pareto.

2.6.2.5 Diagrama Ishikawa

Também conhecido como diagrama “Espinha de Peixe”, relaciona um aspecto ou problema com todas as suas causas possíveis. Cada espinha é, na verdade, uma causa diferente e pode conter mais ramificações que são causas precursoras da causa principal. O modelo foi criado em uma apresentação realizada a um grupo de engenheiros da empresa japonesa Kawasaki Steel Works pelo engenheiro de controle de qualidade Kaoru Ishikawa, visando explicar a relação entre todas as causas e a consequência. Um exemplo de diagrama Ishikawa pode ser visto a seguir:

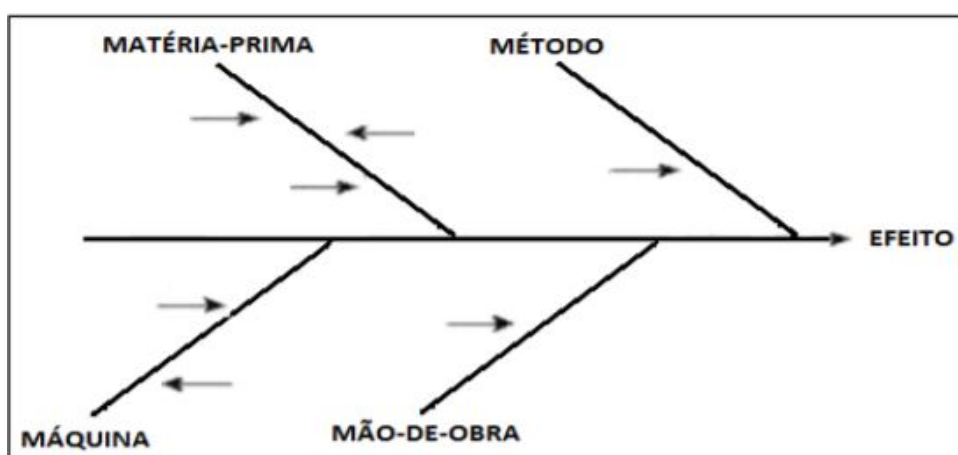


Figura 19 – Exemplo de diagrama Ishikawa.

Fonte: Bazoni et al. (2015)

2.6.2.6 Folhas de verificação

As folhas de verificação facilitam o controle de procedimentos que já foram ou estão para ser adotados. Utilizando caixas que devem ser marcadas quando a ação for completada, é um facilitador de controle quando o número de ações é grande. Um bom exemplo das famosas *checklists* é o da aviação.

O desenvolvimento tecnológico proporcionado pela corrida bélica durante a Primeira e Segunda Guerra Mundial fez com que os aviões se tornassem cada vez mais complexos para serem pilotados. Tomando-se por exemplo o dilema existente na Segunda Grande Guerra no exército dos Estados Unidos: os soldados que deveriam ser treinados para o combate aéreo vinham do alistamento obrigatório vigente na época. Isto é, jovens que cresceram e passaram suas vidas em fazendas no interior e teriam, então, que pilotar aviões de combate que estavam se tornando cada vez mais complexos (HARRY, 2016).

Para solucionar o problema, adotou-se um *checklist* completo e detalhado de fatores a serem verificados e também procedimentos baseados nos treinamentos antes do voo. Mais tarde descobriu-se que o número de acidentes aéreos também foi reduzido graças ao desenvolvimento de folhas de verificação para pilotos mais experientes.

2.6.2.7 Cartas de controle

As cartas de controle podem ser explicadas como sendo uma avaliação de limites e comportamentos de um histograma, já citado anteriormente. Principalmente nas fábricas, esta é a base do CEP e auxilia engenheiros planejadores no controle da qualidade.

2.6.3 ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETOS (EAP)

Também conhecida pela sigla EAP, consiste em uma lógica bem conhecida ao ser humano: dividir para conquistar. A proposta, porém, requer uma identificação clara das áreas de atuação e o uso do bom senso na hora de delegar tarefas.

Um exemplo notável de aplicação é o de formigas atravessando um vão. Se analisado do ponto de vista de uma única formiga, o vão é muito largo para ser simplesmente pulado, e muito fundo, o que demandaria tempo e esforço para descê-lo e subi-lo. Com a coletividade em foco, várias formigas se unem formando uma verdadeira ponte entre as duas extremidades do vão e possibilitando a passagem rápida e segura.

A partir de um problema complexo a ser solucionado, portanto, o método o divide em sub problemas e então em várias tarefas que devem ser realizadas (Guia PMBOK® (2008)). Ao completá-las, o problema é resolvido em sua totalidade.

3 METODOLOGIA

Considerando todos os métodos analisados e buscando abordar o desenvolvimento de projetos através de uma perspectiva diferente, optou-se pelo método proposto por Bronfenbrenner (1976), por considerá-lo bastante adequado à situação-problema.

Como visto anteriormente, as metodologias de projeto em modo geral buscam melhorar a confiabilidade, repetibilidade e a produtividade do processo de desenvolvimento. Entretanto, geralmente são direcionadas às características do produto final: *design*, ergonomia, solução de engenharia, mercado, entre outros.

Tendo em vista a dependência do projetista no processo de criação, a metodologia proposta baseada no método ecológico inverte a perspectiva do desenvolvimento de projetos: enquanto os modelos apresentados anteriormente buscam fazer com que o projetista se adapte a uma metodologia para o processo de criação, a metodologia proposta adapta o processo de desenvolvimento de projeto ao processo natural de desenvolvimento do projetista, ambientando melhor o processo de criação ao que se enquadra como um processo de desenvolvimento natural.

A proposta desta metodologia de projetos busca, também, melhorar a confiabilidade, repetibilidade e produtividade do processo. Porém, é direcionada para as características de um projetista de micro e pequena empresa, levando em consideração suas limitações e seu processo de desenvolvimento.

3.1 A DIVISÃO DA METODOLOGIA

Inicialmente, a metodologia foi dividida em fases, denominadas Ciclos. Os Ciclos são os níveis de maturidade do projeto. Então, além da ideia de maturação, os ciclos proporcionam a escala de tempo: cada ciclo possui seu próprio tempo. Quanto maior o raio do ciclo, mais profunda é a abordagem ao assunto referente. Sendo assim, o ciclo inicial é o mais superficial e o ciclo final é o mais maduro. O último ciclo, apesar de não ser o mais demorado a ser completado, certamente, é o que causa maior impacto em questão de desenvolvimento organizacional. Portanto, deve ser analisado com maior profundidade em relação a todos os outros, garantindo que tudo o que foi realizado tenha efeito positivo no desenvolvimento do próximo projeto a ser realizado.

A analogia mais adequada para a compreensão deste conceito é a velocidade angular: considerando um ritmo constante de trabalho, quanto menor o raio do ciclo, mais rápida será a sua conclusão.

Os ciclos de amadurecimento do projeto estão definidos de acordo com a Figura 20:

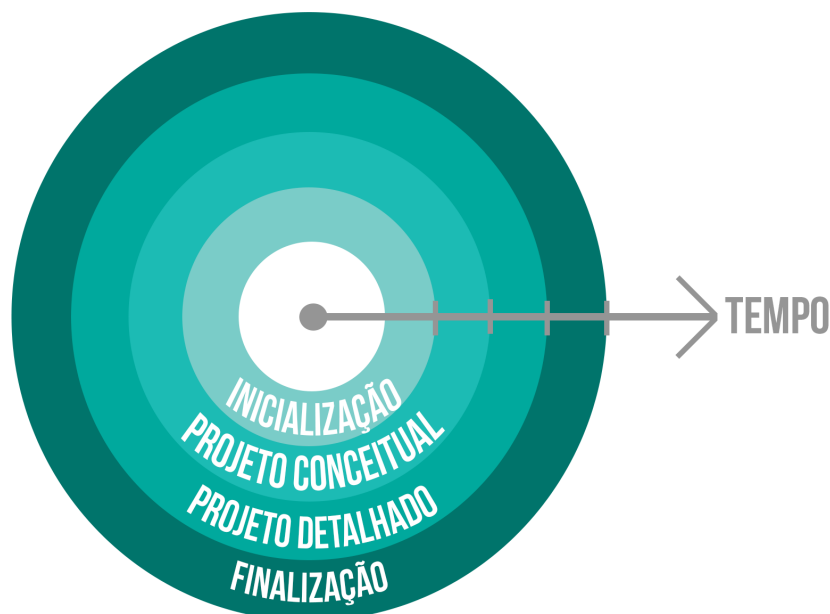


Figura 20 – Ciclos da metodologia.
Fonte: Os autores (2018)

Em seguida, a metodologia foi dividida em dois domínios: técnico e gestão. Esta divisão foi realizada com a intenção de englobar e balancear uma solução técnica confiável à viabilidade do projeto. Em seguida, subdividiu-se os domínios em dois grupos cada.

Domínios: são as frentes do projeto. O domínio da gestão engloba assuntos relacionados à administração financeira e ao controle do tempo, enquanto o domínio técnico aborda assuntos de engenharia e qualidade voltada ao setor de engenharia.

Grupos: os grupos são as subdivisões dos domínios, englobando áreas de assuntos correlacionados. São eles: Tempo e Custos, Qualidade e Engenharia. No caso, os grupos Tempo e Custos fazem parte do domínio da Gestão, enquanto os grupos Qualidade e Engenharia fazem parte do domínio Técnico.

A Figura 21 mostra de forma esquemática estas divisões:

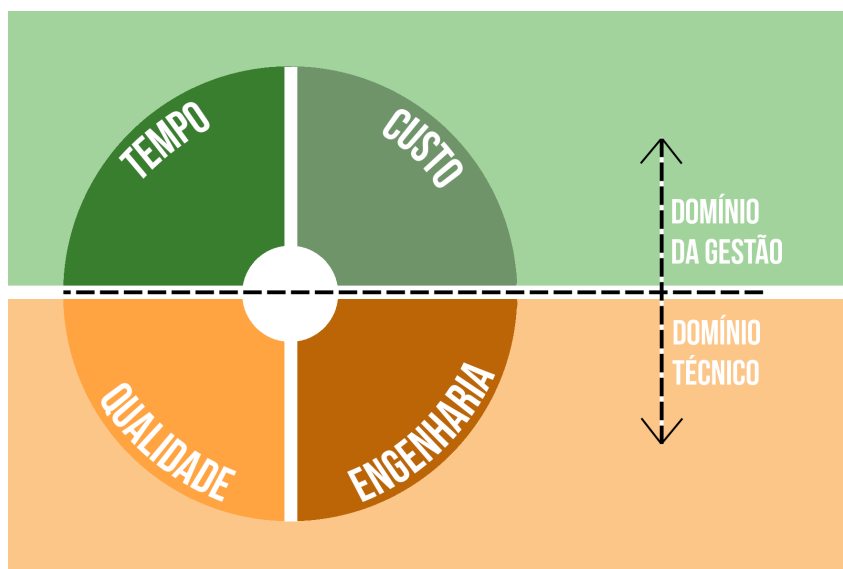


Figura 21 – Domínios da metodologia.
Fonte: Os autores (2018)

3.2 ELEMENTOS DA METODOLOGIA

Para melhor compreensão dos princípios desta metodologia, se faz necessário caracterizar os elementos que a constituem e suas respectivas funções.

Pivô: o ponto central da metodologia circular é denominado Pivô. É um ponto de referência para o qual o executante sempre deverá retornar após a conclusão de cada processo planejado em determinada área. Seguindo a filosofia PDCA, além de visar a otimização do processo de desenvolvimento do projeto, o ciclo PDCA dá o conceito de fluxo contínuo de informações, gerando o movimento necessário para garantir que o projeto nunca entre em regime estacionário.

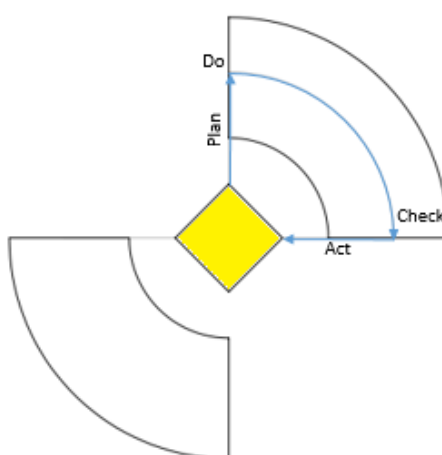


Figura 22 – Representação do pivô.
Fonte: Os autores (2018)

Áreas: São os processos a serem concluídos. As áreas são independentes entre si, fato que gera facilidade no cumprimento do ciclo por parte do executante, que pode customizar a ordem de execução das áreas.

Uma área pode ser representada de duas maneiras: com bordas cheias e bordas pontilhadas. A área representada por uma borda cheia é um processo a ser concluído, onde podem existir diferentes tarefas e todas devem ser executadas. Nela, vale a ideia do ciclo PDCA relacionado com o pivô.

Uma área de borda pontilhada contém processos com uma interdependência muito grande. Por isso, espera-se que, ao adentrar em uma área pontilhada, mesmo que de maneira iterativa, cumpram-se todos os processos determinados que a contemplam antes de retornar ao pivô e adentrar em qualquer outra área.

Se o executante, após concluir uma área, voltar ao pivô e decidir ir à uma área de borda pontilhada, o mesmo deverá trabalhar nela até sua conclusão. Para concluí-la precisará realizar todas as áreas de borda cheia nela contidas, podendo trabalhar nessas áreas de maneira independente.

Uma representação de área pontilhada encontra-se na figura 23



Figura 23 – Representação de uma área pontilhada.
Fonte: Os autores (2018)

A Figura 24 mostra, de maneira completa, um esquema da metodologia englobando todos os elementos definidos.

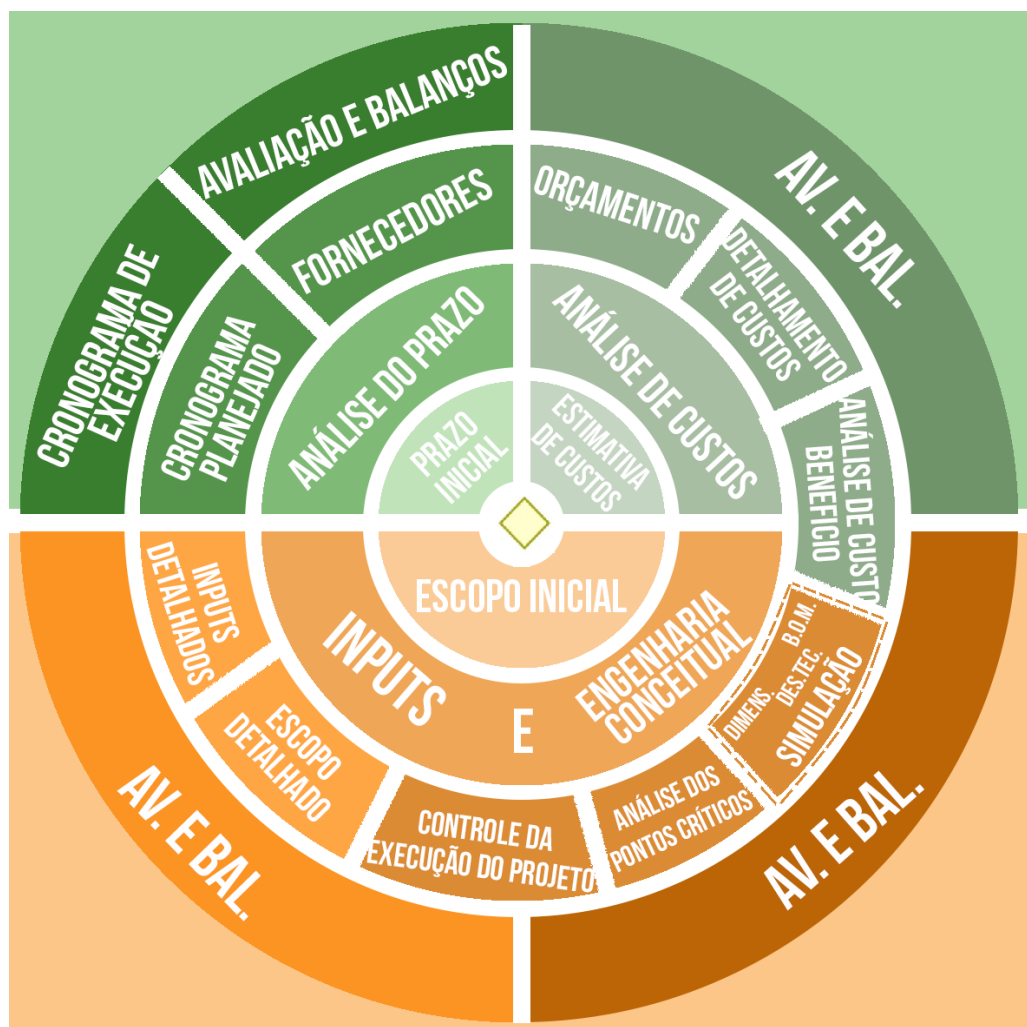


Figura 24 – Representação gráfica da metodologia.

Fonte: Os autores (2018)

3.3 CONTROLE

Com o objetivo de organizar a metodologia, mesmo com a quebra da linearidade temporal imposta por metodologias lineares, e, para que o executante do projeto possa tirar o máximo proveito da mesma, alguns pontos de controle foram definidos. São eles:

a) O primeiro passo deve ser, obrigatoriamente, o “Escopo Inicial”, onde as partes (contratante e contratada) discutem o escopo do projeto e definem a função principal do mesmo. A área está no ciclo mais superficial, envolve os grupos Qualidade e Engenharia e será abordada na próxima seção.



Figura 25 – Primeiro passo.
Fonte: Os autores (2018)

b) A passagem de um ciclo para outro mais externo só poderá ser realizada após todas as áreas correspondentes ao ciclo atual terem sido contempladas ao menos uma vez e não impliquem em alterações naquelas que já foram executadas.

c) Ao término de cada área, o retorno ao pivô é obrigatório, como pôde observar-se na Figura 22.

d) A metodologia circular tem saída quando as quatro áreas denominadas “Avaliação e Balanços” (representadas também por “Av. e Bal.”), presentes nos quatro grandes grupos, são finalizadas.

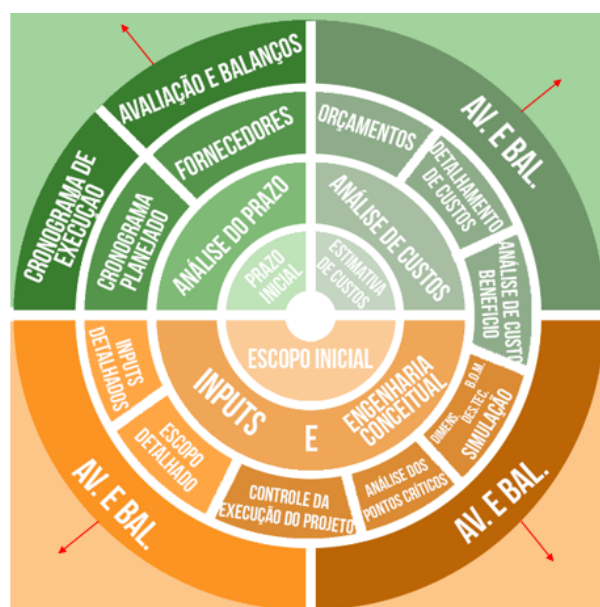


Figura 26 – Saída da metodologia.
Fonte: Os autores (2018)

e) O primeiro ciclo deverá ser realizado no mais curto prazo de tempo possível.

3.4 FLUXO DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Cabe, portanto, discutir a função de cada ciclo e as áreas contidas na metodologia. Para cada área foram indicados parâmetros de entrada, saída e foram sugeridas ferramentas e técnicas de execução, apresentadas ao final de cada ciclo nas seções "Sugestões para aplicação".

3.4.1 PRIMEIRO CICLO: INICIALIZAÇÃO

Durante o ciclo de inicialização, espera-se que o projeto seja avaliado de maneira superficial, tirando-se conclusões a respeito da sua viabilidade, principalmente no que tange à competência técnica e recursos disponíveis, além de uma estimativa de custo e tempo do projeto, baseado na situação problema apresentada.



Figura 27 – Primeiro ciclo.
Fonte: Os autores (2018)

3.4.1.1 Qualidade e Engenharia

Considerado - de acordo com as regras estabelecidas - o ponto de partida da metodologia, essa área será essencial para o início do "giro" que a metodologia estabelece. A situação problema apresentada traçará o escopo inicial do projeto, bem como suas entradas e requisitos iniciais do produto, sendo assim, um horizonte para o avanço nos grupos de Tempo e Custo.

Para tanto, perguntas podem ser elaboradas a fim de serem respondidas pelo cliente em um primeiro contato, como por exemplo: o quê? Quando? Onde? Como? Quem? Por quê?

Perguntas mais complexas e elaboradas podem e devem ser realizadas a fim de compreender-se melhor como será o projeto a ser desenvolvido e suas variantes.

3.4.1.2 Tempo

O tempo dentro do primeiro ciclo nada mais será do que uma estimativa inicial de duração total do projeto. Baseia-se principalmente nas condições da primeira etapa realizada na metodologia, adequando-se às necessidades do cliente e também aos recursos humanos e tecnológicos disponíveis para a realização do projeto.

3.4.1.3 Custo

Neste primeiro momento, realiza-se uma estimativa bastante superficial do custo, com base na complexidade da situação problema apresentada, bem como o tempo disponível, levando em consideração os custos fixos administrativos e operacionais.

3.4.1.4 Sugestões para aplicação

Segue, de acordo com a Figura 28, as sugestões para aplicação da metodologia, referentes ao primeiro ciclo.

FASE	GRUPO	PROCESSO	ENTRADAS	FERRAMENTAS E TÉCNICAS	SAÍDAS
INICIALIZAÇÃO	QUALIDADE E ENGENHARIA	ESCOPO INICIAL	Documentação dos requisitos [PMBOK 4a ed. (5.2.1.1)]	Opinião especializada [PMBOK 4a ed. (5.2.2.1)]	Declaração de escopo do projeto [PMBOK 4a ed.(5.2.3.1)]
				Entrevistas [PMBOK 4a ed. (5.1.2.1)]	
	TEMPO	PRAZO INICIAL	Linha de base do escopo [PMBOK 4a ed. (6.1.1.1)]	Decomposição [PMBOK 4a ed. (5.3.2.1)]	Lista das atividades [PMBOK 4a ed. (6.1.3.1)]
				Planejamento em ondas sucessivas [PMBOK 4a ed. (6.1.2.2)]	
				Modelos [PMBOK 4a ed. (6.1.2.3)]	Lista dos marcos [PMBOK 4a ed. (6.1.3.3)]
	CUSTO	ESTIMATIVA DE CUSTOS	Linha de base do escopo	Software de gerenciamento de projetos [PMBOK 4a ed. (6.3.2.5)]	Estrutura Analítica de Recursos [PMBOK 4a ed. (6.3.3.2)]
Lista das atividades					

Figura 28 – Sugestões para o segundo ciclo.
Fonte: Os autores (2018)

3.4.2 SEGUNDO CICLO: PROJETO CONCEITUAL

Deixando a fase de Inicialização, o próximo ciclo tem por fim selecionar uma alternativa técnica e apresentar uma proposta comercial. As ações relacionadas ao custo, qualidade e engenharia se tornam mais detalhadas e tendem a implicar alterações do prazo e custo estimado.

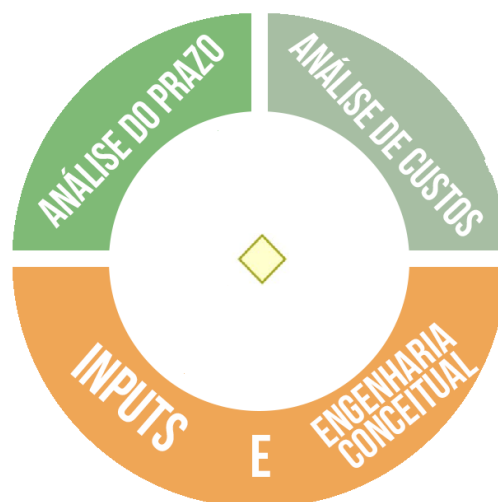


Figura 29 – Segundo ciclo.
Fonte: Os autores (2018)

3.4.2.1 Tempo

No segundo ciclo, o tempo estimado será avaliado. O objetivo é ter um prazo definido, e esse dado só será modificado em caso de uma alteração significativa em uma das outras áreas. Avaliar as macro-tarefas definidas no primeiro ciclo juntamente de quem as executará é um bom indicativo, pois nem sempre a pessoa que planeja será a mesma que executará cada tarefa.

3.4.2.2 Qualidade e Engenharia

Ainda contemplando os grupos de Engenharia e Qualidade ao mesmo tempo, essa área do segundo ciclo propõe o desenvolvimento da engenharia conceitual, baseando-se nas necessidades do cliente em relação ao produto, definindo os *inputs* iniciais do produto.

Para a criação do conceito, devem ser levadas em consideração, também, as interações com o mercado existente. Comparações com diferentes produtos e prestadoras de serviço podem ser avaliadas, bem como pesquisas referentes à patentes existentes. Um processo criativo se faz necessário para gerar um diferencial no valor agregado da solução proposta.

Ao fim dessa área o projeto passa a ganhar forma com o escopo do projeto e do produto bem definidos, a serem detalhados na próxima fase para a execução do projeto.

3.4.2.3 Custo

Neste ciclo, espera-se uma análise de custo. Haverá um aprofundamento nos requisitos do produto e os escopos de projeto e produto estarão mais bem definidos, compreendendo a complexidade da solução a ser adotada. O tempo planejado para executar cada tarefa estará mais apurado com a decisão da alternativa técnica a ser seguida. Além disto, uma possível análise comparativa com o mercado deve auxiliar a precisar o valor. Sugere-se, antes de apresentar uma proposta comercial, uma avaliação de riscos do projeto a fim de garantir a viabilidade do projeto do ponto de vista técnico, bem como a coerência dos valores de prazo e custo estimados e avaliados.

3.4.2.4 Sugestões para aplicação

Segue, de acordo com a Figura 30, as sugestões para aplicação da metodologia, referentes ao segundo ciclo.

FASE	GRUPO	PROCESSO	ENTRADAS	FERRAMENTAS E TÉCNICAS	SAÍDAS
PROJETO CONCEITUAL	QUALIDADE	INPUTS E ENGENHARIA CONCEITUAL	Declaração de escopo do projeto	Decomposição [PMBOK 4a ed. (5.3.2.1)]	Estrutura Analítica de Projeto (EAP) [PMBOK 4a ed. (5.3.3.1)]
			Documentação dos requisitos		Linha de base do escopo
	ENGENHARIA		Documentação dos requisitos	<i>Brainstorming</i> [PMBOK 4a ed. (5.1.2.4)]	Matriz morfológica ["Engineering Design (Pahl et. al., 3a ed.)" (Capítulo 3)]
				<i>Benchmarking</i> [PMBOK 4a ed. (8.1.2.4)]	
	TEMPO	ANÁLISE DO PRAZO	Tomada de decisão em grupo [PMBOK 4a ed. (5.1.2.5)]	Análise da árvore de decisão [PMBOK 4a ed. (11.5.2)]	
			Lista das atividades	Método do diagrama de precedência (MDP) [PMBOK 4a ed. (6.2.2.1)]	
			Declaração de escopo do projeto		
	CUSTO	ANÁLISE DO CUSTO	Lista dos marcos	Aplicação de antecipações e esperas [PMBOK 4a ed. (6.2.2.3)]	Diagramas de rede do cronograma do projeto [PMBOK 4a ed. (6.2.3.1)]
			Estrutura Analítica de Recursos	<i>Software</i> de gerenciamento de projetos	
			<i>Benchmarking</i>		Análise de riscos ["Gerenciamento de riscos em projeto (IOIA, 3a ed., 2013)" (Capítulo 2)]
Riscos (qualitativo)			Proposta comercial		

Figura 30 – Sugestões para o segundo ciclo.
 Fonte: Os autores (2018)

3.4.3 TERCEIRO CICLO: PROJETO DETALHADO

Aprofundando ainda mais o desenvolvimento, cada grupo se torna independente e detalhado no terceiro ciclo. A variável "fornecedores" é incluída no processo, gerando mudanças em Tempo e Custos. O grupo Qualidade finalmente ganha áreas exclusivas e a Engenharia entra em sua fase mais crítica: o projeto detalhado.



Figura 31 – Terceiro ciclo.

Fonte: Os autores (2018)

3.4.3.1 Tempo

O tempo deixa de ser considerado em sua fase inicial de estimativa de prazos e passa a requerer um cronograma. Nele, os marcos do projeto devem estar bem definidos. Além disso, o tempo de entrega de peças e serviços vindos de fornecedores externos é levado em consideração na área denominada "Fornecedores".

3.4.3.2 Qualidade

Aqui, ao contrário dos ciclos anteriores, a qualidade se torna um assunto discutido, também, de forma separada da engenharia. Ela está dividida em três áreas: os *inputs* detalhados do produto, o escopo detalhado do projeto e do produto, além do controle da execução do projeto, que está interligado com o grupo Engenharia. A intenção é que os requisitos do produto e as expectativas de ambas as partes estejam alinhadas de maneira detalhada e precisa.

3.4.3.3 Engenharia

O terceiro ciclo exige um detalhamento maior por parte da engenharia. Cinco áreas são divididas para esse propósito: levantamento dos pontos críticos, dimensionamento, desenhos técnicos, lista de materiais e simulação.

O levantamento dos pontos críticos exige uma descrição detalhada dos pontos a serem considerados, de maneira quantitativa e qualitativa, elencando prioridades para cálculos e determinação de coeficientes de segurança, por exemplo. Outras questões como segurança do trabalho também devem ser consideradas nesse levantamento.

Os processos dentro da área pontilhada serão responsáveis por dar forma final ao produto.

Por fim, existe ainda a área de controle da execução do projeto, compartilhada com o grupo Qualidade (citada anteriormente), e a área de custos e benefícios, que visa comparar os coeficientes de segurança e operação do produto para entender, do ponto de vista de custos, a rentabilidade do produto desejado.

Vale destacar a maleabilidade do grupo relacionado à engenharia no terceiro ciclo. Existe uma variedade de demandas e modelos de projetos muito grande quando analisamos o mercado que envolve projetos mecânicos e, considerando esse contexto, as áreas podem ser reconfiguradas de acordo com a necessidade do executante. A definição das áreas pode ocorrer desde as primeiras discussões do escopo inicial, etapa essencial do primeiro ciclo.

3.4.3.4 Custo

Dentro do terceiro ciclo os custos passam a ser relacionados diretamente ao produto a ser projetado. Este deve ser detalhado, levando em consideração os preços de fornecedores, todos os requisitos técnicos de engenharia, execução do projeto e principalmente os requisitos do cliente. Para garantir um orçamento preciso, os preços unitários e quantidades devem ser estabelecidos.

3.4.3.5 Sugestões para aplicação

Segue, de acordo com a Figura 32, as sugestões para aplicação da metodologia, referentes ao terceiro ciclo.

FASE	GRUPO	PROCESSO	ENTRADAS	FERRAMENTAS E TÉCNICAS	SAÍDAS
PROJETO DETALHADO	ENGENHARIA	DIMENSIONAMENTO B.O.M. DESENHO TÉCNICO SIMULAÇÃO	Escopo do produto Inputs detalhados	Softwares de CAD/CAM/BIM Normas pertinentes Bibliografias Catálogos	Desenho técnico Memorial de cálculo Especificações técnicas Lista de materiais (B.O.M)
		ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS			Pontos críticos
	ENGENHARIA E QUALIDADE	CONTROLE DA EXECUÇÃO DO PROJETO	Especificações técnicas Escopo do produto	Checklist e 7 ferramentas da qualidade	Controle da execução do projeto (checklist)
	QUALIDADE	ESCOPO DETALHADO	Escopo do produto	Desdobramento da função qualidade (QFD) ["Engineering Design (Pahl et. al., 3a ed.)" (Capítulo 10)]	Checklist
		INPUTS DETALHADOS	Documentação dos requisitos		
	CUSTO	ORÇAMENTOS	Documentação dos requisitos Especificações técnicas B.O.M.	Softwares de gerenciamento de projetos	Lista de preços
		DETALHAMENTO DE CUSTOS	B.O.M.		Quadro de Quantidades e Preços (QQP)
	CUSTO E ENGENHARIA	ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO	Especificações técnicas	Softwares de CAD/CAM/BIM Normas pertinentes Bibliografias Catálogos	Análise quantitativa
	TEMPO	CRONOGRAMA PLANEJADO	Lista de atividades	Método do caminho crítico [PMBOK 4a ed. (6.5.2.2)]	Cronograma do projeto [PMBOK 4a ed. (6.5.3.1)]
			Diagramas de rede do cronograma do projeto		
Estimativas da duração da atividade (6.1.5.6)			Ferramentas para desenvolvimento de cronograma [PMBOK 4a ed. (6.5.2.8)]		
FORNECEDORES		Linha de base do escopo	Análise de fazer ou comprar [PMBOK 4a ed. (12.1.2.1)]	Decisões de fazer ou comprar [PMBOK 4a ed. (12.1.3.3)]	
	Documentação dos requisitos	Critério para seleção de fontes [PMBOK 4a ed. (12.1.3.5)]			
	Cronograma do projeto				

Figura 32 – Sugestões para o terceiro ciclo.
Fonte: Os autores (2018)

3.4.4 QUARTO CICLO: FINALIZAÇÃO

Durante o quarto ciclo espera-se, para cada grupo, um balanço dos recursos despendidos para o projeto e uma avaliação geral das metas e métricas definidas no começo deste. A conclusão do ciclo significa o ponto de saída da metodologia e o término do projeto em si.



Figura 33 – Quarto ciclo.
Fonte: Os autores (2018)

3.4.4.1 Tempo

O tempo de execução deve ser controlado, atentando-se ao caminho crítico e os marcos do projeto, a fim de evitar grandes atrasos na data de entrega final.

Além disso, a avaliação resume-se a comparação entre o tempo planejado e o executado para o desenvolvimento do projeto, procurando sempre identificar e justificar eventuais atrasos, bem como otimizar o processo para projetos futuros.

3.4.4.2 Qualidade

A área da Qualidade tem por função na finalização controlar os parâmetros definidos no ciclo anterior, garantindo a conformidade do projeto em relação ao escopo detalhado.

3.4.4.3 Engenharia

A respeito da Engenharia, o último ciclo visa controlar as conformidades e não-conformidades do projeto, bem como as ações a serem tomadas relativas às não conformidades, de modo a garantir a qualidade do projeto.

3.4.4.4 Custo

O custo no último ciclo refere-se apenas à contabilidade do projeto como um todo. Deve-se comparar todos os recursos despendidos durante todas as etapas do projeto com o valor faturado após acordada a proposta comercial.

3.4.4.5 Sugestões para aplicação

Segue, de acordo com a Figura 34, as sugestões para aplicação da metodologia, referentes ao quarto ciclo.

FASE	GRUPO	PROCESSO	ENTRADAS	FERRAMENTAS E TÉCNICAS	SAÍDAS
FINALIZAÇÃO	QUALIDADE	AVALIAÇÃO E BALANÇO	Plano de gerenciamento do projeto [PMBOK 4a ed. (5.4.1)]	Inspeção [PMBOK 4a ed. (5.4.2.1)]	Entregas aceitas [PMBOK 4a ed. (5.4.3.1)]
			Documentação dos requisitos [PMBOK 4a ed. (5.4.2)]		Solicitações de mudança [PMBOK 4a ed. (5.4.3.2)]
			Entregas validadas [PMBOK 4a ed. (5.4.4)]		
	ENGENHARIA	AVALIAÇÃO E BALANÇO	Checklist	Inspeção	Conformidades e não conformidades [ABNT NBR ISO9001:2015 (Capítulo 10.2)]
	TEMPO	CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	Cronograma do projeto	Software de gerenciamento de projetos	Solicitações de mudanças [PMBOK 4a ed. (6.6.3.3)]
		AVALIAÇÃO E BALANÇO	Plano de gerenciamento do projeto		Atualizações dos documentos do projeto [PMBOK 4a ed. (6.6.3.5)]
CUSTO	AVALIAÇÃO E BALANÇO	Proposta comercial (fim do segundo ciclo)	Software de gerenciamento de projetos	Análise crítica [ABNT NBR ISO9001:2015 (Capítulo 9.3)]	

Figura 34 – Sugestões para o quarto ciclo.

Fonte: Os autores (2018)

3.5 BOAS PRÁTICAS

Durante o processo de desenvolvimento de um projeto, boas práticas são recomendáveis para o sucesso do mesmo. Portanto, levando em consideração os recursos de uma empresa de micro e pequeno porte, foram selecionados pontos cruciais da Norma NBR ISO 9001:2015 a serem seguidos durante a aplicação da metodologia. Para maior praticidade, após uma breve explicação a respeito de cada uma das práticas selecionadas, a Tabela 4 ao fim desta seção indica as respectivas referências da norma.

a) Documentação: os documentos gerados durante todo o processo de desenvolvimento - inclusive após a finalização, em eventuais alterações - devem ser devidamente identificados: título, data, autor e versão. Além disso, é de suma importância que as informações estejam disponíveis e sejam de fácil acesso aos envolvidos no projeto.

b) Controle de mudanças: as alterações devem ser criticamente analisada pelas partes interessadas, garantindo a conformidade dos requisitos. Vale ressaltar que as alterações também devem estar devidamente documentadas.

c) Controle de saídas não conformes: a organização deve estar preparada para tomar atitudes em relação a saídas não conformes do projeto e até mesmo do produto. Algumas atitudes a serem tomadas são, por exemplo: correção e informação ao cliente. Como já observado, este processo de controle também deve ser devidamente documentado.

Tabela 4 – Boas práticas para a aplicação da metodologia

Documentação	ISO 9001:2015 (Capítulo 7.5)
Controle de mudanças	ISO 9001:2015 (Capítulo 8.5.6)
Controle de saídas não conformes	ISO 9001:2015 (Capítulo 8.7)

Fonte: Os autores (2018)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Sugerir uma metodologia, objetivo principal do trabalho, não é uma tarefa trivial. Inicialmente, percebeu-se uma dificuldade no acesso aos livros e materiais importantes para o estudo de metodologias. A indisponibilidade dos materiais foi contornada com o auxílio de artigos e materiais complementares encontrados pelos autores.

Outros pontos importantes estão relacionados ao desenvolvimento da metodologia: o trabalho apresenta a proposta de uma metodologia e não a adaptação de uma já existente. Para tanto, é necessário um grau de abstração para elaborar o conceito sem estar necessariamente baseado em *cases* específicos que podem vir a influenciar a concepção da metodologia e a escolha das ferramentas. A aplicação em um *case* e acompanhamento desde o início seria de grande valia, todavia foi impossibilitada pelo tempo disponível para a elaboração do trabalho: seria necessário um projeto que se iniciasse após o término do desenvolvimento da metodologia e fosse finalizado antes do prazo final de entrega deste trabalho.

Um dos grandes desafios do trabalho de conclusão de curso foi, também, balancear os aspectos técnicos e de gestão. Como estudantes de engenharia em um curso voltado, principalmente, para estudos técnicos, a inclusão de um domínio inteiro relacionado à gestão foi um fator de dificuldade no desenvolvimento.

Por fim, vale ressaltar o esforço despendido para tornar a explicação da metodologia o mais didática possível. Encontrar as palavras e representações corretas foi imprescindível para um melhor aproveitamento do trabalho.

4.2 CONCLUSÕES

Durante a elaboração de toda a proposta da metodologia, levou-se em consideração as limitações e os recursos de quem eventualmente a utilizará, bem como o reconhecimento de que para considerá-la aplicável de maneira segura - garantindo a confiabilidade que um projeto mecânico requer, além da repetibilidade para que se torne um processo cada vez mais eficiente - deve-se invariavelmente validá-la, aplicando-a diversas vezes paralelamente a alguma outra metodologia, comparando os resultados obtidos, refinando-a e adequando-a para sua finalidade.

Um ponto válido de discussão é a reduzida abordagem de temas relacionados à gestão ao longo do curso de Engenharia Mecânica UTFPR, visto que é de suma importância para complementar o conhecimento das disciplinas relacionadas à projeto. Além disso, poucas disciplinas trazem propostas de desenvolvimento de projetos

ao longo do curso. Um dos possíveis reflexos dessas carências, como já citado no capítulo de introdução, são os poucos trabalhos de conclusão de curso voltados ao desenvolvimento e a ausência da discussão relativa à utilização de metodologias.

Assim sendo, ressalta-se a necessidade de que o corpo discente da universidade discuta o assunto referente às metodologias e maneiras ótimas de se organizar a aplicação do vasto conhecimento adquirido ao longo do curso.

Quanto ao desenvolvimento da metodologia, conclui-se que seu esforço deve voltar-se a ser uma ideia simples o suficiente para o entendimento e aplicação de um projetista de micro e pequena empresa, porém, o mais completa possível para suprir todas as necessidades de desenvolvimento de um projeto mecânico.

Uma consideração fundamental a ser realizada é a maleabilidade e o desenvolvimento futuro da metodologia. Visto que o objetivo final desta é solucionar problemas específicos (que variam de acordo com a demanda de cada empresa), pode-se entender que a base deixada pelos conceitos aqui contidos será de grande valia para aplicações em *cases* e eventuais modificações das áreas ou parâmetros de acordo com cada necessidade.

Por fim, conclui-se que o trabalho foi atingiu os objetivos propostos. Vale ressaltar o balanceamento atingido entre gestão e técnica dentro de uma metodologia. Também destaca-se a perspectiva na qual o desenvolvimento da metodologia foi abordada e o padrão circular utilizado para representar uma metodologia voltada à Engenharia Mecânica.

4.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante a elaboração deste trabalho, visando ao seu aperfeiçoamento, diversas conversas foram realizadas com professores de diferentes áreas e alunos do Curso de Engenharia Mecânica da UTFPR. Considerando o interesse destes no assunto e na maneira como é abordado neste trabalho, algumas sugestões foram feitas:

- a) Validação da metodologia através da aplicação em casos práticos e reais;
- b) Estudo aprofundado e específico dos domínios (técnico e gestão) de maneira independente;
- c) Estudo aprofundado e específico dos ciclos de maneira independente;
- d) Estudar a influência de cada ciclo nos ciclos anteriores e posteriores;
- d) Estudar a influência de cada grupo (Tempo, Custo, Engenharia e Qualidade) no resultado final do projeto;
- e) Estudar a aplicabilidade da metodologia nas diferentes áreas de atuação de um Engenheiro Mecânico, através da validação da mesma utilizando-a em casos de áreas distintas
- f) Realizar um estudo aprofundado das metodologias existentes, a fim de

compará-la, identificando seus pontos vantajosos e suas carências, às outras metodologias, com base em resultados obtidos;

g) Melhoria nos aspectos didáticos da metodologia, levando em conta o fato da importância do fácil aprendizado da mesma, já que esta se coloca dentro de um universo onde os recursos de tempo e dinheiro são limitados.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. **Desenvolvimento de crianças na perspectiva do modelo bioecológico: uma revisão de literatura**. 2014, Universidade Católica de Brasília, Brasília. 37 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16277: Auditoria de projetos - Orientações para desenvolvimento e execução**. Rio de Janeiro, 2014. 57 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistemas de Gestão da qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2015. 32 p.
- BARBOSA, P. T. et al. Metodologia FEL: sua importância na avaliação de riscos e redução de impactos em escopo, tempo e custo de projetos complexos de engenharia. **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro: ABEPRO, 2013, p. 17, 2013.
- BAXTER, M. **Projeto do Produto: Guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. [S.l.]: Editora Edgard Blucher, 1998.
- BAZONI, A. et al. Implantação do diagrama de ishikawa em uma empresa do segmento de tintas e materiais para construção, para solucionar problemas de estocagem e recebimento. **Gestão em Foco**, v. 07, p. 227–238, 2015.
- BEZERRA, W. **Proposta de um método aberto de projeto de produto - três alternativas de criação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. 141 p.
- BRONFENBRENNER, U. **The ecology of human development: Experiments by nature and design**. [S.l.]: Cambridge, MA: Harvard University Press, 1976.
- CLELAND DAVID; IRELAND, L. **Gerenciamento de projetos**. [S.l.]: LTC, 2012.
- DIIR, GERMAN INSTITUTE FOR INTERNAL AUDITING. **DIIR Audit Standard nº 4: Standard for Auditing Project - Definitions and Rules**. 4. ed. German, 2008.
- HARRY, O. **Human factor in multi-crew flight operations**. [S.l.]: Routledge, 2016.
- JOIA, L. A. **Gerenciamento de riscos em projetos**. [S.l.]: FGV, 2013.
- LIMA, I. R. et al. Implantação e adaptação do scrum em um laboratório de pesquisa e desenvolvimento de projetos de software. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, p. 16–23, 9a ed., 2012.
- MORAES A.; MONT'ALVAO, C. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**. [S.l.]: 2AB, 1998.
- MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. 1a. ed. [S.l.: s.n.], 1998.
- NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**. [S.l.]: Artmed, 2013.

PAHL G.; BEITZ, W. **Engineering Design**. [S.l.]: Editora Edgard Blucher, 1996.

PMI, Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projeto (Guia PMBOK)**. 4. ed. Newtown Square, Pennsylvania, 2008.

PUGH, S. **Creating Innovative Products Using Total Design**. [S.l.]: Addison-Wesley Publishing Co., 2002.

ROSA, N. **4 Dicas essenciais de Design Thinking para sua empresa!** 2017. Disponível em: <<https://www.foldercardshop.com.br/en/blog/125/4-dicas-essenciais-de-design-thinking-para-sua-empresa-/>>. Acesso em: 10/04/2018.

ROUVENAT, F. **Crea-RJ termina relatório e aponta falhas em projeto de ciclovias que caiu**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/05/crea-rj-termina-relatorio-e-aponta-falhas-em-projeto-de-ciclovias-que-caiu.html>>. Acesso em: 03/11/2017.

SELEME, R. **Controle da Qualidade: As ferramentas essenciais**. [S.l.]: IBPEX, 2008.

STASIAK, G. **Transição ao primeiro ano do ensino fundamental: percepção do estresse pelas crianças, suas características psicológicas e variáveis no seu contexto familiar**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. 147 p.

WANDERLEY, C. A. N. Auditoria em gerenciamento de projetos: um estudo das principais práticas adotadas. **Revista do TCU**, v. 135, p. 86–93, 2016.

ANEXO A – MATRIZ DE AUDITORIA UNIVERSAL

Este anexo contém um quadro com os tipos de auditoria e estágios do projeto de acordo com o German Institute for Internal Auditing.

TIPOS DE AUDITORIA E ESTÁGIO DO PROJETO	ESTÁGIO I INICIAÇÃO	ESTÁGIO II PLANEJAMENTO	ESTÁGIO III EXECUÇÃO	ESTÁGIO IV REALIZAÇÃO	ESTÁGIO V PÓS-IMPLEMENTAÇÃO
TIPO 1: GERENCIAMENTO DO PROJETO					
1. Organização do projeto	Patrocinador do projeto, partes interessadas	Plano, projeto, organização, gerente do projeto	Organização, funções do projeto	Organização, funções do projeto	Dissolução do projeto
2. Gestão da Integração	Mandato do projeto, carta provisória do projeto, abertura da lista de questões em aberto	Plano do projeto, plano de estrutura do projeto, plano de gestão de projetos, gestão de questões em aberto	Reuniões de gerenciamento de projetos, reuniões do comitê diretor, documentação de decisões, gestão de questões em aberto	Transferência de questões em aberto para a linha	Idelas para projetos de acompanhamento
3. Gestão de conteúdo e escopo	-	Plano de gestão da mudança, formulário de solicitação de mudança	As solicitações de mudanças, a atualização do plano de projeto	Transferência dos resultados do projeto para a linha	-
4. Gestão do tempo	-	Plano de atividades e sequenciamento, recursos e capacidades de trabalho, caminho crítico	A gestão do tempo, as medidas de conformidade, a atualização dos planos	-	-
5. Gestão de custos	-	Plano de custo	Equação custo/benefício (comparação de desempenho-alvo, previsão)	Diagrama de conclusão	Análise histórica de custo/benefício, análise margem/variação
6. Gestão da qualidade e testes	-	Plano de qualidade	Revisões de relatórios de qualidade, aprovações	Relatórios de avaliação da qualidade, aprovações	-
7. Gestão de recursos humanos	-	Plano de necessidades de recursos humanos, a lista da equipe do projeto	Gestão de recrutamento, recursos humanos	Dissolução da equipe de projeto	-
8. Gestão da comunicação	-	Lista de reuniões, plano de comunicação, sistema de documentação do projeto, a configuração do plano de comunicação	Documentação de reuniões de gerenciamento de projetos, reuniões, oficinas, os resultados do projeto	Transferência de conhecimento (transferência para linha)	Lições aprendidas
9. Gestão de relatórios	-	Modelos de relatórios, indicadores de desempenho para o projeto	Relatórios de progresso do projeto	Relatório de estágio final	-
10. Gestão de riscos	-	Plano de gestão de riscos, lista de riscos inicial	A gestão de riscos, a atualização da lista de riscos	-	-
11. Gestão da aquisição	-	Plano de aquisições, cotações	Os contratos, contabilidade, a execução do contrato	Contas de conclusão	-
TIPO 2: CASO DE NEGÓCIO					
Caso do negócio	Objetivos do projeto, análises, pressupostos	Caso de negócio, cálculos, aprovações, aprovações de orçamentos	Adições para o caso de negócio, alterações de pressupostos	-	-
TIPO 3: REQUISITOS DE NEGÓCIO					
Requisitos de negócios	-	Os resultados fornecidos pelas equipes de projeto, por exemplo, análise do estado atual, planos, projetos	Os resultados fornecidos pelas equipes de projeto, protótipos, planos de teste, testes	Os resultados finais fornecidos pelas equipes de projeto	Publicar os resultados da implementação

Fonte: DIIR (2008)

ANEXO B – FOLHA CANVAS

Este anexo contém um quadro com a representação de uma Folha Canvas.

