

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS LAGES
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA MECÂNICA**

REINALDO DE SOUZA POZENATO

**PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DAS ETAPAS DE UM PROJETO
ADAPTATIVO UTILIZANDO ENGENHARIA REVERSA**

LAGES

2023

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CAMPUS LAGES
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE ENERGIA**

REINALDO DE SOUZA POZENATO

**PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DAS ETAPAS DE UM PROJETO
ADAPTATIVO UTILIZANDO ENGENHARIA REVERSA**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador(a): Prof. Natalia Madalena Boelter, Mestre em Engenharia Mecânica.

**LAGES
2023**

PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DAS ETAPAS DE UM PROJETO ADAPTATIVO UTILIZANDO ENGENHARIA REVERSA

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de graduação em Engenharia Mecânica

Lages, 11 de dezembro de 2022.

Profª MSc Natalia Madalena Boelter
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Profª MSc Natalia Madalena Boelter
Orientadora
Instituição Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Matheus Fontenelle Pereira
Avaliador
Instituição Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Rafael Gustavo Schreiber
Avaliador
Instituição Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha madrinha Odete Moraes, por ser para mim um exemplo de pessoa perseverante e bondosa. Por me dar tantos ensinamentos no decorrer da vida e me proporcionar bons momentos durante minha infância.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar clareza em momentos de dificuldade para realizar as melhores escolhas para minha vida e àqueles que amo.

Agradeço aos meus pais por toda a dedicação na minha criação, buscando sempre o que teve de melhor para minha vida e me apoiando em minhas decisões.

Agradeço a minha noiva e futura esposa Ana Clara pelo apoio incondicional sem mensurar esforços para que eu atingisse este tão sonhado objetivo, os últimos e derradeiros conselhos recebidos foram fundamentais para me dar foco para adquirir o canudo. A ela todo meu amor.

Sou grato também aos meus colegas de turma, graças à parceria firmada entre todos este tempo acadêmico ficou mais leve mesmo com tantas adversidades e dificuldades.

E por fim, conjuntamente a eles, todos os professores que nunca mediram esforços em sanar dúvidas pertinentes, observando em especial a minha orientadora professora Natalia por todo tempo dedicado na orientação para que este trabalho fosse possível.

“Nossa maior fraqueza é a desistência. O caminho mais certo para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais.” Thomas Edison

RESUMO

O presente trabalho propõe uma sistematização do desenvolvimento de projetos mecânicos adaptativos utilizando para isto a engenharia reversa, devido a falta de conteúdo acerca do tema. Projetos mecânicos adaptativos são formulados a partir de uma peça ou conjunto de componentes já existentes que desempenham uma função específica mas que não atendem a todas as necessidades do cliente. A sistematização proposta se deu em três diferentes etapas, utilizando de definições do referencial bibliográfico, baseadas em um fluxo contínuo de atividades com entradas que geram saídas às próximas fases. Assim as etapas foram definidas da seguinte forma: aquisição de dados do equipamento, engenharia reversa do componente ou conjunto original e novo projeto final. Em cada uma destas etapas existem tarefas a serem cumpridas, para que seja possível assim passar as demais, seguindo assim sempre um fluxo constante, com objetivo claro de chegar ao produto final adaptado às necessidades do cliente. Após a definição da sistematização então para validá-la foi desenvolvido projeto adaptativo de um conjunto mecânico simples denominado ponto de ancoragem, utilizando como forma de validação da sistematização o valor do produto final igual ou menor ao original já considerando a adaptação conforme a necessidade do cliente.

PALAVRAS CHAVE: Engenharia Reversa; Projeto Mecânico Adaptativo; Processo de desenvolvimento de produto; Ponto de Ancoragem.

ABSTRACT

The present work proposes a systematization of the development of adaptive mechanical projects using reverse engineering, due to the lack of content on the topic. Adaptive mechanical designs are formulated based on an existing part or set of components that perform a specific function but do not meet all of the customer's needs. The proposed systematization took place in three different stages, using definitions from the bibliographic reference, based on a continuous flow of activities with inputs that generate outputs for the next phases. Thus, the steps were defined as follows: acquisition of equipment data, reverse engineering of the original component or assembly and new final project. In each of these stages there are tasks to be completed, so that it is possible to pass the others, always following a constant flow, with the clear objective of reaching the final product adapted to the customer's needs. After defining the systematization, to validate it, an adaptive project of a simple mechanical assembly called an anchor point was developed, using as a way of validating the systematization the value of the final product equal to or less than the original, already considering the adaptation according to the customer's needs. .

KEY-WORDS: Reverse engineering; Adaptive Mechanical Design; Product development process; Point of anchorage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeto de engenharia, helicóptero de Leonardo da Vinci	13
Figura 2 - Ponto de Ancoragem fixado na lança do equipamento	17
Figura 3 - Visão geral local onde vão alocados pontos de ancoragem	18
Figura 4 - Fases do desenvolvimento de produtos segundo Back	21
Figura 5 - Etapas do desenvolvimento de produto por Asimov	22
Figura 6 - Etapas do desenvolvimento de produto por Woodson	24
Figura 7 - Etapas do desenvolvimento de produto por Woodson (continuação)	25
Figura 8 - Fluxograma etapas de projeto proposta por Coryell	26
Figura 9 - Etapas de desenvolvimento de produto por Pahl e Beitz	28
Figura 10 - etapas do desenvolvimento de projetos de sistemas segunda VDI 221	29
Figura 11 - Desenvolvimento de um projeto de engenharia reversa por Wang	30
Figura 12 - Processo de escaneamento 3D de um veículo automotor	31
Figura 13 - Etapas da sistemática	35
Figura 14 - diagrama de corpo livre aplicado em chave de boca	39
Figura 15 - Análise estática de escada apoiada com roldanas	40
Figura 16 - Sensor Kinect Xbox 360	41
Figura 17 - Exemplo engenharia reversa com paquímetro	42
Figura 18 - Análise prévia de cargas que agem sobre o componente	52
Figura 19 - Vista explodida de todos os componentes que compõem o conjunto	53
Figura 20 - resultado das buscas no instituto nacional de patentes	56
Figura 21 - Ponto de ancoragem com todas as partes montadas	57
Figura 22 - Função global do ponto de ancoragem	59
Figura 23 - Estrutura funcional ponto de ancoragem	60
Figura 24 - Concepção UM (1-A; 2-A; 3-A)	62
Figura 25 - Concepção DOIS (1-D; 2-C; 3-B)	63
Figura 26 - Concepção TRÊS (1-B; 2-B; 3-B)	64
Figura 27: Exemplo de modelo olhal roscado	68
Figura 28: Leiaute final ponto de ancoragem (vista isométrica)	69
Figura 29: Elemento bolacha soldável a estrutura	69
Figura 30: Olhal roscado modelamento	70
Figura 31: Projeto final detalhado	71
Figura 32: Projeto original indicando sentido de aplicação da carga	73
Figura 33: Projeto adaptado indicando o sentido de aplicação da carga	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Etapa um (tabela de dados - escopo do projeto)	37
Tabela 02 - tabela de preenchimento do material	43
Tabela 03 - Exemplo do diagrama de Mudge	46
Tabela 04 - Tabela de aquisição de dados do componente devidamente preenchida	51
Tabela 05 -Tabela de determinação prévia dos materiais que compõem o sistema	54
Tabela 06 - Matriz morfológica possíveis soluções	61
Tabela 07 - Matriz PUGH (comparação ao componente original)	65
Tabela 08 - Matriz PUGH (comparação aos requisitos do projeto)	65
Tabela 09 - Tabela de comparação custo de aquisição cliente	72

SUMÁRIO

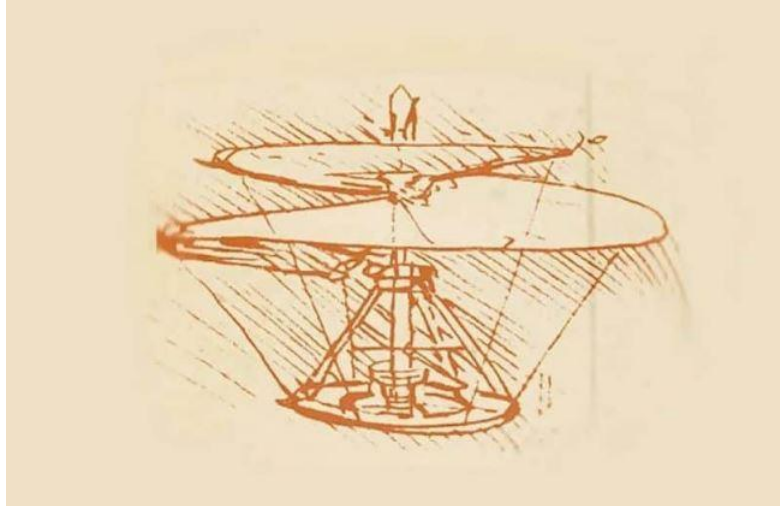
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVO GERAL	16
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4 HIPÓTESE	16
1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA	17
2 REVISÃO DA LITERATURA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1 PROJETOS MECÂNICOS DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	19
2.1.1 Definição	19
2.1.2 Processo de desenvolvimento de produtos (PDP)	20
2.1.3 Etapas do processo de desenvolvimento de produto	20
2.2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS DENTRO DO RAMO DA ENGENHARIA REVERSA	29
2.2.1 Metodologias da engenharia reversa	30
2.3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS ADAPTATIVOS	31
2.4 NORMAS REGULAMENTADORAS PARA PROJETOS DE PONTO DE ANCORAGEM	32
3. METODOLOGIA	34
3.1 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA SISTEMÁTICA	34
3.1.1 Etapa um: aquisição de dados do componente original	36
3.1.1.1 Análise estática de equilíbrio prévia das forças atuantes na peça isolada ou componente montado	38
3.1.2 Etapa DOIS: Engenharia reversa	40
3.1.3 Etapa TRÊS: Desenvolvimento do projeto	43
3.1.3.1 Esclarecimento da tarefa	44
A) Normas relacionadas ao projeto	44
B) Patentes já existentes	45
C) Necessidades do cliente	45
D) Requisitos do cliente	45
E) Requisitos do projeto	46
3.1.3.2 Concepção	46
A) Função global do sistema	46
B) Estrutura funcional do equipamento	47
C) Matriz morfológica	47
D) Combinação de soluções	47
E) Seleção da concepção	47
3.1.3.3 Projeto preliminar	47
A) Desenvolvimento da arquitetura	47

B) Divisão de sistemas e subsistemas	48
C) Dimensionamento	48
D) Leiaute final	48
3.1.2.4 Projeto detalhado	48
A) Projeto final detalhado	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
4.1 Teste sistematização: Etapa UM (AQUISIÇÃO DE DADOS)	50
4.2 Teste da sistematização: Etapa DOIS (ENGENHARIA REVERSA)	52
4.3 Teste da sistematização: Etapa TRÊS (Desenvolvimento do Projeto)	54
4.3.1 Esclarecimento da tarefa	54
A) Normas relacionadas ao projeto	54
B) Patentes já existentes	55
C) Necessidades do Cliente	56
D) Requisitos do cliente	57
E) Requisitos do projeto	58
4.3.2 Concepção	58
A) Função global do sistema	58
B) Estrutura funcional do equipamento	59
C) Matriz Morfológica	60
D) Combinação de soluções	61
E) Seleção da concepção	64
4.3.3 Projeto preliminar	66
A) Divisão de subsistemas	66
B) Dimensionamento	67
C) Leiaute final	68
4.3.4 Projeto detalhado	71
4.3.5 ANÁLISE DO VALOR DE AQUISIÇÃO E NOVO FUNCIONAMENTO	72
5. CONCLUSÃO	75
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS	77

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Ferreira (1999) engenharia é uma ciência que envolve técnica e arte para desenvolvimento de obras de grande porte. A figura 1 a seguir, ilustra justamente como se desenvolvem projetos dentro do âmbito da engenharia, de maneira organizada, técnica e criativa, trata-se do projeto do helicóptero de Leonardo da Vinci.

Figura 1 - Projeto de engenharia, helicóptero de Leonardo da Vinci



Fonte: Site olhar digital¹.

Intrinsecamente ao tema supracitado existe a engenharia reversa, chamada também por vezes de reengenharia. Não se sabe ao certo onde e quando surgiu para humanidade a engenharia reversa. O que se sabe é que esta área do conhecimento sempre foi inerente aos seres humanos.

Em termos simples pode-se determinar que a reengenharia nasce da análise de um sistema, “cópia do mesmo”. Segundo Wang (2011): “A engenharia reversa é um processo de medição, análise e teste para reconstruir a imagem espelhada de um objeto ou recuperar um evento passado. É a tecnologia da reinvenção”

No dia a dia do ser humano, tudo aquilo que se utiliza na vida cotidiana é fruto da engenharia reversa. Podemos citar como exemplo, liquidificador utilizado para fazer um bolo, que é fruto de inúmeros projetos e melhorias para que se chegasse na concepção atual. Ou então um chuveiro elétrico que teve ao longo dos

anos desde sua concepção diversos modelos e melhorias. Ou ainda a escova de dentes que teve de passar por diversas modificações em seu projeto para fornecer a resistência e leveza para o qual objetiva-se o seu uso. Tudo aquilo que rodeia o ser humano passou por algum processo de engenharia reversa.

Logo observa-se, para a reengenharia, necessidade de uma sistematização do processo de execução da engenharia reversa de um produto de forma consistente que atendam aos requisitos de quem irá utilizar aquilo o que se projeta, o cliente.

Segundo Norton (2013):

A metodologia de projetos é essencialmente um exercício de criatividade aplicada. Muitas “metodologias de projetos” foram definidas para ajudar a organizar a enfrentar o “problema não estruturado”, isto é, casos em que a definição do problema é vaga e para os quais muitas soluções possíveis existem.

Observando os ramos de projeto mecânico, projetos de desenvolvimento de produtos, projetos de engenharia reversa, projetos mecânicos adaptativos mostra-se como notável em todos os tipos de projeto de engenharia a necessidade de uma sistemática de etapas concisa, para assim gerar eficiência na sua execução, diminuindo gastos e tempo. Na engenharia reversa, e principalmente para os projetos adaptativos, para sua correta e melhor aplicação em situações cotidianas, as soluções propostas devem seguir padrões para que as soluções propostas efetivamente funcionem.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Para que se obtenha sucesso na criação e execução de um projeto mecânico, seja ele na criação de novo produto, equipamento ou então no âmbito da engenharia reversa deve-se seguir algumas premissas fundamentais. Segundo (PAHL et al., 2005) no projeto da criação de novos produtos, o projetista deve se atentar a algumas etapas que segundo a norma DIN 69910, são: preparar o projeto, análise do objeto, definir situação alvo, desenvolver ideias de solução e materializar soluções.

Estas premissas determinantes e básicas da norma tem fundamental importância para sucesso na elaboração de qualquer projeto na área mecânica. Dentro das etapas anteriormente mencionadas existem diferentes ferramentas a serem utilizadas para que assim se cumpram as etapas de maneira sistemática, funcional e efetiva.

Ao desenvolver novos produtos e equipamentos o engenheiro projetista se depara com inúmeras possibilidades e ferramentas, com métodos sistemáticos para o desenvolvimento e proposição de protótipos. Encontra-se facilmente métodos a serem aplicados com base em etapas (análise do sistema, modelagem 3D, análise dos problemas, proposição de soluções, elaboração do projeto, prototipagem e teste). Entretanto, em projetos mecânicos adaptativos, conteúdo deste tipo são de difícil acesso.

Ainda deve se salientar ao fato do grande número de empresas do setor metal mecânico no Brasil, e que inúmeras dessas trabalham por vezes com a reengenharia e projetos adaptativos, logo mostra-se como necessário a elaboração de uma sistemática que venha a facilitar a vida do profissional do projeto e também gerar maior eficiência em todo o processo.

No Brasil existe, segundo (“Sebrae em Dados - Metalúrgicas”, [s.d.]) existem 147.606 empresas que atuam no setor metal mecânico. Dentre estas 93% são empresas de pequeno porte, microempresas e MEIS. Estas que possuem faturamento máximo anual para o caso das empresas de pequeno porte de até R\$4,8 milhões.

Observados tais dados deve se salientar que é comum nestes tipos de organização um setor de projetos reduzido, onde normalmente um pequeno grupo de pessoas fica responsável por gerenciar toda uma grande demanda de trabalho. Nisto inclui-se modelamento e detalhamento de componentes em software CAD, proposição e elaboração de sistemas e equipamentos mecânicos, criação, elaboração e execução de estratégias de marketing dentre outras demandas. Logo há uma escassez de tempo para profissional tendo em vista a constante fluidez do mercado.

Desta forma mostra-se como uma dificuldade para o profissional do setor utilizar de uma sistematização de projetos mecânicos que não possua grande eficiência e ganho de tempo, além de para os casos de engenharia reversa em

projetos adaptativos ser constante a dificuldade para encontrar conteúdo a respeito. O que gera por consequência que por vezes o profissional pode vir a não executar projeto conforme metodologia. O que acarreta consequentemente em maiores erros de projeto posteriormente.

1.2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho traz como objetivo geral: propositura de sistematização das etapas da elaboração de projetos mecânicos adaptativos e teste da sistematização com a elaboração de projeto de elemento mecânico simples denominado ponto de ancoragem.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos visando alcançar o objetivo geral são:

- a) Buscar metodologias e sistematizações de projeto existentes já utilizadas na engenharia em projetos mecânicos de maneira geral;
- b) Levantar ferramentas organizacionais que podem ser utilizadas na sistematização proposta;
- c) Testar em caso de projeto de reengenharia real e de pequeno porte utilizando a sistematização, utilizando como parâmetros para avaliação custo final do produto em comparação ao que se realiza no mercado.

1.4 HIPÓTESE

A partir dos objetivos foi possível desenvolver uma hipótese, esta que é: Implementação da sistemática em projeto mecânicos adaptativos utilizando da engenharia reversa com passo a passo simples para aplicação em projetos reais, trazendo uma maior eficiência ao processo criativo deste tipo de projeto e facilitando o desenvolvimento por parte dos projetistas.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho possui então por finalidade a elaboração e proposição de uma sistemática passo a passo para elaboração de projetos mecânicos adaptativos de engenharia reversa. Utilizando para isto ferramentas de gestão e outras já existentes e utilizadas em projetos de criação e elaboração de produtos.

Desta maneira, será utilizado o referencial bibliográfico para ter como base as metodologias de projeto já existentes, e assim estabelecer o desenvolvimento do novo produto. E, para as demais etapas, será proposto pelo autor ferramentas de gestão e sistematização, que terão como enfoque organizar os objetivos do projeto de maneira clara, objetiva e eficaz.

Com intuito de testar a sistemática proposta será elaborado projeto de elemento denominado “ponto de ancoragem”, este elemento tem como intuito funcionar como ponto de apoio de segurança a trabalhadores que desempenham trabalho em altura. Conforme demonstra o elemento nas figuras 2 e 3 a seguir.

Figura 2 - Ponto de Ancoragem fixado na lança do equipamento



Fonte: Autor

Figura 3 - Visão geral local onde vão alocados pontos de ancoragem



Fonte: Autor

Com base em modelo existente do componente conforme demonstrado na figura 2 e 3 desenvolver-se-á o projeto adaptativo utilizando então da sistematização proposta, objetivando-se desenvolver um produto de baixo custo, com valor competitivo e que atenda às necessidades às quais o produto se destina.

Assim, para fazer a verificação da eficiência da utilização da sistemática será analisado o custo do produto final em (R\$) comparado ao valor praticado no mercado. Assim sendo, será realizada comparação direta ao valor pago pelo cliente no componente original e o valor de venda do componente novo. Tendo assim como norte manter o mesmo valor já pago pelo cliente ou conseguir um valor de venda inferior.

2 REVISÃO DA LITERATURA / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROJETOS MECÂNICOS DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

2.1.1 Definição

Segundo Budynas e J. Keith Nisbeth (2016) no seu livro Elementos de Máquina de Shigley, o projeto tem como função primordial atender uma necessidade específica e resolver um problema. Projeto é um processo altamente repetitivo e de tomada de decisões.

Nesta temática Pahl et al (2005) enuncia que, a função do engenheiro projetista encontra-se em encontrar soluções para problemas técnicos, utilizando para isto das ciências naturais e conhecimentos de engenharia integrado a condicionantes materiais, econômicas além de restrições legais e ambientais.

Assim o tema projetos mecânicos engloba projeto de desenvolvimento de produtos e projetos adaptativos. Ambos com objetivos claros em solucionar os problemas trazidos por meio de uma necessidade específica.

Adentrando mais a fundo no ramo de projetos mecânicos encontra-se o projeto de desenvolvimento de produtos, que segundo Norton (2013) “trata da criação de uma máquina que funcione bem, com segurança e confiabilidade.” Concomitante a esta definição pode-se elucidar outras a respeito que não tratam apenas de máquinas completas, mas produtos isolados onde o princípio primordial é: criar um objeto que possua bom funcionamento, segurança e confiabilidade para aquilo o que se destina.

Assim é de fundamental importância que o engenheiro projetista que trabalha com desenvolvimento de produtos tenha um bom conhecimento nas áreas em que atuará. Segundo Pahl et al (2005):

As soluções precisam atender aos objetivos prefixados e autopropostos. Após seu esclarecimento, os problemas são convertidos em sub tarefas concretas que o engenheiro terá pela frente durante o processo de desenvolvimento do produto.

Logo pode-se concluir que o engenheiro projetista, nas etapas do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) deve analisar a problemática e conseguir propor soluções

2.1.2 Processo de desenvolvimento de produtos (PDP)

Produtos são desenvolvidos desde o início do desenvolvimento humano, entretanto o estudo de desenvolvimento de produto segundo Back (2008) inicia-se a partir dos anos 1960. Esta forma de caracterizar e analisar o desenvolvimento de novos produtos vêm se atualizando com o passar dos anos e com isso são trazidos novos estudos e diretrizes a respeito do tema.

Desenvolvimento de produto irá se caracterizar segundo Silva e Rozenfeld, (2007) como um processo caracterizado por quatro dimensões, estas onde ocorrem quatro tipos de conversões do conhecimento que orientam e estruturam o desenvolvimento no processo de desenvolvimento do produto. Estas dimensões definidas como:

- Dimensão estratégia (coordenação estratégica dos projetos em andamento ou em planejamento)
- Dimensão organização (estratégias para coordenação da equipe multidisciplinar)
- Dimensão atividades/ informações (gerenciamento das atividades desenvolvidas ao longo do desenvolvimento de um produto)
- Dimensão recursos (ferramentas que forneceram apoio as etapas anteriores)

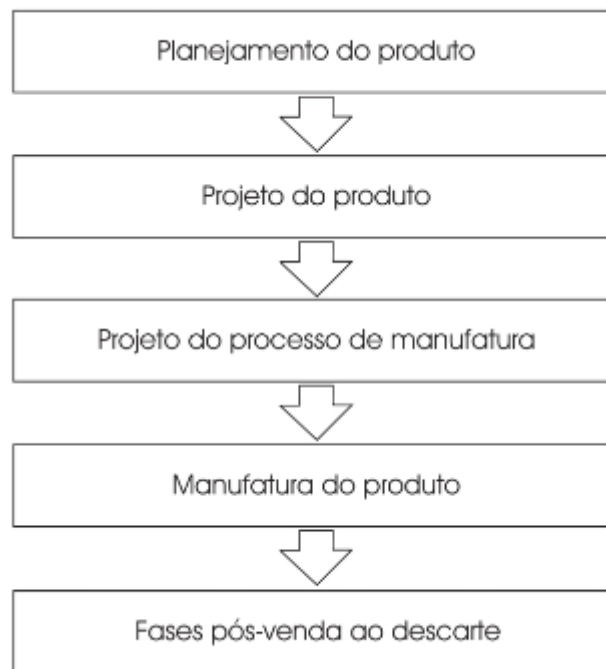
Assim então o objetivo primordial do desenvolvimento de produto é trazer a todo o processo criativo e de elaboração do projeto etapas sistemáticas que facilitem o desenvolvimento e tragam como resultado um produto eficiente e confiável.

2.1.3 Etapas do processo de desenvolvimento de produto

Back (2008) traz em seu livro “Projeto integrado de produtos: planejamento concepção e modelagem”, uma sistematização de etapas a serem seguidas no

desenvolvimento de produtos. Estes segundo autor frutos de inúmeras pesquisas do Núcleo de desenvolvimento de produtos da Universidade Federal de Santa Catarina e fruto também de pesquisa sobre os autores que já escreveram e estudaram sobre o tema. As fases do ciclo de vida de um produto segundo Back (2008) podem ser descrevidas conforme consta na figura 4 a seguir:

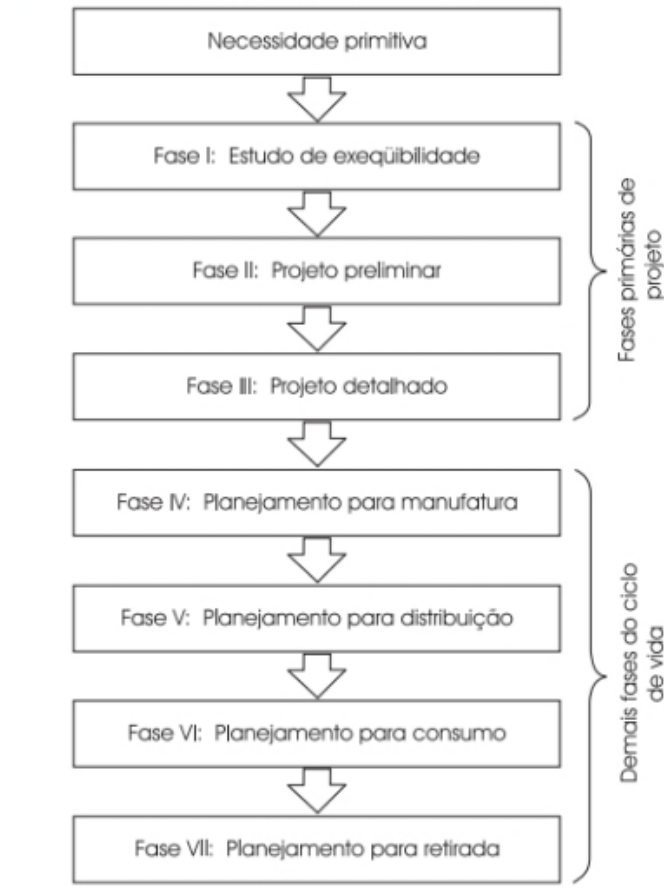
Figura 4 - Fases do desenvolvimento de produtos segundo Back



Fonte: BACK (2008)

Dentro do desenvolvimento de projetos de produtos então existem autores que tiveram fundamental importância para estruturação de uma sistemática destes desenvolvimentos. Dentre estes autores podemos citar como exemplos: Asimov (1962), Back (1983), Coryell (1967), Pahl e Beitz (1996), e Woodson (1966). Um dos primeiros autores a tratar acerca da temática foi Asimov (1962) que desenvolveu uma metodologia conforme encontra-se na figura 05 a seguir.

Figura 5 - Etapas do desenvolvimento de produto por Asimov



Fonte: BACK (2008)

Assim, Asimov (1962) em seu livro “Introduction to design” traz o desenvolvimento de produto de forma orientada e coordenada. Esta atividade divide o desenvolvimento de projeto como um todo em dez fases.

Back (2008) descreve em seu livro a respeito da metodologia proposta por Asimov que: o estudo da exeqüibilidade tem por objetivo, a partir de uma análise das necessidades do projeto definir as melhores possibilidades de solução do ponto de vista técnico, econômico e financeiro. Na fase seguinte “projeto preliminar” busca-se a melhor opção dentre as que foram selecionadas através da análise da sensibilidade, compatibilidade e estabilidade, selecionando-se uma opção dentre as propostas. Assim a fase conseguinte III, o projeto detalhado, será a etapa onde irá se detalhar a solução proposta. Elaboram-se descrições precisas a respeito de

componentes que irão compor o sistema, forma construtiva e demais aspectos de detalhamento. As fases consequentes então dirão respeito a produção do produto.

A partir do que foi proposto por Asimov então sucederam-se uma série de outras metodologias e sistemáticas a respeito do tema Woodson (1966) propôs em quatro etapas: estudo da viabilidade, projeto preliminar, projeto detalhado e revisão do projeto.

Segundo Back (2008):

A estrutura de projeto de Woodson (1966) é uma pequena evolução em relação à estrutura proposta por Asimov (1962) nos seguintes aspectos: apresenta um maior desdobramento das fases em atividades, como mostrado na Tabela 2.1; para cada uma das atividades são indicadas informações ou conhecimentos de entrada; as saídas de cada atividade são avaliadas e comparadas com os requisitos; e, não havendo conformidade, são indicados retornos a atividades anteriores para modificações ou melhoramentos necessários.

A figura 6 ilustra o funcionamento da metodologia proposta por Woodson (1966) está subdividida-se em quatro etapas principais estas que são: viabilidade do projeto, projeto preliminar, projeto detalhado e projeto revisado. Esta estrutura proposta, baseia-se em um sistema de entradas, atividades e saídas. Modelo este que seria seguido por outros autores posteriormente. A figura 6 e 7 ilustra como deve-se suceder a metodologia:

Figura 6 - Etapas do desenvolvimento de produto por Woodson

Fases	Entradas	Atividades	Saídas
Viabilidade do projeto	Informações gerais e de mercado	Analisar necessidades	Resultados desejados
	Informações tecnológicas	Explorar sistemas envolvidos	Proposições técnicas
	Métodos de criatividade	Sintetizar soluções alternativas	Soluções propostas
	Experiência tecnológica	Avaliar viabilidade física	Viabilidade física
	Informações de custos e preços	Avaliar viabilidade econômica	Viabilidade econômica
	Informações sobre riscos de investimentos	Avaliar viabilidade financeira	Conjunto de soluções possíveis
Projeto preliminar	Estudo de viabilidade e experiência geral	Selecionar a melhor solução	Solução selecionada
	Habilidade matemática	Formular modelos	Modelo de estrutura e/ou de desempenho
	Habilidade matemática	Analisar sensibilidade e compatibilidade das variáveis	Grau de sensibilidade das variáveis
	Habilidade matemática	Otimizar parâmetros de projeto	Dados sobre os parâmetros
	Tecnologias de laboratório	Testar processo e prever desempenho	Previsões
	Experiências de engenharia	Simplificar	Projeto melhorado
Projeto detalhado	Projeto preliminar e conhecimentos tecnológicos	Especificar subsistemas	Subsistemas
	Conhecimentos tecnológicos	Especificar componentes	Componentes
	Conhecimentos tecnológicos	Especificar partes	Conjunto de desenhos detalhados

continua

Fonte: BACK (2008)

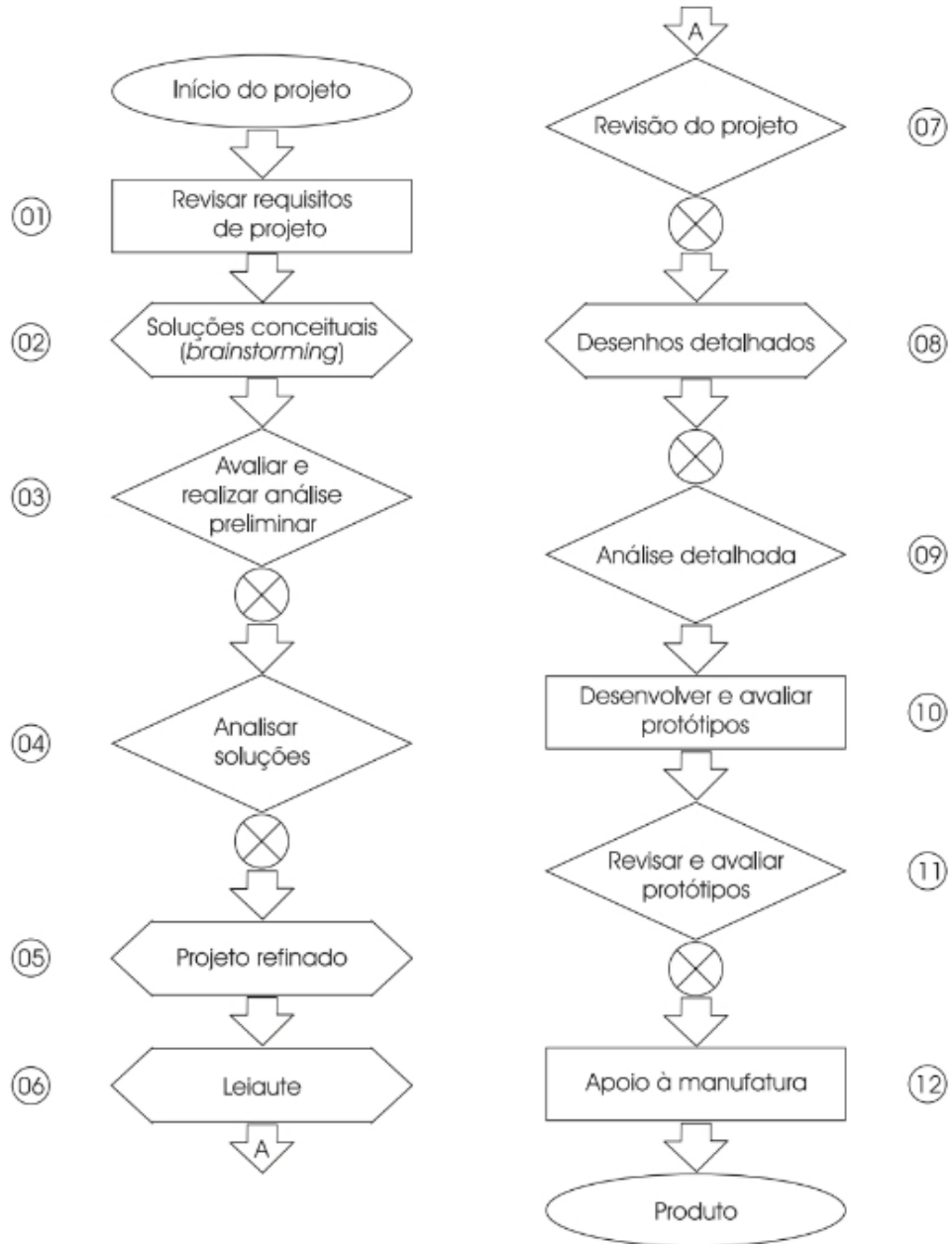
Figura 7 - Etapas do desenvolvimento de produto por Woodson (continuação)

Fases	Entradas	Atividades	Saídas
Projeto detalhado	Experiência tecnológica	Desenhar conjuntos de montagem	Desenhos de montagem
	Experiência de desenho e normas	Verificar dimensões e normas	Conjunto completo de desenhos e especificações
	Informações de gerência	Liberar para manufatura	Projeto para manufatura
Revisão do projeto	Projeto detalhado, habilidades de fabricação e materiais	Fabricar componentes	Sistema operacional
	Técnicas de teste	Testar desempenho na fábrica	Dados de teste do sistema
	Técnicas de teste	Testar em campo e para durabilidade	Dados de teste
	Técnicas de auditoria	Auditar qualidade de manufatura	Dados sobre variações
	Informações de manufatura e de vendas	Mudar para eliminar problemas de qualidade	Projeto melhorado
	Experiência de engenharia	Simplificar para reduzir custos	Custo reduzido e sistema ou produto em produção

Fonte: BACK (2008)

Coryell (1967) traz outras importantes contribuições para o tema ao desdobrar a sistemática de desenvolvimento de produtos em doze passos conforme consta na figura 8:

Figura 8 - Fluxograma etapas de projeto proposta por Coryell



Fonte: BACK (2008)

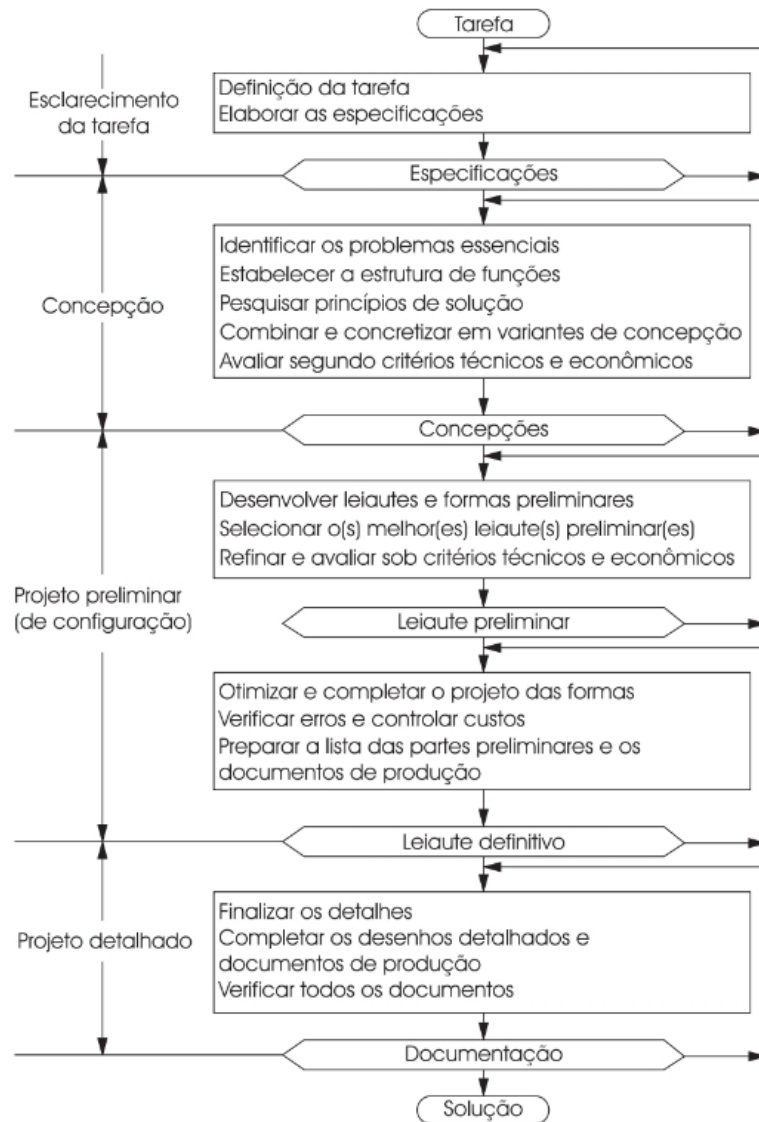
Outros importantes autores que trouxeram grandes contribuições ao ramo de projetos mecânicos e sistematização de suas etapas foi Pahl e Beitz (1996) este que foi responsável pela elaboração da obra “Projetos na engenharia”. Segundo Pahl e Beitz (1996):

Projetar é um processo de otimização com objetivos predeterminados e condicionantes em parte conflitantes. Os requisitos variam em função do tempo, de modo que uma solução de projeto só pode ser objetivada ou almejada de maneira otimizada, sob as condicionantes existentes na época da solicitação.

A metodologia proposta pelo autor possui grande influência na escola de engenharia alemã. Seus fundamentos são utilizados até hoje e funcionam como base para diversos outros trabalhos acadêmicos.

O método de Pahl e Beitz (1996), pode ser elaborada conforme demonstrado por Back (2008) na figura 9:

Figura 9 - Etapas de desenvolvimento de produto por Pahl e Beitz



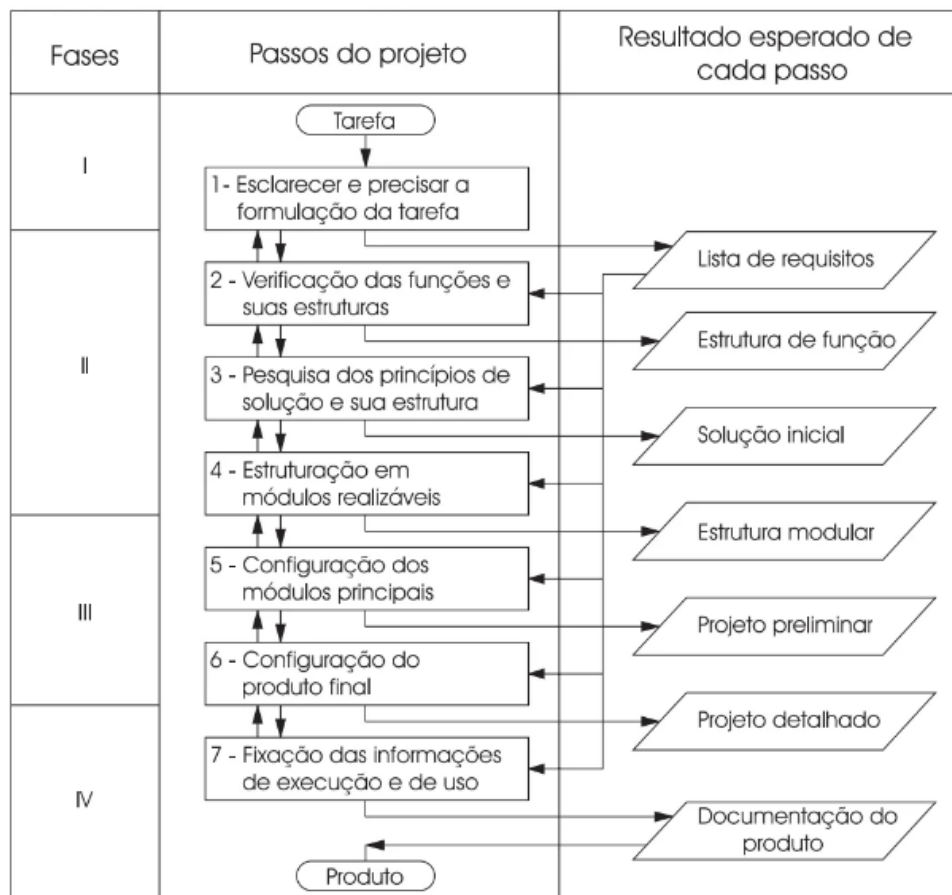
Fonte: BACK (2008)

Advindo assim como outras metodologias de projeto mecânico da Alemanha este é o método com maior aceitação dentro do ramo de projetos.

As etapas dividem-se em Esclarecimento da tarefa, Concepção, Projeto preliminar e Projeto detalhado. Usualmente em cada uma destas etapas se procede a utilização de um tipo de ferramenta que facilita o processo final.

Ainda dentro das análises das metodologias de PDP da escola alemã vale observar os parâmetros propostos pela VDI 2221 (1985), figura 10, está que pode ser classificado como um procedimento geral para projeto de sistemas:

Figura 10 - etapas do desenvolvimento de projetos de sistemas segunda VDI 221



Fonte: BACK (2008)

2.2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS DENTRO DO RAMO DA ENGENHARIA REVERSA

Segundo Wang (2011):

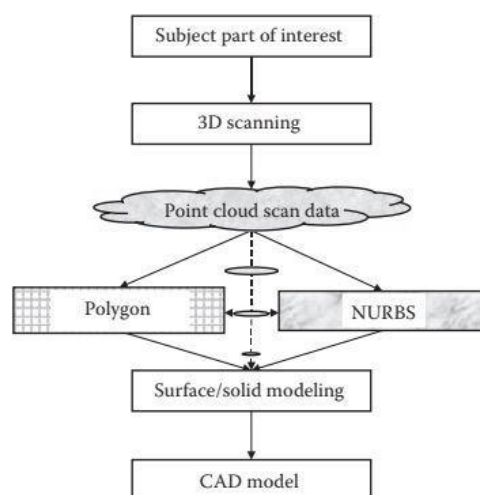
A engenharia reversa (RE) é um processo de medição, análise e teste que busca reconstruir a imagem espelhada de um objeto ou recuperar um evento passado. É tecnologia de reinvenção, um roteiro que leva à reconstrução e reprodução. É também a arte da ciência aplicada para a preservação do design intenção da peça original.

Assim pode-se definir como o ato de observar analisar uma peça ou conjunto e, em cima disso, criar um produto idêntico ao original. O termo engenharia reversa, segundo Wang (2011) está intimamente ligado ao ato de recriar objetos fidedignos ao original. Por exemplo, Abella (1994) descreve caso que ocorre corriqueiramente em indústrias no geral. Um componente mecânico de um elemento falha, “quebra”, durante a operação causando assim uma iminente necessidade de substituição de tal componente. Este componente então é levado até um operador especializado que consiga retirar as medidas e confeccionar uma “cópia” do componente para que seja possível colocar a máquina em operação novamente. Parte da engenharia reversa está ligada intimamente a esta atividade.

2.2.1 Metodologias da engenharia reversa

Assim como para o Processo de Desenvolvimento de Produto, processos de engenharia reversa também tem de passar por algumas etapas ditas “fundamentais” ao desenvolvimento do novo produto reconstruído. Wang (2011) traz as seguintes etapas para a reconstrução de um elemento baseado em engenharia reversa.

Figura 11 - Desenvolvimento de um projeto de engenharia reversa por Wang



Fonte: WANG (2011)

Observa-se na figura 11 as seguintes etapas em sequência: objeto de interesse ao projeto de engenharia reversa; escaneamento 3D; dados de varredura

da nuvem de pontos; Tipo de superfície gerada (poligonal ou NURBS); Modelagem do objeto; Modelo CAD final. Há de se observar que o processo de engenharia reversa pode ser decodificado em etapas conforme: objeto de interesse ao projeto de engenharia reversa; aquisição de dados dimensionais do objeto (escaneamento 3D (conforme figura 12), retirada de medidas a campo), modelagem em software computacional; modelo CAD recriado do objeto final.

Estas etapas objetivam chegar a modelo perfeitamente idêntico ao componente original, que poderá ser utilizado para diferentes objetivos.

Figura 12 - Processo de escaneamento 3D de um veículo automotor



Fonte: Site Empresa 3DBE

2.3 DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS MECÂNICOS ADAPTATIVOS

Projetos adaptativos tem por objetivo, sob um equipamento ou objeto já existente, criar uma adaptação que supra à alguma necessidade específica. Logo por consequência, projetos adaptativos utilizam da engenharia reversa para mensurar e retirar uma “cópia” do objeto a ser analisado. Segundo Lima (2002) os problemas de projeto podem ser divididos em três etapas:

- Projetos novos ou originais;
- Projetos de transição ou adaptativos
- Projetos extensionais ou variantes.

Lima (2002) ressalta ainda ao fato de que estes tipos de projeto seguirão etapas pré definidas semelhantes entre eles. Estas etapas podem ser definidas como:

- Reconhecimento da necessidade;
- Especificação de requisitos;
- Concepção (ou formulação do conceito no sentido de concepção);
- Seleção do conceito;
- Incorporação (*embodiment*) dos detalhes de projeto
- Produção, vendas e manutenção.

Para projetos de engenharia adaptativos estas etapas devem ter uma adição do que refere-se a utilização da engenharia reversa. Devendo antes de ser realizada a elaboração do projeto ser retirado as medidas e entendido o correto funcionamento da máquina ou equipamento.

2.4 NORMAS REGULAMENTADORAS PARA PROJETOS DE PONTO DE ANCORAGEM

No que tange ao elemento para teste da sistemática para elaborar projetos de elementos denominados como ponto de ancoragem deve-se seguir o que normatiza e regulamenta a NR35, que estabelece diretrizes a serem seguidas para trabalho em altura.

Desta norma, preliminarmente, mostra-se importante salientar o que diz o item 3 do tópico ponto de ancoragem:

3. Componentes do sistema de ancoragem; 3.1 O sistema de ancoragem pode apresentar seu ponto de ancoragem: a) diretamente na estrutura; b) na ancoragem estrutural; ou c) no dispositivo de ancoragem.

Logo o texto legal permite que seja estabelecido como ponto de ancoragem dispositivo de ancoragem, que pode ter diversas formas construtivas e tipos de fixação na estrutura.

Ademais em consequente a norma diz no item 3.1.1:

3.1.1 A estrutura integrante de um sistema de ancoragem deve ser capaz de resistir à força máxima aplicável

E por consequente nos itens 3.2.1 e 5:

3.2.1 Os pontos de ancoragem da ancoragem estrutural devem possuir marcação realizada pelo fabricante ou responsável técnico contendo: a) identificação do fabricante; b) número de lote, de série ou outro meio que permita a rastreabilidade; e c) número máximo de trabalhadores que podem estar conectados simultaneamente ou força máxima aplicável

[...]

5.1 O projeto, quando aplicável, e as especificações técnicas do sistema de ancoragem devem: a) estar sob responsabilidade de um profissional legalmente habilitado; b) ser elaborados levando em conta os procedimentos operacionais do sistema de ancoragem; c) conter indicação das estruturas que serão utilizadas no sistema de ancoragem; e d) conter detalhamento e/ou especificação dos dispositivos de ancoragem, ancoragens estruturais e elementos de fixação a serem utilizados. 5.1.1 O projeto, quando aplicável, e as especificações técnicas devem conter dimensionamento que determine os seguintes parâmetros: a) a força de impacto de retenção da queda do(s) trabalhador(es), levando em conta o efeito de impactos simultâneos ou sequenciais; b) os esforços em cada parte do sistema de ancoragem decorrentes da força de impacto; e c) a zona livre de queda necessária.

Os pontos acima citados estabelecem pressupostos para desenvolvimento do projeto, estes devem ser seguidos por motivo de força de lei.

Assim, estabelecido o que traz a norma a respeito do projeto de ponto de ancoragem e os requisitos para aplicação, na etapa de desenvolvimento o projeto deverá tomar como pressuposto a norma legal.

3. METODOLOGIA

Devidamente desenvolvido a revisão de literatura bem como metodologia do presente trabalho, nas próximas etapas será tratado a respeito do desenvolvimento da sistemática.

Ainda com o objetivo de melhor contextualizar o desenvolvimento da sistemática, salienta-se a um seguinte fato: uma pessoa, empresa ou instituição adquire determinada máquina, equipamento ou peça com uma função específica predeterminada de fábrica, no entanto na função a qual o adquirente precisa que esta máquina ou equipamento desempenhe seu funcionamento ela se mostra ineficaz, por vezes com muitas quebras, dificuldades da operação dentre outros.

Assim sendo, há de se evidenciar, conforme anteriormente já demonstrado neste trabalho que existe a necessidade de uma formulação sistemática das etapas de projeto para se obter um produto viável que funcione para uma nova função a qual foi projetado e não venha a desenvolver falhas, como por fadiga, ou sobrecarga, por exemplo.

Neste quesito então as próximas etapas deste projeto irão desenvolver um método sistemático para este tipo específico de aplicação.

3.1 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA SISTEMÁTICA

Tendo como base o que foi anteriormente definido, neste tópico serão elencadas as etapas a serem seguidas para o desenvolvimento de um projeto mecânico adaptativo.

Preliminarmente, deve-se definir alguns importantes pontos a respeito deste tipo de projeto mecânico. Ao imaginar o desenvolvimento de um projeto mecânico, o que vem à mente são as propostas clássicas, que estabelecem o desenvolvimento do projeto a partir do zero, utilizando de ferramentas para encontrar soluções mecânicas possíveis.

No entanto, para o tipo de projeto em questão deve-se ter que, já existe um equipamento pronto que utiliza elementos de máquina específicos, para que

desenvolva a função objetivada. Entretanto, o usuário deste maquinário não possui suas necessidades atendidas.

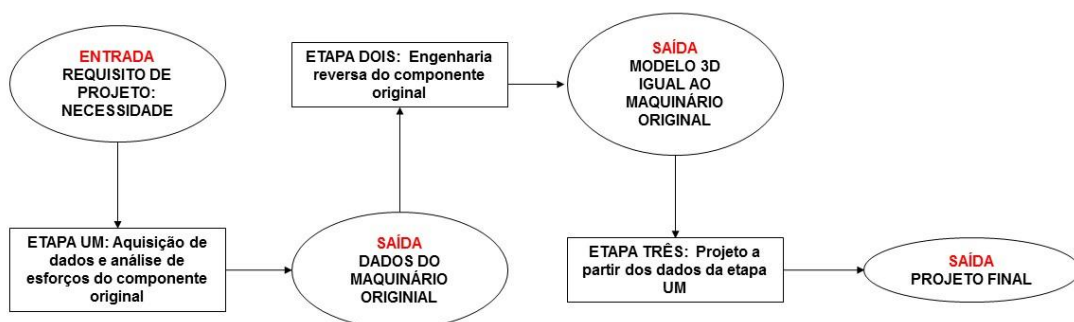
A partir deste fato, há de se considerar uma série de fatores pelos quais esta necessidade do usuário não é atendida para que desta maneira seja possível encontrar uma solução mecânica, que do ponto de vista tanto da engenharia quanto economicamente seja viável.

Assim sendo, para desenvolver este tipo de projeto, propõe-se a sua divisão em três diferentes etapas. Estas que serão:

- Etapa um: Aquisição de dados do componente ou conjunto original;
- Etapa dois: Desenvolvimento de engenharia reversa do modelo original;
- Etapa três: Projeto desenvolvido a partir da necessidade específica.

Estas etapas acima listadas, são interligadas entre si e para cada uma delas haverá uma atividade que gera um resultado. Ou seja, uma entrada e uma saída. A figura 13 demonstra o fluxograma proposto para a presente sistemática:

Figura 13 - Etapas da sistemática



Fonte: Autor

Mostra-se importante frisar que, a título de simplificar o desenvolvimento deste trabalho, essa sistematização deve ser aplicada a projetos adaptativos de componentes isolados que participam de um conjunto mecânico ou então conjuntos que possuem ao máximo cinco peças que compõem um ciclo fechado da função que desempenha.

Desta maneira, elencada a forma como será desenvolvida a sistematização nos próximos tópicos será explanado cada etapa e a forma como deve ser desenvolvida.

3.1.1 Etapa um: aquisição de dados do componente original

Alguns dados mostram-se de fundamental importância para o posterior desenvolvimento do projeto. Dentre estes pode-se citar alguns como: designação da capacidade do equipamento, fabricante, ano de fabricação, material, dentre outros.

Para organizar e sistematizar isto, será utilizado uma ferramenta de planilhamento eletrônico, onde objetiva-se completar de maneira simples e clara todos os dados necessários, sendo possível realizar a conexão com as etapas posteriores do projeto.

Deste modo, com objetivo de melhor organizar a planilha, esta será dividida em três diferentes tópicos, que serão: escopo básico do projeto, dados do equipamento e descrição básica de funcionamento. Cada um destes tópicos irá possuir subdivisões a serem preenchidas. O modelo da Planilha encontra-se na tabela 1:

Tabela 01 - Etapa um (tabela de dados - escopo do projeto)

Escopo básico do projeto	
Cliente:	*Nome por extenso (pessoa física ou pessoa jurídica)
Necessidade:	*Descrição detalhada por extenso da necessidade apresentada (obs: caso apresentar mais de uma necessidade utilizar " //" para separar os textos)
Dados do equipamento	
Fabricante:	*Nome por extenso
Modelo:	*Denominação por extenso
Ano de fabricação:	*Ano em numerais (Exemplo: 2023)
Função principal para o qual foi projetado:	*Descrição detalhada do funcionamento do componente ou conjunto original de sua função principal (independentemente da necessidade do projeto e onde ele vai ser aplicado)
Ambiente projetado para operar:	*Descrição detalhada do ambiente em que o equipamento foi projetado para operar (Temperatura de operação, local, condições climáticas, condições geográficas...)
Medidas externas maiores:	*LARGURA X COMPRIMENTO X ALTURA
Ambiente em que opera:	*Descrição detalhada do ambiente em que o equipamento opera (Temperatura de operação, local, condições climáticas)
Fotos equipamento:	*Fotos perpendiculares ao equipamento (vista frontal, vista lateral, vista superior e vista isométrica)
Descrição básica do funcionamento do equipamento	
Capacidade do equipamento para aquilo que foi projetado:	*número que quantifica a capacidade do equipamento (expressar unidade)

Fonte: Autor

Há de se observar que a tabela busca fornecer uma visão geral a respeito do projeto fornecendo dados como medidas, descrição do ambiente em que vai operar e o que foi projetado para operar, todos estes dados que poderão ser posteriormente utilizados no desenvolvimento do projeto.

Assim, com a tabela de dados devidamente preenchida se obtém uma fácil visualização dos objetivos do projeto bem como funcionamento dos componentes ou peça original.

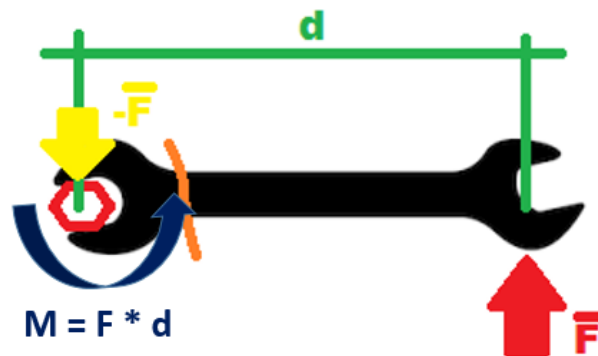
3.1.1.1 Análise estática de equilíbrio prévia das forças atuantes na peça isolada ou componente montado

Destarte, devidamente preenchida a tabela de dados e ainda na etapa um da sistemática, o próximo passo será uma análise prévia das forças e reações atuantes no equipamento.

Para desenvolver esta etapa será elaborado um diagrama de corpo livre considerando situação estática, onde a força resultante atuante nos três eixos (x,y,z) é igual a zero. Desta forma, será possível determinar pontos de fragilidade do equipamento, estas que deverão ser elencadas e documentadas. Sendo assim úteis para as etapas posteriores do desenvolvimento do projeto. Sendo assim, esta parte da sistemática será subdividida em duas partes a depender do equipamento ou componente de referência a ser analisado. Esta subdivisão irá proceder da seguinte maneira:

- Análise física estática de componentes isolados: para este caso será desenvolvido a análise sob componentes únicos e isolados, utilizando como pressuposto sua posição e função dentro do maquinário, ou se componente isolado apenas a sua função em aplicação. O exemplo a seguir demonstra a análise aplicada sob componente isolado que não desempenha função em um conjunto peças mas sim isoladamente.

Figura 14 - diagrama de corpo livre aplicado em chave de boca

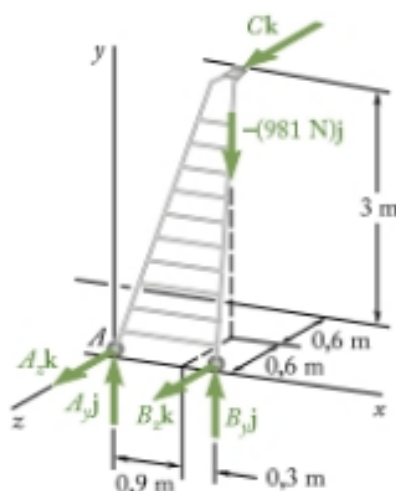


Fonte: Autor

No exemplo da Figura 14, para uma chave de boca o ponto de maior fragilidade está na parte de menor medida longitudinal de seu cabo no ponto mais próximo ao encaixe para o elemento sextavado (indicação em laranja). Devido ao momento causado pela força aplicada na parte traseira.

- Análise física estática de conjuntos: Neste caso deve-se proceder a análise física estática de todo o conjunto. Vale lembrar que todo o conjunto não deve possuir mais do que cinco peças em seu sistema. Para assim simplificar e trazer maior efetividade ao desenvolvimento do projeto adaptativo. Conforme exemplo demonstrado a seguir na Figura 15:

Figura 15 - Análise estática de escada apoiada com roldanas



Fonte: Beer (2019)

Para o exemplo acima, observa-se maior complexidade na análise das forças envolvidas, sendo necessária análise tridimensional, para que assim seja possível determinar onde estão as reações das forças aplicadas e como elas influenciam nos pontos de fragilidade do equipamento. Que para o caso em questão possui diversos pontos, estes que ao executar o passo a passo da sistematização devem ser indicados.

Findando-se tal etapa há de se salientar que o foco maior da aquisição de dados é ter uma visão prévia do comportamento estático do conjunto ou componente. Tudo isto deve ser documentado para que posteriormente possa ser utilizado no desenvolvimento do projeto adaptado.

3.1.2 Etapa DOIS: Engenharia reversa

Retirados todos os dados do equipamento e corretamente definidos, a necessidade do cliente, objetivos e a parte específica onde deverá ser elaborado o projeto adaptativo, indicado pela tabela 01. O passo posterior é o desenvolvimento da engenharia reversa. Esta deve tomar como base a retirada das medidas e fazer a modelagem em software 3D ou escaneamento 3D para posteriores definições em software.

O método a ser utilizado, escaneamento 3D ou então retirada de medidas e modelagem em software fica a cargo do projetista. Nesta etapa, o ponto de maior importância é um modelo 3D fidedigno ao original, com todas as medidas inseridas corretamente.

Caso o projetista opte pela utilização do escaneamento 3D, pode fazer isto com base em alguns instrumentos e softwares específicos. Para que seja possível obter um bom resultado com escaneamento 3D demandará de um custo relativo alto. Entretanto existem algumas opções de menor custo que podem ser bem atrativas e a depender da precisão solicitada pelo projeto. Para o caso do escaneamento 3D com baixo custo é possível utilizar o aparelho Kinect do videogame Xbox, adicionado de um cabo adaptador para ligar ao computador e software como SKANECT que converte a nuvem de pontos em um arquivo que normalmente está em formato STL.

Figura 16 - Sensor Kinect Xbox 360



Fonte: Site empresa Aliexpress

O grande desafio para realizar estes escaneamentos está em gerar a nuvem de pontos e conseguir uma superfície homogênea onde fique fácil realizar posterior edição em software de modelagem 3D.

Assim sendo, devido a complexidade deste método é recomendado utilizar ele em casos de componentes com geometria muito complexa. Caso contrário pode atrasar muito o desenvolvimento das outras etapas do projeto.

Outra forma, mais simples, para realizar a engenharia reversa é utilizando de ferramentas básicas de metrologia para tirar as medidas dos

componentes. Para isto podem ser utilizados de paquímetros, micrômetros, súbitos, trenas, dentre outros instrumentos de medição conforme exemplo da figura 17.

Para esta possibilidade deve-se atentar à retirada correta das medidas que é determinante para sucesso desta etapa.

Adjuntamente a esta forma manual de retirada de medidas recomenda-se utilizar software de modelagem 3D como SolidWorks ou Inventor. Onde é possível desenvolver e modificar modelo, além de auxiliar a não esquecer de retirar nenhuma medida.

Figura 17 - Exemplo engenharia reversa com paquímetro



Fonte: Site empresa Conecta FG

Outra análise que será fundamental nesta etapa é a identificação dos materiais que compõem o sistema. Isto será determinante em alguns aspectos do projeto posteriormente. Esta análise deve ser feita de preferência em todos os materiais que compõem o conjunto, no entanto caso não seja possível análise todos os materiais deve ser dada uma visão prévia do que se imagina que seja o material de cada peça.

Para fazer isto a tabela 02 a seguir auxilia neste preenchimento de informações:

Tabela 02 - tabela de preenchimento do material

PROJETO N°	00000
LISTA DE MATERIAIS	
COMPONENTE	MATERIAL APARENTE
PEÇA 1	MATERIAL A
PEÇA 2	MATERIAL B

Fonte: autor

3.1.3 Etapa TRÊS: Desenvolvimento do projeto

Decorridas todas as etapas anteriores, o próximo passo para o desenvolvimento do projeto conforme a necessidade do cliente especificada na etapa um será a aplicação da metodologia de projeto de PAHL e BEITZ. No entanto, utilizando de algumas adaptações e ferramentas para dar maior celeridade ao processo. Unindo as necessidades apresentadas a análise do conjunto ou componente original já existente.

Conforme demonstrado na fundamentação teórica PAHL e BEITZ propõe projetos mecânicos desenvolvidos com base nas seguintes etapas:

- Esclarecimento da tarefa
- Concepção
- Projeto preliminar
- Projeto detalhado

Com isto, o método pretende delimitar as tarefas que o projetista deve executar, transformando o ato de projetar em uma atividade lógica e sequencial, desenvolvida com maior facilidade.

Assim sendo, cada etapa destas anteriormente citadas utilizará de ferramentas específicas e buscas específicas. Estas que serão elencadas a seguir:

- Esclarecimento da tarefa
 - Normas relacionadas ao projeto
 - Patentes já existentes
 - Necessidade dos clientes

- Matriz de Mudge
- Transformação das necessidades do cliente em requisitos do cliente
- Conceção:
 - Função global do sistema
 - Estrutura funcional do equipamento
 - Matriz morfológica
 - Combinação de soluções
 - Seleção da concepção
- Projeto preliminar
 - Divisão dos sistemas e subsistemas
 - Dimensionamento
 - Leiaute final
- Projeto detalhado
 - Projeto final detalhado

Para melhor elucidar a respeito de cada etapa acima elencada, a seguir será definido o que deve ser executado em cada etapa do desenvolvimento do projeto de maneira prévia, e a seguir a partir do item 3.2 será aplicado de maneira prática com elemento ponto de ancoragem.

3.1.3.1 Esclarecimento da tarefa

A) Normas relacionadas ao projeto

Aqui devem ser pesquisadas e elencadas todas as normas relacionadas ao projeto a ser desenvolvido, isto pode ser feito utilizando como base sites de procura utilizando palavras chaves do equipamento a ser desenvolvido. Por exemplo: se o projeto a ser desenvolvido deve executar o levantamento de cargas pode ser procurado no site de pesquisa como “norma projetos mecânicos levantamento de cargas” o que encontrará como resultado a ABNT NBR 8400. Desta maneira pode-se utilizar como referência as normas que são encontradas na ABNT.

B) Patentes já existentes

Já nesta etapa, deve-se proceder a procura por patentes já existentes daquilo que está sendo projetado. Para isto recomenda-se a utilização do site “Google Patentes” onde se é possível ter uma noção básica das patentes existentes ao redor do mundo que tratam a respeito daquilo o qual se objetiva ser projetado.

C) Necessidades do cliente

Esta etapa em específico já é cumprida na etapa um da presente sistematização no preenchimento da tabela 01. Logo, como informação a trazer para este passo da metodologia deve-se utilizar o campo preenchido como necessidade da tabela.

D) Requisitos do cliente

Utilizando das necessidades do cliente deve-se estabelecer o diagrama de Mudge, para definir qual das necessidades do cliente é mais importante. Sendo assim estabelecida da seguinte maneira:

Primeiramente devem ser separadas as necessidades do cliente de maneira a ter um simples entendimento, como por exemplo: maior segurança, produto ergonômico. Cada uma destas necessidades será elencada com uma letra: A,B,C,D.

Assim será possível utilizar o diagrama de Mudge para determinar quais as necessidades do cliente são mais importantes. Esta ferramenta consiste em construir uma matriz triangular, e comparar cada elemento da diagonal com o elemento de cada coluna. A letra correspondente ao elemento de maior importância será reproduzida na célula de interseção, acompanhada de um número que representa:

- 1 – Moderadamente mais importante
- 3 – Medianamente mais importante
- 5 – Muito mais importante

Assim a construção da matriz se dará da seguinte forma:

Tabela 03 - Exemplo do diagrama de Mudge

REQUISITOS DOS CLIENTES						
A	B	C	D	E	SOMA	%
A	A5	C1	A3	A3	11	50,00
	B	B1	B3	E3	4	18,18
		C	C1	C3	4	18,18
			D	E3	3	13,64
				E	22	100,00

Fonte: Autor

Desta forma então determina-se quais são os requisitos do cliente, ou seja quais são as necessidades que para o cliente possuem maior importância no projeto. Estes dados serão utilizados na próxima etapa da sistematização.

E) Requisitos do projeto

Com os requisitos do cliente em mãos, deve-se realizar uma análise em conjunto definindo quais as grandezas físicas estão relacionadas a estes. Por exemplo: se um dos requisitos do cliente mais importantes foi ergonomia, isso pode ser descrito como menor massa do equipamento final (kg). E assim deve-se suceder para todos os requisitos do cliente.

3.1.2.2 Concepção

A) Função global do sistema

Após estas definições é sugerido então que se defina a função global do sistema, isto é, como irá funcionar o equipamento em relação a energia que utiliza para o seu funcionamento e a função que desenvolve.

B) Estrutura funcional do equipamento

Após obter a função global do sistema o próximo passo será elaborar a estrutura funcional do equipamento estabelecendo as funções secundárias que este equipamento deve exercer. Isto será útil para que posteriormente seja desenvolvida a combinação das possíveis soluções.

C) Matriz morfológica

Nesta etapa utilizando então das funções estabelecidas na estrutura funcional do equipamento será elencado as possíveis soluções para cada função especificada.

D) Combinação de soluções

Definidas as possíveis soluções, a próxima etapa irá ser embasada na definição de três combinações de soluções utilizando para isto das elencadas no passo anterior.

E) Seleção da concepção

A última etapa mas nem tão pouco menos importante será a seleção da concepção, para isto se utiliza da ferramenta PUGH utilizando dos requisitos do projeto elencados anteriormente.

Além da matriz PUGH será utilizado também de matriz específica utilizando dos requisitos do projeto, ao observar qual das opções melhor se encaixa ao que o cliente necessita.

3.1.2.3 Projeto preliminar

A) Desenvolvimento da arquitetura

Nesta etapa definem-se dois fluxogramas, um da potência, como é utilizada no funcionamento do equipamento, e outro fluxograma do funcionamento em si do equipamento.

Caso o equipamento não possua necessariamente um ciclo de potência, para esta etapa deve ser realizado apenas o fluxograma do funcionamento.

B) Divisão de sistemas e subsistemas

A partir do estabelecimento da arquitetura do equipamento subdivide-se em diferentes sistemas, por exemplo: sistema de transmissão, sistema de acionamento, sistema de frenagem...

C) Dimensionamento

Depois de realizadas escolhas das possíveis soluções para o equipamento, realiza-se o dimensionamento dos componentes tomando como base as necessidades anteriormente citadas neste projeto

D) Leiaute final

Por fim, após definidas todas as etapas anteriores, estabelece-se o modelo final construtivo do equipamento. Neste constarão todos os detalhes e partes construtivas de maneira definitiva para que seja possível na próxima etapa prosseguir com detalhamento das peças do projeto para fabricação. Para esta etapa recomenda-se que o projetista utilize de um software de modelagem 3D.

Ainda tratando-se desta parte do projeto, salienta-se ao fato de que deve estar muito bem delimitado como deve ser a montagem de cada parte do projeto, tendo sido realizadas revisões da montagem dos componentes, observando se há a possibilidade de montagem e desmontagem destes.

3.1.2.4 Projeto detalhado

Após corretamente finalizados os detalhes do leiaute final do equipamento deve-se proceder com detalhamento de cada peça que compõe o sistema bem como da montagem geral para que seja possível a assimilação para produção.

A) Projeto final detalhado

A primeira fase a ser realizada na etapa do projeto final detalhado será o detalhamento da montagem de todo o conjunto, indicando os componentes por nº de desenho, material, quantidade bem como indicação de número da ordem de montagem.

Após isto deve-se proceder com o detalhamento de cada componente em isolado indicando corretamente todos os materiais para fabricação de cada peça que compõe o sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As etapas anteriores do presente trabalho demonstraram como se dá o desenvolvimento da sistemática , a partir de então com o intuito de validar a presente sistematização será realizado teste em caso real.

Para a aplicação e teste da sistematização, será utilizado conforme demonstrado anteriormente na metodologia de um componente denominado ponto de ancoragem.

Este detém de algumas necessidades específicas do cliente que com desenvolvimento do projeto pretende suprir.

Logo nesta etapa do trabalho será possível retirar suposições para chegar às conclusões e efetivamente verificar a eficácia do que se propõe.

4.1 Teste sistematização: Etapa UM (AQUISIÇÃO DE DADOS)

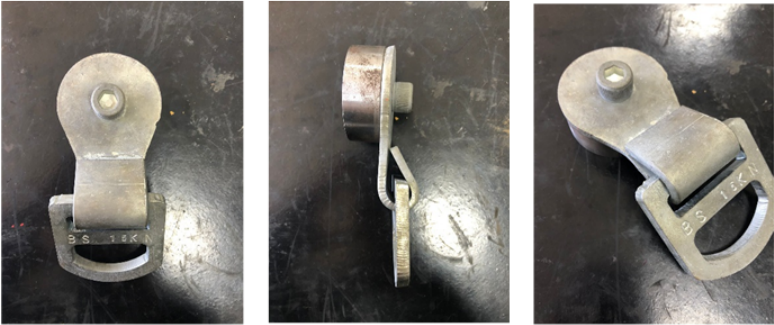
A primeira etapa da sistematização é a aquisição de dados a respeito do componente, por se tratar de um sistema de simples composição está se deu de maneira simples e breve.

Sendo assim tal projeto partiu da necessidade de se desenvolver um ponto de ancoragem que possuísse tais melhorias ou necessidades, estas que são:

- Estabelecer uma geometria que gere uma maior facilidade na fabricação
- Manter o mesmo valor final do componente original

Desta maneira foi possível então preencher a tabela com os dados do componente original. Conforme a tabela 04:

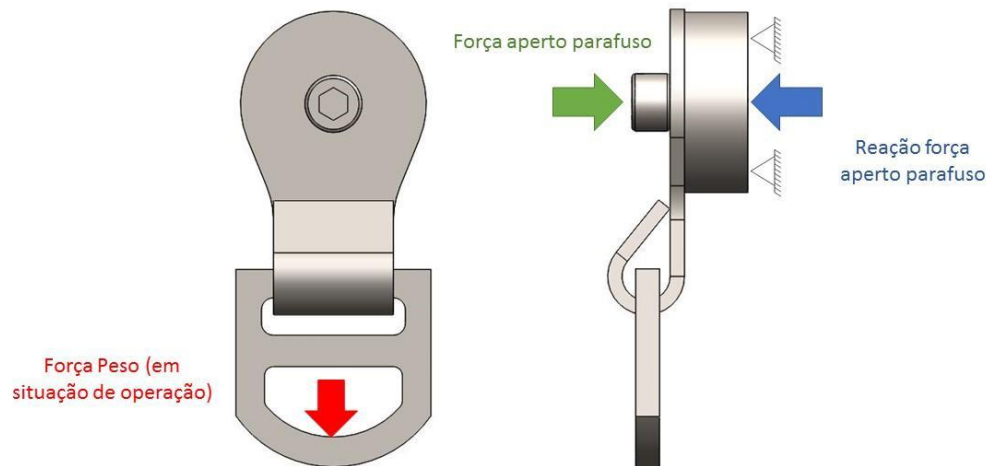
Tabela 04 - Tabela de aquisição de dados do componente devidamente preenchida

Escopo básico do projeto	
Cliente:	-
Necessidade:	*ESTABELECEM UMA GEOMETRIA QUE GERE MAIOR FACILIDADE NA FABRICAÇÃO/ MANTER MESMO VALOR FINAL DE VENDA
Dados do equipamento	
Fabricante:	-
Modelo:	-
Ano de fabricação:	-
Função principal para o qual foi projetado:	Este componente desempenha função de ponto de ancoragem para pessoas que desenvolvem trabalho sob altura em lanças de escavadeiras.
Ambiente projetado para operar:	Projetado para operar em ambiente florestal ou urbano sob condição climática ambiente que vai de -5°C a 45°C.
Medidas externas maiores:	65 X 148 X 26 (mm)
Ambiente em que opera:	Opera em ambiente florestal ou urbano sob condição climática ambiente que vai de -5°C a 45°C.
Fotos equipamento:	
Descrição básica do funcionamento do equipamento	
Capacidade do equipamento para aquilo que foi projetado:	Este componente possui capacidade de carga de 150kgf, ou seja suporta uma pessoa de massa até 150kg.

Fonte: Autor

Ademais o próximo passo da etapa um então, a análise prévia das cargas atuantes no conjunto em funcionamento teve como resultado a figura 18 a seguir:

Figura 18 - Análise prévia de cargas que agem sobre o componente



Fonte: Autor

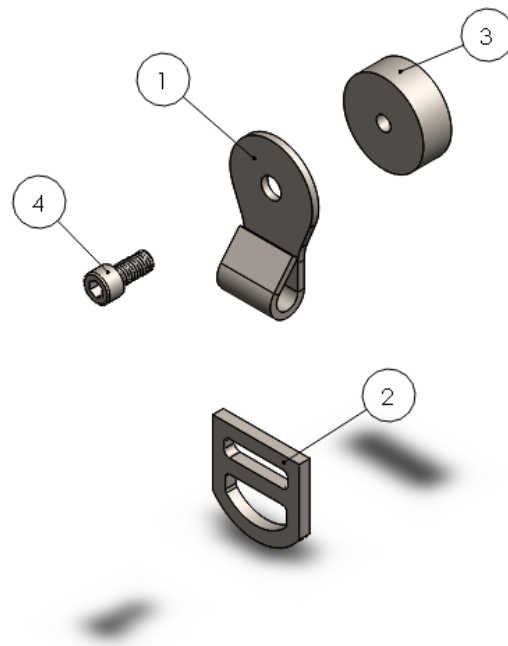
Observa-se que o componente tem um ponto de fixação que se dá na estrutura do maquinário e a carga é aplicada perpendicular ao eixo de referência do parafuso de fixação, ocasionando desta forma um possível ponto de fragilidade no parafuso, o parafuso sofre com cisalhamento e a estrutura que sob a qual está fixada sofre com esmagamento.

4.2 Teste da sistematização: Etapa DOIS (ENGENHARIA REVERSA)

Para esta etapa da aplicação da sistemática foi desenvolvido o modelo dos componentes em software de modelagem 3D, utilizando de instrumento de medição simples: paquímetro Mitutoyo 200mm analógico.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

Figura 19 - Vista explodida de todos os componentes que compõem o conjunto



Fonte: Autor

Na figura 19, observa-se que o componente em questão é subdividido em quatro peças. Estas que foram pelo autor denominadas:

- Chapa inferior de alocação do moitão (item 2)
- Chapa superior de apoio da inferior (item 1)
- Parafuso de fixação no subsistema da bolacha soldável (item 4)
- Bolacha soldável na estrutura (item 3)

Atenta-se ao fato de que após modelamento via engenharia reversa do componente este foi subdividido nas peças que o compõem. Desta maneira fica mais fácil organizar o detalhamento posteriormente.

A partir destes componentes então foi possível montar a tabela de indicação dos possíveis materiais de cada item, conforme consta a seguir, tabela 05:

Tabela 05 -Tabela de determinação prévia dos materiais que compõem o sistema

PROJETO N°	00001 (teste)
LISTA DE MATERIAIS	
COMPONENTE	MATERIAL APARENTE
CHAPA INFERIOR DE ALOCAÇÃO DO MOITÃO	Aço SAE 1020 (baixo carbono)
CHAPA SUPERIOR DE APOIO DA INFERIOR	Aço SAE 1020 (baixo carbono)
PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO SUBSISTEMA NA BOLACHA SOLDÁVEL	Parafuso 1/2" UNC X 1" (Aço médio carbono - classe de resistência 10.9)
BOLACHA SOLDÁVEL NA ESTRUTURA	Aço SAE 1045 (médio carbono)

Fonte: Autor

4.3 Teste da sistematização: Etapa TRÊS (Desenvolvimento do Projeto)

4.3.1 Esclarecimento da tarefa

A partir desta etapa será desenvolvido o projeto em si, buscando primordialmente atender as necessidades do cliente, que já foram elencadas na tabela 04..

O tópico que segue tem por função trazer uma maior clareza ao projetista o que irá auxiliar no processo criativo posteriormente.

A) Normas relacionadas ao projeto

Trata-se de um equipamento que funciona como ponto de ancoragem para trabalho em altura em maquinário florestal, logo existem algumas normas que o projeto deve atender, estas abaixo elencadas após pesquisa acerca da temática:

- Norma regulamentadora NR35 (trabalho em altura)

3. Componentes do sistema de ancoragem
3.1 O sistema de ancoragem pode apresentar seu ponto de ancoragem: a) diretamente na estrutura; b) na ancoragem estrutural; ou c) no dispositivo de ancoragem. 3.1.1 A estrutura integrante de um sistema de ancoragem deve ser capaz de resistir à força máxima aplicável

E por conseguinte nos itens 3.2.1 e 5:

3.2.1 Os pontos de ancoragem da ancoragem estrutural devem possuir marcação realizada pelo fabricante ou responsável técnico contendo: a) identificação do fabricante; b) número de lote, de série ou outro meio que permita a rastreabilidade; e c) número máximo de trabalhadores que podem estar conectados simultaneamente ou força máxima aplicável

[...]

5.1 O projeto, quando aplicável, e as especificações técnicas do sistema de ancoragem devem: a) estar sob responsabilidade de um profissional legalmente habilitado; b) ser elaborados levando em conta os procedimentos operacionais do sistema de ancoragem; c) conter indicação das estruturas que serão utilizadas no sistema de ancoragem; e d) conter detalhamento e/ou especificação dos dispositivos de ancoragem, ancoragens estruturais e elementos de fixação a serem utilizados.

Estes tópicos deverão então ser atendidos pelo projeto que irá desenvolver.

B) Patentes já existentes

Para a busca de patentes, foi realizada busca utilizando o termo “ponto de ancoragem para maquinário florestal”. A busca foi realizada no Google Patents e também no instituto nacional de patentes.

Além desta primeira busca realizou-se também procura utilizando o termo em inglês *forestry machinery anchor point*.

A busca no Google patentes utilizando o termo em português não obteve resultados exitosos. Bem como a busca no INPI, que também restou infrutífera.

Figura 20 - resultado das buscas no instituto nacional de patentes

BRASIL | Acesso à informação | Participe | Serviços | Legislação | Canais

Instituto Nacional da
Propriedade Industrial
Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI [Início | Ajuda?]

RESULTADO DA PESQUISA (09/11/2023 às 13:10:51)
Pesquisa por:
 Todas as palavras: 'PUNTO DE ANCORAGEM PARA MAQUINÁRIO FLORESTAL no Título' \
 - Nenhum resultado foi encontrado para a sua pesquisa. Para efetuar outra pesquisa, pressione o botão de VOLTAR.
AVISO: Depois de fazer uma busca no banco de dados do INPI, ainda que os resultados possam parecer satisfatórios, não se deve concluir que o Desenho poderá ser Concedido o Registro.

Dados atualizados até 07/11/2023 - Nº da Revista: 2757

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910

Fale Conosco

Fonte: Autor

A procura utilizando termo em inglês utilizando do Google patentes também restou infrutífera.

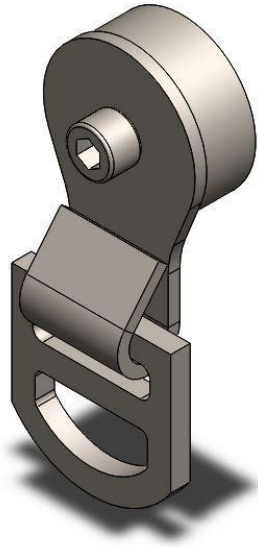
C) Necessidades do Cliente

Conforme anteriormente demonstrado na etapa um da presente sistematização, para o projeto em questão há uma necessidade no que tange ao modo de fabricação do componente e também manter o valor de aquisição pelo cliente do produto final. Desta forma as necessidades do cliente serão:

- Fabricação simplificada do componente
- Manter os custos de aquisição

A respeito do modo de fabricação, este é complexo, demanda um grande tempo de serviço fabril, uma vez que a chapa inferior de alocação do moitão deve ser alocada na chapa superior de apoio da inferior e posteriormente finalizado o processo de dobra, o que gera uma etapa custosa no processo fabril. A figura a seguir ilustra como as duas peças devem ser montadas conjuntamente.

Figura 21 - Ponto de ancoragem com todas as partes montadas



Fonte: Autor

Dando prosseguimento a segunda necessidade trazida pelo cliente é manter o custo de aquisição igual ao da peça original.

Estes serão os preceitos básicos para o desenvolvimento do projeto.

D) Requisitos do cliente

A partir das necessidades elencadas pelo cliente então, a próxima etapa é transformá-las em requisitos plausíveis e alcançáveis. Para o caso em questão existem duas necessidades do cliente, estas que se transformadas em requisitos do cliente podem ser reescritas como:

- Fabricação simplificada do componente: Alterar forma construtiva;
- Manter os custos de aquisição: priorizar baixo custo da matéria prima.

E) Requisitos do projeto

Aqui pretende-se transformar os requisitos do cliente em requisitos do projeto utilizando unidades do mundo físico real.

Utilizando dos requisitos do cliente anteriormente selecionados realizou-se a definição de grandezas físicas e métodos que corretamente se encaixam nos requisitos do cliente. Isto será utilizado para auxiliar a definir requisitos palpáveis e alcançáveis para o projeto.

- Alterar forma construtiva: Diminuir o número de processos de fabricação (tempo).
- Priorizar baixo custo da matéria prima: baixo custo de fabricação (R\$).

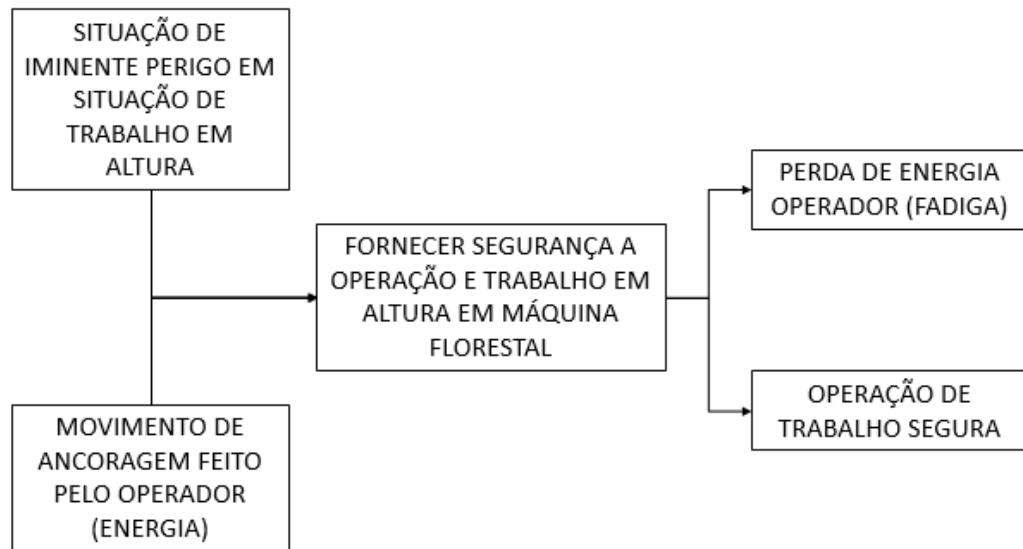
4.3.2 Concepção

A) Função global do sistema

Nesta etapa propõe-se uma função global que determine o funcionamento em etapas do sistema.

A função do componente em questão parte da situação de iminente perigo de trabalho em altura conjuntamente a um gasto de energia do operador ao alocar o moitão no ponto de ancoragem.

A partir desta entrada objetiva-se fornecer segurança para o trabalho em altura, o que terá como saída final a perda de energia do operador e uma operação de trabalho segura, cumprindo o objetivo ao qual se destina.

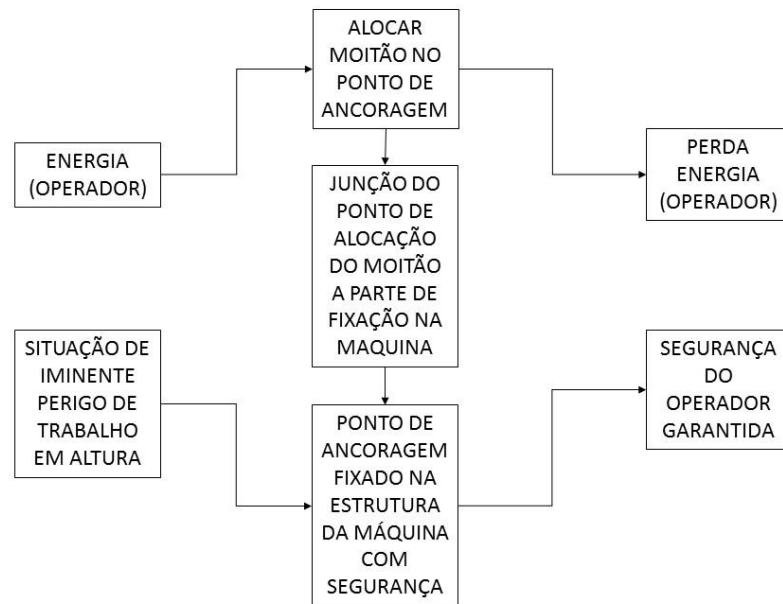
Figura 22 - Função global do ponto de ancoragem

Fonte: Autor

B) Estrutura funcional do equipamento

A partir das entradas e saídas definidas na função global do sistema a próxima etapa então foi um maior detalhamento indicando exatamente como se dá à o correto e esperado funcionamento do ponto de ancoragem.

Figura 23 - Estrutura funcional ponto de ancoragem








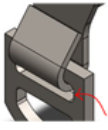






Fonte: Autor

C) Matriz Morfológica

Por fim, utilizando das atividades “Alocar moitão no ponto de ancoragem; Junção do ponto de alocação a parte de fixação da máquina; ponto de ancoragem fixado na estrutura com segurança” estabeleceu-se a matriz morfológica com as possíveis soluções.

Tabela 06 - Matriz morfológica possíveis soluções

FUNÇÃO	POSSÍVEIS SOLUÇÕES			
	A	B	C	D
Alocar moitão no ponto de ancoragem (1)	Olhal de suspensão 	Gancho com olhal 	Manilha com pino 	OLHAL OXICORTADO 
Juntar ponto de alocação do moitão e ponto de fixação na estrutura (2)	Furo roscado em chapa 	Parafusada 	Encaixe na chapa oxicortado 	Fixação na própria chapa semelhante ao original 
Fixar na estrutura da máquina com segurança (3)	Soldado 	Parafusado 	Olhal de suspensão 	Prisioneiros 

Fonte: Autor

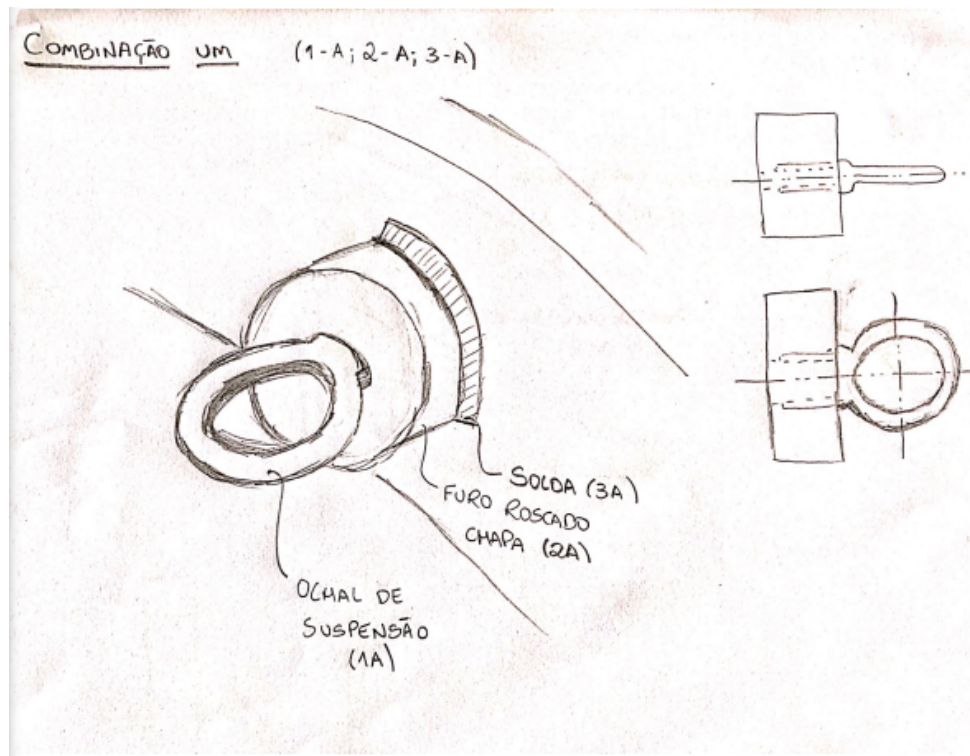
D) Combinação de soluções

Após definidas as possíveis soluções utilizando como pressuposto as etapas especificadas na estrutura funcional do equipamento

Assim sendo utilizando de critérios do próprio autor foram definidas algumas concepções prévias, estas foram desenhadas a mão para melhor se visualizar como poderiam ser montadas.

A primeira concepção partiu do pressuposto de utilizar um olhal de suspensão parafusado em furo roscado em chapa sendo soldado na estrutura do equipamento.

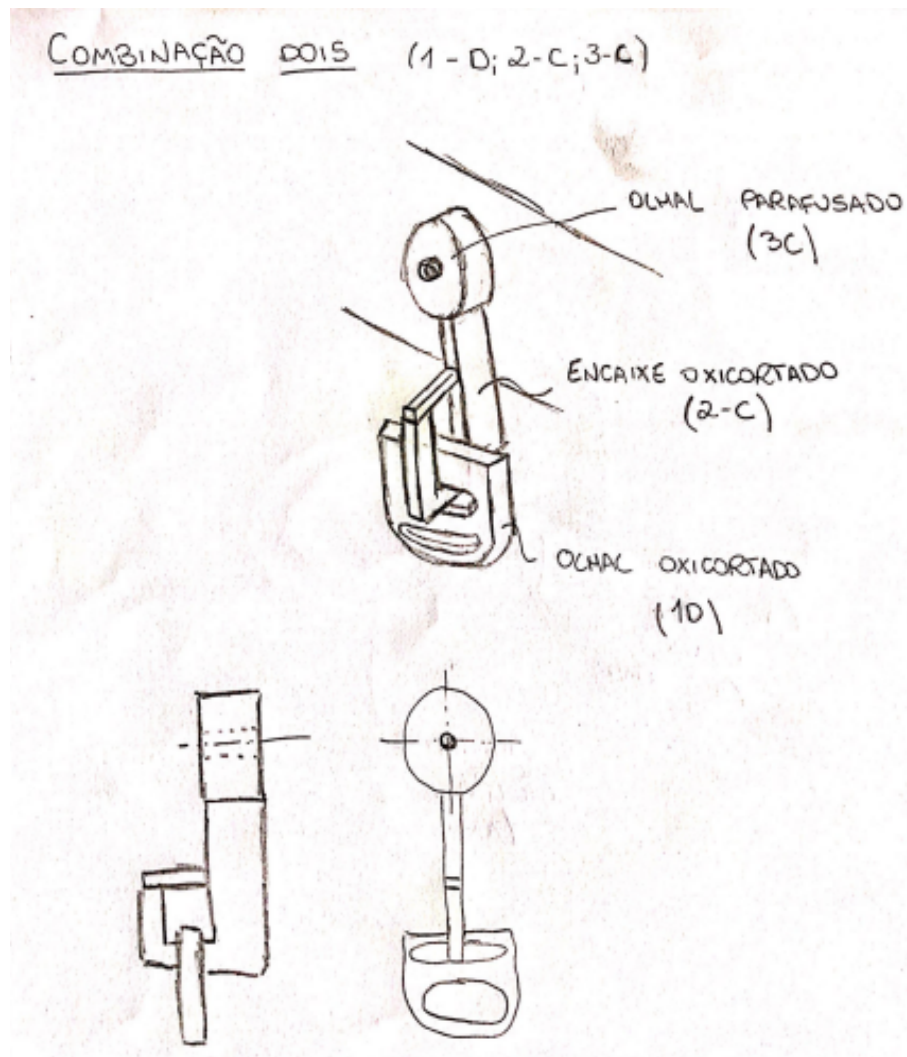
Figura 24 - Concepção UM (1-A; 2-A; 3-A)



Fonte: Autor

A concepção dois, parte da ideia de utilizar de um olhal oxicortado utilizando de encaixe na chapa oxicortado e um olhal parafusado. O que resultou no seguinte design.

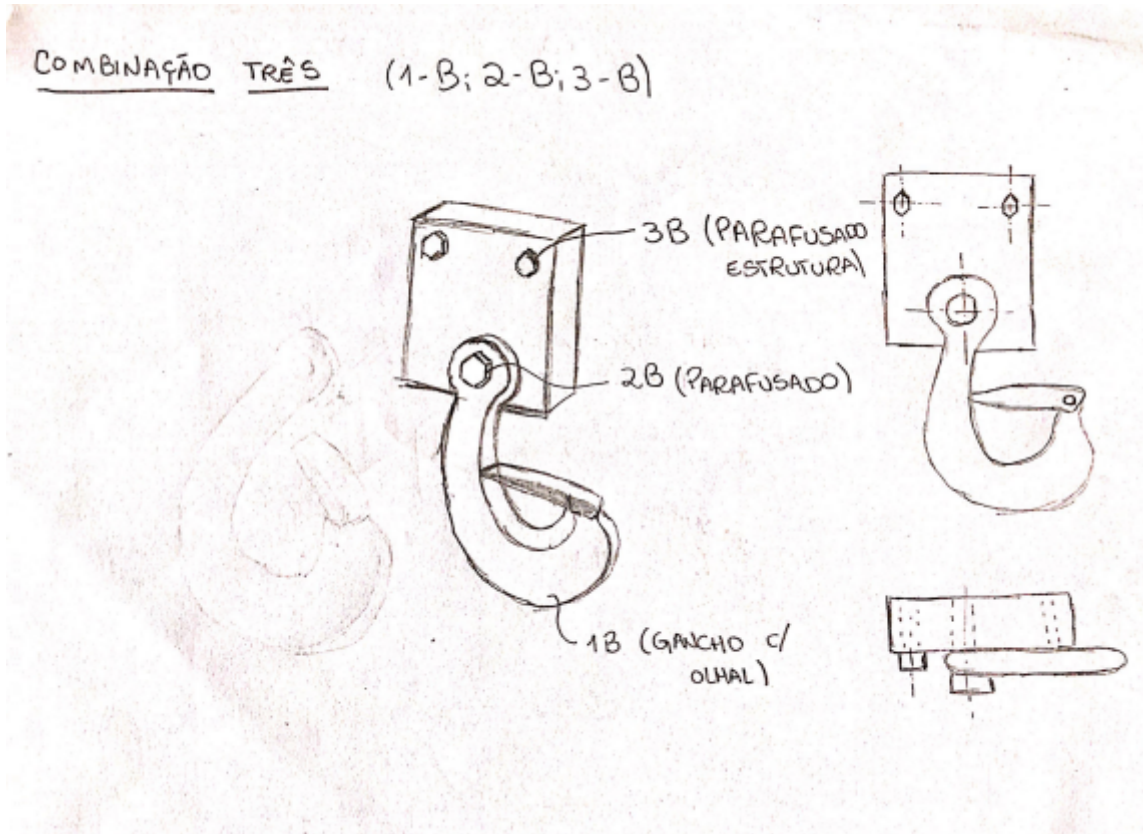
Figura 25 - Concepção DOIS (1-D; 2-C; 3-B)



Fonte: Autor

A última concepção utilizou de gancho com olhal montado parafusado a chapa e também parafusado.

Figura 26 - Concepção TRÊS (1-B; 2-B; 3-B)



Fonte: Autor

E) Seleção da concepção

Para seleção da concepção deve-se primeiramente realizar um exercício mental a respeito do componente original.

Deve-se analisar sua estrutura funcional, como é fixado ao equipamento e o quanto a concepção irá ser alterada em relação ao componente original. Que para o caso em questão funciona corretamente. Tendo como requisitos maior facilidade construtiva e também custo.

Tabela 07 - Matriz PUGH (comparação ao componente original)

REQUISITOS COMPARATIVOS (SEMELHANTE = 1 // DIFERENTE = 0)	CONCEPÇÃO UM	CONCEPÇÃO DOIS	CONCEPÇÃO TRÊS
FIXAÇÃO AO EQUIPAMENTO	1	0	0
FUNCIONAMENTO CONCEPÇÃO ORIGINAL	1	1	0
SOMATÓRIO	2	1	0

Fonte: Autor

Aqui compara-se o novo projeto ao componente original tendo como pressupostos bases, estes a serem definidos com base na análise do projetista que foram fixação ao equipamento e funcionamento em relação à concepção original.

A concepção que possuir maior somatório final será a que deverá ser escolhida.

A próxima tabela então será a matriz PUGH comparando as concepções aos requisitos do projeto, especificados em etapa anterior.

Tabela 08 - Matriz PUGH (comparação aos requisitos do projeto)

MELHOR = +1 \\ IGUAL=0\\ PIOR = -1	CONCEPÇÃO UM	CONCEPÇÃO DOIS	CONCEPÇÃO TRÊS
SIMPLIFICADA FORMA DE FABRICAÇÃO	1	-1	-1
CUSTOS MENORES DE FABRICAÇÃO	1	0	0
SOMATÓRIO	2	-1	-1

Fonte: Autor

Já para esta outra matriz o objetivo é comparar as concepções em relação aos requisitos do projeto, estes que são simplificada forma de fabricação e custos menores de fabricação.

Preenchidas as tabelas de comparação, a concepção a ser desenvolvida será escolhida com base no somatório da matriz PUGH (comparação do componente original) conjuntamente a matriz PUGH (comparação dos requisitos do projeto).

Dessa forma, o somatório ficou da seguinte maneira:

Concepção UM: SOMA = 4

Concepção DOIS: SOMA = 0

Concepção TRÊS: SOMA = -1

Assim a concepção escolhida será a um, por estar em maior concordância ao componente original e também em relação às demais.

4.3.3 Projeto preliminar

Definida a concepção do projeto, a próxima etapa da sistematização será o projeto preliminar, onde deverá ser definido os componentes e dimensioná-los.

A primeira etapa será a divisão dos subsistemas seguido do dimensionamento dos componentes que compõe cada subsistema e por fim a apresentação do leiaute final.

A) Divisão de subsistemas

Por esta sistematização estar direcionada a componentes mecânicos simples de no máximo três peças. A próxima etapa da sistematização é dividir a concepção em subsistemas para posterior dimensionamento destes.

Estes subsistemas para o projeto em questão serão

- Ponto de ancoragem do moitão: Olhal roscado
- Bolacha soldável a estrutura

B) Dimensionamento

Haja visto a arquitetura inicial do componente, a partir deste momento será realizado dimensionamento de cada subsistema.

- a) Ponto de ancoragem do moitão: Este componente deverá suportar uma carga AXIAL ao seu eixo de referência com um fator de segurança de DOIS. Ou seja, se a carga aplicável máxima for de 150kg este deverá suportar o total de:

Carga máxima a ser efetivamente suportada = 150 kgf *2 = 300kgf

Deve-se atentar ao fato de que a forma de fixação no equipamento florestal deverá ser de maneira diferente ao realizado até o momento. Devendo proporcionar com que a carga a ser aplicada seja de maneira axial, provocando no olhal roscado uma carga de tração a qual ele é dimensionado para operar. Assim será possível obter toda a capacidade de carga utilizando para isto corretamente do fator de segurança determinado.

Figura 27: Exemplo de modelo olhal roscado



Fonte: Site Parafuso fácil

Para suportar esta carga então foi selecionado o olhal roscado com rosca macho de 1/2" que suporta até 340 kgf. Sendo ideal para projeto em questão e possuindo baixo custo aquisitivo de R\$20,00 UNIT em média.

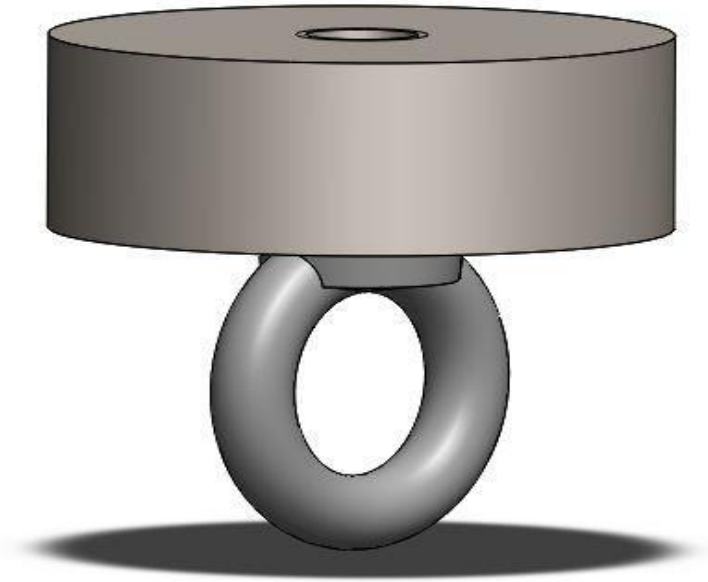
Bolacha soldável a estrutura: Este componente em questão deverá ter uma estabilidade estrutural para que seja possível dar o comprimento de soldagem necessário para suportar a carga e também possuir espessura suficiente para comportar todo comprimento de rosca do olhal.

Desta maneira mostra-se como viável utilizar a mesma bolacha já utilizada no componente original. Que irá atender a todos os requisitos.

C) Leiaute final

Definidos os subsistemas e corretamente dimensionados considerando as cargas as quais o componente deverá suportar, o resultado final do componente montado será:

Figura 28: Leiaute final ponto de ancoragem (vista isométrica)



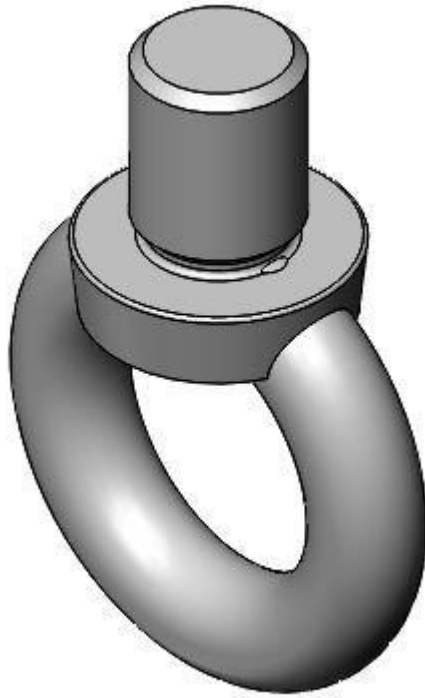
Fonte: Autor

Figura 29: Elemento bolacha soldável a estrutura



Fonte: Autor

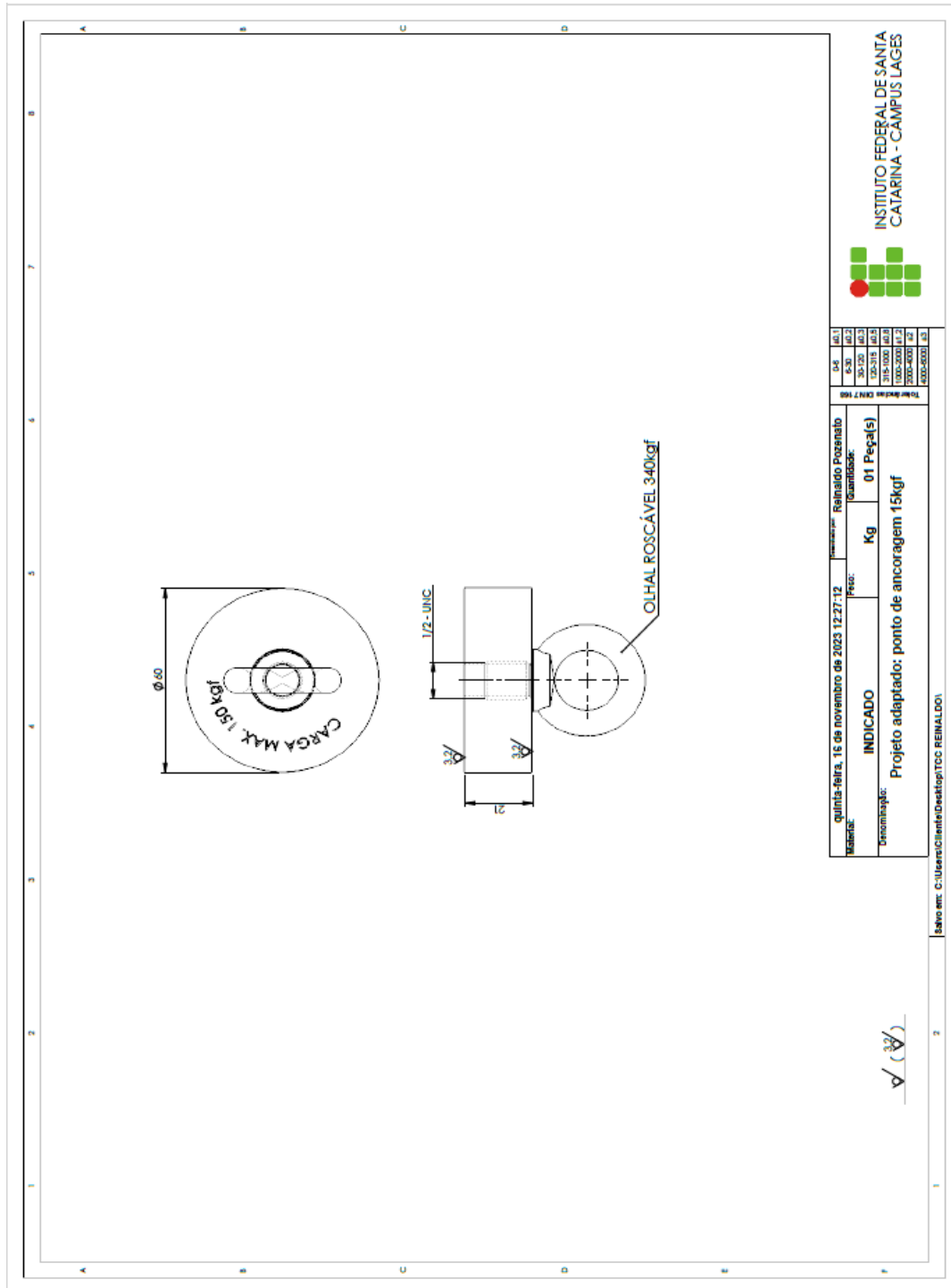
Figura 30: Olhal roscado modelamento



Fonte: Autor

4.3.4 Projeto detalhado

Figura 31: Projeto final detalhado



Fonte: Autor

4.3.5 ANÁLISE DO VALOR DE AQUISIÇÃO E NOVO FUNCIONAMENTO

Após teste da sistematização em projeto real, conforme determinado na metodologia, foi realizada então uma comparação entre valor praticado para o componente real e o novo produto. Utilizando como base para isso valores cobrados por hora em uma empresa metalúrgica da região.

Para o componente original o valor cobrado é de R\$130,00 unitário. Já para o projeto final já adaptado o valor final ficou em R\$119,96. Neste valor está incluso (10 minutos de serviço em torno mecânico convencional, 5 minutos de serviço de bancada (montagem) e 2 minutos de serviço da máquina serra fita circular para corte dos tarugos) além disso, considerada a utilização de uma bolacha de Aço SAE 1045, está pesou 0,6 kg e custou cerca de R\$6,21 e ainda há a compra olhal que custa aproximadamente R\$20. É o que melhor se observa na tabela 08 em que indica comparação entre tempo e custo da matéria prima do novo projeto em relação ao original.

Tabela 09 - Tabela de comparação custo de aquisição cliente

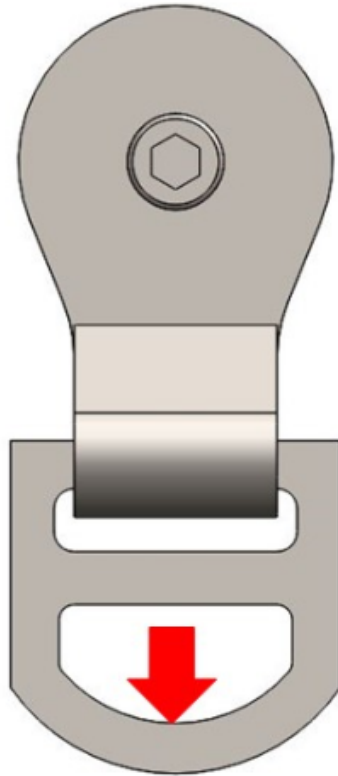
TABELA DE COMPARAÇÃO DO CUSTO DE AQUISIÇÃO CLIENTE	CUSTO AQUISIÇÃO PELO CLIENTE	TEMPO TOTAL DE MÃO DE OBRA POR PONTO DE ANCORAGEM(min)	CUSTO TOTAL MATERIAL E MATÉRIA PRIMA (R\$)
Produto original	R\$ 130,00	32	R\$ 6,21
Novo produto (projeto adaptado)	R\$ 119,96	15	R\$ 26,21

Fonte: Autor

Desta maneira, observa-se que o valor de revenda do componente se tornou mais acessível. Assim, os objetivos para os quais foram estabelecidas as necessidades do cliente foram perfeitamente atendidas. Uma vez que a forma construtiva é mais simples e de mais fácil montagem e também o valor de aquisição ficou menor do que o da peça original

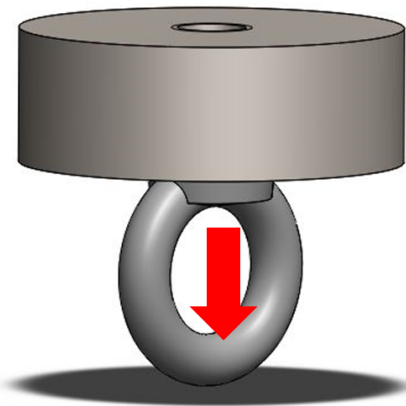
Noutro tocante, em relação a forma de utilização do novo componente, este passou por uma leve alteração, pois a carga antes aplicada radialmente ao parafuso de 1/2 polegada do projeto original passou a ter a necessidade de ser aplicada axialmente ao olhal roscado conforme as figuras 34 e 35 que comparam ambos os projetos lado a lado:

Figura 32: Projeto original indicando sentido de aplicação da carga



Fonte: Autor

Figura 33: Projeto adaptado indicando o sentido de aplicação da carga



Fonte: Autor

Assim sendo, para o novo projeto adaptado deve-se tomar certa atenção no sentido em que o componente será soldado na estrutura do maquinário, tendo este de ser sempre soldado no sentido em que a carga será aplicada axialmente ao olhal roscado.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho foi desenvolvido com a intenção de suprir a necessidade de uma sistematização de etapas simples e eficaz para elaboração de projetos mecânicos adaptativos. Para isto foi utilizado da revisão bibliográfica para tomar como fundamento as metodologias de projetos mecânicos já existentes e assim ser possível propor a que se objetivou inicialmente.

Tendo em vista o que foi preliminarmente pesquisado, a sistematização se deu em três diferentes etapas. Estas que foram:

- Aquisição de dados e análises de esforços do componente original
- Engenharia reversa do componente original
- Projeto a partir dos dados da etapa um

Definidas as etapas, foi utilizada em cada uma delas ferramentas, como tabelas e matrizes com o objetivo de simplificar o desenvolvimento do projeto. E assim por fim foi possível realizar teste e análise dos resultados com projeto de elemento mecânico real denominado ponto de ancoragem.

Após obtidos os resultados foi possível concluir que tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos foram cumpridos. E também, o teste proposto na metodologia comparando os valores de aquisição do componente original e do novo conforme demonstrado na seção 4.3.5.

Logo, os objetivos do presente trabalho foram atendidos. E ao final de todo o desenvolvimento, pode-se elencar que a sistematização organiza e enquadra as necessidades do cliente ao componente já existente original, realizando em fases posteriores comparações entre o componente original e o novo projetado, sempre possuindo como base, não alterar drasticamente a funcionalidade do componente original.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De forma geral o presente trabalho atendeu aos objetivos que se propôs a cumprir, entretanto observa-se uma lacuna no que tange ao número de peças que é possível aplicar a sistematização, a limitando de certa maneira. Assim sendo recomenda-se para trabalhos que utilizem desta temática, partir para análises e projetos adaptativos em equipamentos com mais de cinco componentes.

Além disso, para se obter uma maior visão dos possíveis problemas que podem ocorrer no decorrer do projeto se recomenda a utilização da ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Esta é uma ferramenta que possui como objetivo principal elencar quais as possíveis falhas podem ocorrer no funcionamento do componente ou conjunto.

REFERÊNCIAS

- ABELLA, R.J.; DASCHBACH, J.; MCNICHOLS, R.J. **Reverse Engineering industrial applications**. Computers and Industrial Engineering, v. 26, p. 381 - 385, 1994.
- ASIMOW, M. **Introduction to Design**. [s.l.] Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1962.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Editora Manole, 2008
- Bassini, A.; Silva, S. (2020) **Polias**.
- BUDYNAS, R. G.; J. KEITH NISBETH. Elementos de Máquinas de Shigley - 10a Edição. [s.l.] McGraw Hill Brasil, 2016.
- CORYELL, A. E. "The design process: 12 steps that turn ideas into hard-ware". Machine Design. p.154-161, 1967.
- ¹DIGITAL, O.; BERREDO, L. Engenheiro cria drone baseado em helicóptero de Leonardo da Vinci. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2022/02/03/carros-e-tecnologia/engenheiro-cria-drone-baseado-em-helicoptero-de-leonardo-da-vinci/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- ⁴Digitalização 3D - 3be. Disponível em: <<https://3be.com.br/digitalizacao-3d-scanner/>>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa. 3 ed. totalmente rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- HARMSSEN, H. Company competencies as a network: the role of product development, The Journal of Product Innovation Management. v.17, n.3, p.194-207, May. 2000.
- NORTON, R. L. Projeto de Máquinas - 4ed. [s.l.] Bookman Editora, 2013.
- NORMA REGULAMENTADORA 35. Disponível em: . Acesso em: 18 de dez. de 2023.
- PAHL, G. et al. Projeto na Engenharia. [s.l.] Editora Blucher, 2005.
- Sebrae em Dados - Metalúrgicas. Disponível em: <<https://sebraepr.com.br/comunidade/artigo/sebrae-em-dados-metalurgicas>>

SILVA, S.; ROZENFELD, H. Proposição de um modelo para avaliar a gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos. *Ciência da Informação*, v. 36, n. 1, p. 147–157, abr. 2007.

VDI 2221. *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren Technischer Systeme und Produkte*. Düsseldorf, VDI – Verlag, 1985. 35p.

WEGO WANG. *Reverse engineering : technology of reinvention*. Boca Raton, Fla.: Crc Pr, 2011.

WOODSON, T. T. *Introduction to engineering design*. New York, McGraw-Hill, 1966.