



IRALCIO JÚNIOR BASTOS AMORIM

**PROJETO CONCEITUAL DE UM ESTAMPO DE CORTE PROGRESSIVO PARA
CHAPAS METÁLICAS**

Horizontina

2012

IRALCIO JÚNIOR BASTOS AMORIM

**PROJETO CONCEITUAL DE UM ESTAMPO DE CORTE PROGRESSIVO PARA
CHAPAS METÁLICAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Valmir Vilson Beck, Esp

Horizontina

2012

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“PROJETO CONCEITUAL DE UM ESTAMPO DE CORTE PROGRESSIVO PARA
CHAPAS METÁLICAS”**

Elaborada por:

IRALCIO JÚNIOR BASTOS AMORIM

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

Aprovado em: 05/12/2012
Pela Comissão Examinadora

Esp. Valmir Vilson Beck
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Ms. Cátia Raquel Felden Bartz
FAHOR – Faculdade Horizontalina

Ms. Cesar Antônio Mantovani
FAHOR – Faculdade Horizontalina

Ms. Anderson Dal Molin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica - FAHOR

Horizontalina
2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e a todos que de alguma forma, me apoiaram durante esta caminhada.

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais e irmãos pelo apoio incondicional para que eu lutasse pelos meus objetivos, a minha esposa e minha filha que sempre me compreenderam e apoiaram aos colegas, professores e funcionários desta instituição.

“Pensar é o trabalho mais difícil que existe.

Talvez por isso tão poucos se dediquem a ele.”

(Henry Ford)

RESUMO

Para a sobrevivência no mercado, as empresas precisam encontrar meios para se manterem competitivas e para que isso aconteça, precisam voltar suas atenções para seus processos internos, criando alternativas que sejam capazes de gerar reduções em seus custos de produção e que não impactem na qualidade do produto. O desafio foi focado no setor de corte, pela flexibilidade e pelas opções de se produzir o mesmo produto de varias maneiras, atendendo os requisitos dos clientes. Foi escolhido um produto atualmente fabricado por um processo realizado por uma máquina de corte a *laser*, considerado um processo de fabricação de alto custo por unidade de base comparativa para o desenvolvimento de um projeto conceitual para a fabricação de um estampo de corte progressivo para chapas metálicas. Optou-se pelo processo de fabricação denominado convencional, que utiliza uma máquina denominada prensa hidráulica e o seu corte ocorre pelo método de cisalhamento por ser considerado um processo de fabricação de baixo custo por unidade e que se caracteriza pela homogeneidade das peças produzidas, principalmente quando se trata de produção em série. Durante a fase do projeto informacional, buscaram-se informações embasadas na revisão bibliográfica e que foram traduzidas para os requisitos dos clientes e de projeto. Partindo destas especificações na fase do projeto conceitual buscou elucidar os princípios de solução, para propor algumas concepções de produto alinhadas com as especificações de projeto. Definido os requisitos dos clientes, os requisitos de projeto e escolhida a concepção que melhor atende os requisitos dos clientes, este trabalho apresenta como resultado um projeto conceitual de estampo de corte progressivo para chapas metálicas.

Palavras-chaves: Requisitos dos clientes; Estampo; Concepção.

ABSTRACT

To survive in the business market, companies need to find ways to remain competitive and for that to happen, they need to turn their attention to their internal processes, creating alternatives that are able to generate reductions in production costs and not impacting on the quality of the product. The challenge was focused on cutting industry, the flexibility and option to produce the same item in various ways, serving customers' requirements. We chose a product currently manufactured by a process carried out by a laser cutting machine, considered a process of high cost per unit of comparative basis for the development of a conceptual design for the manufacture of a progressive stamping for cutting sheet metal. We chose the conventional manufacturing process known, which uses a machine named hydraulic press and its method of cutting occurs by shearing being considered a process of low cost per unit and it is characterized by the uniformity of the parts produced, especially when comes to series production. During the design phase the information sought was based in the literature review and were translated into customer requirements and design. Based on these specifications in the conceptual phase of the project sought to elucidate the principles of solution, to propose some concepts aligned with the product design specifications. Defined customer requirements, design requirements and selected the design that best meets customer requirements, this paper presents a conceptual design as a result of stamping for sheet metal cutting.

Keywords: Customer requirements; Stamping; Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Peça para o desenvolvimento do projeto	13
Figura 2: Demonstração dos estágios do princípio de corte por estampagem.....	16
Figura 3: Prensa Hidráulica PHEC-80ton	17
Figura 4: Estampo de corte, dobra e repuxo.	18
Figura 5: Vista em corte mostrando os elementos de um estampo.....	20
Figura 6: Artífcio empregado para reduzir a força de corte no estampo.	22
Figura 7: Espessura da matriz em unidade de mm (por outros autores).	24
Figura 8: Regra para calcular o intervalo entre peças retas numa tira	24
Figura 9: Representação esquemática da força de corte (F_c).....	25
Figura 10: Folga em função da espessura.	26
Figura 11: Folga entre punção e matriz.	27
Figura 12: Fluxo de produção de uma ferramenta de estampar.....	28
Figura 13: Fluxograma do processo de desenvolvimento de um produto.	31
Figura 14: Esquema de construção da matriz da casa da qualidade.	35
Figura 15: Etapas da fase de projeto conceitual	37
Figura 16: Proposta sugerida.	41
Figura 17: Diagrama de Mudge: grau de importância de cada requisito.	45
Figura 18: Matriz da casa da qualidade	47
Figura 19: Função Global de estampar peça.	51
Figura 20: Estrutura funcional do estampo de corte.....	51
Figura 21: Estampo de corte progressivo – Concepção proposta.	56
Figura 22: Concepção proposta com a ideia de espaço.	58
Figura 23: Detalhe da matriz de corte postiça.	58
Figura 24: Descritivo de fórmulas.	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Custo de produção e tempo de fabricação do suporte 480M1	13
Quadro 2: Etapas do projeto informacional	32
Quadro 3: Métodos utilizados na busca por princípios de solução.....	39
Quadro 4: Clientes ao longo do Ciclo de Vida do Produto	42
Quadro 5: Requisitos dos clientes por ciclo de vida do produto	43
Quadro 6: Requisitos do projeto	44
Quadro 7: Resultado dos requisitos dos clientes.	45
Quadro 8: Classificação da hierarquização dos requisitos dos clientes.	46
Quadro 9: Requisitos do projeto do terço superior	48
Quadro 10: Requisitos do projeto do terço médio	48
Quadro 11: Requisitos do projeto do terço inferior	48
Quadro 12: Especificações do projeto terço superior	49
Quadro 13: Especificações do projeto terço médio	49
Quadro 14: Especificações do projeto terço inferior	50
Quadro 15: Princípios de solução	52
Quadro 16: Combinações estrutura funcional	53
Quadro 17: Combinações técnica, julgamento da viabilidade.....	55
Quadro 18: Matriz de avaliação das concepções.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 HIPÓTESES	14
1.5 OBJETIVOS	14
1.5.1 Objetivo geral	14
1.5.2 Objetivos específicos	14
1.6 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	14
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 ESTAMPAGEM	16
2.1.1 Generalidades	16
2.1.2 Características gerais do processo	17
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CORTE	18
2.3 ELEMENTOS DO ESTAMPO DE CORTE PROGRESSIVO.....	20
2.3.1 Placa base	20
2.3.2 Placa superior e espiga	21
2.3.3 Placa porta punção e placa guia	21
2.3.4 Placa de choque	21
2.3.5 Guia de avanço	22
2.3.6 Suporte	22
2.3.7 Punção	22
2.3.8 Faca de avanço	23
2.3.9 Pino piloto	23
2.3.10 Placa matriz	23
2.3.11 Tira	24
2.4 ESFORÇO DE CORTE	24
2.5 FOLGA ENTRE PUNÇÃO E MATRIZ	25
2.6 TÉCNICA DE PROJETO PARA ESTAMPO.....	27
3 METODOLOGIA	30
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	30
3.2 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO	31
3.3 PROJETO INFORMACIONAL.....	32
3.3.1 Pesquisar informações sobre o tema	32

3.3.2 Identificar necessidade dos clientes do projeto.....	33
3.3.3 Estabelecer os requisitos do cliente	34
3.3.4 Estabelecer os requisitos do projeto.....	34
3.3.5 Hierarquizar os requisitos do projeto.....	35
3.3.6 Estabelecer os requisitos do projeto.....	36
3.4 PROJETO CONCEITUAL	36
3.4.1 Verificação do escopo do problema.....	38
3.4.2 Estabelecer a estrutura funcional.....	38
3.4.3 Pesquisar por princípios de solução.....	38
3.4.4 Combinar princípios de solução	39
3.4.5 Selecionar combinações	39
3.4.6 Evoluir em variantes de concepção.....	39
3.4.7 Avaliar concepções.....	40
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	41
4.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto	41
4.1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto.....	42
4.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes	42
4.1.4 Estabelecer os requisitos do projeto.....	43
4.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto.....	44
4.1.6 Estabelecer as especificações do projeto	49
4.2 PROJETO CONCEITUAL	50
4.2.1 Verificar o escopo do problema.....	50
4.2.2 Estabelecer a estrutura funcional.....	51
4.2.3 Pesquisar por princípios de solução.....	52
4.2.4 Combinar princípios de solução.....	53
4.2.5 Selecionar combinações	54
4.2.6 Evoluir em variantes de concepção.....	55
4.2.7 Avaliar concepções.....	56
4.2.8 Concepção do produto	57
5 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
APÊNDICE A - RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS MATERIAIS	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Este trabalho apresenta os resultados do desenvolvimento do projeto conceitual de um estampo de corte progressivo para estampagem de chapas metálicas, produzidas em uma indústria metal mecânica de Santa Rosa/RS.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A elaboração do trabalho foi motivada pela necessidade da empresa Mega Metal Mecânica Ltda em encontrar uma alternativa viável para resolver um dos problemas que vem enfrentando no seu processo produtivo, mais especificamente no Setor de Corte a Laser. A empresa possui somente uma máquina de Corte a Laser e sua capacidade produtiva está esgotada, gerando atrasos de entrega e em consequência, insatisfação de seus clientes pelo não cumprimento no atendimento dos seus pedidos, nas suas datas programadas.

Levantadas estas questões, realizou-se um estudo interno para analisar a possibilidade de utilizar um processo de fabricação alternativo que a empresa dispõe e que não esteja com sua capacidade produtiva esgotada. Este processo deveria possibilitar a produção da peça selecionada dentro do padrão exigido pelo cliente e liberar tempo de máquina no processo atual. A partir destas informações, verificou-se a possibilidade de desenvolver um projeto conceitual de um estampo de corte progressivo e a possibilidade de que possa servir de parâmetro de referência para a fabricação de peças similares.

Diante do exposto, esse trabalho pretendeu responder as seguintes questões:

Era possível alterar o processo atual de fabricação da peça atendendo aos requisitos do cliente? O novo processo de fabricação ofereceria vantagens e quais seriam estas vantagens?

1.3 JUSTIFICATIVA

Para uma empresa se manter competitiva frente a concorrência nacional e internacional é preciso dominar seus processos produtivos e estar constantemente buscando soluções eficazes, bem como, o desenvolvimento de novos processos que possibilitem a fabricação de seus produtos em menor tempo, buscando o melhor custo de produção e o melhor aproveitamento de recursos materiais.

Conforme mencionado por Provenza (1989), a finalidade de uma indústria é produzir com qualidade e preços competitivos.

Dentro dessa premissa foi analisado como alternativa desenvolver um estampo de corte progressivo para chapas metálicas, que obtenha como resultado uma redução de custo de fabricação na produção da peça mostrada na Figura 1.

Figura 1: Peça para o desenvolvimento do projeto.



Fonte: O autor.

Atualmente a operação de corte da peça está sendo executada em uma máquina de corte a laser, o custo de produção e o tempo de fabricação estão apresentados no Quadro 1. A nova proposta visa substituir a operação de corte a laser por um processo convencional, realizando-a em uma prensa hidráulica com capacidade de 80 toneladas.

Quadro 1: Custo de produção e tempo de fabricação do suporte 480M1.

ITEM	PROCESSO ATUAL
Suporte 480M1	CORTE LASER
Tempo de corte/peça	34seg
Produção em 2011	13000 peças
Custo total em 2011	R\$ 9620,00

Fonte: O autor.

Os dados do quadro foram extraídos do sistema gerencial da empresa e o período da análise é entre 01/01/2011 e 31/12/2011.

Este projeto contempla aprendizados teóricos e práticos relacionados com o Curso de Engenharia Mecânica, enfocando principalmente, os Componentes Curriculares de: Desenhos I e II, Elementos de Máquinas I e II, Processos de Fabricação I e II e Projeto de Produto I e II.

1.4 HIPÓTESES

- a) A prensa hidráulica disponível vai atender ao trabalho proposto?
- b) A estampagem da peça vai ser realizada em um ou mais estágios?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo geral elaborar o projeto conceitual de um estampo de corte progressivo para chapas metálicas, visando redução de custos e liberação de tempo de máquina no processo de corte a laser.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Conceituar estampo de corte progressivo;
- Definir o modelo do estampo aplicável a situação;
- Definir a força de corte necessária para a fabricação da peça e verificar a possibilidade de estampar na máquina disponível na empresa;
- Esboçar o estampo de acordo com o projeto conceitual.

1.6 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho pretende apresentar uma solução para o problema enfrentado pela empresa no setor de corte que é a falta de disponibilidade de corte laser. O conhecimento aprofundado do processo de estampo, suas características, seus elementos será determinante para o desenvolvimento do projeto informacional, cuja

abrangência e detalhamento são oriundos de fontes de dados confiáveis, com isso possibilitando desenvolvimento do projeto conceitual de um estampo de corte progressivo.

Por ser um projeto conceitual ficam isentados os detalhes dimensionais de seus componentes, seus posicionamentos exatos no espaço suas especificações técnicas detalhadas e as definições específicas dos materiais de construção dos mesmos.

Este trabalho é uma fonte de informação para uma posterior sequência de projeto, onde o conceito definido poderá ser detalhado ou mesmo aprimorado.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos, seguindo uma ordem cronológica de desenvolvimento dos assuntos, visando facilitar o entendimento ao leitor.

No capítulo 1, apresenta-se o problema de pesquisa, a justificativa, suas hipóteses, os objetivos e as delimitações do trabalho.

No capítulo 2, descreve-se o referencial teórico pesquisado para elaboração do projeto de produto, contendo informações necessárias para o entendimento de um estampo de corte progressivo como características do processo, classificação das ferramentas de corte, e mais detalhadamente os elementos de um estampo de corte progressivo.

No capítulo 3, apresenta-se um resumo da metodologia utilizada no desenvolvimento de um projeto de produto. Neste capítulo está contemplada a fase do projeto informacional, e a fase do projeto conceitual.

No capítulo 4, estão apresentados em forma de resultados o estudo do capítulo anterior, enfatizando algumas ferramentas como QFD, que auxilia as transformações das necessidades dos clientes em características mensuráveis, diagrama de Mudge, que é uma matriz de comparação de requisitos entre outras. Os estudos estão em ordem cronológica.

E por fim, no último capítulo, apresentam-se as conclusões da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo refere-se aos assuntos relacionados a fundamentação teórica para elaboração do projeto conceitual, enfatizando os principais pontos a serem considerados na fabricação de um estampo de corte progressivo para chapas metálicas.

2.1 ESTAMPAGEM

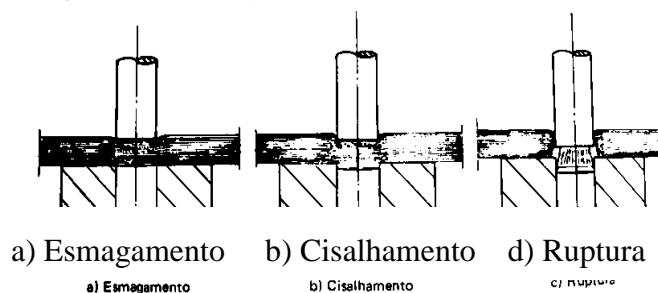
2.1.1 Generalidades

Entende-se por estampagem no ramo da mecânica, o processo de fabricação utilizado para dar forma a um produto e os materiais mais utilizados são chapas metálicas feita com as ligas de aço de baixo carbono, aços inoxidáveis, ligas de alumínio e manganês, entre outros materiais que permitem estampabilidade.

Segundo Chiaverini (1986), a estampagem é um processo de conformação mecânica que compreende as seguintes operações: corte, dobramento e encurvamento que são normalmente realizados a frio e estampagem profunda que pode ser realizada a frio ou a quente.

O princípio de estampagem conforme Chiaverini (1986), se dá sob a ação de uma ferramenta denominada de punção de corte que exerce pressão sobre uma chapa fixa denominada matriz. Esta pressão é exercida sobre o punção de corte que é móvel no sentido vertical contra uma chapa metálica que está sobre a matriz fixa esta chapa metálica passa por três fases conforme mostrada na Figura 2, considerando a chapa antes de ser furada.

Figura 2: Demonstração dos estágios do princípio do corte por estampagem.



Fonte: Brito (1981, p.14).

2.1.2 Características Gerais do Processo

O processo de estampagem em geral é realizado com auxílio de dispositivos denominado de estampo que instalados em máquinas denominadas de prensas do tipo mecânicas ou hidráulicas, dotadas ou não de dispositivo de alimentação automática de chapas, bobinas ou tiras cortadas é capaz de produzir peças de formas geométricas variadas.

As prensas são máquinas conforme Polack (1974), capazes de proporcionar uma forte pressão, aproveitando a energia potencial acumulada mecanicamente, ou por meio de algum fluido, em energia cinética transferida ao estampo, placa ou chapa através da energia mecânica. As prensas são utilizadas, principalmente na metalúrgica básica e na fabricação de produtos de metal, as operações que executam são denominadas de corte, ou conformação. A Figura3 ilustra uma prensa hidráulica.

Figura 3: Prensa Hidráulica PHEC-80ton.



Fonte: Máquinas FKL (2012).

Os estampos são os dispositivos “ferramentas” que quando em conjunto com as prensas permite a transformação da chapa “matéria prima” na forma desejada. É uma excelente forma de produzir peças com homogeneidade, levando em consideração a produção em série.

Os estampos pelas operações que executam podem ser do tipo: Furar, cortar, repassar, calibrar, cunhar, dobrar entre outros.

Figura 4: Estampo de corte, dobra e repuxo.



Fonte: Parkfer (2012).

Conforme Provenza (1989), as operações fundamentais de estampagem são: Corte, Dobra e Repuxo. As operações que são geralmente feitas a frio são de corte e dobra, e o repuxo por sua vez é feito a frio ou a quente conforme o caso.

De acordo com os processos de estampagem, as operações podem ser classificadas conforme cita Polack (1974) em:

- a) Corte e puncionamento: Entende-se por corte e puncionamento a perfuração de uma chapa mediante um punção ou macho que penetra em um orifício de sua mesma forma em uma placa chamada matriz, em principio, a espessura da chapa a ser cortada deve ser igual ou menor que o diâmetro do punção, e as peças obtidas deste processo, podem ser submetidas a uma operação posterior.
- b) Curvatura e dobragem: Entende-se por curvar e dobrar chapas o dar-lhes uma forma de superfície curva, ou fazer com que uma chapa forme dois ou mais planos separados por ângulos vivos. A chapa sofre uma deformação por flexão, a forma da peça é conferida geralmente, de duas peças tais que o perfil de uma é igual ao contra perfil da outra.
- c) Embutimento de chapas: Consiste em dar-lhe a chapa uma forma oca, sem que haja aparecimento de rugas e trincas, tal como vasos, painéis, etc., este processo é realizado a frio e, dependendo da forma final da peça é realizado em uma ou mais fases de conformação.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CORTE

No processo de estampagem as ferramentas de corte conforme mencionado por Provenza (1989), podem ser classificadas pela feitura, pela função e pela produção:

- a) Pela feitura, são classificadas em:
- Aberta: os estampos abertos permitem trabalhar com chapas de diversas espessuras, proporcionando produto com precisão de 2mm;
 - De corte Guiado: com pino de encosto, simples ou progressiva de uma etapa e centradores, proporcionando ao produto uma precisão de $\pm 0,08$ mm. os pinos aumentam a precisão do produto pois mantem as tiras firme e centralizadas;
- b) Pela função, são classificadas em:
- Corte Progressivo: com facas de avanço, que proporcionam ao produto dependendo do número de etapas uma precisão de $\pm 0,08$ a $0,15$ mm;
 - Corte Total ou de Bloco: Proporciona ao produto uma precisão de $\pm 0,025$ mm;
- c) Pela produção, são classificadas em:
- Grande;
 - Média;
 - Pequena.

Para melhor entendimento de uma ferramenta de estampagem Provenza (1989) ainda classificou estas ferramentas de acordo com sua função, com os recursos técnicos empregados no seu projeto e conforme a demanda de produção, em três grandes grupos:

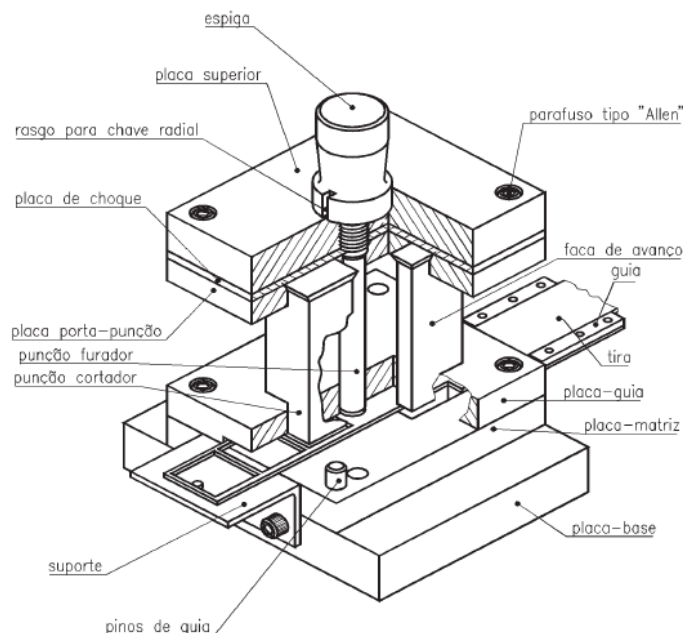
- a) De acordo com as operações que executam como: furar, cortar, repassar, calibrar, dobrar, formar, cunhar, recalcar, repuxar, injetar... e ainda dentro destas operações são separadas em operações simples quando executa apenas uma operação, combinada executa duas ou mais operações ao mesmo tempo e progressivas que executam operações sucessivas com o avanço da fita;
- b) Dos recursos técnicos empregados na elaboração do projeto como: guias para a chapa, guias para os punções, guias para o cabeçote, facas de avanço, facas auxiliares para corte de sobra, automatismo de alimentação de matéria prima, entre outros;
- c) Conforme necessidade de produção como: grande, média, pequena.

2.3 ELEMENTOS DO ESTAMPO DE CORTE PROGRESSIVO

Conforme Brito (1981), estampo progressivo, é o tipo de ferramenta na qual a peça tende sempre a avançar progressivamente sendo composto primeiramente de elementos comuns e por fim por de elementos específicos responsáveis pelo formato da peça a produzir.

A seguir, a figura 5 nos mostra os elementos de uma ferramenta de estampo e algumas características dos elementos empregados na sua construção conforme segue.

Figura 5: Vista em corte mostrando os elementos de um estampo.



Fonte: Provenza (p.2.01).

2.3.1 Placa Base

A placa base, é a parte do estampo que fixa o conjunto à mesa da prensa, serve de apoio à placa matriz é fixada por parafusos e pinos guias tem a função de eliminar o choque direto entre a matriz e a mesa, as partes laterais da placa base servem de base para fixar o estampo na mesa da prensa e deve ser observado para não ficar nos lados de entrada ou saída da tira, na sua parte inferior normalmente

faz-se um canal em toda sua extensão para tirada de retalhos para este dimensionamento, não se tem uma regra geral, mas sim utiliza-se o bom senso. O material indicado para placa base é o aço (1020 a 1040) ou o ferro fundido;

2.3.2 Placa Superior e Espiga

A placa superior e a espiga, são os elementos que sustentam o conjunto móvel do estampo, serve para centralizar todo o conjunto na prensa, e quando o estampo não utiliza espiga a placa superior serve para a fixação na máquina por intermédio de calços, para seu dimensionamento pode ser usado o mesmo material da placa base. O material indicado é o aço (1020 a 1040) e ferro fundido;

2.3.3 Placa Porta Punção e Placa Guia

A placa porta punção, tem a função de manter os punções nos seus devidos lugares, possui rebaixos ou escariados que servem de alojamento para a cabeça do punção servindo como sustentação e guia. A placa guia tem a função de guiar os punções cortadores e cunhas nas cavidades cortantes da matriz e também de soltar a tira que se prende nos punções, a placa guia é fixada por parafusos tipo allen. O material indicado é o aço (1010 a 1040). Conforme Brito (1981), a espessura do porta-punção é primordial, sendo considerado no mínimo 0,25 do comprimento do punção.

2.3.4 Placa de Choque

A placa de choque tem a função de receber choques produzidos pela cabeça dos punções no momento em que eles furam ou cortam a chapa, torna-se necessária a sua aplicação, conforme Brito (1981), quando a força do punção dividida pela área de apoio da cabeça do punção for superior à tensão de compressão do material do cabeçote, a espessura da placa de choque pode variar dentro da faixa de 5 a 8 mm. O material indicado é aço (1040 a 1070), temperada e retificada

2.3.5 Guia de Avanço

A guia tem a função de guiar a tira de material a ser cortado. O material indicado é aço (1040 a 1060), não havendo obrigatoriedade de tratamento térmico.

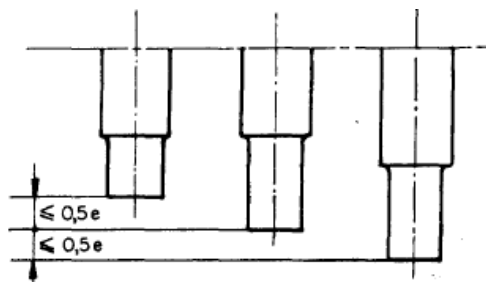
2.3.6 Suporte

O suporte é um simples apoio confeccionado com material comum (ABNT 1010), fixado na parte inferior do estampo no lado oposto da entrada do material e é utilizado para apoiar a tira em caso de estampos progressivos ou na estampagem de peças de dimensões elevadas.

2.3.7 Punção

O punção tem como finalidade executar o corte introduzindo-se nos orifícios da matriz, e trabalha perpendicular à face da matriz. É feito de uma peça inteira quando de forma simples, normalmente a superfície inferior é completamente plana, contudo pode ter a sua superfície inferior inclinada para casos que necessite reduzir a força de corte. Para se obter um bom corte o punção e a matriz devem ter uma folga adequada, pois dessa folga depende a qualidade do produto. Os punções com fio de corte inclinado segundo Provenza (1989) diminuem a força de corte em até 60% e outro artifício para reduzir a força de corte é o escalonamento dos punções. A Figura 6 mostra o escalonamento entre três punções.

Figura 6: Artifício empregado para reduzir a força de corte na estampagem.



Fonte: Provenza (1989, p.435)

O material indicado para sua construção são aços especiais.

2.3.8 Faca de Avanço

A faca de avanço tem com finalidade limitar o passo da tira é um punção cuja largura equivale ao passo da matriz, as facas de avanço se aplicam em peças de espessura de 0,2 até 4mm.

2.3.9 Pino Piloto

O pino piloto tem por finalidade ajustar o avanço a que uma determinada tira é submetida. É aplicado geralmente em estampos nos quais o avanço é regulado por encosto, mas quando se utiliza as facas de avanço para controlar o passo, não é necessário a sua utilização.

2.3.10 Placa Matriz

A placa matriz é o inverso do punção podem ser inteiriça ou seccionada, na confecção da placa matriz deve ser considerado o ângulo de escape, a espessura, o perfil e a folga entre o punção e a matriz. O material indicado para sua construção são os aços especiais. Conforme Provenza (1989), a força proveniente do punção se distribui ao longo dos gumes da matriz de forma que se não tiver espessura suficiente, acabará estourando.

A Figura 7 demonstra de forma simplificada a definição da espessura da matriz, aplicada para estampos de peças que tenham perfil até 1000 mm de perímetro.

Figura 7: Espessura da matriz em unidade de mm (por outros autores).

e \ p	p							
	até 100	100 – 150	150 – 200	200 – 300	300 – 400	400 – 500	500 – 650	650 – 1000
0 – 0,5	16	16	18	18	20	22	24	26
0,5 – 1	16	18	18	20	22	24	26	28
1 – 1,5	18	18	20	23	26	28	30	32
1,5 – 2	19	20	22	24	27	30	32	35
2 – 2,5	20	22	24	27	30	32	34	38
2,5 – 3,5	22	24	27	31	34	37	40	45
3,5 – 6	27	33	33	38	42	45	48	53

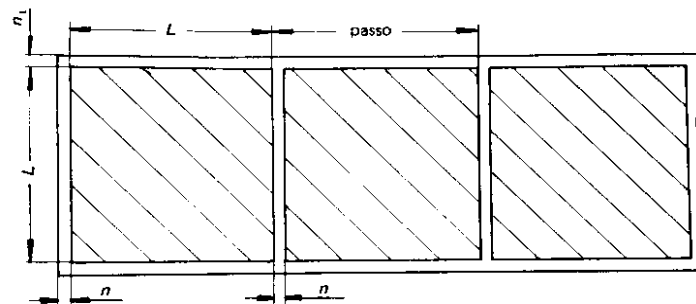
e espessura p perímetro

Fonte: Provenza (1989, p. 452).

2.3.11 Tira

A tira é o nome que se dá ao material a ser cortado, convém aproveitar ao máximo esse material, e para diminuir esta perda Brito (1981), apresenta na Figura 8 duas formulas válidas para formato de peças retas.

Figura 8: Regra para calcular o intervalo entre peças retas numa tira.



Seqüência de peças retas.

$$n \approx 1,5 \times e_1$$

$$n_1 \approx 1,6 \times e_1$$

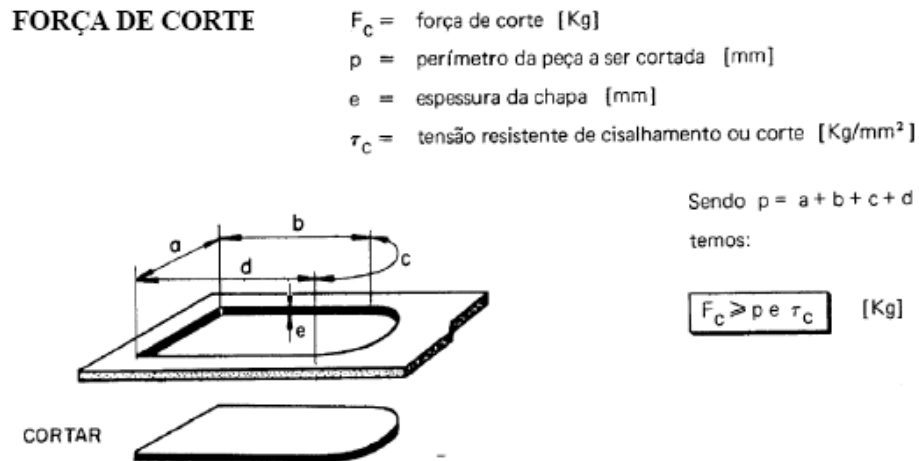
Fonte: Brito (1981, p. 19).

2.4 ESFORÇO DE CORTE

Conforme Brito (1981), para que se possa furar a peça é necessária que a prensa atenda as condições exigidas pelo processo, exercendo uma pressão superior à resistência calculada esta pressão depende de vários fatores como:

espessura do material, perímetro a ser cortada, resistência do material, entre outros, essa pressão é denominada de força de corte (F_c) conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9: Representação esquemática da força de corte (F_c).



Fonte: Provenza (1988, p. 12.01).

Outro fator importante mencionado por Brito (1981) é que, os punções e as matrizes são as partes mais importantes do estampo, e um parâmetro importante para o projeto da ferramenta de estampo é a folga entre o punção e a matriz determinada em função da espessura e do material da chapa, e por regra geral a espessura da chapa a ser cortada deve ser igual ou menor que o diâmetro do punção. No Apêndice A, encontra-se a tabela de resistência ao cisalhamento.

A capacidade da prensa não deve ser justamente igual à força de corte, mas deve-se deixar certa margem para ter em conta os atritos e demais resistências passivas, quando empregado molas extratoras ou dispositivos semelhantes deve ser levado em conta sua força e somá-la a força de corte, assim podemos verificar o esforço total que deve fazer a prensa, e ainda para grandes cortes, conforme Polack (1974), pode-se escalonar o corte e diminuir a força requerida em cada instante.

2.5 FOLGA ENTRE PUNÇÃO E MATRIZ

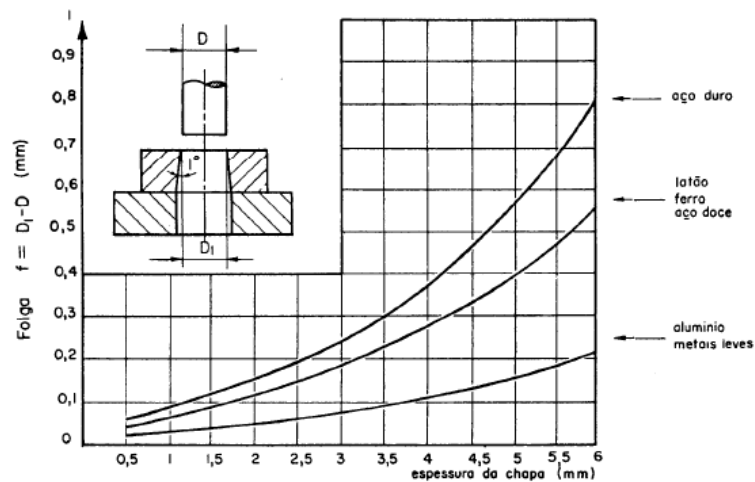
Como mencionado anteriormente os punções e a matriz constituem os elementos fundamentais de uma ferramenta de estampo, pois eles são responsáveis por dar a forma desejada as peça, e para estes elementos ter um bom desempenho

deve existir folga entre eles, esta folga depende da espessura da chapa e do tipo de material a ser usado. Conforme Brito (1981), o motivo de construir o punção e a matriz com uma determinada folga, vem imposto pela necessidade de:

- 1º Reduzir as forças de corte;
- 2º Aumenta a durabilidade do estampo;
- 3º Produzir peças com relativas tolerâncias.

Provenza (1988) demonstra de forma simplificada na Figura 10 a folga do punção e da matriz em função da espessura a ser cortada.

Figura 10: Folga em função da espessura.



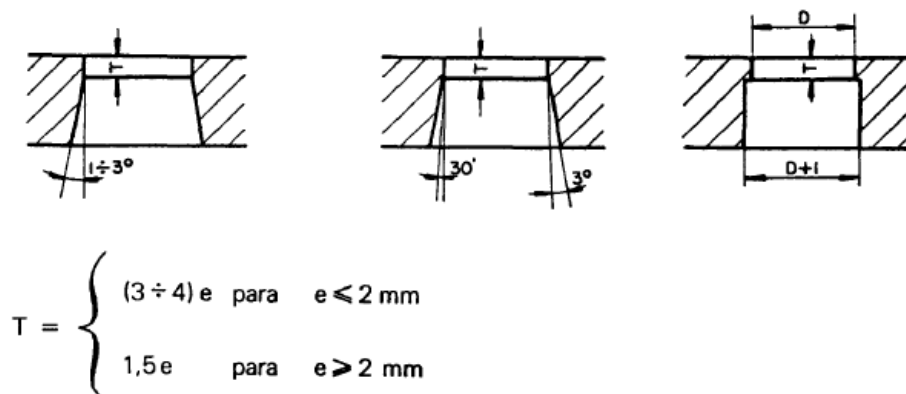
Fonte: Provenza (1988, p. 9.09).

O desgaste da matriz e do punção será menor, quando a folga for bem determinada.

A folga quando excessiva pode ocasionar deformação e conicidade no bordo do produto, rebarbas nos contornos do produto e do retalho, e quando insuficiente pode ocasionar maior esforço sobre a matriz, chegando ao ponto de trincar a matriz e quebrar o punção.

Na Figura 11, apresenta-se detalhadamente o ângulo de escape e o acréscimo da matriz, que tem a função de facilitar a saída do retalho, aliviando os segmentos de corte.

Figura 11: Folga entre punção e matriz.



Fonte: Provenza (1989, p. 4.42)

2.6 TÉCNICA DE PROJETO PARA ESTAMPO

A eficiência de uma ferramenta de estampagem depende de alguns fatores como um bom projeto, fazer a escolha correta do material empregado na fabricação de seus elementos e do grau de acabamento superficial, e quanto mais rígida for a tolerância, maior será o custo de fabricação do estampo.

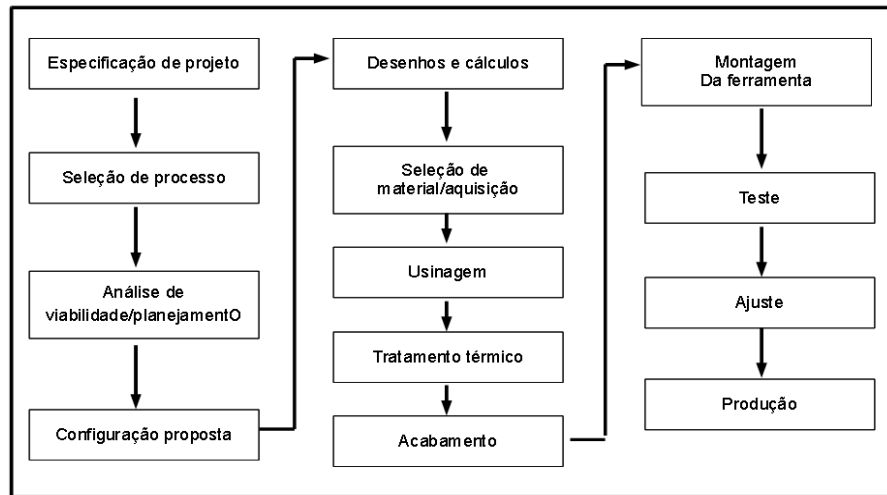
Segundo Dinsmore e Cavalieri (2004), um projeto é um empreendimento, com início e fim determinado, que utiliza recursos e é gerenciado por pessoas, e, se caracteriza por ser:

- Temporário: quando o projeto tem um início e um fim definidos e só termina quando seus objetivos são atingidos;
- Único: quando o produto gerado por um projeto é diferente de outros produtos e não foi realizado anteriormente;
- Progressivo: conforme o projeto é mais bem compreendido, maior é o seu detalhamento.

Conforme Silveira (2008), para projetar uma ferramenta de estampagem é preciso estabelecer uma seqüência de etapas de trabalho, os problemas práticos que podem ser encontrados na fabricação dos estampos são diversos. Um estudo de viabilidade técnica e econômica do projeto também deve ser executado, considerando os seguintes fatores: seleção da prensa, custos de produção e ferramental necessário para produzir o estampo. A configuração da ferramenta é

estudada em seus detalhes, assim definindo o sistema para elaboração dos desenhos e cálculos de projeto definitivo. Todas as etapas para produção de um estampo estão mostradas na Figura 12.

Figura 12: Fluxo de produção de uma ferramenta de estampar.



Fonte: Adaptado de Silveira (2008, p.02).

Uma das etapas mais importantes, segundo Silveira (2008) é a determinação do material a ser utilizado, de acordo com a função que a ferramenta irá desempenhar. Esta escolha é mais criteriosa no punção e na matriz, pois estes elementos entram em contato direto com a chapa e esta seleção, segue conforme a definição de alguns fatores:

- a) Segundo o tipo de estampo: ou seja, se é de corte, dobra ou embutimento;
- b) Segundo a temperatura: a qual deve operar o estampo, a frio ou a quente;
- c) Segundo o tipo de material: sobre o qual a ferramenta irá atuar.

Após definidas as etapas, começa-se a produção dos elementos da ferramenta de estampagem, que normalmente envolve operações de usinagem (torneamento, furação, fresamento, etc...) que podem ser realizadas internamente pela empresa ou compradas de terceiros, só então, após produzidos os elementos e realizados os acabamentos finais, realiza-se o tratamento térmico com o objetivo de aumentar a dureza e a resistência mecânica dos elementos que atuam sobre a chapa. Concluído o tratamento térmico, os elementos passam por um novo estágio

de acabamento e após, é realizada a montagem da ferramenta, sendo testada e ajustada para posterior liberação para a área de produção em série.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo aborda alguns conceitos e metodologias utilizadas para cumprir com os objetivos propostos do trabalho. A metodologia usada é o resultado do estudo bibliográfico de vários autores e tem por finalidade fundamentar as etapas do desenvolvimento de um produto, de maneira que facilitem seu entendimento.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Por se tratar de um projeto conceitual para fabricação de um estampo de furação e corte progressivo para chapas metálicas, o desenvolvimento do trabalho tem as características de pesquisa exploratória, pois tem como primeiro objetivo a familiaridade acerca do assunto tratadas sendo as técnicas utilizadas os estudos de caso, bem como pesquisa bibliográfica que serão apresentadas até a fase do projeto conceitual.

A pesquisa exploratória é realizada sobre um problema ou questão, e tem como objetivo oportunizar maior familiaridade com o assunto, o objetivo principal desse estudo é o aprimoramento de idéias ou hipóteses, conforme Gil (2002), seu planejamento é, portanto bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

Para Gil (2002), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já estudado como livros e artigos científicos de diversos autores sobre o mesmo assunto sendo usado como base para solução do problema, este tipo de estudo tem como vantagem a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais abrangente do que aquela que poderia pesquisar diretamente, pois em muitas situações não se tem outra maneira de conhecer os fatos se não com base em dados bibliográfico adequados.

Back (1983) cita que o projeto é uma atividade cognitiva, fundamentada em conhecimento e experiência, à busca de ótimas soluções técnicas para resolução de problemas pode ser formulado como o ato, de planejar e desenvolver uma peça ou um sistema para atender às necessidades pré-estabelecidas.

Levando em consideração os conceitos mencionados por Forcellini (2002) que projetar produtos industriais requer esforço intelectual e para que o

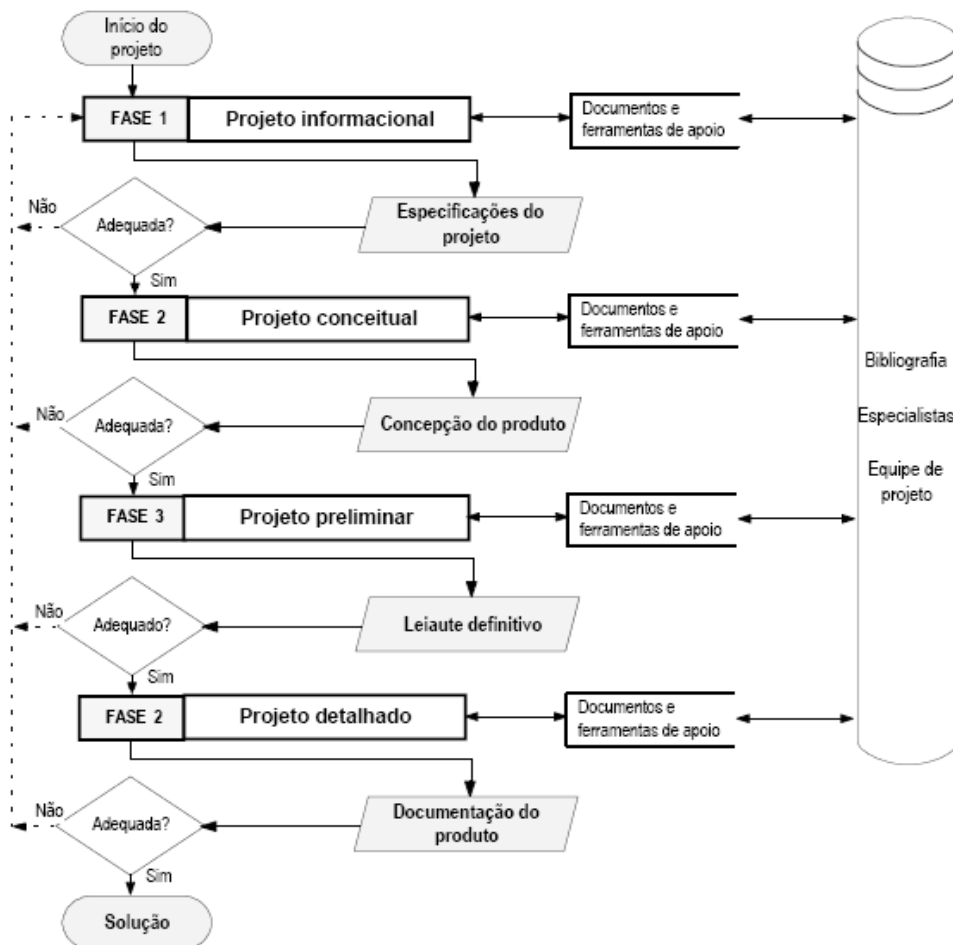
desenvolvimento se torne efetivo e eficiente, o processo de projeto precisa ser planejado e executado sistematicamente conforme segue.

3.2 METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO

Conforme Forcellini (2002), o processo de projeto é um mapa que mostra como, a partir das necessidades de um objetivo singular, faz para chegar ao produto final. Neste caso o conhecimento do projetista é fundamental, pois o domínio a respeito do assunto é que determina o caminho.

Segundo Baxter (2003), o planejamento começa a partir da estratégia do projeto de desenvolvimento de um produto da empresa e que representa as intenções de inovação, a organização das atividades é sempre complexa.

Figura 13: Fluxograma do processo de desenvolvimento de um produto.



Fonte:Forcellini (2002, p. 47).

3.3 PROJETO INFORMACIONAL

Segundo Mantovani (2011) o ponto de partida para esta fase do projeto é o problema que deu origem à necessidade de desenvolver um novo produto e consiste na análise detalhada do problema de projeto.

O projeto informacional é executado para transformar as informações de entrada em especificações de projeto (FONSECA, 2000).

Segundo Amaral *et al.* (2006) o objetivo da fase informacional é desenvolver um conjunto de informações detalhadas sobre o tema, estas informações além de orientar a geração de soluções, fornecem a base da qual serão montados os critérios de avaliação, que irá possibilitar a busca por um resultado que seja eficiente. No quadro 2, estão demonstradas as etapas da fase de projeto informacional.

Quadro 2: Etapas do projeto informacional

FASE 1 - PROJETO INFORMACIONAL
ETAPA 1.1 - Pesquisar informações sobre o tema do projeto
ETAPA 1.2 – Identificar as necessidades dos clientes do projeto
ETAPA 1.3 – Estabelecer os requisitos dos clientes
ETAPA 1.4 – Estabelecer os requisitos do projeto
ETAPA 1.5 – Hierarquizar os requisitos do projeto
ETAPA 1.6 – Estabelecer as especificações do projeto
ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

Fonte: O autor.

Deseja-se com esta fase entender o problema, verificar se o resultado gerado pelo projeto informacional esta adequado ao problema do projeto.

3.3.1 Pesquisar informações sobre o tema

Com a familiarização do problema a ser resolvido, deve-se buscar como ferramentas de apoio, bibliografias técnicas e econômicas e especialistas no tema.

A pesquisa por informações técnicas apóia-se, principalmente na bibliografia disponível, nessa fase as informações técnicas obtidas são importantes (MANTOVANI, 2011).

Para Amaral *et. al.* (2006) as informações fornecem a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e tomada de decisão utilizada nas próximas etapas do processo de desenvolvimento, estas informações deve refletir as características que o produto deverá ter para atender as necessidades do cliente.

3.3.2 Identificar necessidade dos clientes do projeto

Segundo Mantovani (2011) o levantamento das necessidades dos clientes nem sempre é muito fácil dependendo do tipo de produto.

As informações necessárias podem ser coletadas através do uso de questionários, entrevistas ou outros métodos de interação com o cliente. O desenvolvimento do questionário aos clientes do produto, deve seguir diretrizes estabelecidas para orientar o desenvolvimento e a implementação de ferramentas de apoio ao levantamento e sistematização das necessidades de projeto como:

- a) estabelecer as fases do ciclo de vida do produto com base de categorização das informações de projeto;
- b) definir os clientes do projeto de acordo com as fases do ciclos de vida do produto
- c) elaborar questões para cada cliente do projeto de acordo com os assuntos relevantes em cada fase do ciclo de vida do produto.

Conforme Amaral *et. al.*(2006) é conveniente, que essas necessidades sejam agrupas e classificada de acordo com as fases do ciclo de vida, o agrupamento possibilita verificar as necessidades similares, eliminando-se aquelas pouco relevantes. Essas necessidades são definidas como “requisitos dos clientes” e podem ser relacionadas a aspectos, como: desempenho funcional, fatores humanos, propriedades, espaço, confiabilidade, recursos e manufatura.

Para Amaral *et. al.* (2006) o mapeamento do ciclo de vida do produto descreve os estágios que o produto vai percorrer em todo seu desenvolvimento, fundamentada em conhecimento e experiência. À busca de ótimas soluções técnicas para resolução de um problema pode ser formulado como o ato, de planejar e

desenvolver uma peça ou um sistema para atender às necessidades pré-estabelecidas de cada cliente.

3.3.3 Estabelecer os requisitos do cliente

Segundo Mantovani (2011) o desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes é um trabalho feito em equipe. As necessidades levantadas na etapa anterior são expressas de forma subjetiva e de difícil aproveitamento no projeto de posse das necessidades expressas pelos clientes busca-se estabelecer os requisitos dos clientes sendo necessário traduzi-las para a linguagem de engenharia.

Para Fonseca (2000) que as necessidades brutas dos clientes sejam traduzidas em requisitos do cliente, implica numa sistematização simples, que define o requisito do cliente em:

- a) frase curta composta dos verbos ser, estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos, ou;
- b) frase curta que não seja composta por um verbo ser, estar ou ter, mas por outro verbo seguida de um ou mais substantivos, neste caso, talvez uma função do produto.

Esta fase constitui um primeiro passo importante para o projeto que é transformar as linguagens das necessidades dos clientes em uma necessidade levadas a linguagem de engenharia.

3.3.4 Estabelecer os requisitos do projeto

A conversão dos requisitos do cliente para os requisitos do projeto conforme Amaral *et. al.* (2006) se constitui na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado, é um momento importante para todo o processo de projeto.

Fonseca (2000) cita que, os requisitos do projeto são os aspectos físicos e técnicos do produto, decorrentes do trabalho de projeto na fase inicial, como é o requisito de projeto: “cor clara” ou “peso leve”. Este requisito deve ser estabelecido através de uma lista de atributos que auxiliara os projetistas na tomada de decisão.

Conforme Mantovani (2011) esta análise tem objetivo de obter uma lista de requisitos enxuta, dessa forma são obtidos os requisitos de projeto que serão hierarquizados através da matriz da casa da qualidade.

3.3.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Essa etapa consiste na aplicação da matriz da casa da qualidade ou matriz QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade). É uma ferramenta que utiliza uma serie de matrizes sucessivas que auxilia a transformação das necessidades dos clientes em características mensuráveis. Fonseca (2000) cita como primeira matriz a casa da qualidade, após desdobrando-se em forma sucessiva, partindo da necessidade, até obter, finalmente, os parâmetros de qualidade da linha de produção.

A Figura 14 demonstra o esquema de construção da primeira matriz do QFD.

Figura 14: Esquema de construção da matriz da casa da qualidade.

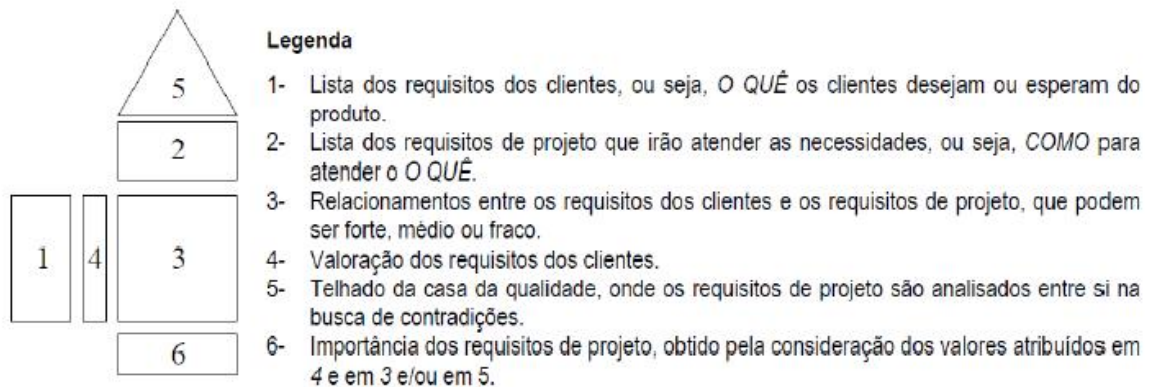


FIGURA 2.2 – Esquema de construção da Matriz da Casa da Qualidade.

Fonte: Mantovani (2011, p. 8).

A Primeira tarefa, segundo Mantovani (2011) nessa etapa é fazer a classificação dos requisitos dos clientes em ordem de importância. A ferramenta empregada é o diagrama de Mudge que consiste numa matriz onde a primeira coluna com a primeira linha são compostas pelos itens em comparação, onde o valor relativo de cada requisito é obtido pelo somatório dos valores observado no diagrama.

A segunda tarefa conforme Mantovani (2011) da etapa é a aplicação da matriz da casa da qualidade e fornece como resultado, os requisitos de projeto em ordem de importância. Uma das atividades mais importantes na matriz da casa da qualidade, é estabelecer o grau de relacionamento entre os requisitos dos clientes (o quê) e os requisitos do projeto (como).

No telhado da casa da qualidade é confrontado cada um dos requisitos do projeto com todos os demais com intuito de identificar qual será o efeito da obtenção individual de cada um deles em todos os demais. Esse confronto é apresentado na análise dos resultados.

3.3.6 Estabelecer os requisitos do projeto

Para Back et. al. (2008) essa atividade é de extrema importância, pois proporciona o entendimento e a descrição do problema na forma funcional formalizando a tarefa de projeto.

Segundo Fonseca (2000) esta é a última etapa desta fase, é a definição das especificações do projeto com seus objetivos, restrições e metas. A tarefa principal dessa etapa é aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos que conforme explica Mantovani (2011) é o local onde os requisitos de projeto são associados a mais três informações:

- a) meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente;
- b) a forma de avaliação estabelecida com objetivo de verificar o seu cumprimento;
- c) os aspectos que devem ser evitados na implantação do requisito.

Antes de avançar a fase do projeto conceitual é necessário verificar se o resultado gerado pelo projeto informacional está adequado ao problema do projeto. Concluído a verificação é finalizada a primeira etapa e com isso obtido as especificações de projeto na fase informacional.

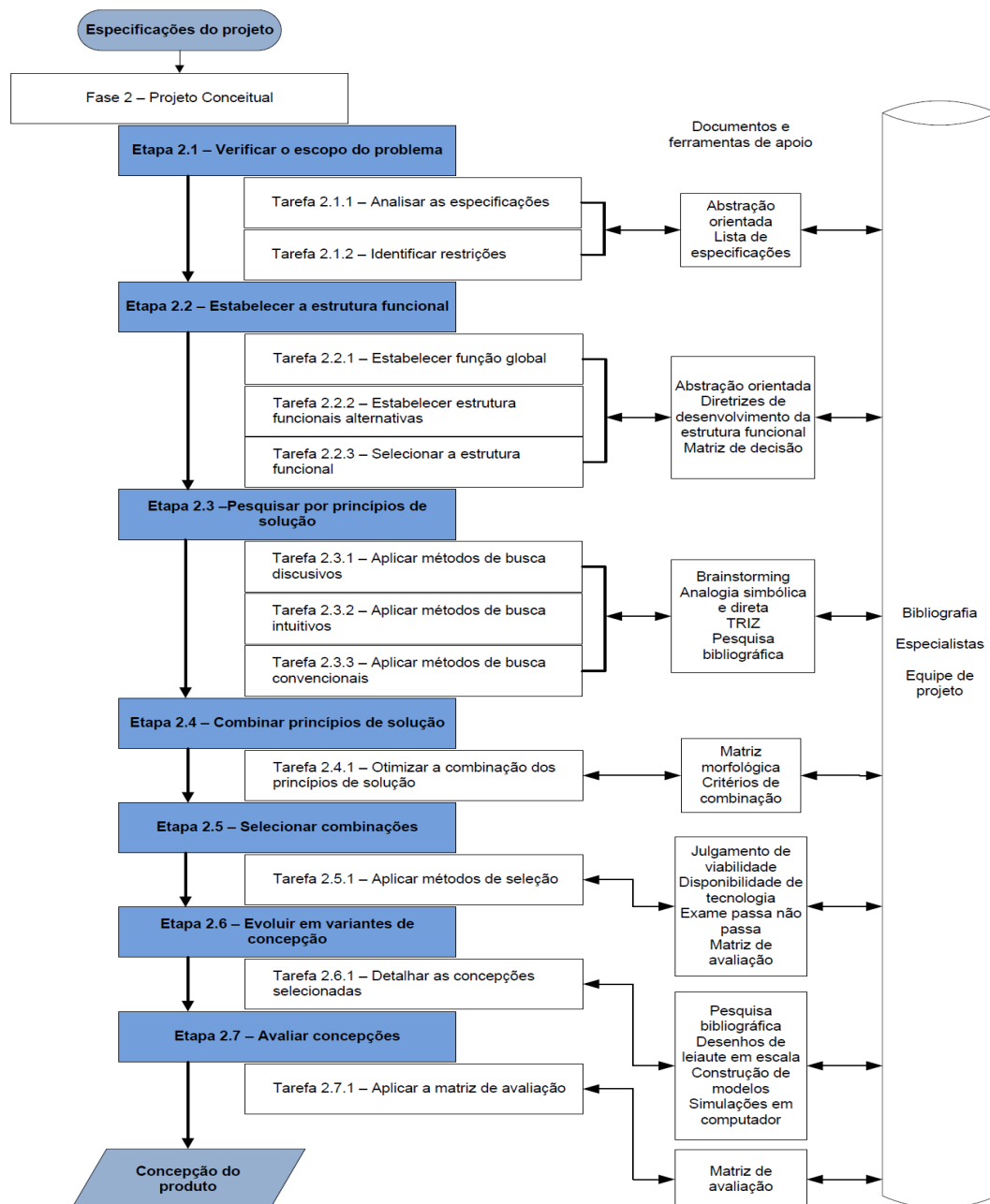
3.4 PROJETO CONCEITUAL

Forcellini (2002) considera a fase conceitual como a etapa mais importante do projeto de um produto, pois as tomadas de decisões influenciam os resultados das

fases subsequentes.

Esta fase segundo Back (1983) destina-se a geração de soluções alternativas que atendam às especificações definidas, a equipe deve ter por objetivo a criação de varias soluções alternativa para o mesmo problema. Para atingir este propósito são realizadas diversas etapas. A Figura 15 mostra as etapas do projeto conceitual.

Figura 15: Etapas da fase de projeto conceitual



Fonte:Reis (apud MANTOVANI, 2011, p. 13).

O processo de projeto conceitual é dividido em um conjunto de etapas, e tarefas que tem como objetivo garantir a obtenção de uma concepção adequada do produto. Conforme Mantovani (2011) o modelo de produto obtido ao final dessa fase é a concepção do produto.

3.4.1 Verificação do escopo do problema

A verificação do escopo do problema é a etapa que tem por objetivo fazer um estudo compreensivo do problema em um plano abstrato, de forma a abrir caminho para melhores soluções (MANTOVANI 2011).

3.4.2 Estabelecer a estrutura funcional

Para se estabelecer à estrutura funcional a formulação do problema segundo Back e Forcellini (2003) ainda é feita de forma abstrata, sem se preocupar com soluções tendo como objetivo estabelecer as funções que o produto deve realizar.

O primeiro método é a definição da função global do problema através de propriedades de entrada e saída, o ponto de partida é as especificações de projeto, sendo o passo seguinte a definição das interfaces do sistema, destacando as seguintes: (1) interfaces com sistemas técnicos periféricos; (2) interface com usuários; e (3) interface com o meio ambiente (BACK, 2006).

Após a definição da função global, a sua subdivisão visa facilitar a busca por princípios de solução, portanto, deve se ter cuidado com o nível de detalhamento necessário, para que não haja perda de tempo (MANTOVANI, 2011).

3.4.3 Pesquisar por princípios de solução

Para Amaral *et. al.* (2006) nesta etapa inicia-se a passagem do abstrato ao concreto, da função á forma. Segundo Mantovani (2011) para realizar a busca por solução a escolha baseia-se em experiência anterior do autor. Deve-se seguir de acordo com Back (2006) métodos sistemáticos, que seguem uma sequência lógica e sistematizada de atividades que levam a soluções alternativas para o problema.

Na busca por soluções pode-se fazer uso de diversos métodos. Os principais métodos são listados no QUADRO (3).

Quadro 3: Métodos utilizados na busca por princípios de solução.

CLASSIFICAÇÃO	MÉTODOS
Convencionais	Pesquisa bibliográfica, análise de sistemas naturais; análise de sistemas técnicos existentes; analogias; medições e testes em modelos.
Intuitivos	Brainstorming; método 635; método Delphi; sinergia; analogia direta; analogia simbólica; combinação de métodos.
Discursivos	Estudo sistemático de sistemas técnicos; estudo sistemático com o uso de esquemas de classificação; uso de catálogo de projeto; TRIZ – teoria da solução de problemas inventivos; método da matriz morfológica.

Fonte: Mantovani (2011, p. 18).

Deve-se escolher o método a ser usado, pois o emprego de todos os métodos seria contraproducente (MANTOVANI 2011).

3.4.4 Combinar princípios de solução

Uma vez obtido os princípios de solução para cada uma das sub funções da estrutura funcional do produto, faz-se necessário combinar os princípios de solução de forma a atender a função global do sistema. Com o emprego da matriz morfológica são estabelecidas combinações de princípios de solução entre as sub funções da estrutura funcional (MANTOVANI 2011).

3.4.5 Selecionar combinações

De acordo com Back (2006), a seleção deverá ser feita através da comparação com algum tipo de informação, experiência, requisitos, ou, faz-se uma comparação dos conceitos entre-si caracterizando uma comparação relativa.

Segundo Mantovani (2011) a ideia é de gerar um escore baseado no atendimento dos critérios pelas diversas variantes de solução em relação à variante de referencia.

3.4.6 Evoluir em variantes de concepção

A partir desse ponto o nível de detalhamento de uma concepção deve permitir continuidade do projeto, a concepção deve ser desenvolvida conforme Mantovani (2011) até que os meios de desempenhar as funções principais tenham sido fixados, como relações espaciais e estruturais dos principais componentes. Esta concepção

se dá através de um esboço suficientemente detalhado.

3.4.7 Avaliar concepções

Esta fase de projeto conceitual é similar a fase de projeto informacional de Hierarquizar os requisitos do projeto, agora se dispõe de poucas variantes de concepção e emprega-se a técnica da matriz de avaliação. As concepções devem ser comparadas na busca por pontos fracos, tem a função de gerar diferenças durante a pontuação dos conceitos do projeto, assim definindo pela melhor pontuação a concepção que melhor atende os requisitos elencados durante todo o desenvolvimento do projeto.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação dos conceitos de metodologia de produto, focado no processo de desenvolvimento do estampo de corte até sua fase conceitual.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

4.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Primeiramente foi realizado um levantamento de forma geral do problema que a empresa Mega Metal Mecânica Ltda. esta enfrentando, que conforme já foi mencionado é um gargalo de produção e esta localizado mais precisamente no Setor de Corte, na máquina laser.

Foram analisadas algumas peças, que hoje são produzidas na máquina de Corte Laser e que poderiam ser produzidas em outro processo que a empresa dispõe. Para isso, analisaram-se os processos como um todo, com o intuito de criar uma base comparativa, não somente de processo, mas de custo hora/máquina.

Como resultado chegou-se a uma possível alternativa, a peça do projeto em questão hoje é produzida na máquina de Corte Laser, mas pelas características simples pode ser produzida em outras máquinas da empresa no caso numa prensa hidráulica e que não afete os requisitos do cliente. Para sua produção ser possível na Prensa Hidráulica precisa-se de uma ferramenta de estampo de corte. A Figura 16 apresenta de forma ilustrativa a proposta sugerida.

Figura 16: Proposta sugerida.



Fonte: O autor.

4.1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto

Com os dados levantados sobre o tema, identificou-se por entrevista, as necessidades dos clientes. É importante ressaltar que cada produto possui seu próprio ciclo de vida, e, a partir destas informações serão considerados os requisitos dos clientes.

Quadro 4: Clientes ao longo do Ciclo de Vida do Produto.

Fases do ciclo de vida	Clientes ao longo do ciclo de vida		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Equipe de projeto		
Produção	Equipe de produção		
Usuário			Mega Metal
Manutenção			Mega Metal

Fonte: O autor.

Para definição das necessidades dos clientes buscou-se informações coletadas pelo método de interação com o cliente, em cada fase do ciclo de vida.

- a) O estampo deverá cortar o perfil da peça numa operação
- b) O estampo deverá apresentar redução de custo na fabricação da peça;
- c) O estampo precisa servir nas máquinas existentes na empresa;
- d) O estampo deve ser de fácil fixação na prensa;
- e) O estampo deverá ser produtivo;
- f) O estampo deverá ser de fácil operação;
- g) O estampo deverá garantir especificações do cliente;
- h) O estampo deverá ser de fácil transporte.

O resultado levantado referem-se as necessidades brutas dos clientes, o próximo passo é transformar estas informações em uma linguagem de engenharia.

4.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

As necessidades brutas dos clientes foram listadas, esta etapa tem objetivo de desdobrar as necessidades dos clientes em requisitos dos clientes de forma organizada, categorizada e estruturadas com uma linguagem mais técnica capaz de ser entendida pelos projetistas.

No Quadro 5, os requisitos dos clientes estão classificados em cada fase do ciclo de vida do produto e estão acompanhados de uma letra que o identifica no decorrer do trabalho.

Quadro 5: Requisitos dos clientes por ciclo de vida do produto.

Fase do ciclo de vida	Requisitos dos clientes
Projeto	<p>A. Cortar o perfil da peça em uma única operação.</p> <p>B. Garantir as especificações da peça do cliente.</p> <p>C. Ser de fácil concepção.</p>
Produção	<p>D. Ser de fácil fabricação.</p> <p>E. Ser da fácil montagem.</p>
Usuário	<p>F. Ser de fácil operação.</p> <p>G. Garantir a repetibilidade do processo.</p> <p>H. Ser de fácil fixação na máquina.</p> <p>I. Ter segurança na operação.</p>
Manutenção	<p>J. Ter baixo custo de manutenção.</p> <p>K. Ser de fácil manutenção.</p>

Fonte: O autor.

Esta fase constitui o primeiro passo, para o projeto que foi transformar as linguagens das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes, permitindo dar continuidade ao próximo passo que, é a obtenção dos requisitos do projeto.

4.1.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Para estabelecer os requisitos do projeto foi aplicada uma lista de atributos, com os atributos que o produto deve ter objetivando converter as necessidades dos clientes para uma linguagem de projetista.

Nesta etapa o Quadro 6 lista os requisitos do projeto seguindo a proposta de Fonseca (2000).

Quadro 6: Requisitos do projeto

Classe dos atributos	Atributos	Requisitos do projeto
Atributos básicos	Funcionabilidade	A. Estampo de corte progressivo
	Segurança	B. Estampo de operação segura
Atributos do ciclo de vida	Projeto	C. Com base superior/inferior D. Com colunas guia E. Com placa de choque F. Com sistema de transporte
	Produção	G. Uso de elementos comuns
	Usuário	H. De fácil Fixação na mesa
	Manutenção	I. De fácil manutenção
Atributos específicos	Geometria	J. Com folga adequada entre punção/matriz
	Força	K. Esforço de corte inferior a 80 toneladas

Fonte: O autor.

Esta etapa se constitui na primeira decisão física sobre o produto projetado, com os requisitos do projeto definidos, a próxima fase é a aplicação da ferramenta da casa da qualidade, onde foram hierarquizados os requisitos do projeto.

4.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Buscou-se nesta fase entender quais os requisitos do projeto que o novo conceito do produto deveria contemplar.

A primeira tarefa foi comparar os requisitos dos clientes aos pares para que se possa ao final da comparação conhecer a sua importância relativa. A ferramenta usada foi o diagrama de Mudge, conforme Figura 17.

Figura 17: Diagrama de Mudge: grau de importância de cada requisito.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Soma	%	vc
A	A5	A5	A5	A5	A5	G3	A3	I3	A3	A3	34	16,0%	8
	B	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B3	B5	B5	43	20,2%	10
		C	C1	E3	F5	G5	H3	I5	J5	K5	1	0,5%	0
			D	D1	F5	G5	H5	I3	J5	K3	1	0,5%	0
				E	F3	G3	H3	I5	J3	K3	3	1,4%	1
					F	G3	F3	I3	F3	F5	24	11,3%	6
						G	G3	G5	G3	G3	33	15,5%	8
							H	I3	J3	K1	11	5,2%	3
								I	I3	I5	30	14,1%	7
									J	J5	21	9,9%	5
										K	12	5,6%	3
										TOTAL	213	100%	

Valores de importância
(Valor 1) um pouco mais importante
(Valor 3) mediamente mais importante
(Valor 5) muito mais importante

Fonte: O autor.

O Quadro 7 mostra o primeiro resultado obtido durante a hierarquização dos requisitos dos clientes, de acordo com o Diagrama de Mudge, os dados ainda não estão classificados em função de sua importância.

Quadro 7: Resultado dos requisitos dos clientes.

Requisito dos clientes	Soma	%
A - Cortar o perfil da peça numa operação	34	16,0%
B - Garantir as especificações da peça do cliente	43	20,2%
C - Ser de fácil concepção	1	0,5%
D - Ser de fácil fabricação	1	0,5%
E - Ser de fácil montagem	3	1,4%
F - Ser de fácil operação	24	11,3%
G - Garantir a repetibilidade do processo	33	15,5%
H - Ser de fácil fixação na máquina	11	5,2%
I - Ter segurança na operação	30	14,1%
J - Ter baixo custo de manutenção	21	9,9%
k - Ser de fácil manutenção	12	5,6%
	213	1

Fonte: O autor.

Uma vez que os requisitos dos clientes foram hierarquizados, os mesmos foram classificados em função de sua importância em relação aos demais atributos.

O Quadro 8, mostra a classificação dos requisitos dos clientes do mais importante para o menos importante.

Quadro 8: Classificação da hierarquização dos requisitos dos clientes.

Requisito dos clientes	Soma	%
B - Garantir as especificações da peça do cliente	43	20,2%
A - Cortar o perfil da peça numa operação	34	16,0%
G - Garantir a repetibilidade do processo	33	15,5%
I - Ter segurança na operação	30	14,1%
F - Ser de fácil operação	24	11,3%
J - Ter baixo custo de manutenção	21	9,9%
k - Ser de fácil manutenção	12	5,6%
H - Ser de fácil fixação na máquina	11	5,2%
E - Ser de fácil montagem	3	1,4%
C - Ser de fácil concepção	1	0,5%
D - Ser de fácil fabricação	1	0,5%
	213	1

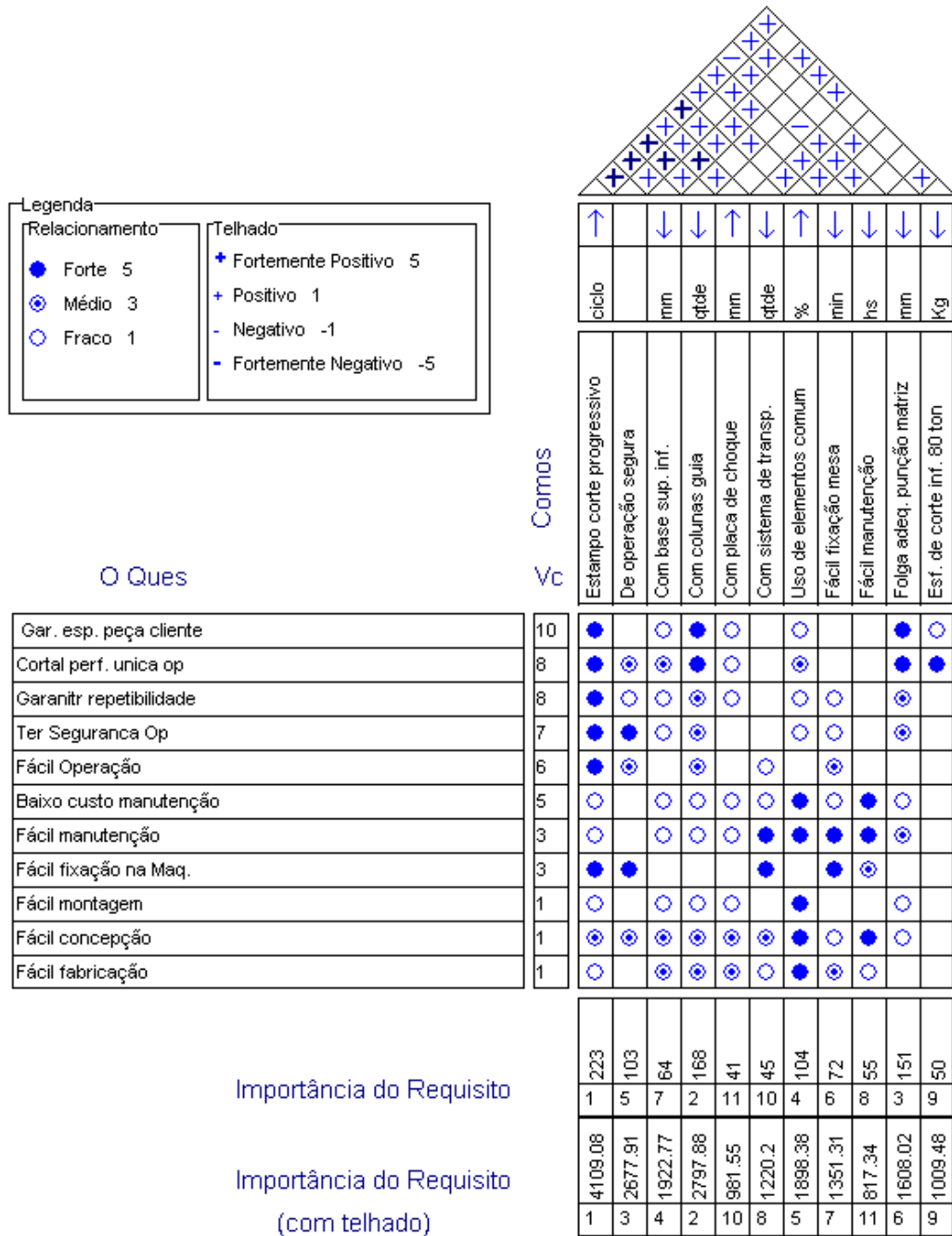
Fonte: O autor.

No Quadro 8 foi demonstrado o grau de importância dos requisitos dos clientes, e tem como objetivo valorar os requisitos dos clientes.

A segunda tarefa para hierarquizar os requisitos do projeto é a aplicação da matriz da casa da qualidade, que tem como principais benefícios, a redução do número de mudanças de projeto, diminuição do ciclo de projeto, redução de reclamações, favorece a comunicação entre os agentes que atuam no desenvolvimento do produto, traduz as vontades do cliente vagas e não mensuráveis em características mensuráveis e estabelece o grau de relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos do projeto possibilitando a percepção de quais características deverão receber maior atenção.

A figura 18 apresenta o resultado obtido com a aplicação da ferramenta da Matriz da Casa da Qualidade (QFD).

Figura 18: Matriz da casa da qualidade



Fonte: O autor.

Os requisitos de projeto estão classificados pelo grau de importância do requisito, utilizando os dados obtidos com o telhado da matriz da casa da qualidade. Os mesmos estão separados em terço superior, Quadro 9, terço médio, Quadro 10, e terço inferior, Quadro 11.

Os requisitos de projeto do terço superior.

Quadro 9: Requisitos do projeto do terço superior

Ranking	Requisitos de projeto
1	A – Estampo de corte progressivo
2	D – Com coluna guia
3	B – Estampo de operação segura
4	C – Com base superior/inferior

Fonte: O autor.

Os requisitos de projeto terço médio.

Quadro 10: Requisitos do projeto do terço médio

Ranking	Requisitos de projeto
5	G – Uso de elementos comuns
6	J – Com folga adequada entre punção/matriz
7	H – De fácil fixação na mesa

Fonte: O autor.

Os requisitos de projeto terço inferior.

Quadro 11: Requisitos do projeto do terço inferior

Ranking	Requisitos de projeto
8	F – Com sistema de transporte
9	K – Esforço de corte inferior a 80 toneladas
10	E – com placa de choque
11	I – Fácil manutenção

Fonte: O autor.

Com esta etapa concluída, classificou se os requisitos de projeto de acordo com as necessidades dos clientes.

4.1.6 Estabelecer as especificações do projeto

Após definidos e classificados os requisitos do projeto chegou-se na fase final do projeto informacional, que é a atribuição de um valor meta para cada um dos requisitos do projeto, acompanhado com a forma de avaliação e informações de aspecto indesejáveis.

As especificações do projeto estão apresentadas nos Quadro 12, 13, 14 conforme resultado da etapa anterior, seguindo seu grau de importância.

Quadro 12: Especificações do projeto terço superior.

Ranking	Requisitos de projeto	Valor meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejáveis
1	A – Estampo de corte progressivo	12 ciclo/min	Cronometragem	Improdutividade
2	D – Com coluna guia	2 un.	Análise de projeto	Produto fora do especificado
3	B – Estampo de operação segura	Conforme norma	Máquina operatriz segura	Acidente de trabalho
4	C – Com base superior/inferior	≥ 24mm	Análise de projeto	Dano ao estampo

Fonte: O autor.

Quadro 13: Especificações do projeto terço médio.

Ranking	Requisitos de projeto	Valor meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejáveis
5	G – Uso de elementos comuns	≥ 70%	Análise de componentes	Paradas longas para manutenção
6	J – Com folga adequada entre punção/matriz	±0,25mm	Medir peça pronta	Peça fora de especificação de projeto
7	H – De fácil fixação na mesa	≤9 min	Cronometragem durante setup	Perda de produtividade

Fonte: O autor

Quadro 14: Especificações do projeto terço inferior

Ranking	Requisitos de projeto	Valor meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejáveis
8	F – Com sistema de transporte	4 pontos	Verificação visual	Perda de tempo no setup
9	K – Esforço de corte inferior a 80 toneladas	≤ 75 ton	Calculo de esforço de corte (Fc)	Não atender proposta do trabalho
10	E – com placa de choque	Até 5mm	Análise projeto	Dano no cabeçote do estampo
11	I – Fácil manutenção	Até 4hs	Cronometragem na execução	Parada de linha na produção

Fonte: O autor

Com a conclusão desta etapa, pode-se realiza a próxima fase do projeto conceitual de um estampo de corte progressivo.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

A fase do projeto conceitual é tida como a mais importante do projeto de um produto, pois se destina a geração de soluções alternativas que atendam as especificações já definidas. As atividades relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema projetado.

4.2.1 Verificar o escopo do problema

Partindo das especificações do projeto, através do estudo detalhado dos requisitos já estabelecidos, conclui-se que o escopo do problema vem a ser a necessidade da empresa em produzir a peça de outra maneira dentro das especificações de projeto do cliente de forma que no mínimo mantenha seu custo de produção atual.

Os requisitos anteriores visam atender a esse problema, assim definido que o escopo do problema segue inalterado.

4.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Nesta etapa do projeto conceitual do produto, o primeiro passo é estabelecer a função global, que visa sintetizar o que realmente se espera do produto projetado que é de produzir peças através do uso de um estampo de corte progressivo. Na Figura 19 buscou-se atribuir a função global.

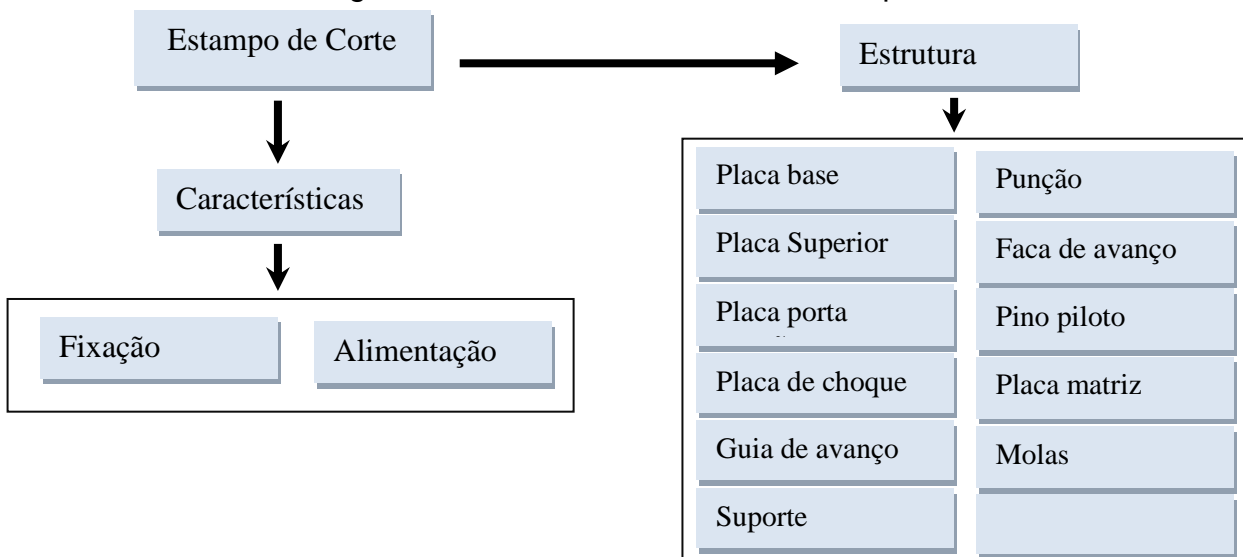
Figura 19: Função Global de estampar peça.



Fonte: O autor.

A função global serve de ponto de partida para elaboração de novas estruturas funcionais para o produto. Tendo em vista que para se chegar ao objetivo proposto, precisa-se construir o conceito de um estampo de corte progressivo foi idealizada uma nova estrutura funcional. Na Figura 20 é apresentada esta nova estrutura funcional.

Figura 20: Estrutura funcional do estampo de corte.



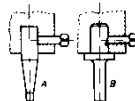


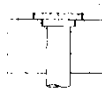

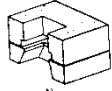
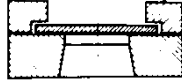


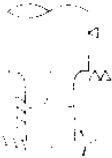

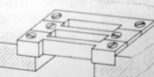
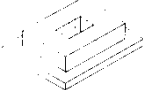
Fonte: O autor.

A estrutura funcional do estampo de corte progressivo, visou ilustrar o produto do ponto de vista de funções, demonstrando os subsistemas técnicos que envolvem o produto. Na próxima etapa será feita as buscas por princípios de solução de cada sub-função.

4.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Esta etapa apresenta possíveis soluções às sub funções definida anteriormente. Criou-se uma matriz morfológica a partir de pesquisas a catálogos e informações de pessoas capacitadas, onde foi possível elencar os princípios de solução mais adequados ao produto.

Quadro 15: Princípios de solução

Matriz Morfológica – Princípios de solução				
Estrutura	Sub-funções	1	2	3
	Placa base	Ferro fundido (26FF)	Aço (1010-1020)	-
	Placa superior	Ferro fundido (26FF)	Aço (1010-1020)	-
	Placa porta punção Fixação punção e base superior	Com parafuso 	Com chavetas	Tipo rabo andorinha 
	Placa de choque	Inteira 	Segmentada 	-
	Guia de avanço Função guiar o material a ser cortado	Independente 	Corpo único 	Sistema de friso 
	Suporte Apoio do retalho	Cantoneira Parafusada	Chapa dobrada	-
	Punção	Perfil reto 	Perfil tipo faca 	Perfil cunha 
	Pino Piloto –Regular avanço da tira	Cilíndricos simples	De cabeça chanfrada	-
	Placa matriz	Postiços 	Segmentada 	Inteira 

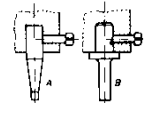





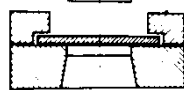
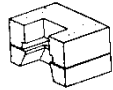
	Molas	Redonda	Quadrada	Retangular
Características	Fixação do estampo	Fixação com furo	Sem rasgos ou furos 	com rasgos 
	Alimentação da matéria prima	manual	Automático 	-
	Fixação punções	com parafuso	pela porta punção 	Cambiável gaveta 




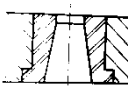

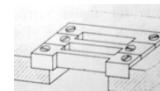



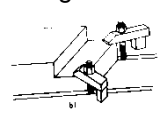
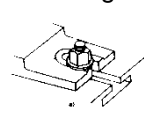

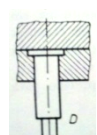
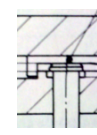
Fonte: O autor.

4.2.4 Combinar princípios de solução

Com base na matriz morfológica do Quadro 15, partiu-se para o estudo das possíveis combinações alinhadas as especificações do projeto, onde gerou três concepções a estrutura funcional do produto proposto.

Quadro 16: Combinações estrutura funcional

Matriz Morfológica – Princípios de solução				
Estrutura	Sub-funções	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
	Placa base	Aço (1010-1020)	Aço (1010-1020)	Ferro fundido (26FF)
	Placa superior	Aço (1010-1020)	Aço (1010-1020)	Ferro fundido (26FF)
	Placa porta punção Fixação punção e base superior	Com parafuso 	Com chavetas	Tipo rabo andorinha 
	Placa de choque	Inteira 	Segmentada 	Inteira 
	Guia de avanço Função guiar o material a ser cortado	Independente 	Sistema de friso 	Corpo único 

	Suporte Apoio do retalho	Cantoneira Parafusada	Chapa dobrada	Cantoneira Parafusada
	Punção	Perfil reto 	Perfil tipo faca 	Perfil cunha 
	Pino Piloto -Regular avanço da tira	Cilíndricos simples	De cabeça chanfrada	Cilíndricos simples
	Placa matriz	Postiços 	Inteiriça 	Segmentada 
	Molas	Redonda 	Quadrada 	Retangular 
Características	Fixação do estampo	Sem rasgos ou furos 	Fixação com furo	com rasgos 
	Alimentação da matéria prima	Manual	Manual	Automático 
	Fixação punções	pela porta punção 	com parafuso	Cambiável gaveta 

Fonte: O autor.

4.2.5 Selecionar combinações

Para selecionar as combinações foi usada a técnica do julgamento da viabilidade, a técnica de disponibilidade de tecnologia e a técnica do exame passam ou não passa.

Na técnica do Julgamento da viabilidade, verificaram-se as condições: Não viável, condicionalmente inviável, viável. Os resultados estão demonstrados no Quadro 17.

Quadro 17: Combinações técnica, julgamento da viabilidade.

Concepção 1			Viável
Concepção 2		Condicionalmente viável	
Concepção 3	Não viável		

Fonte: O autor.

A concepção 2, foi considerada condicionalmente viável pois apresenta algumas dificuldades em sua concepção como: Placa porta punção com chaveta, Placa de choque segmentada, Guias de avanço com sistema de friso, Placa matriz inteiriça, sistema de fixação do estampo com furos e fixação do punção com parafusos. Estas dificuldades elevam seu custo de produção, devido a sua complexidade de fabricação, e manutenção.

A concepção 3, foi considerada não viável, pois o material usado para as bases superior e inferior são de ferro fundido e necessita de molde para sua produção e o tipo de alimentação da matéria prima agrega muito valor ao produto.

Na técnica da Disponibilidade de tecnologia, buscou-se responder as perguntas como: é possível produzir através de processos conhecidos? Pode ser produzida com materiais disponível no mercado? E assim por diante. No caso de muitas respostas negativas a proposta não se encontra amadurecida suficientemente para ser empregada no projeto.

A concepção 1, atende todos os quesito de disponibilidade de tecnologia, pois é uma concepção de simples fabricação, com elementos comuns e atende as especificação para fabricação da peça do cliente.

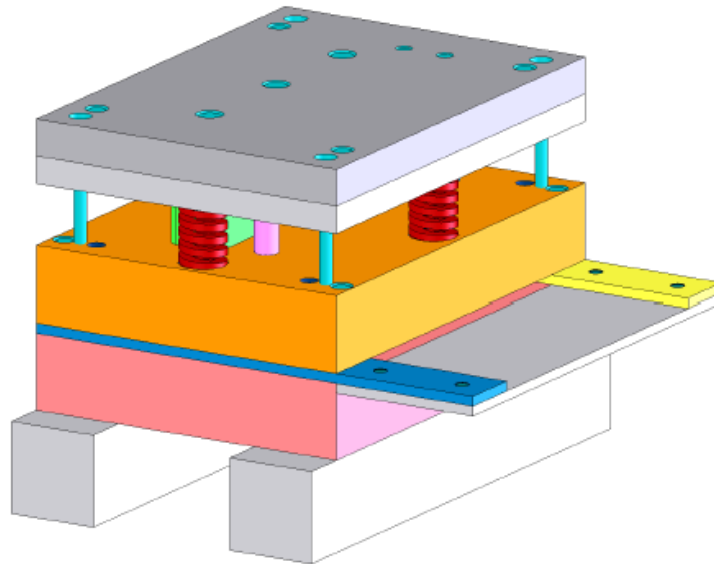
Na técnica do exame passa/não passa, as soluções para cada concepção, foi confrontada com as necessidades dos clientes. As necessidades foram transformadas em questões para aplicar a cada variante de solução. As questões respondidas com sim ou possivelmente foram consideradas positivas, assim atendendo as necessidades dos clientes.

4.2.6 Evoluir em variantes de concepção

O nível de detalhamento nesta etapa permitiu a continuidade do projeto, podendo permitir a avaliação de sua viabilidade.

Para elucidar a concepção definida nas etapas anteriores criou-se um leiaute em 3D.

Figura 21: Estampo de corte progressivo – Concepção proposta.



Fonte: O autor.

4.2.7 Avaliar concepções

Esta etapa é similar àquela descrita na Etapa 4.2.5, como se dispõem de poucas variantes de concepção, usou-se a técnica da Matriz de Avaliação, que utilizará como critérios de avaliação as especificações de projeto desenvolvidas na etapa 4.1.5, através do diagrama de Mudge.

O Quadro 18 teve como objetivo avaliar as três concepções propostas inicialmente em relação aos requisitos dos clientes e verificou-se que a concepção aprovada anteriormente atende aos requisitos dos clientes.

Quadro 18: Matriz de avaliação das concepções.

(VC)	Requisito dos clientes	concepção 1	concepção 2	concepção 3
10	B - Garantir as especificações da peça do cliente	3	3	3
8	A - Cortar o perfil da peça numa operação	-1	-1	-1
8	G - Garantir a repetibilidade do processo	3	3	3
7	I - Ter segurança na operação	2	2	2
6	F - Ser de fácil operação	2	2	2
5	J - Ter baixo custo de manutenção	0	-1	-2
3	k - Ser de fácil manutenção	0	-1	-2
3	H - Ser de fácil fixação na máquina	1	1	-2
1	E - Ser de fácil montagem	0	-1	-2
0	C - Ser de fácil concepção	0	-1	-3
0	D - Ser de fácil fabricação	0	-1	-3
	Totais	10	5	-5

Legenda	
3	quando o critério é atendido de modo imensamente superior à referência;
2	quando o critério é atendido muito melhor que a referência;
1	quando o critério é atendido melhor que a referência;
0	quando o critério é atendido tão bem quanto a referência;
-1	quando o critério não é atendido tão bem quanto a referência;
-2	quando o critério é atendido muito pior que a referência;
-3	quando o critério é atendido de modo imensamente inferior à referência;

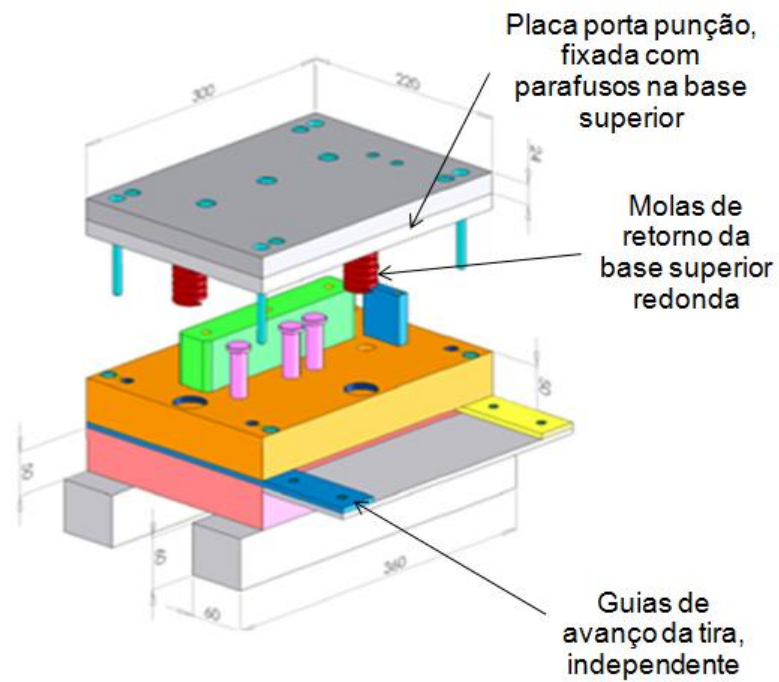
Fonte: O autor.

4.2.8 Concepção do produto

A fase do projeto conceitual teve como objetivo a realização de atividades que levaram a busca de solução para o problema projetado na fase funcional.

Esta fase demandou criatividade para gerar um número maior de conceitos possíveis, e destes escolher o melhor.

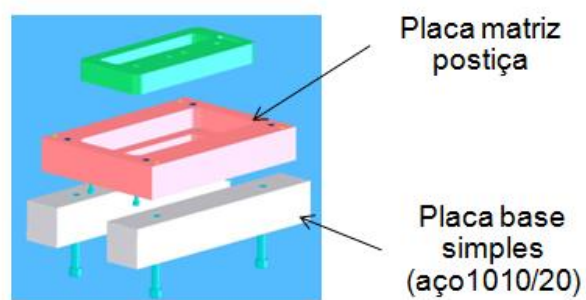
Figura 22: Concepção proposta.



Fonte: O autor.

Figura 23: Detalhe da matriz de corte postiça.

Detalhe da matriz de corte postiça



Fonte: O autor.

Figura 24: Descritivo de fórmulas.

Material: Aço 1020

Perímetro total de corte:

4 furos diâmetro de 10,5mm

$$P = 4 \cdot (\pi \cdot d) = 131,8\text{mm}$$

645,48mm

Perímetro perfil externo

$$P = (200 \cdot 2) + (38 \cdot 2) + (4 \cdot 9,42) = 513,6\text{mm}$$

Força de corte:

Resistência do material ao corte (Kg/mm²):

Perímetro de corte (mm): $F_c = R_{c_v} \cdot P \cdot e$

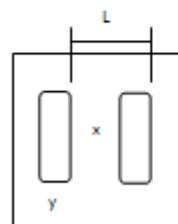
Espessura do material (mm): $F_c = 32 \cdot 645,3 = 61920 \text{ kg}$

62 toneladas

Estudo da tira:

Passo (mm):

Distancia entre peças (mm):



$$x = 1,5 \cdot e \quad 4,5\text{mm}$$

$$y = 1,6 \cdot e \quad 4,8\text{mm}$$

$$L = x \cdot a \quad \text{Passo } 42,5\text{mm}$$

Largura 208,2mm

Quantidade de peça por metro = 23 peças

Fonte: O autor.

Todas as metas traçadas para o trabalho foram atingidas, especialmente a concepção do estampo de corte progressivo para chapas metálicas, definido como objetivo geral.

5 CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos por este trabalho foi possível, através do uso de uma metodologia de desenvolvimento do produto chegar a fase conceitual de um estampo de corte.

As informações bibliográficas permitiram o aprofundamento necessário sobre o assunto, e formou a base para dar continuidade ao desenvolvimento do trabalho. A fase de metodologia veio a acrescentar conhecimento e organizar meus pensamentos, pois a partir deste momento com o embasamento bibliográfico e a metodologia concluída, foi possível de fato desenvolver o trabalho. Os resultados foram construídos conforme a ordem cronológica do desenvolvimento da metodologia, iniciando no problema proposto passando pelo projeto informacional e chegando até a fase do projeto conceitual que permitiu chegar à concepção do produto definida pelos clientes, deste ponto o projeto esta apto a próxima fase que conforme a metodologia empregada seria o projeto detalhado.

As duas hipóteses e os objetivos iniciais foram atendidas, pois de acordo com a primeira hipótese, que, para desenvolver o conceito de um estampo era preciso o mesmo no seu processo de fabricação da peça não ultrapassar a capacidade da prensa que é limitada a 80 toneladas, se chegou a um resultado de 62 toneladas através de cálculos matemáticos. A segunda que era definir em quantos estágios seria produzida a peça, foi optado por dois estágios por se tornar um estampo de concepção mais simples e barato para sua posterior fabricação. Os objetivos que eram conceituar um estampo de corte progressivo foi atendido na revisão bibliográfica. A definição do modelo foi definida na etapa do projeto informacional a partir das informações geradas pelos clientes e transformadas em requisitos de projeto. O esboço do estampo deu-se na ultima etapa através do projeto conceitual, que trouxe os requisitos de projeto da etapa anterior e transformou em possíveis concepções, através da aplicação da ferramenta “Matriz morfológica”, por sua vez a aplicação desta ferramenta proporcionou abrir um leque de alternativas possíveis para cada função do estampo o que possibilitou montar a concepção entendida visualmente e tecnicamente melhor em relação ao custo benefício.

A Justificativa por sua vez também foi atendida, pois o tempo de produção para fabricação da peça na proposta sugerida diminuiu significativamente e passou dos 34seg atuais para uma estimativa de 18seg. Acredito que com esse dado

mensurado possa-se dar continuidade no projeto viabilizando assim a fabricação da ferramenta de estampo, além disso, o processo de fabricação atual é mais custoso para a empresa, e com a nova proposta também diminuiria este custo.

Os objetivos pessoais também foram alcançados, pois colocou-se em prática conceitos apreendidos durante o curso, e o mais importante que fica, é de que tudo é possível, basta querer e auto desafiar-se.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D.C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BACK, N. et al. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Florianópolis: Manole, 2008.

BACK, N.; FORCELLINI, F.A. **Projeto de Produtos**. Apostila (Disciplina de Projeto Conceitual e Projeto para Manufatura), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

BRITO, Osmar. **Estampos de Corte**. São Paulo: Bisordi, 1981.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

DINSMORE P. C; CAVALIERI, A. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos**. São Paulo: Qualitymark Ed., 2004.

FKL. Máquinas. Disponível em <[HTTP:// www.fkl.com.br/produto.php](http://www.fkl.com.br/produto.php)>. Acesso em 03 de nov.2012.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000. 199p.

FORCELLINI, Fernando A. O processo de projeto: Apostila. Capítulo 2.2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de Projeto de Produto**. Apostila (Disciplina de Projeto de Produto), Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2011.

PARKFER. Ferramentaria e Usinagem Ltda. Disponível em: <<http://www.parkfer.com.br/htm/ferramentas.htm>>. Acesso em 03 de Nov.2012.

POLACK, Antonio, **Manual Prático de Estampagem**. São Paulo: Hemus, 1976.

PROVENZA, Francesco, **Estampos I.v.1**. São Paulo: F.Provenza, 1989.

PROVENZA, Francesco, **Estampos II.v.1**. São Paulo: F.Provenza, 1989.

PROVENZA, Francesco, **Estampos III.v.1**. São Paulo: F.Provenza, 1989.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – PPGEM – UFSC. Trabalho não publicado.

SILVEIRA, D. F. **Diretrizes para projeto de ferramenta de estampagem parte II**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ldtm/publicacoes/Diretrizesparte2.pdf> >. Acesso em: 30 Março. 2012.

APÊNDICE A – Resistência ao cisalhamento dos materiais
RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS MATERIAIS EM Kg/mm²

	Recozido	Cru	
Aço laminado	0,1% C.....	25	32
	0,2% C.....	32	40
	0,3% C.....	36	48
	0,4% C.....	45	56
	0,6% C.....	56	72
	0,8% C.....	72	90
	1,0% C.....	80	105
	inoxidável.....	52	60
silício.....	45	56	
Alumínio.....	7 + 9	13 + 16	
Alpaca (Cu – Ni – Zn).....	28 + 36	45 + 46	
Amianto em folha.....		3,15	
Prata.....		23,5	
Bronze fosforoso.....	32 + 40	40 + 60	
Papel	1 folha de 0,25 mm de espessura.....		16
	5 folhas de 0,25 mm de espessura.....		4,5
	10 folhas de 0,25 mm de espessura.....		2,3
	20 folhas de 0,25 mm de espessura.....		1,4
Papelão de espessura variável.....		2,0 + 3,5	
Cartão duro.....		7	
Cartão baquelitizado (resinoso).....		10 + 13	
Celulósido.....		4 + 6	
Couro.....		0,6 + 0,8	
Duralumínio.....	22	38	
Fibra dura.....		19	
Borracha.....		0,6 + 0,8	
Compensado de madeira.....		1 + 2	
Mica de 0,5 mm de espessura.....		8	
Mica de 2 mm de espessura.....		5	
Latão.....	22 + 30	35 + 40	
Chumbo.....		2 + 3	
Cobre.....	18 + 22	25 + 30	
Resina artificial pura.....		2,5 + 3	
Estanho.....		3 + 4	
Zinco.....	12	20	
Baquelite.....		2,5 + 3	
Tecido baquelitizado.....		9 + 12	
Baquelite com entretela.....		9	