



LEONARDO SQUINZANI

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA FERRAMENTA DE
ESTAMPAGEM PARA TUBOS REDONDOS**

Horizontina

2014

LEONARDO SQUINZANI

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA FERRAMENTA DE
ESTAMPAGEM PARA TUBOS REDONDOS**

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: Leonardo Teixeira Rodrigues, Especialista.

Horizontina

2014

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Projeto Conceitual de Ferramenta de Estampagem para Tubos Redondos”

Elaborada por:

LEONARDO SQUINZANI

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

**Aprovado em: 14/11/2014
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador**

**Prof. Esp. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Prof. Dr. Fabiano Cassol
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2014**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me incentivou e apoiou nesta jornada.

AGRADECIMENTO.

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional dado durante esses anos, aos amigos, aos professores e funcionários da instituição.

"Existem apenas duas maneiras de ver a vida.
Uma é pensar que não existem milagres e a
outra é que tudo é um milagre."
(Albert Einstein)

RESUMO

Com a alta competitividade do mercado nacional, as empresas devem buscar alternativas para se manter no mercado. A maioria das soluções são desenvolvidas na própria empresa, ou seja, na análise de seus processos produtivos. Deve-se buscar melhorias nos processos existentes para reduzir as despesas de produção sem que haja alterações na qualidade do produto final. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma redução de custos no setor de usinagem, processo este que possui um custo muito alto quando se trata de uma peça de larga produção, que foi a escolhida para este projeto conceitual. Uma opção analisada para este item foi o processo de estampagem através de uma prensa hidráulica, processo este que é conhecido por ser de produção em série, baixo custo e padronização das peças produzidas. O projeto informacional foi desenvolvido através de informações obtidas a partir da revisão bibliográfica e que foram alteradas para atender os requisitos específicos de produção. A partir destas informações, e análise das alternativas viáveis buscou-se demonstrar no projeto conceitual as melhores soluções para desenvolver esta alteração de processo de maneira que não sejam alteradas as especificações e normas do cliente. Após estas etapas, está apresentado como solução um projeto conceitual de ferramenta de estampagem para tubos redondos que atingiu os objetivos propostos. Se implementado, reduzirá tempo de produção e possibilitará a empresa gerenciar suas despesas de forma competitiva.

Palavras-chaves: Estampagem. Processo produtivo. Ferramenta de Estampagem.

ABSTRACT

With the high competitiveness of the domestic market, companies must seek alternatives to stay in the market. Most solutions are developed in-house, in other words, the analysis of their production processes. The search for improvements in existing processes, must reduce production costs without changes in the quality of the final product. The objective of this study was to develop a cost reduction in the machining industry, a process that has a very high cost when it comes to a large piece of production that was chosen for this conceptual design. One option considered for this item was the stamping process using a hydraulic press, a process that is known to be in mass production, low cost and standardization of parts produced. The informational project was developed using information obtained from the literature review and amended to meet specific production requirements. From this information, and analysis of feasible alternatives sought to demonstrate the conceptual design the best solutions for developing this change so that no standards and specifications of the client process being changed. After these steps, the solution is presented as a conceptual design tool for stamping round tubes reaching those goals. If implemented, will reduce production time and enable the company to manage its expenses competitively.

Key words: Stamping. Production process. Stamping tool.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Item considerado para o desenvolvimento deste projeto.....	11
Figura 2: Etapas do processo de desenvolvimento de produtos.	14
Figura 3: Esquema de construção da matriz da casa da qualidade.	17
Figura 4: Sequência lógica de etapas do projeto conceitual.....	18
Figura 5: Demonstração dos estágios do princípio do corte por estampagem.	21
Figura 6: Regiões do processo de corte.....	23
Figura 7: Prensa hidráulica Braffemam - 40 toneladas.....	24
Figura 8: Parâmetros do processo de estampagem.....	25
Figura 9: Vista em corte mostrando os elementos de uma ferramenta de estampo.	27
Figura 10: Folga em função da espessura.	29
Figura 11: Folga entre punção e matriz.....	29
Figura 12: Proposta sugerida.....	31
Figura 13: Diagrama de Mudge: Grau de importância de cada requisito.....	33
Figura 14: Ferramenta QFD (Matriz da casa da qualidade).	35
Figura 15: Função global para estampagem.....	38
Figura 16: Estrutura funcional da ferramenta de estampagem.....	39
Figura 17: Ferramenta de estampagem para tubos redondos - Proposta definida.....	44
Figura 18: Ferramenta de estampagem para tubos redondos.....	46
Figura 19: Aplicações de fórmulas.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas do projeto informacional.....	14
Quadro 2 – Clientes ao longo do Ciclo de Vida do Produto.....	31
Quadro 3 – Requisitos do Cliente ao longo do Ciclo de Vida do Produto.....	32
Quadro 4 – Requisitos do projeto.....	33
Quadro 5 – Resultados dos requisitos dos clientes.....	34
Quadro 6 – Classificação da hierarquização dos requisitos do cliente.....	34
Quadro 7 – Requisitos do terço superior.....	36
Quadro 8 – Requisitos do terço médio.....	36
Quadro 9 – Requisitos do terço inferior.....	36
Quadro 10 – Especificações do terço superior.....	37
Quadro 11 – Especificações do terço médio.....	37
Quadro 12 – Especificações do terço médio.....	37
Quadro 13 – Princípios de solução.....	40
Quadro 14 – Combinações de estruturas funcionais.....	42
Quadro 15 – Julgamento da viabilidade das propostas.....	43
Quadro 16 – Matriz de avaliação das propostas.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1	PROJETO DE PRODUTO	13
2.2	PROJETO INFORMACIONAL	14
2.2.1	PESQUISA DE INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	15
2.2.2	IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO	15
2.2.3	ESTABELECEER OS REQUISITOS DO CLIENTE	15
2.2.4	ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	16
2.2.5	HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO	16
2.2.6	ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	17
2.3	PROJETO CONCEITUAL	17
2.3.1	VERIFICAÇÃO DO ESCOPO DO PROBLEMA	18
2.3.2	ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL	19
2.3.3	PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	19
2.3.4	COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	19
2.3.5	SELECIONAR COMBINAÇÕES	20
2.3.6	EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	20
2.3.7	AVALIAR CONCEPÇÕES	20
2.4	ESTAMPAGEM	21
2.4.1	ETAPAS DA CONFORMAÇÃO POR ESTAMPAGEM	22
2.4.2	PARÂMETROS DE ESTAMPAGEM	25
2.4.3	FERRAMENTAS DE ESTAMPAGEM	26
2.4.4	ELEMENTOS DE UMA FERRAMENTA DE ESTAMPAGEM	26
2.5	ESFORÇO DE CORTE	28
3	MÉTODOS E TÉCNICAS	30
3.1	PROJETO INFORMACIONAL	30
3.1.1	PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	30
3.1.2	IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO	31
3.1.3	ESTABELECEER OS REQUISITOS DO CLIENTE	32
3.1.4	ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	32
3.1.5	HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO	33
3.1.6	ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	37
3.2	PROJETO CONCEITUAL	38
3.2.1	VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA	38
3.2.2	ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL	38
3.2.3	PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	39
3.2.4	COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	41
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
4.1	SELECIONAR COMBINAÇÕES	43
4.2	EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	44
4.3	AVALIAR CONCEPÇÕES	45
4.4	CONCEPÇÃO DO PRODUTO	45
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	APENDICE A	50

1 INTRODUÇÃO

Em um mercado cada vez mais competitivo, há a necessidade de manter os preços baixos através de reduções de custo e melhor aproveitamento do maquinário disponível. Com este objetivo, foi proposta a substituição de um processo de usinagem por outro de estampagem para tubos redondos, a fim de obter redução de custo na fabricação da peça mostrada na Figura 1.

Figura 1: Item considerado para o desenvolvimento deste projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Este trabalho apresenta os resultados de um projeto conceitual de uma ferramenta de estampagem para tubos redondos, que atualmente é feita na Nelson do Brasil Indústria Metalúrgica, localizada na cidade de Santa Rosa/RS.

O estudo foi desenvolvido a partir da necessidade da empresa em aumentar a eficiência da manufatura, visando manter um preço competitivo através de alterações de processo. A alteração proposta contempla a furação em um tubo, que atualmente é realizado em uma fresadora manual. Como este processo possui um custo alto e a produção é relativamente lenta, os pedidos não eram entregues nos prazos solicitados, gerando insatisfação por parte do cliente.

Após analisar estas questões, foi desenvolvido um estudo para viabilizar a substituição de usinagem por um processo que atendesse os requisitos do cliente e

tivesse alta capacidade de produção. Como consequência, o processo escolhido foi o de fazer os furos em uma prensa hidráulica, através de uma ferramenta de estampagem, processo que também poderia servir para outros diferentes itens similares que usam o mesmo padrão de furação.

O processamento, que consiste em executar quatro furos com formato de oblongo no tubo XXX22269, atualmente realizado em uma fresadora manual através de um dispositivo, possui um tempo de processamento (furar, fresar e rebarbar) de 10 minutos/peça, cuja produção média mensal é de 250 unidades com um tempo de produção de 41,7 horas, apresentando custo de mão de obra e máquina de R\$44,00/hora, totalizando custo mês R\$1.834,80.

Os dados foram obtidos através de consulta ao sistema ERP que a empresa utiliza e o tempo foi medido manualmente em um lote de 25 peças.

Através deste projeto, desenvolveu-se uma ferramenta capaz de reduzir o tempo de produção deste item, proporcionando ganho de tempo de produção, e redução de possíveis falhas do operador, pois a usinagem é manual, e sujeita a não conformidades.

Outros objetivos deste estudo foram definir conceitos de estampagem, realizar o esboço da ferramenta, estabelecer o melhor modelo e determinar se a prensa terá capacidade suficiente para produzir esta peça.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, estão as referências relacionadas à fundamentação teórica para elaboração do projeto de produto, destacando os assuntos considerados para fabricar uma ferramenta de estampagem para tubos redondos.

2.1 PROJETO DE PRODUTO

O objetivo principal da pesquisa científica é descobrir soluções e práticas utilizando a metodologia de projeto de produto, pois emprega referências teóricas que buscam atingir os objetivos do trabalho.

Rozenfeld et al (2006) sugere que as etapas demonstradas na Figura 2, que não necessariamente se formam de forma sequencial, podem se sobrepor, e até mesmo, o final de uma fase e o início da outra é apontado por uma revisão da fase, onde são apuradas as atividades e os dados obtidos.

Figura 2 - Etapas do processo de desenvolvimento de produtos



Fonte: Rozenfeld et al, 2006, p. 44.

De acordo com Forcellini (2002), as etapas de um projeto, são mapas, que de acordo com a exigência do projeto, visam demonstrar o caminho que se deve seguir para concluir o projeto final. Assim sendo, a capacidade do projetista é essencial, pois o seu conhecimento sobre o tema é o que dita os rumos do projeto.

Outro tipo de pesquisa aplicada foi a bibliográfica, que para Gil (2002), é desenvolvida com base em material já estudado 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 abrangentes 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 bibliográficos adequados.

2.2 PROJETO INFORMACIONAL

Esta fase do projeto, visa demonstrar um estudo detalhado dos problemas que, posteriormente serão utilizadas para buscar a solução. Segundo Rozenfeld et al (2006), a resultante do final desta etapa, são as especificações do projeto, ou seja, os objetivos que devem ser atendidos pelo produto. No Quadro 1 estão demonstradas as etapas da fase de projeto informacional.

Quadro 1 - Etapas do projeto informacional

PROJETO INFORMACIONAL
Pesquisa de informações sobre o tema do projeto
Identificação das necessidades dos clientes do projeto
Estabelecer os requisitos dos clientes
Estabelecer os requisitos do projeto
Hierarquizar os requisitos do projeto
Estabelecer as especificações do projeto

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al (2006).

O Objetivo desta fase é procurar o entendimento do problema, e conferir se os resultados do projeto informacional estarão compatíveis aos problemas do projeto.

2.2.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto

Após estudar o problema a ser resolvido, procura-se encontrar como ferramentas de apoio, especialistas no tema e bibliográficas técnicas.

De acordo com Amaral et al (2006), as informações são o alicerce sobre as quais serão firmadas as decisões que serão utilizadas no continuar do projeto, elas devem contemplar as características que o produto deverá possuir para prover as necessidades do cliente.

2.2.2 Identificação das necessidades dos clientes do projeto

Para coletar as informações relativas às necessidades do cliente, utilizam-se métodos de interatividade com o cliente, por meio de questionários e entrevistas. Algumas diretrizes que devem ser utilizadas para auxiliar no desenvolvimento e implementação destes métodos são:

- a) Estabelecer com base nas informações de projeto, as fases do ciclo de vida do produto;
- b) De acordo com as fases do ciclo de vida do produto, definir os clientes do projeto;
- c) Para cada cliente do projeto, criar questões com assuntos pertinentes a cada fase do ciclo de vida do produto;

Segundo Amaral et al (2006), o mapeamento do ciclo de vida do produto procura demonstrar os estágios em que o produto vai galgar durante todo o seu desenvolvimento através de técnicas de soluções de problemas.

2.2.3 Estabelecer os requisitos do cliente

Segundo Rozenfeld et al (2006), é nesta etapa que são organizadas, estruturadas e categorizadas as necessidades do cliente. Logo após, são agrupadas, classificadas e analisadas devendo ser representadas na linguagem do cliente.

Fonseca (2000) diz que, para que as necessidades dos clientes sejam transformadas em requisitos, deve ser utilizada uma sistemática de fácil entendimento, utilizando frases curtas e definindo se possível a função do produto.

Ainda nesta fase, é constituída uma importante etapa para o projeto, que é converter a linguagem da necessidade dos clientes em uma linguagem que a engenharia consiga assimilar.

2.2.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Na ultima etapa, obtém-se as necessidades dos clientes e converte-as em linguagem que a engenharia consiga entender, porém, ainda no formato de necessidades, e não ligada aos atributos para que possam ser aplicadas no produto.

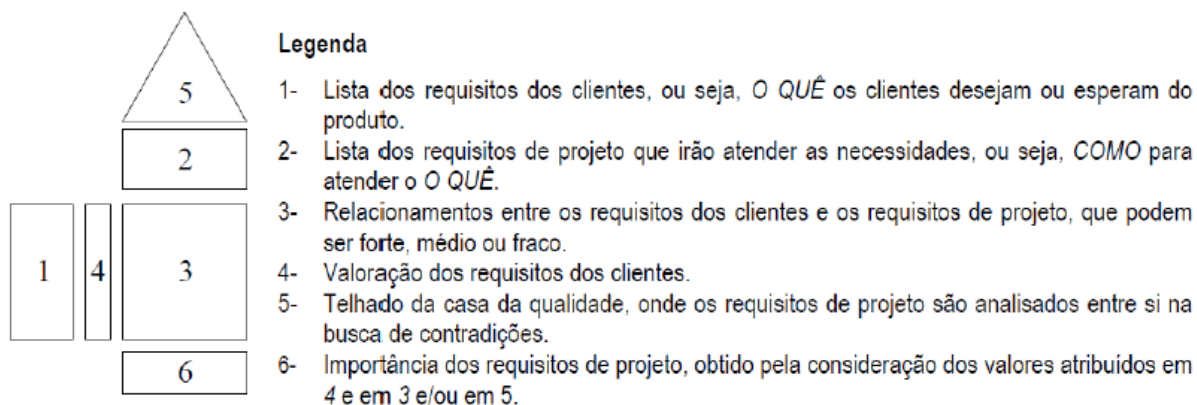
Segundo Fonseca (2000), os requisitos do projeto têm a aparência técnica do produto, consequente da fase inicial do projeto. Este requisito deverá ser mantido através de uma lista de características que irá auxiliar o projetista em sua tomada de decisão.

2.2.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Um dos principais objetivos nesta etapa é priorizar os requisitos do cliente através do diagrama de Mudge. Através deste diagrama, são comparadas as funções de um produto dentro da técnica de análise de valor (REIS E FORCELLINI, 2006).

Nesta etapa, também pode-se empregar a ferramenta QFD (Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade), chamado de “Casa da Qualidade”, demonstrada na Figura 3, que visa auxiliar a conversão das necessidades do cliente em dados mensuráveis do projeto.

Figura 3 - Esquema de construção da matriz da casa da qualidade.



Fonte: Reis, 2003.

Uma das atividades que tem maior importância nessa matriz, é o estabelecimento do grau de relação dos requisitos do cliente, ou seja, o que deverá ser feito e como deverá ser feito.

Segundo Reis e Forcellini (2006), os requisitos dos clientes devem ser comparados com todos os outros requisitos, ou seja, procura-se apontar características individuais de cada um dos requisitos. Estas comparações devem ser mostradas na análise dos resultados.

2.2.6 Estabelecer os requisitos do projeto

De acordo com Fonseca (2000), esta fase é a última etapa, ou seja, é o conceito das especificações do projeto através dos seus objetivos, metas e também suas restrições. Sua principal tarefa nesta etapa é, colocar em prática o quadro de especificações do projeto que é o local onde são associadas informações do projeto.

Para prosseguir com o projeto conceitual, devem ser averiguadas se o resultado que foi gerado nesta fase está de acordo ao problema do projeto. Após a conclusão desta averiguação é finalizada a primeira etapa e, através destes dados são obtidos todas as especificações necessárias ao projeto.

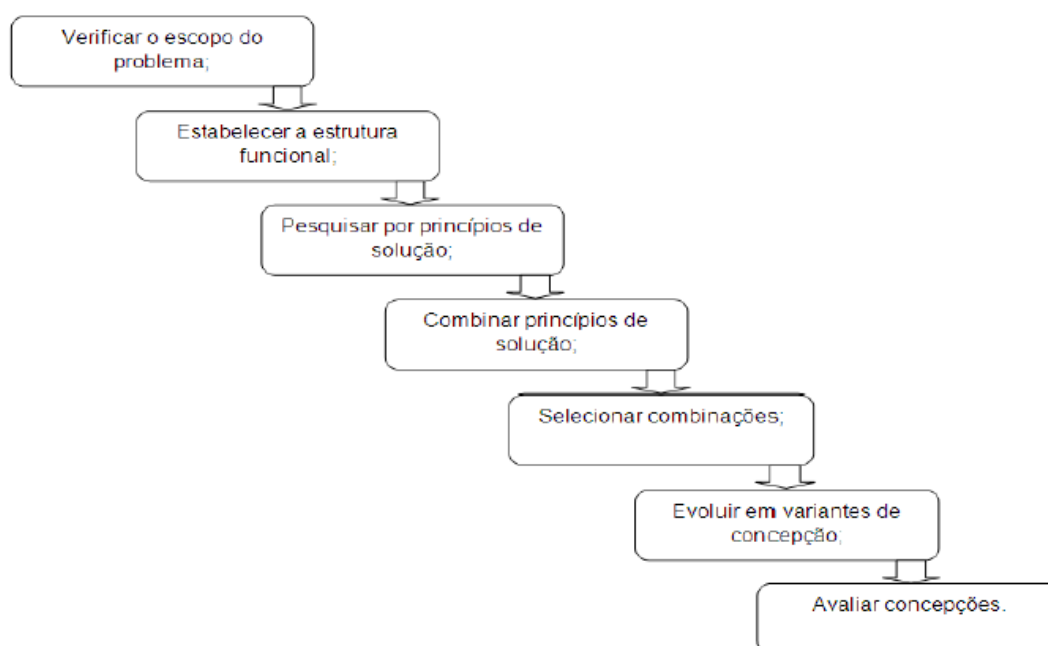
2.3 PROJETO CONCEITUAL

Através desta etapa, são obtidas formas de elucidações para os problemas e necessidades do projeto. O principal objetivo é buscar soluções para os problemas

que foram auferidos no projeto informacional. Para buscar essa solução, foram realizadas muitas análises para compor a estrutura funcional do produto (BACK et al, 2008).

Esta etapa determina a criação das soluções que consigam atender às especificações definidas. Para que isto ocorra, a equipe deverá se comprometer a criar outras possibilidades de soluções para o mesmo problema. Para chegar neste propósito, ocorrem várias etapas que são demonstradas na Figura 4.

Figura 4 - Sequência Lógica de Etapas do Projeto Conceitual.



Fonte: Reis, 2003.

Segundo Forcellini (2002), esta etapa é a mais importante nesta fase de projeto, através dela que são feitas as decisões dos resultados das fases seguintes.

2.3.1 Verificação do escopo do problema

Busca-se nessa fase criar um estudo do problema através do entendimento do problema, para a criação de boas soluções. É necessário ignorar o que seja particular ou casual, e focar no que é essencial, assim sendo, previne-se que o projetista possa intervir entre a especificação e a solução do problema (FORCELLINI, 2002).

2.3.2 Estabelecer a estrutura funcional

A definição do problema é feita nas funções que o produto deve realizar, imparcial de quaisquer soluções particulares. A implantação dos critérios da função global do sistema que foi criado na etapa anterior irá permitir que o resultado final fosse uma estrutura de funções elementares (REIS, 2003).

A estrutura funcional irá ajudar o time de projeto através de modelos funcionais, visando obter a estrutura do produto sem que haja uma restrição do espaço de pesquisa. Estes modelos permitem que exista uma representação das funcionalidades do produto (AMARAL et al, 2006).

2.3.3 Pesquisar por princípios de solução

O principal objetivo desta etapa é transformar o abstrato em concreto, da função até a forma. As sub funções da estrutura funcional que foram escolhidas devem ser atribuídas um princípio de solução. A partir deste entendimento, será necessário buscar um efeito físico para chegar até o objetivo em questão. Uma dimensão importante nessa etapa é ter como objetivo obter vários efeitos, para conseguir se chegar a uma solução para os problemas (FORCELLINI, 2002).

Após alcançar as soluções para estas funções, o próximo objetivo é elaborar um modelo de criação, através das combinações das soluções para produzir os princípios de soluções para o produto (AMARAL et al, 2006).

Ainda segundo Amaral et al, (2006), a matriz morfológica é uma ferramenta notável capaz de combinar princípios de solução específico em princípios de solução de uso geral para o produto, e ainda demonstra as funções escolhidas para o produto e as soluções para os problemas.

2.3.4 Combinar princípios de solução

Após obter os princípios de solução para as sub funções da estrutura do produto, é essencial que os princípios de solução sejam combinados para que as funções globais do sistema sejam atendidas. Através da matriz morfológica, serão feitos ajustes nos princípios de solução entre as funções da estrutura funcional.

Cada linha da matriz poderá apresentar muitas alternativas para os princípios de solução, no entanto, é essencial que esses números sejam limitados (REIS, 2003).

2.3.5 Selecionar combinações

Essas combinações deverão minimizar riscos de eliminação de uma possível solução promissora, e deve ser feita uma seleção para que possa se adaptar a uma pequena quantidade de dados que estão disponíveis nesta etapa (REIS, 2003).

Para Back (2008), essa seleção terá de ser feita por comparações com algumas informações que já existem, ou até mesmo de experiências já feitas para que possam ser validadas.

2.3.6 Evoluir em variantes de concepção

Segundo Mantovani (2011), para continuar o projeto, deve ser feito uma concepção do nível de detalhamento para verificar sua viabilidade. Também devem ser representados os princípios de solução que foram obtidos na última etapa, antes de ser tomado qualquer tipo de decisão sobre qual solução deve ser escolhida.

A partir desta escolha, devem ser usados esboços para que o produto possa executar as funções principais, assim se tornando realmente viável.

2.3.7 Avaliar concepções

Como esta fase é parecida com a fase de hierarquização da fase do projeto informacional, também é utilizada a ferramenta da matriz de avaliação.

De acordo com Reis (2003), devido às poucas variantes desta fase, será estudado todas as incertezas que foram encontradas durante o processo de avaliação, para que os pontos fracos não acabem prejudicando posteriormente o desenvolvimento da concepção do projeto.

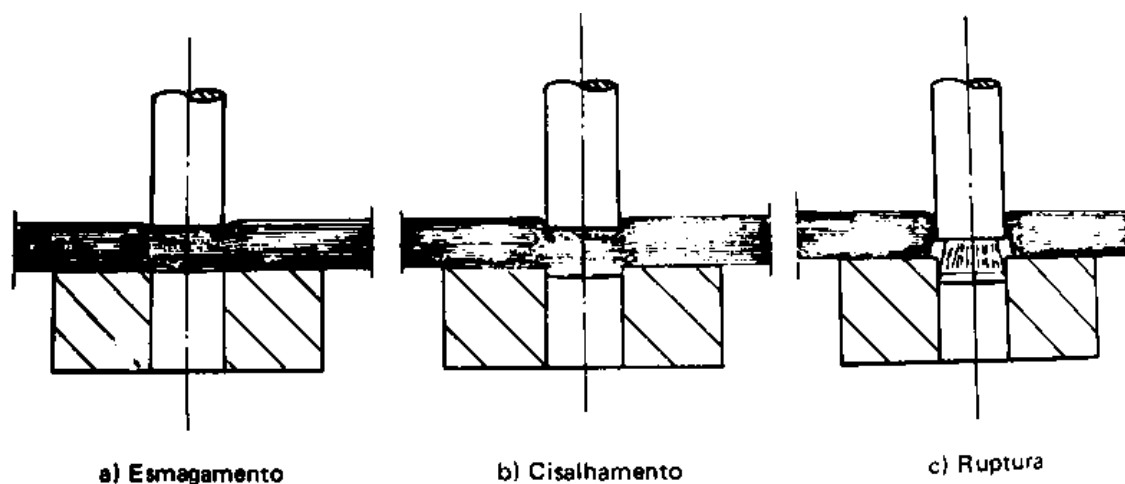
Uma dessas concepções geradas será escolhida como referência, e todas as outras serão comparadas com essa referência. Ao final deste processo, será atribuído um valor para cada concepção (AMARAL et al, 2006).

2.4 ESTAMPAGEM

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 se dá sob a ação de uma ferramenta denominada punção de corte que exerce pressão sobre uma chapa fixa denominada matriz. Esta pressão é exercida pelo punção de corte que é móvel no sentido vertical em uma chapa metálica que está sobre a matriz fixa, sendo que esta, passa por três fases conforme apresentado na Figura 5, considerando a chapa antes de ser furada.

Figura 5: Demonstração dos estágios do princípio do corte por estampagem



Fonte: Brito, 1981, p. 14.

O processo de estampagem consiste em transformar uma chapa plana de metal laminado em um produto, através de uma ou mais operações de conformação por deformação plástica. Assim, foi percebida a importância deste processo industrial por ser um meio rápido e econômico, podendo produzir componentes das mais variadas geometrias e tamanhos, favorecendo empresas que buscam excelência na fabricação de produtos de qualidade e baixo custo a fim de manterem-se competitivas.

Na operação de estampagem pode ocorrer ao mesmo tempo estiramento, dobra e embutimento que, conforme as propriedades mecânicas de um determinado material, somado com a complexidade geométrica da peça e o atrito na interface

ferramenta-produto, podem vir a interferir no estado de tensões do elemento em trabalho, sendo que, um pico de tensão elevado pode ocasionar uma trinca ou ruptura do componente quando estiver exposto a qualquer força externa.

Como as tensões residuais são auto equilibrantes, ou seja, basta qualquer força externa agir sobre o corpo que causa a sua redistribuição, torna-se importante conhecer o estado das tensões internas de um corpo e como ela pode reagir a carregamentos externos e assim evita-se danos materiais e econômicos.

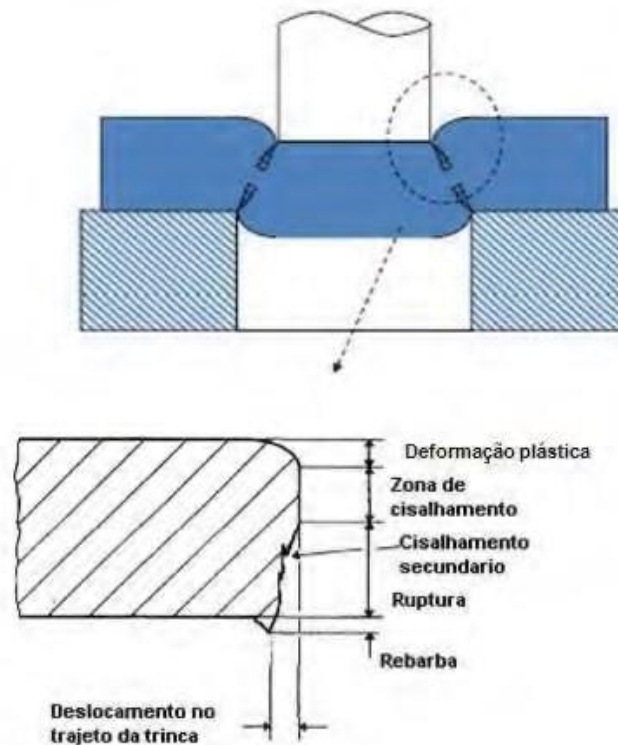
As tensões residuais são inconvenientes inerentes dos vários processos de fabricação e no caso da estampagem, quando o metal está sendo deformado plasticamente, frequentemente são criadas tensões internas devido à incompatibilidade da deformação, sendo estes de diferentes níveis de deformação e em diferentes localizações ao mesmo tempo. Estas diferenças podem ser causadas por diversas razões, incluindo as propriedades mecânicas do material e as desigualdades nas deformações atuais acomodadas em diferentes localizações devido à geometria do punção/matriz ou da força aplicada.

2.4.1 Etapas da conformação por estampagem

Durante o corte da matéria prima, são obtidas diversas formas geométricas devido à força de compressão que se transforma em força de cisalhamento que ocasionam a separação brusca do material. Após esta ruptura, podem ser notadas três áreas distintas, que são dependentes da folga e afiação das ferramentas superiores e inferiores. Na Figura 6 podem ser visualizadas as três regiões no final do corte. São elas:

- Área de deformação: Região onde houve deformação plástica;
- Área de cisalhamento: Região onde o esforço de compressão se transforma em esforço cisalhante. Com a união de várias trincas o material se rompe;
- Área de rompimento: Região onde houve a separação do material de maneira brusca. Esta área apresenta uma fratura dúctil de alta rugosidade;

Figura 6 - Regiões do processo de corte.



Fonte: Adaptado de MARTINS, 2004, p. 24.

Uma das características da estampagem, é que seu processo é obtido através de um dispositivo que é chamado estampo, que por sua vez, é instalado em máquinas chamadas prensas, que podem ou não possuir dispositivo de alimentação de matéria prima.

Conforme Polack (1976), uma prensa é uma máquina capaz de realizar grande pressão em um estampo, ou chapa devido ao acúmulo mecânico de energia potencial. Essas máquinas são utilizadas para operações de corte ou conformação em processos de metalurgia básica. Na Figura 7 vemos um exemplo de prensa hidráulica com um estampo acoplado.

Figura 7: Prensa Hidráulica Braffemam – 40 toneladas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Estampos, são ferramentas que montadas na prensa, proporcionam transformar matéria prima em produto e podem ser utilizados para furação, corte, calibração, dobra entre outros.

A estampagem é obtida através de matérias primas trabalhada por ferramentas rígidas que, através de esforços de compressão e tração, geram um determinado produto. As grandes vantagens são o baixo custo e a alta produtividade originada pela minimização do uso de matéria prima aliado à baixa necessidade de usinagem (SCHAEFFER, 2006).

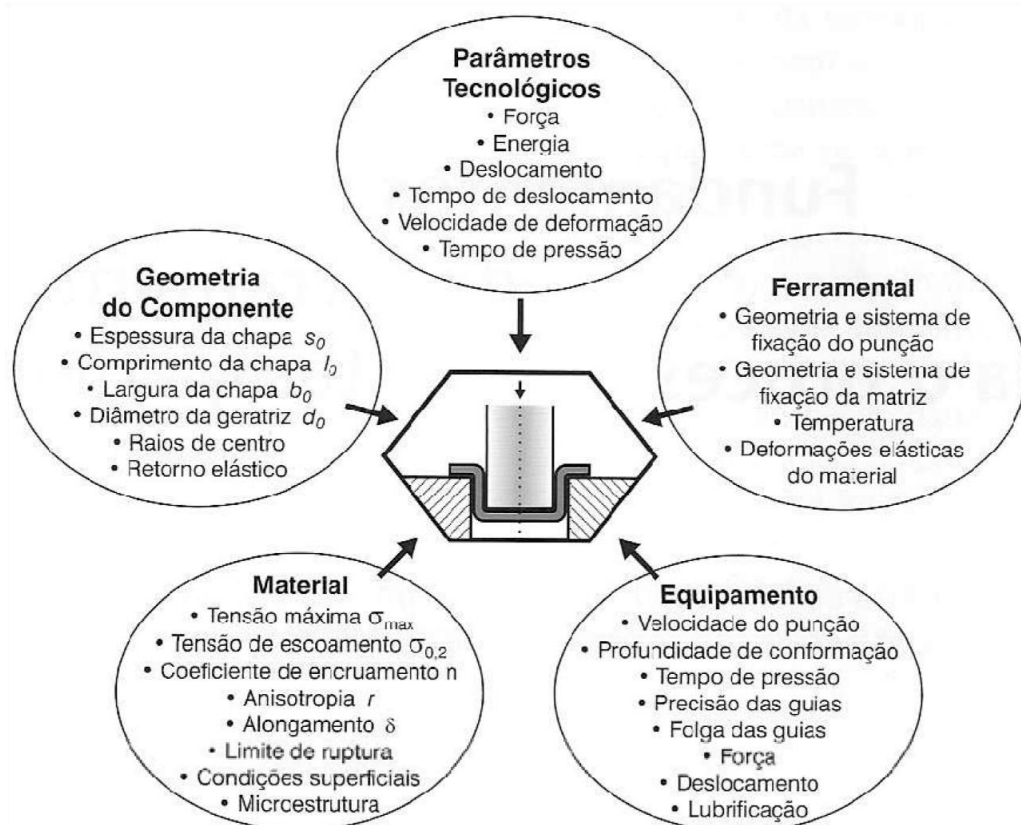
Segundo Schaeffer (2004), atualmente, o desenvolvimento dos materiais é grande, e conseqüentemente tem se conseguido a fabricação de peças das mais variadas formas e tamanhos, podendo a produção de alguns componentes chegar até 1000 peças por hora, reduzindo-se assim os custos com o aumento da produtividade. A produção em série teve início no fim do século XIX com a

construção das primeiras prensas e ferramentas de corte e embutimento e com o desenvolvimento da indústria automobilística. O controle de vários parâmetros na estampagem são importantes para otimização do processo, pois, temos que considerar atualmente os aumentos da velocidade de deformação e a introdução de novos materiais, principalmente os de maior resistência mecânica.

2.4.2 Parâmetros de estampagem

Dentre os parâmetros que interferem na estampagem pode se destacar a geometria do componente, que dependendo das regiões críticas de estampagem, o fator metalúrgico do material pode interferir no escoamento na interface punção/matriz. Por exemplo, peças de geometrias complexas e/ou de materiais de difícil escoamento, o ideal é que sejam processados em prensas hidráulicas, onde a velocidade das deformações é menor e assim o material venha a fluir de maneira lenta. Na Figura 8 estão apresentados os parâmetros.

Figura 8 - Parâmetros do processo de estampagem.



Fonte: SCHAEFFER, 2004, p. 167.

O ferramental também interfere nos parâmetros do processo de estampagem, podendo-se citar a confecção dos punções e matrizes. Estes componentes atualmente são revestidos superficialmente para garantir menor atrito entre as partes no momento da conformação e como consequência há redução na força para a estampagem, e somando-se a tudo é gerado aumento na resistência ao desgaste, já que um ferramental é desenvolvido para produzir grandes lotes de peças.

Pode-se afirmar que os parâmetros que interferem no processo de estampagem são todos interligados, ou seja, um dependente do outro e a área de engenharia deve considerar cada parâmetro para o desenvolvimento de um processo enxuto e econômico.

2.4.3 Ferramentas de estampagem

Segundo Provenza (1989), as ferramentas de estampagem podem ser classificadas pela sua construção, função e quantidade de peças que irá produzir.

Em relação ao estampo de corte, quando a tua construção, pode ser de corte aberto ou de corte guiado. As de corte aberta são ferramentas que permitem a utilização de diversas espessuras, e proporcionam precisões de 2 mm. As de corte guiado, são ferramentas que proporcionam uma precisão de $\pm 0,08$ mm que são obtidas através de pinos de encosto que mantém as tiras fixadas.

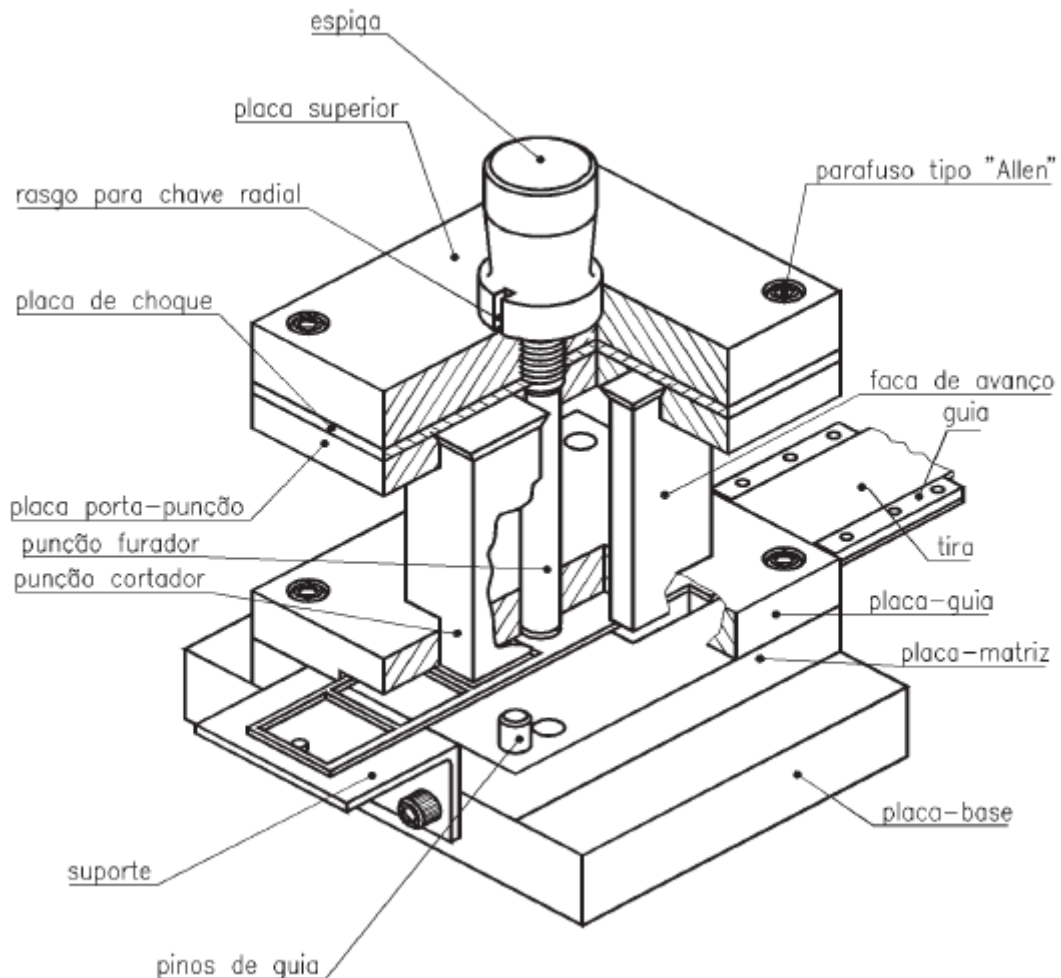
Em relação à sua função, elas podem ser classificadas em corte progressivo e de corte total. As ferramentas de corte progressivo possuem facas de avanço que dependendo do número de etapas, podem chegar a uma precisão de $\pm 0,08$ mm a $\pm 0,15$ mm. Já as de corte total, são ferramentas que chegam a uma precisão de $\pm 0,025$ mm.

Outro modo de diferenciar estas ferramentas, é de acordo com a quantidade de peças que são produzidas, elas podem ser de grandes, média e pequenas quantias.

2.4.4 Elementos de uma ferramenta de estampagem

Alguns componentes de uma ferramenta de estampagem, estão apresentadas na vista em corte de uma ferramenta de estampagem (Figura 9).

Figura 9 - Vista em corte mostrando os elementos de uma ferramenta de estampo.



Fonte: Provenza, 1989, p. 201.

Função dos componentes de um estampo de corte:

- Placa base – Fixar a ferramenta à prensa e reduzir o choque direto entre a matriz e a mesa;
- Placa superior e espiga – sustentar e centralizar o conjunto móvel da ferramenta;
- Placa porta punção e placa guia – é responsável por manter o punção no seu devido lugar e guia-lo até a cavidade de corte;
- Placa de choque – Como diz seu nome, sua função é receber os impactos do punção no momento que eles furam ou cortam a peça;
- Guia de Avanço – Guiar a tira do material que irá ser cortado;
- Suporte – Apoiar a peça durante o processo;
- Punção – É o componente que executa o corte ou furo;

- Faca de avanço – Limitar o passo da tira;
- Pino Piloto – Ajustar o avanço da tira;
- Placa Matriz – É o limitador do punção na hora de furar o componente;
- Tira – É o nome do componente que irá ser cortado;

2.5 ESFORÇO DE CORTE

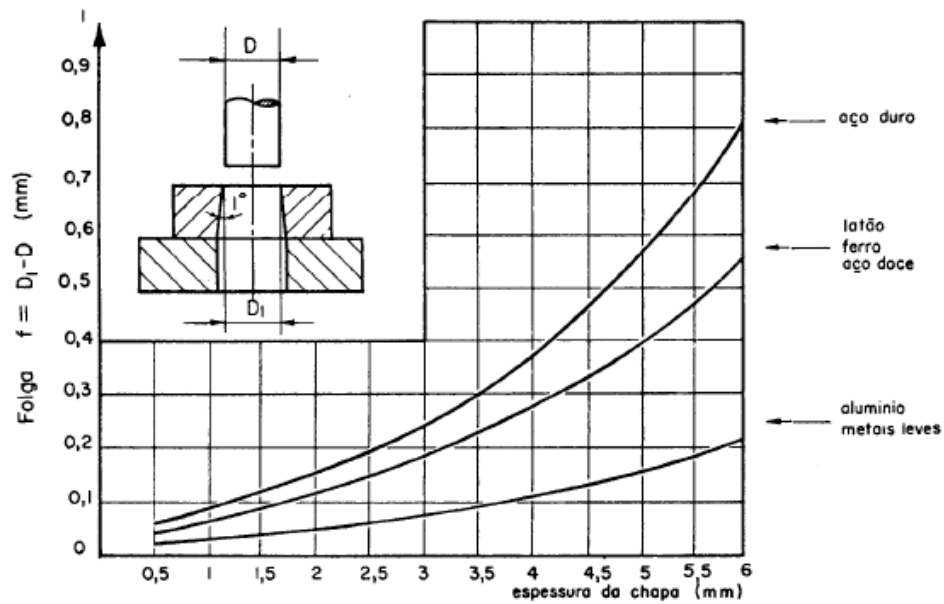
Segundo Brito (1981), para ser efetuada uma furação em um processo de estampagem, é necessário que a prensa tenha capacidade superior a necessária à operação, sempre mantendo margem para eventuais resistências e atritos para que não ocasionem danos. Para calcularmos essa força, pode-se utilizar a Equação 1:

$$F_c \geq \rho \cdot e \cdot \tau_c \quad (1)$$

Onde, F_c é a força de corte [Kg], ρ é o perímetro da peça a ser cortada [mm], e é a espessura do material [mm] e τ_c é a tensão da resistência de cisalhamento ou corte [Kg/mm²]. O Apêndice A apresenta uma tabela de materiais com suas respectivas tensões de cisalhamento.

Conforme Brito (1981), o dimensionamento do punção e da matriz são fatores muito importantes na ferramenta, e o principal parâmetro é a folga entre eles. A necessidade de possuir esta folga tem por finalidade obter redução no esforço de corte para aumentar a durabilidade da ferramenta e produzir peças com tolerâncias relativas. A Figura 10 mostra esta relação.

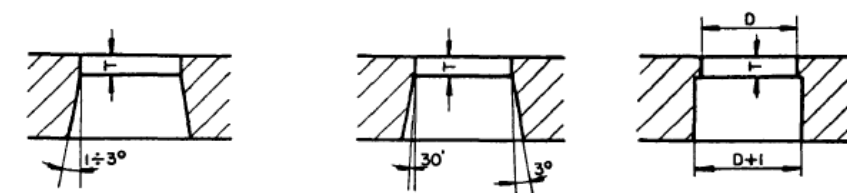
Figura 10 - Folga em função da espessura



Fonte: Provenza, 1989, p. 90.

Outro detalhe é que, se a folga for excessiva, a peça poderá apresentar deformações e/ou rebarbas. Na Figura 11, é mostrada a folga ideal entre punção e matriz, juntamente com o ângulo de escape, que serve para facilitar a saída do retalho.

Figura 11 - Folga entre punção e matriz.



$$T = \begin{cases} (3 \div 4) e & \text{para } e \leq 2 \text{ mm} \\ 1,5e & \text{para } e \geq 2 \text{ mm} \end{cases}$$

Fonte: Provenza, 1989, p. 92.

Um fator importante é a espessura do material que será estampado, que por regra, a sua espessura deve ser menor ou igual ao “diâmetro” do punção.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

Esta etapa do projeto visa demonstrar algumas metodologias utilizadas no desenvolvimento da pesquisa. Para facilitar o entendimento, foram analisados métodos de vários autores para justificar as fases do projeto.

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

A partir desta fase, serão demonstradas quais são as necessidades do cliente, que serão modificadas e adaptadas em termos que a engenharia possa utilizar. As necessidades do cliente e do projeto são muito importantes para desenvolver o novo produto.

3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

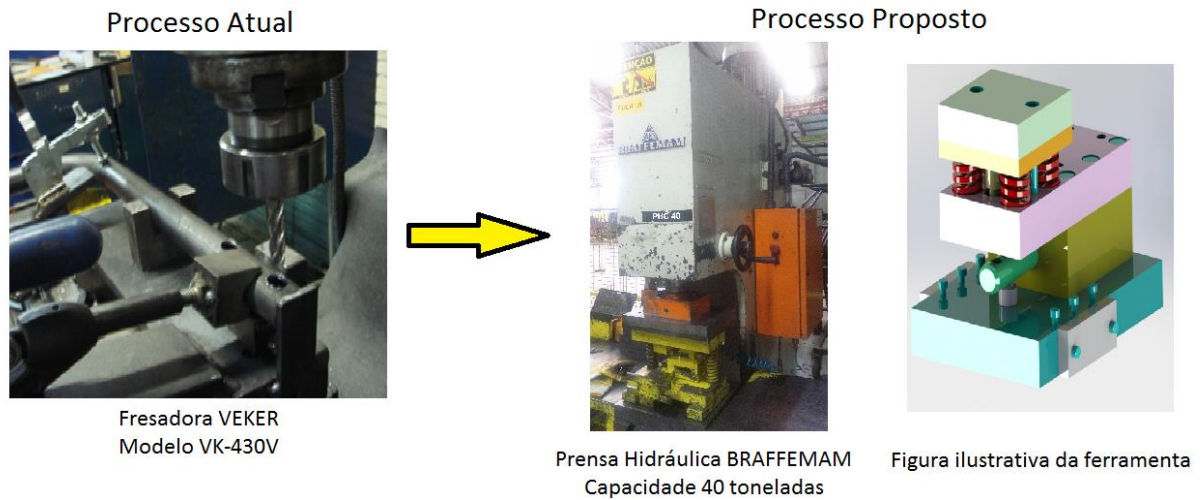
O surgimento deste projeto ocorreu a partir de uma análise geral dos problemas que a Nelson do Brasil Indústria Metalúrgica vinha apresentando no setor de usinagem para um item que tem produção elevada.

Este item foi analisado e foi cogitada a ideia de ser produzido empregando outro processo que a empresa teria disponibilidade.

Foi averiguado tanto o processo em geral, como os custos de hora/máquina para obter uma base comparativa de todos os dados.

Chegou-se a alternativa de estampar a peça em uma prensa hidráulica através de uma ferramenta de estampagem. A Figura 12 mostra uma ilustração da proposta sugerida.

Figura 12 - Proposta sugerida



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

3.1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto

Através de uma entrevista, foi realizado o levantamento de dados da necessidade do cliente, destacando-se que cada produto possui um ciclo de vida, e a partir destes dados foram definidos os requisitos do cliente mostrados no Quadro 2.

Quadro 2 - 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			Nelson do Brasil
MANUTENÇÃO			Nelson do Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Para definir as necessidades do cliente, foi feita uma coleta de informações através de questionamentos durante auditoria sofrida pela empresa. Estas informações são:

- A ferramenta de estampagem deverá furar a peça em uma operação
- A ferramenta deve apresentar baixo custo de produção
- A ferramenta deve servir em máquinas que já existem na empresa
- A ferramenta deve ser de fácil encaixe na prensa
- A ferramenta deve ser produtiva

- f) A ferramenta deve ter fácil manuseio
- g) A ferramenta deve manter as especificações do cliente
- h) A ferramenta deve ser fácil de transportar

A próxima etapa foi transformar estas informações em dados a fim de atender as especificações do cliente.

3.1.3 Estabelecer os requisitos do cliente

Com as necessidades do cliente listadas, esta etapa foi fundamental para categorizar as necessidades do cliente em dados que pudessem ser mensurados e utilizados no prosseguimento do projeto. Estão apresentados no Quadro 3, os requisitos do cliente definido pelo ciclo de vida do produto.

Quadro 3 - Requisitos do Cliente ao longo do Ciclo de Vida do Produto

FASE DO CICLO DE VIDA	REQUISITOS DO CLIENTE
PROJETO	A. Furar a peça em apenas uma operação B. Garantir as especificações do cliente C. Ser de fácil fabricação
PRODUÇÃO	D. Ser de fácil montagem E. Ser produtiva
USUÁRIO	F. Ser de fácil manuseio G. Garantir a repetição do processo H. Ser de fácil encaixe na prensa I. Ter segurança para operar
MANUTENÇÃO	J. Baixo custo de manutenção K. Ter uma fácil manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

3.1.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Para o estabelecimento dos requisitos do projeto, foi aplicado uma listagem de alguns atributos, com o objetivo de fazer a conversão das necessidades dos clientes para o entendimento do projetista. Estes requisitos e atributos estão listados no Quadro 4.

Quadro 4 - Requisitos do projeto

CLASSE DOS ATRIBUTOS	ATRIBUTOS	REQUISITOS DO PROJETO
Atributos Básicos	Funcionalidade	A. Estampagem em uma operação
	Segurança	B. Segurança durante a estampagem
Atributos do ciclo de vida	Projeto	C. Com base superior/inferior
		D. Com colunas guia
		E. Com placa de choque
	Produção	F. Com sistema de transporte
	Usuário	G. Utilizar elementos comuns
Manutenção	H. Fácil encaixe na mesa	
Atributos Específicos	Geometria	I. De fácil manutenção
	Força	J. Folga adequada entre punção e matriz
		K. Esforço de corte inferior a 40 toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Foi constituído nesta etapa, as primeiras decisões do produto necessárias para a aplicação das ferramentas QFD na próxima etapa.

3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Nesta fase, procurou-se decidir quais os requisitos do projeto que deveriam ser contemplados neste novo conceito do produto.

O primeiro passo foi fazer uma comparação dos requisitos do cliente a fim de obter sua importância através do diagrama de Mudge, representado na Figura 13.

Os valores utilizados para este diagrama foram definidos como:

1. Um requisito é considerado muito importante que o outro (valor 5);
2. Um requisito é considerado de média importância que o outro (valor 3);
3. Um requisito é considerado pouco importante que o outro (valor 1).

Figura 13 - 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	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	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Agora, será mostrado no Quadro 5 o primeiro resultado que foi obtido através da hierarquização dos requisitos dos clientes com a ajuda do Diagrama de Mudge.

Quadro 5 - Resultados dos requisitos dos clientes

REQUISITOS DOS CLIENTES	SOMA	%
A. Estampagem em uma operação	34	16
B. Garantir as especificações do cliente	43	20,2
C. Ser de fácil fabricação	1	0,5
D. Ser de fácil montagem	1	0,5
E. Ser produtiva	3	1,4
F. Ser de fácil manuseio	24	11,3
G. Garantir a repetição do processo	33	15,5
H. Ser de fácil encaixe na prensa	11	5,2
I. Ter segurança para operar	30	14,1
J. Baixo custo de manutenção	21	9,9
k. Ter uma fácil manutenção	12	5,6
TOTAIS	213	100

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Depois de definida a hierarquização dos requisitos do cliente, que tiveram sua classificação conforme sua relação de importância com os demais atributos. No Quadro 6, estão indicados os requisitos do cliente conforme o seu grau de importância, do mais importante para o menos importante.

Quadro 6- Classificação da hierarquização dos requisitos do cliente

REQUISITOS DOS CLIENTES	SOMA	%
B. Garantir as especificações do cliente	43	20,2
A. Estampagem em uma operação	34	16
G. Garantir a repetição do processo	33	15,5
I. Ter segurança para operar	30	14,1
F. Ser de fácil manuseio	24	11,3
J. Baixo custo de manutenção	21	9,9
k. Ter uma fácil manutenção	12	5,6
H. Ser de fácil encaixe na prensa	11	5,2
E. Ser produtiva	3	1,4
C. Ser de fácil fabricação	1	0,5
D. Ser de fácil montagem	1	0,5
TOTAIS	213	100

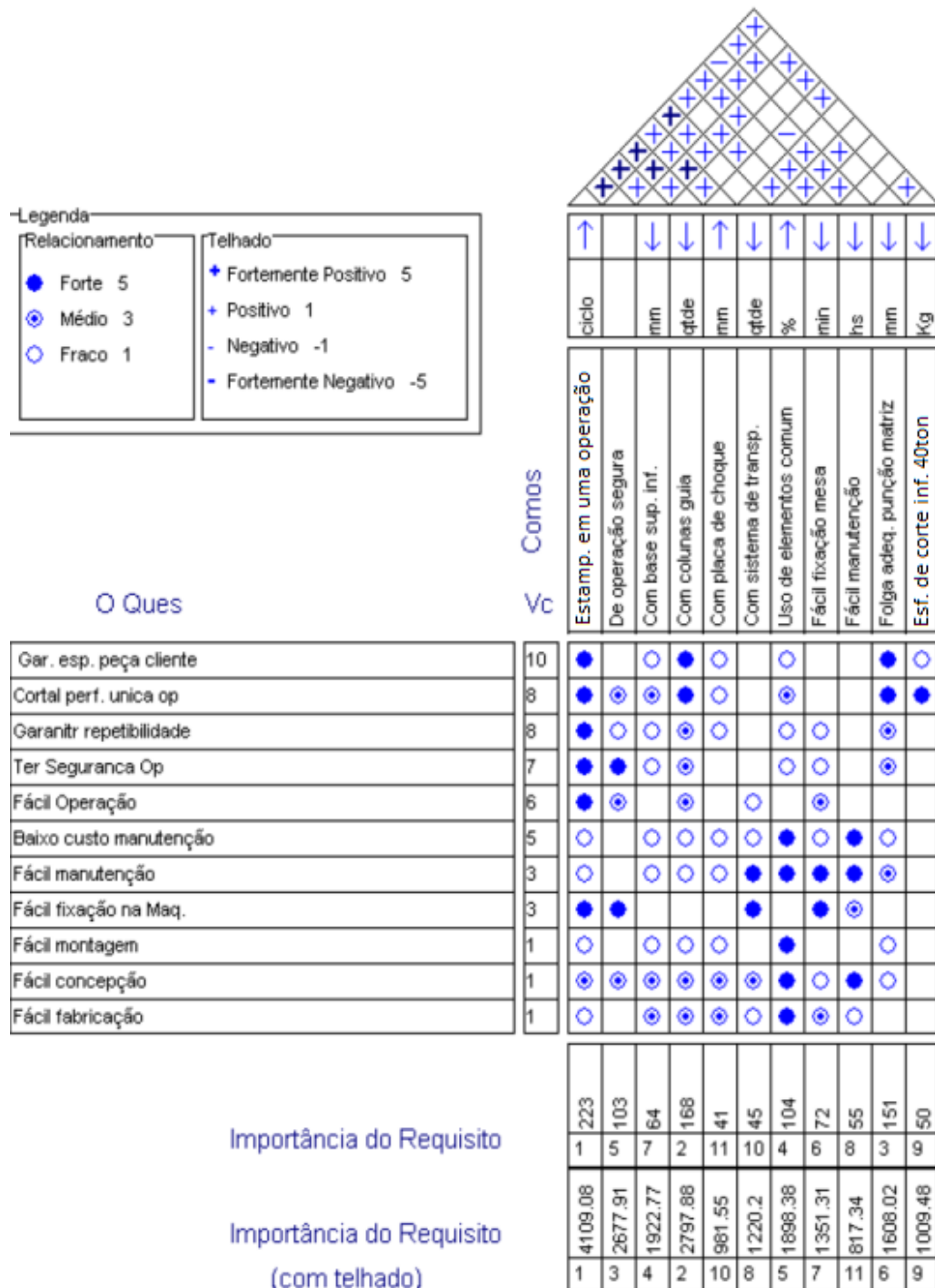
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

O segundo passo para hierarquizar os requisitos do projeto é aplicar a ferramenta QFD, que tem por maior benefício, reduzir a quantidade de mudanças no

projeto. Também diminui o ciclo do projeto e a redução das reclamações, melhora a comunicação entre os envolvidos no projeto e transforma as exigências do cliente em requisitos do projeto. A partir destes dados, definiram-se prioridades.

Na Figura 14 estão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação desta ferramenta.

Figura 14 - Ferramenta QFD (Matriz da casa da qualidade)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Estes requisitos foram classificados conforme seu grau de importância e foram separados em terço superior, médio e inferior para facilitar o entendimento, e estão mostrados nos Quadro 7, 8 e 9.

Quadro 7 - Requisitos do terço superior

RANKING	REQUISITOS DO PROJETO
1	A. Estampagem em uma operação
2	D. Com coluna guia
3	B. Ter segurança durante estampagem
4	C. Com base superior/inferior

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Quadro 8 - Requisitos do terço médio

RANKING	REQUISITOS DO PROJETO
5	G. Utilizar elementos comuns
6	J. Folga entre punção e matriz
7	H. Fácil encaixe na mesa

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Quadro 9 - Requisitos do terço inferior

RANKING	REQUISITOS DO PROJETO
8	F. Com sistema de transporte
9	K. Esforço de corte inferior a 40 toneladas
10	E. Com placa de choque
11	I. De fácil manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Com a etapa finalizada, foram concluídos os requisitos do projeto conforme as exigências do cliente.

3.1.6 Estabelecer as especificações do projeto

Após definidos os requisitos do projeto, seguiu-se para a fase final do projeto informacional, que nada mais é que definir uma meta em valores e realizar uma avaliação dos itens não desejáveis.

Por ordem de importância, distribuíram-se as características do projeto por meio dos Quadros 10, 11, 12, utilizando-se os dados da etapa anterior.

Quadro 10 - Especificações do terço superior

RANKING	REQUISITOS DO PROJETO	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejáveis
1	A. Estampagem em uma operação	1 peça/2min	Cronometragem	Improdutividade
2	D. Com coluna guia	1 peça	Análise do projeto	Produto não conforme
3	B. Ter segurança	Norma	Máquina fresadora segura	Acidente de trabalho
4	C. Com base superior/inferior		Análise do projeto	Dano ao punção

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Quadro 11 - Especificações do terço médio

RANKING	REQUISITOS DO PROJETO	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejáveis
5	G. Utilização elementos comuns	≥ 60%	Análise de componentes	Paradas para manutenção
6	J. Folga adequada	± 0,2mm	Medição após têmpera	Fora do especificado
7	H. Fácil encaixe na mesa	≤ 2 min	Medição durante tryout	Pouca produtividade

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Quadro 12 - Especificações do terço inferior

RANKING	REQUISITOS DO PROJETO	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos Indesejáveis
8	F. Com sistema de transporte	4 pontos	Verificação visual	Tempo setup muito alto
9	K. Esforço de corte < 40 ton	≤ 30 ton	Calculo esforço de corte	Não atende a empresa
10	E. Com placa de choque	Até 5mm	Análise do projeto	Dano à ferramenta
11	I. De fácil manutenção	Até 6hs	Cronometragem	Parada de máquina

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Com o término desta etapa, realizou-se a fase conceitual do projeto de ferramenta para estampagem de tubos redondos.

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Esta fase é a mais importante de um projeto de produto, pois são geradas soluções alternativas que possam atender as especificações definidas. Essas atividades se associam à busca, seleção e representação das soluções para os problemas de projeto.

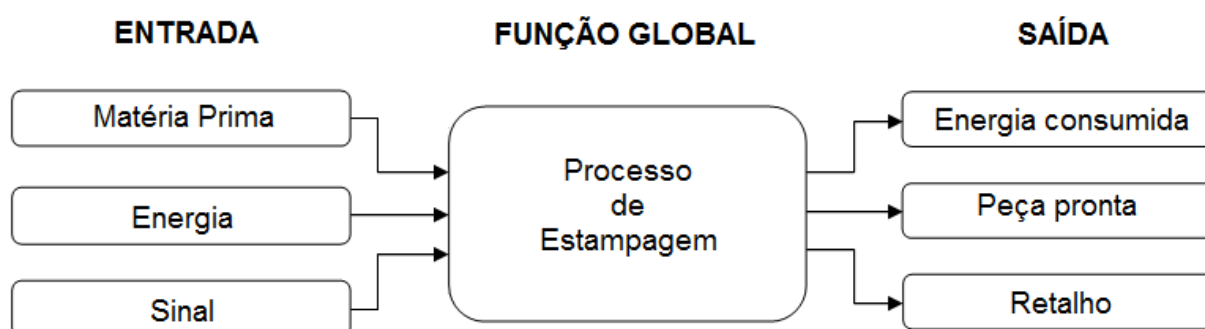
3.2.1 Verificar o escopo do problema

Conforme já mencionado nas especificações do projeto, a maior necessidade da empresa é produzir o item em estudo de uma maneira que substitua o processo atual. Devido ao tempo de processo unitário ser muito alto, os custos também contemplam hora/máquina e hora/operador.

3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

Nesta etapa, o primeiro passo foi definir a função global, ou seja, o que é realmente necessário para produzir as peças por meio da ferramenta de estampagem. Na Figura 15 é demonstrada a função global para estampagem.

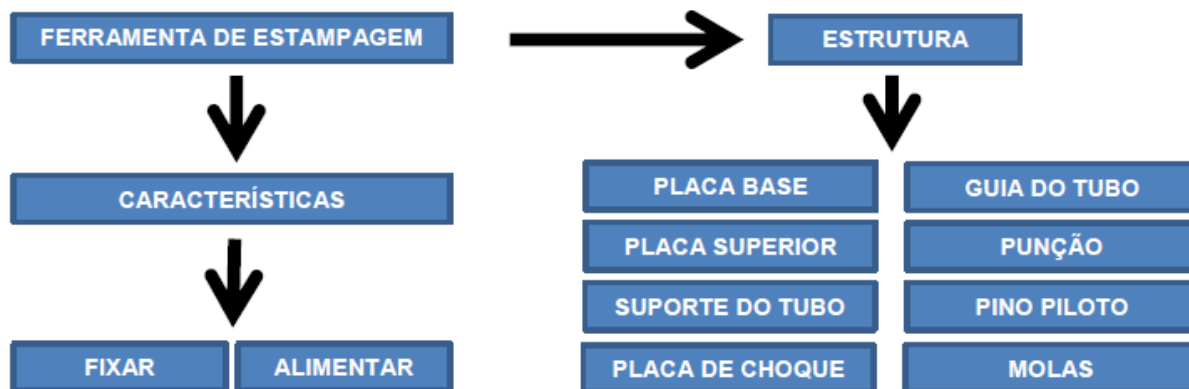
Figura 15 – Função global para estampagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Esta função foi um importante início para elaborar a nova estrutura para este produto, que é o caso da estrutura funcional demonstrada na Figura 16.

Figura 16 - Estrutura funcional da ferramenta de estampagem



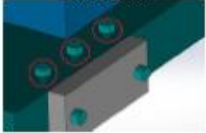
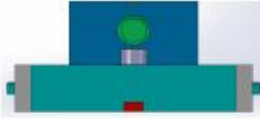

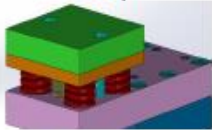
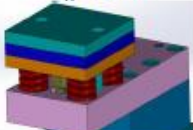
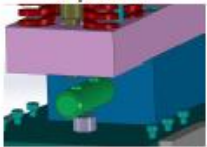












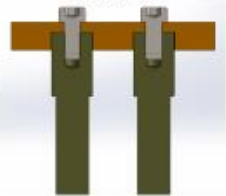
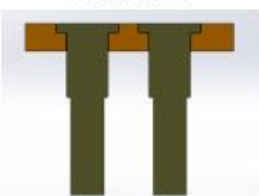
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Esta estrutura procurou mostrar a ferramenta na ótica de funções, com o intuito de mostrar todos os seus componentes. A seguir, criou-se alguns princípios de solução para cada item listado.

3.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Nesta etapa, demonstra-se possíveis alternativas para as sub funções que foram mostradas na ultima etapa. Confeccionou-se uma matriz morfológica, listada no Quadro 13, a partir de dados de pesquisas e também experiências de pessoas que trabalham na área para desenvolver soluções a possíveis problemas em uma ferramenta de estampagem para tubos redondos.

Quadro 13 - Princípios de solução

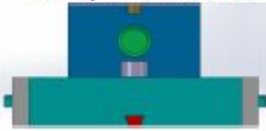
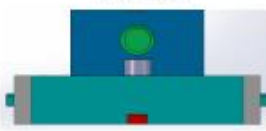
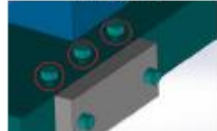
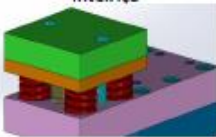
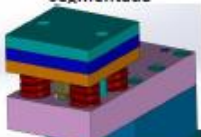
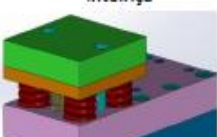















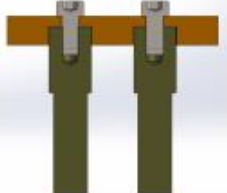
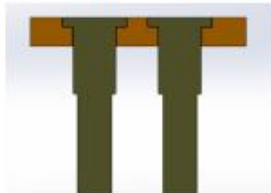
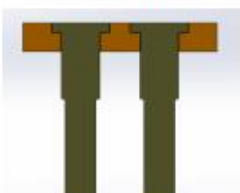
		MATRIZ MORFOLOGICA - PRINCIPIOS DE SOLUÇÃO		
		1	2	3
ESTRUTURA	SUB FUNÇÕES			
	PLACA BASE	FoFo (26FF)	Aço 1020	-
	PLACA SUPERIOR	FoFo (26FF)	Aço 1020	-
		Parafusado	Chavetado	Fixado por rabo andorinha
	FIXAÇÃO FERRAMENTA			
		Inteirica	Segmentada	
	PLACA DE CHOQUE			-
		Independente	Corpo Único	
	GUIA DO TUBO			
		Base parafusada	Base soldada	
SUPORTE DO TUBO			-	
	Perfil reto	Perfil tipo faca	Perfil cunha	
PUNÇÃO				
	Redonda	Quadrada	Retangular	
MOLAS				
	Manual	Automático		
ALIMENTAÇÃO MATÉRIA PRIMA			-	
	Parafusado	Porta Punção		
FIXAÇÃO PUNÇÃO				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

3.2.4 Combinar princípios de solução

Através da matriz do Quadro 14, foi feita uma análise destas propostas (Quadro 16) para atingir a melhor combinação possível para ter a melhor ferramenta de estampagem.

Quadro 14 - Combinações de estruturas funcionais

		MATRIZ MORFOLOGICA - PRINCIPIOS DE SOLUÇÃO		
SUB FUNÇÕES		1	2	3
PLACA BASE		FoFo (26FF)	Aço 1020	Aço 1020
PLACA SUPERIOR		FoFo (26FF)	Aço 1020	Aço 1020
		Fixado por rabo andorinha	Chavetado	Parafusado
FIXAÇÃO FERRAMENTA				
PLACA DE CHOQUE		Inteira	Segmentada	Inteira
				
GUIA DO TUBO		Por friso	Corpo único	Independente
				
SUPOORTE DO TUBO		Base parafusada	Base soldada	Base parafusada
				
PUNÇÃO		Perfil cunha	Perfil tipo faca	Perfil reto
				
MOLAS		Quadrada	Redonda	Retangular
				
ALIMENTAÇÃO MATÉRIA PRIMA		Automático	Manual	Manual
				
FIXAÇÃO PUNÇÃO		Parafusado	Porta Punção	Porta Punção
				

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através deste capítulo, estão apresentados os resultados alcançados com o uso dos conceitos de metodologia de projeto de produto, que teve por finalidade desenvolver o processo de furação por estampagem até sua fase conceitual.

4.1 SELECIONAR COMBINAÇÕES

Para esta seleção, foi utilizada uma técnica para julgar a viabilidade das propostas, que é verificar se as condições apresentadas são viáveis, relativamente viáveis ou inviáveis. Estes resultados serão apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 - Julgamento da viabilidade das propostas

PROPOSTAS	NÃO VIÁVEL	RELATIVAMENTE VIÁVEL	VIÁVEL
PROPOSTA 1	X		
PROPOSTA 2		X	
PROPOSTA 3			X

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Nesta etapa foram avaliadas as propostas levantadas na etapa anterior, a fim de julgar as não viáveis para o projeto. Cada combinação feita anteriormente, foi direcionada para tornar o trabalho mais claro, sempre com foco na fabricação da ferramenta com características fáceis de executar.

As propostas evidenciam vantagens e desvantagens, que foram analisadas para julgar a melhor proposta. Abaixo segue as características das propostas da ferramenta de estampagem.

Proposta 1: Por utilizar ferro fundido como material para as bases superior e inferior, esta proposta se torna inviável, pois necessita de moldes para sua fabricação. Outro ponto negativo é o sistema de alimentação, que não é necessário, pois a quantidade de peças produzidas e sua geometria não justifica este custo.

Proposta 2: É relativamente viável, porém apresenta complexidades em sua manufatura devido a fixação da ferramenta ser por chaveta, a guia do tubo ser inteira, o suporte do tubo ser soldado e o encaixe do punção ser por meio de parafusos. Com isto, o custo de produção é muito alto e também apresentam problemas que preocupam a manutenção.

Proposta 3: Esta proposta atende todas as avaliações, pois é de fabricação simples, com materiais de fácil aquisição e consegue atender as especificações do cliente.

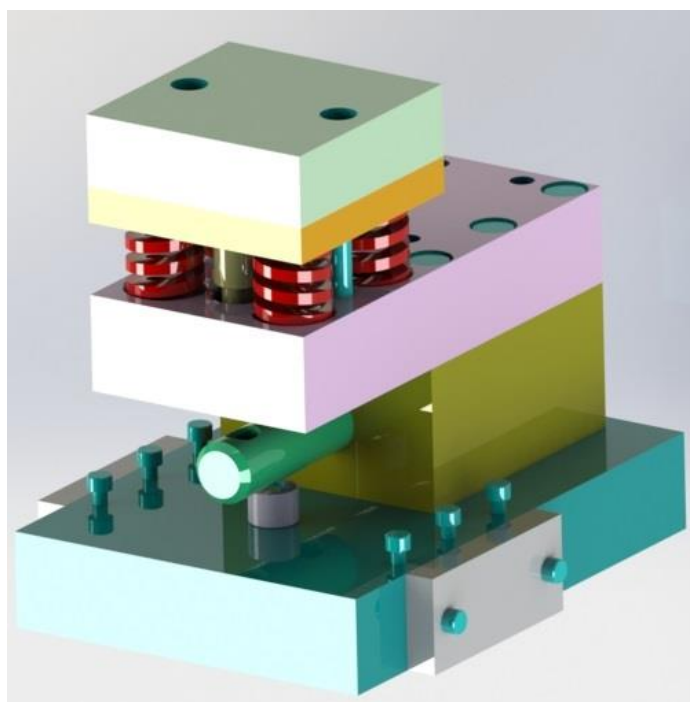
Todas as propostas foram comparadas com as exigências do cliente, e as que apresentaram aspectos satisfatórios, foram consideradas como positivas.

4.2 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO

Nesta etapa, é possível continuar o projeto através de um melhor detalhamento da ferramenta, para poder avaliar se é viável ou não.

Utilizando a proposta definida para esta ferramenta, foi desenhado com a ajuda do software Solidworks™, uma ferramenta de estampagem para tubos redondos, conforme é visto na Figura 17.

Figura 17 - Ferramenta de estampagem para tubos redondos – Proposta definida



4.3 AVALIAR CONCEPÇÕES

Esta etapa, através da técnica da Matriz de Avaliação, desenvolveu alguns critérios de avaliação baseado nas exigências do projeto que foram obtidas através do diagrama de Mudge na etapa 3.1.5.

O objetivo foi checar as propostas que foram sugeridas inicialmente para verificar se a proposta aprovada realmente atende as exigências do cliente, conforme é visto no Quadro 16.

Quadro 16 - Matriz de avaliação das propostas

vc	Requisito do cliente	proposta 1	proposta 2	proposta 3
10	B. Garantir a especificação do cliente	3	3	3
8	A. Estampagem em uma operação	-1	-1	-1
8	G. Garantir a repetição do processo	3	3	3
7	I. Ter segurança para operar	2	2	2
6	F. Ser de fácil manuseio	2	2	2
5	J. Baixo custo de manutenção	0	-1	-2
3	K. Ter fácil manutenção	0	-1	-2
3	H. Ser de fácil encaixe na prensa	1	1	-2
1	E. Ser produtiva	0	-1	-2
0	C. Ser de fácil fabricação	0	-1	-3
0	D. Ser de fácil montagem	0	-1	-3
TOTALIS		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 à referência
-1	quando o critério não é atendido tão bem quanto à referência
-2	quando o critério é atendido muito pior que a referência
-3	quando o critério é atendido de modo imensamente inferior à referência

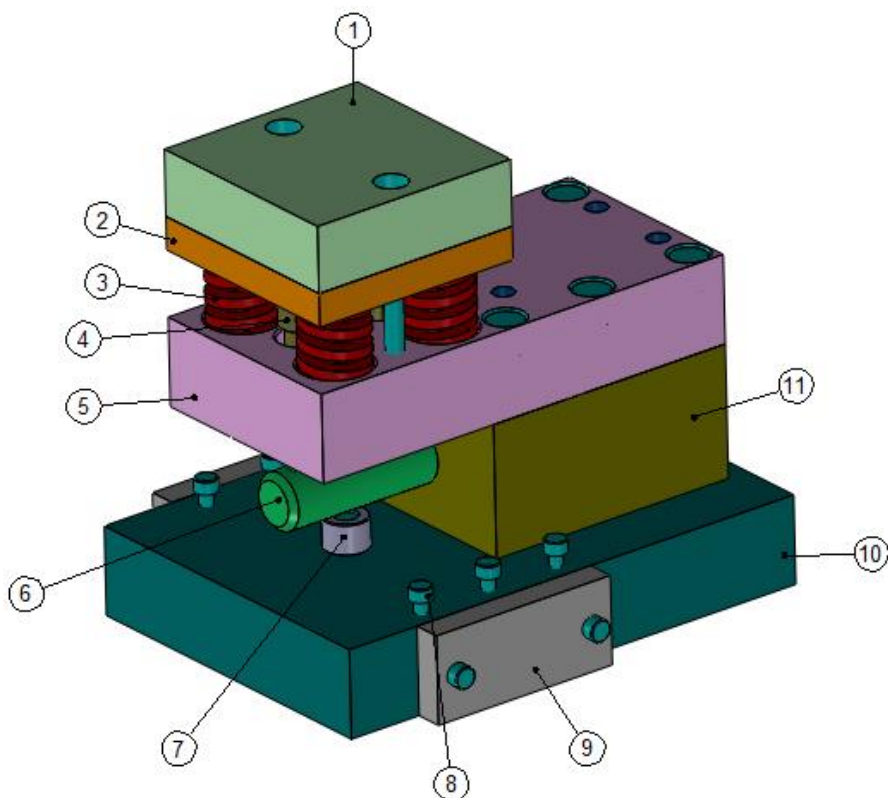
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.4 CONCEPÇÃO DO PRODUTO

O objetivo da fase conceitual deste projeto foi realizar algumas atividades que buscaram soluções para os problemas que foram encontrados na fase funcional.

Esta etapa necessitou de muito esforço para encontrar um número suficiente de propostas, e a partir delas, encontrou-se uma definição de ferramenta, que pode ser visualizada na Figura 18.

Figura 18 - Ferramenta de estampagem para tubos redondos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Onde:

1. Placa superior
2. Porta Punção
3. Molas de retorno redondas
4. Punção de corte reto
5. Guia do punção
6. Guia do tubo
7. Suporte do tubo
8. Parafusos de encaixe na mesa
9. Suporte apoio do tubo
10. Base inferior
11. Suporte da matriz

Outro objetivo atingido foi a comprovação de que a máquina tem força suficiente para estampar o tubo, na Figura 19 vemos a aplicação das fórmulas para chegar-se ao resultado final.

Figura 19 - Aplicações de fórmulas

Material: Aço 1020

Perímetro de corte - 2 oblongos 16x11mm

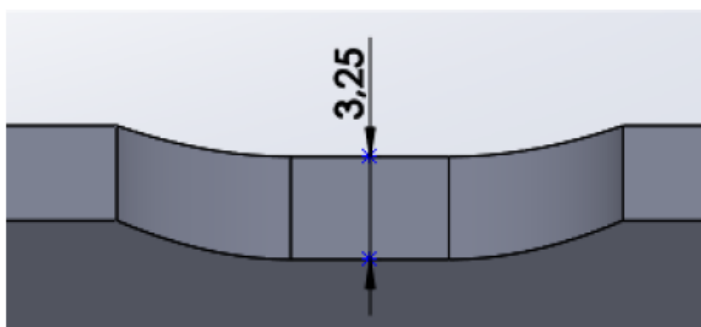
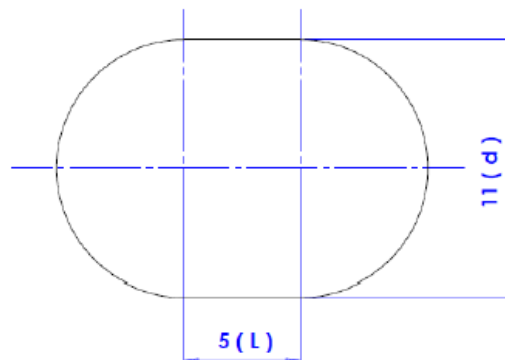
$$P = 2x(\pi \times d + 2L)$$

$$P = 2 \times (3,14 \times 11 + 2 \times 5) = 2 \times (44,55) = 89,1 \text{ mm}$$

Força de Corte

$$F_c = R_c \times P \times e$$

$$F_c = 32 \times 89,1 \times 3,25 = 9.123,9 \text{ Kg} \approx 10 \text{ toneladas}$$



Vista em corte do oblongo

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

5 CONCLUSÕES

Para atingir os objetivos deste trabalho, foram utilizados como base os conhecimentos práticos e teóricos adquiridos neste curso, principalmente a disciplina de Projeto de Produto, que foi fundamental para a elaboração deste projeto conceitual de ferramenta de estampagem.

Esta metodologia, através das informações bibliográficas, permitiu um grande aperfeiçoamento neste tipo de projeto, conseqüentemente também foi uma base para continuar este trabalho até a próxima etapa, que seria o projeto detalhado.

Ao longo de todas as etapas, desenvolveram-se soluções para os problemas propostos, e como resultado, verificou-se que a capacidade da prensa e a quantidade de batidas para produzir os dois furos oblongos foram atendidos.

Através da revisão bibliográfica, também foram vistos os conceitos de estampagem e o modelo de ferramenta foi identificado no projeto informacional através dos dados obtidos do cliente e feito a conversão para requisito de projeto. O esboço da ferramenta foi desenvolvido no projeto conceitual, que através da escolha de possíveis concepções na matriz morfológica, possibilitou esboçar uma ferramenta que atendesse todas as especificações e normas do cliente.

A justificativa deste trabalho, que foi a redução do tempo para produzir o item, será atendida, pois foi estimado um tempo de 2 minutos para concluir os dois lados da peça. Com a produção média do item sendo de 250 peças por mês, das atuais 41,7 horas, passaria para 8,4 horas, e o custo mensal que é R\$1.834,80, passaria para R\$369,60, e em um ano geraria uma economia de R\$17.582,40. Por conta desta redução, calculada em 80%, serão apresentados os resultados para a diretoria da Nelson do Brasil Indústria Metalúrgica e caso for aprovado, será feito o dimensionamento e posteriormente a fabricação deste ferramental de estampagem.

Outro objetivo contemplado, mesmo não constando no projeto, foi a realização pessoal do autor, que, através dos conhecimentos obtidos durante a graduação, pôde concluir um projeto deste nível, tendo a oportunidade de aplicá-lo na empresa onde atua e conseguindo inclusive, satisfazer seus objetivos profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D.C. ET AL. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.

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

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

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.

MARTINS, C. O D., et al. **Comparação entre as técnicas de tensões residuais em anéis de rolamento do aço ABNT 52100**. Revista Matéria, Brasil, v. 9, n. 1, p. 20 – 28, 2004.

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

PROVENZA, Francesco, **Estampos I, II, 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.

REIS, A.V.; FORCELLINI, F.A. **Obtenção De Especificações Para O Projeto De Um Mecanismo Dosador De Precisão Para Sementes Miúdas**, Revista Engenharia Rural, v.17, n.1, p. 47-57, julho 2006.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHAEFFER, L. **Conformação Mecânica**, Porto Alegre, imprensa livre, p. 167, 2004.

SCHAEFFER, L. **Fundamentos do projeto de ferramentas para o processo de estampagem**. Ferramental ano 1, nº5 Março/Abril 2006.

APÊNDICE A – Resistência ao cisalhamento dos materiais

		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	106
		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		
Celulóide.....		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		