

BRUNO MANGUEIRA VICENTIN

Metodologias de Inovação: Soluções da TRIZ aplicadas
em um ambiente Design Thinking.

Guaratinguetá - SP

2015

BRUNO MANGUEIRA VICENTIN

Metodologias de Inovação: Soluções da TRIZ aplicadas
em um ambiente Design Thinking.

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em **Engenharia Mecânica Integral** da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em **Engenharia Mecânica**.

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

Guaratinguetá - SP

2015

V633m

Vicentin, Bruno Mangueira

Metodologias de Inovação: Soluções da TRIZ aplicadas em um ambiente Design Thinking / Bruno Mangueira Vicentin – Guaratinguetá, 2015.

49 f : il.

Bibliografia: f. 43-44

Trabalho de Graduação em Engenharia de Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Messias Borges Silva

1. Inovações tecnológicas 2. Solução de problemas 3. Gestão do conhecimento 4. Desenvolvimento organizacional I. Título

CDU 62.001.38


Bruno Manguiera Vicentin

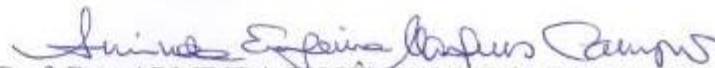
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MESSIAS BORGES SILVA
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dra. ARMINDA EUGÊNIA MARQUES CAMPOS
UNESP-FEG


Prof. Dr. FABRÍCIO MACIEL GOMES
UNESP-FEG

Janeiro de 2016

de modo especial, aos meus pais Tocha e Nida e irmã Paolla, que foram os grandes incentivadores para que eu cursasse Engenharia Mecânica na FEG-UNESP, e à minha namorada Thaís pelo apoio nos momentos de dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus colegas de república, em especial aos que entraram junto comigo e passaram pela maior parte dos desafios ao meu lado. São eles Bruno Prestes, Luiz Felipe e Pedro Almada.

Minha família também foi fundamental neste período de graduação, sempre me dando suporte financeiro e emocional para que eu pudesse concluir este curso. Agradeço ao meu pai José Roberto, mais conhecido por Tocha, por me incentivar desde o vestibular, para que eu cursasse engenharia mecânica na FEG. Agradeço a minha mãe Nida, pelos sábios conselhos concedidos ao longo do curso. Minha irmã Paolla, que me ensinou como superar grandes desafios e mostrou que tudo é possível quando você *Think Big* (pensa grande).

Agradeço aos meus companheiros de trabalho, principalmente meu gestor Pedro por me sugerir o tema da TRIZ, Martinho por ser meu tutor na aplicação da TRIZ e José Amendôla pelo trabalho em conjunto na experimentação.

Meu orientador Messias, que me ajudou na seleção do tema e me sugeriu a aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking, unindo sabiamente duas distintas teorias de inovação.

Gostaria de agradecer a família da minha namorada, que me ajudou e me acolheu sempre que precisei, principalmente no meu último ano de faculdade, são eles Raí, Catarina, Adriana e Dona Jurema.

Finalmente gostaria de agradecer à minha namorada e companheira Thaís Valvano, que esteve sempre presente ao meu lado, me aconselhou e me ajudou nos momentos difíceis e mesmo não conhecendo muito bem o tema do meu trabalho de graduação me deu um grande suporte.

“Tudo que é realmente grande e inspirador é criado pelo indivíduo que pode trabalhar em liberdade.”

Albert Einstein

VICENTIN, B. M. **Metodologias de Inovação: Soluções da TRIZ aplicadas em um ambiente Design Thinking**. 2015. 49 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

Neste trabalho abordam-se as teorias da TRIZ e do Design Thinking, assim como a correlação das duas teorias por meio de uma ferramenta para aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking. Este trabalho propõe a correlação das teorias através de um método simples e sistemático constituído por um processo passo a passo. O objetivo do trabalho é criar um método que facilite a aplicação de duas teorias de inovação e ajude inventores a desenvolverem novos produtos sem a necessidade de serem pessoas criativas. Ao final do trabalho é mostrada a experimentação realizada como uma análise empírica desta ferramenta, que pode ser um eficiente método na resolução de problemas inventivos de modo rápido e com foco nas expectativas e necessidades dos clientes.

PALAVRAS-CHAVE: TRIZ. Design Thinking. Metodologias de Inovação.

VICENTIN, B. M. **Innovation Methodologies: TRIZ solutions applied in a Design Thinking environment.** 2015. 49 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

This work discusses the theories of TRIZ and Design Thinking, as well as the association of the two theories by a tool for the application of TRIZ in a Design Thinking environment. This work proposes the association of the theories by an easy and systematic method constituted by a step by step process. The objective of this work is to create a method that facilitates the application of the two innovation theories helping the inventors to develop new products without the necessity of being creative people. By the end of the work is shown the research case accomplished as an empirical analysis of this tool that can be a fast and efficient method to solve inventive problems focused in the expectations and necessities of the clients.

KEYWORDS: TRIZ. Design Thinking. Innovation Methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Abstração.....	17
Figura 2 - Lei da Plenitude.....	18
Figura 3 - Curva-S.....	19
Figura 4 - Fluxograma ARIZ.....	26
Figura 5 - Ação da Ferramenta no Objeto.....	27
Figura 6 - Tipos de Ação.....	28
Figura 7 - Fluxograma de Inovações Incrementais.....	35
Figura 8 - Fluxograma de Inovações Radicais.....	36
Figura 9 - Modos de Falha.....	37
Figura 10 - Conflito do Sistema.....	38
Figura 11 - Utilização da Ferramenta Auxiliar.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARIZ	Algoritmo de Resolução de Problemas Inventivos
CF	Contradição Física
CT	Contradição Técnica
RFI	Resultado Final Ideal
TRIZ	Teoriya Recheniya Izobretatel' skikh Zadach
TRPI	Teoria de Resolução de Problemas Inventivos

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	OBJETIVOS	13
1.2.	MÉTODO	13
1.3.	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.	FUNDAMENTOS DA TRIZ	16
2.1.	CONCEITO DAS CONTRADIÇÕES	16
2.2.	CONCEITO DA ABSTRAÇÃO	17
2.3.	LEIS DA TRIZ	17
2.4.	RESULTADO FINAL IDEAL	19
2.5.	PRINCÍPIOS INVENTIVOS	20
2.6.	PARÂMETROS DA ENGENHARIA	25
2.7.	MATRIZ DAS CONTRADIÇÕES	25
2.8.	ARIZ	26
3.	FUNDAMENTOS DO DESIGN THINKING	29
3.1.	O QUE É?	30
3.1.1.	Visualização	30
3.1.2.	Mapeamento da Jornada	30
3.1.3.	Análise da Cadeia de Valores	30
3.1.4.	Mapeamento Mental	31
3.2.	E SE?	31
3.2.1.	Brainstorming	31
3.2.2.	Desenvolvimento de Conceitos	31
3.3.	O QUE SURPREENDE?	31
3.3.1.	Teste de Premissas	32
3.3.2.	Prototipagem Acelerada	32
3.4.	O QUE FUNCIONA?	32
3.4.1.	Cocriação com o Cliente	32
3.4.2.	Lançamento da Aprendizagem	32
4.	APLICAÇÃO DA TRIZ EM UM AMBIENTE DESIGN THINKING	33
4.1.	INOVAÇÕES INCREMENTAIS: FERRAMENTA DOS 6 PASSOS	33
4.2.	INOVAÇÕES RADICAIS: FERRAMENTA DOS 7 PASSOS	35
5.	EXPERIMENTAÇÃO	37

6.	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXO A: PRINCÍPIOS INVENTIVOS	45
	ANEXO B: PARÂMETROS DA ENGENHARIA	47
	ANEXO C: AS DEZ FERRAMENTAS DO DESIGN THINKING	49

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, as empresas deparam-se com uma necessidade cada vez maior de inovar, para conseguirem sobreviver diante de um mercado competitivo, que está continuamente se modificando. Para as pessoas e as empresas se destacarem, elas buscam diferentes formas de atrair a atenção e necessitam da criatividade. Isto pode ser observado através do crescente número de modelo de utilidades e patentes produzidos por ano, ao redor do mundo.

Patentes e modelo de utilidades são alguns exemplos de propriedade intelectual, que é qualquer forma de se resguardar um conhecimento, ou uma produção, sendo ela artística, um software, um processo de uma indústria, ou a tecnologia para se desenvolver um produto. Quando o assunto é a propriedade intelectual, alguns conceitos são importantes, como descoberta, invenção e inovação. Descoberta é algum fenômeno que já existia, porém ainda não havia sido observado. Invenção é quando algo novo, que contenha um princípio inventivo, é criado. Inovação ocorre quando uma invenção é industrializada e colocada no mercado.

Inovar é uma tarefa difícil, porém necessária. Os métodos antigos de inovação, como o acaso, ou apenas pequenas modificações nos produtos, estão ficando cada vez mais obsoletos. Mesmo algumas metodologias mais novas, como o Brainstorming, onde um grupo de pessoas se reúne para propor diversas ideias para resolver um problema, ou produzir algo novo, não estão mais suprindo a demanda de inovações. Diversos pesquisadores e cientistas desenvolveram algumas metodologias para que as inovações sejam feitas de forma sistemática e rápida.

A TRIZ, acrônimo russo para Teoria de Resolução de Problemas Inventivos (TRPI) foi criada pelo inventor Genrikh Altshuller, no fim da década de 1940. Através da análise de milhares de patentes, ele observou que as invenções poderiam ser classificadas dentro de 40 princípios inventivos diferentes. Tendo isso em mente, ele desenvolveu uma metodologia para sistematização das soluções de problemas inventivos. Ao longo do tempo, diversos pesquisadores foram contribuindo para a otimização e as aplicações da TRIZ. Hoje, ela é amplamente utilizada em grandes empresas, universidades e institutos vinculados com a inovação.

O Design Thinking é uma teoria, que foi criada através da observação do modo de pensar dos designers, onde a parte experimental como a prototipagem tem grande importância, além do foco ser nas expectativas e modo de vista dos clientes.

A TRIZ aplicada em um ambiente Design Thinking, pode ser uma grande ferramenta para geração de novas ideias, pois assim correlaciona-se um pensamento sistemático para resolução de problemas e um ambiente inovador para ideação que é utilizado de forma prática, rápida e de fácil repetibilidade.

A experimentação pretende demonstrar o desenvolvimento e aplicação desta ferramenta que consegue relacionar a sistematização das teorias por meio do estudo em um processo de inspeção em uma linha de virabrequins montados.

1.1. OBJETIVOS

O Objetivo Geral deste trabalho é o estudo e a análise de alguns conceitos, fundamentos e algumas ferramentas da TRIZ e do Design Thinking. Os Objetivos Específicos para o mesmo são:

- a) Relacionar estas duas abordagens de inovação por meio da aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking, através de um método estruturado e sistemático, constituído por um processo passo a passo.
- b) A realização da análise empírica a partir de uma experimentação em um processo de inspeção em virabrequins montados, utilizando a ferramenta desenvolvida para a aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking.

1.2. MÉTODO

A distribuição deste trabalho se dá por meio de capítulos estruturados de acordo com os temas que serão descritos a seguir. Para o desenvolvimento dos capítulos da TRIZ e do Design Thinking foram utilizados alguns autores que fundamentam teoricamente tais assuntos. O primeiro passo para o desenvolvimento desta monografia foi o interesse pela teoria da TRIZ, que surgiu durante o contato profissional no setor de Pesquisa e Desenvolvimento, onde metodologias de inovação tem importância fundamental para criação de novos produtos e processos produtivos.

Após este primeiro contato com a teoria, houve a necessidade da busca de uma metodologia para desenvolvê-la. Deste modo, o método se dá por meio do diálogo entre as produções acadêmicas sobre os temas abordados neste trabalho e as aplicações das ferramentas em situações reais. Portanto será feito um levantamento da literatura para observação dos métodos e resultados propostos pelos autores e a aplicação destas teorias em um ambiente empresarial para também observar os resultados e propor uma relação entre a teoria e a prática.

A primeira abordagem será feita sobre os conceitos fundamentais e algumas ferramentas da TRIZ. Depois serão abordados alguns conceitos importantes e uma metodologia específica de aplicação do Design Thinking. Em seguida, como forma de correlacionar as duas teorias, será proposto o desenvolvimento de duas ferramentas para a sistematização dos processos de inovação, por meio da aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking. Para finalizar, será realizada uma experimentação que servirá com análise empírica da aplicação das ferramentas desenvolvidas neste trabalho em um ambiente industrial.

1.3. REVISÃO DA LITERATURA

Na realização deste trabalho, alguns autores foram fundamentais como referências para as bases teóricas. Como a bibliografia é extensa, nesta revisão da literatura procura-se enfatizar os autores mais utilizados nesta pesquisa. Para o estudo da TRIZ, desenvolvida inicialmente pelo russo Altshuller, as principais fontes consultadas, além do autor já citado, foram Demarque (2005) e Frey (2005).

A consulta de Demarque foi fundamental para a compreensão de alguns conceitos e aplicações da TRIZ e ARIZ. Um exemplo é a explicação desses conceitos por meio de experimentações aplicadas na indústria automotiva. É uma fonte de pesquisa importante, pois atua na mesma área de desenvolvimento que este trabalho propõe. Desse modo, ocorre uma relação entre os métodos e resultados obtidos nos dois trabalhos.

Já a bibliografia de Frey foi importante para a consulta das leis da TRIZ e também alguns conceitos da ARIZ. Neste trabalho procurou-se dar ênfase a algumas leis estudadas pelo autor. Um exemplo é a *Lei do Aumento do Grau de Idealidade*, onde o desenvolvimento

de um produto deve caminhar no sentido de um resultado final ideal, mesmo não sendo possível atingi-lo, isso faz com que haja sempre uma forma de melhorá-lo.

Para o Design Thinking foram consultados os estudos de Liedtka e Ogilvie (2015), que desenvolveram as quatro perguntas e as dez ferramentas para aplicação do Design Thinking, que são abordadas neste trabalho. Como existem muitos métodos de aplicação do Design Thinking é importante mostrar o que foi utilizado, já que foi escolhido porque aborda de uma forma didática o tema.

O estudo de Vianna (2012) foi importante para compreensão de alguns conceitos importantes, como o desenvolvimento da ideação e da prototipação. Além disso, o autor explica a importância do cliente como sendo o foco principal no processo de inovação, defendendo ainda a multidisciplinaridade da equipe de projeto e a não linearização da aplicação do Design Thinking.

2. FUNDAMENTOS DA TRIZ

O objetivo da TRIZ é facilitar o trabalho de ideação, ou seja, da geração de novas ideias. Para entender a TRIZ, é necessário o conhecimento de alguns princípios básicos, como o da abstração, das contradições, do resultado final ideal, dentre outros.

2.1. CONCEITO DAS CONTRADIÇÕES

Altshuller definiu um problema inventivo como aquele que apresenta pelo menos uma contradição, e definiu contradição como a situação em que a tentativa de melhorar uma característica do sistema, leva à degradação de outra (DEMARQUE, 2005).

O conceito das contradições é baseado no fato de que qualquer invenção gera pelo menos um fator positivo e um negativo. Alguns exemplos disso podem ser: um celular com mais funções, mais completo, porém essas funções acarretam em uma menor autonomia da bateria; ou um virabrequim com menos massa, reduzindo o custo de produção, mas com menor resistência mecânica; ou um processo mais efetivo de usinagem, porém mais caro e mais complexo. Outra contradição bem comum, principalmente quando se considera uma produção em massa, é o tempo, pois muitas vezes é preciso um maior tempo para otimização dos processos e dos produtos, porém o tempo da linha de produção deve ser cada vez menor, para aumentar a produtividade.

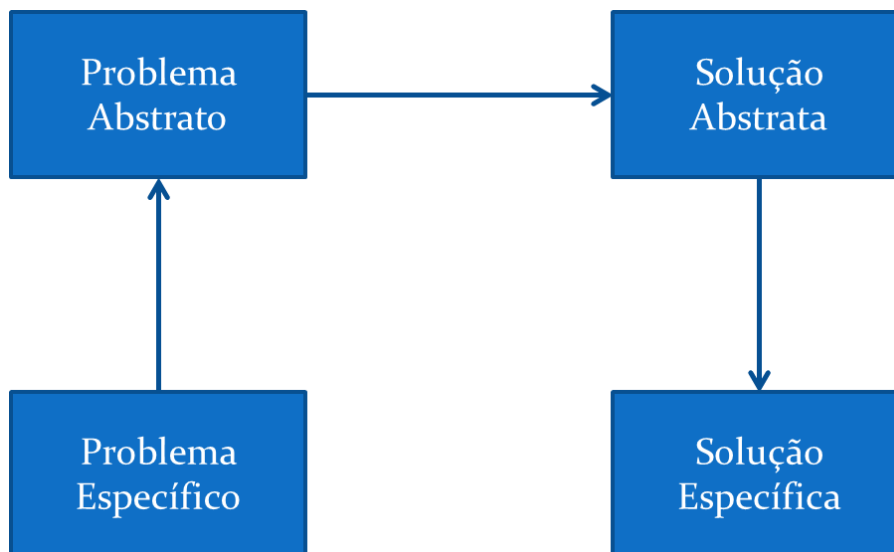
Segundo a TRIZ clássica definida por Altshuller, existem dois tipos diferentes de contradição, a contradição *Física* e a *Técnica*. *Contradição Técnica* consiste num par de requisitos contraditórios com relação a um mesmo sistema. Um exemplo disto pode ser o avião que deve ser espaçoso para acomodar bagagens e passageiros, mas ao mesmo tempo deve ter tamanho reduzido para ter boa penetração aerodinâmica. *Contradição Física*: consiste num par de requisitos contraditórios referentes a um mesmo objeto (elemento de um sistema). Um exemplo para isto pode ser a asa de um avião que precisa de uma baixa densidade do ar sobre ela e uma alta densidade embaixo dela, para gerar força de sustentação.

Utilizando a TRIZ é possível obter uma solução em que as contradições presentes sejam resolvidas, com um menor comprometimento do sistema, ou do elemento do sistema.

2.2. CONCEITO DA ABSTRAÇÃO

A abstração é um importante conceito da TRIZ. Primeiramente deve-se descrever o problema em um nível específico, depois é necessária a descrição do problema de forma abstrata, construindo um modelo lógico. Após esta etapa, devem-se utilizar os métodos da TRIZ para a geração de ideias novas e criativas. Para concluir, é preciso transformar os princípios abstratos em soluções específicas. A Figura 1 retrata o conceito da abstração. Um exemplo disso pode ser um problema físico, onde são dados um determinado espaço e um tempo específico, sendo preciso encontrar a velocidade. Para resolvê-lo, pode-se descrevê-lo de forma abstrata, ou seja, de forma literal. Depois é necessário o desenvolvimento de uma fórmula geral, que resolva este e outros problemas semelhantes. Após isto, deve-se tocar os dados literais pelos valores numéricos e assim obter a solução do problema inicial.

Figura 1- Abstração.



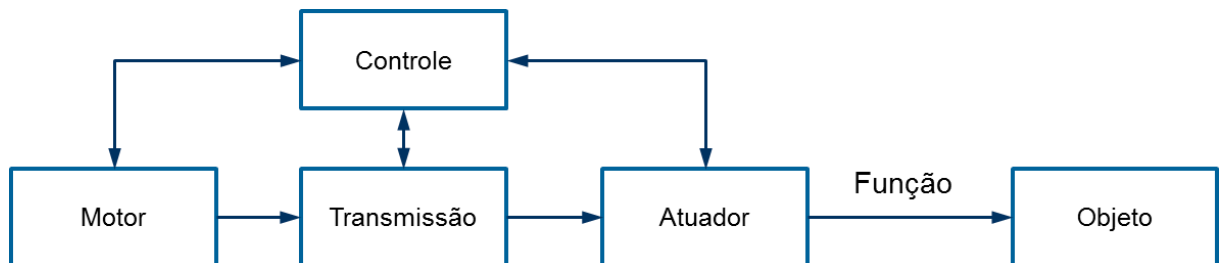
Fonte: Autor.

2.3. LEIS DA TRIZ

As leis da TRIZ foram analisadas através dos estudos realizados por Victor Frey e Eugene Rivin. A seguir serão descritas as leis de modo a citar e explicar algumas delas.

A *Lei da Plenitude* afirma que um sistema tecnológico autônomo deve incluir quatro partes minimamente funcionais: um motor, uma transmissão, um atuador e um controle. Isto pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Lei da Plenitude.



Fonte: Autor.

A *Lei da Harmonização de ritmos* afirma que a condição necessária para a existência de um sistema tecnológico efetivo é a coordenação da periodicidade das ações, ou as frequências naturais das suas partes.

A *Lei do Aumento da Controlabilidade* afirma que um sistema evolui na direção do aumento da controlabilidade dos seus componentes e isto é atingido na transição de um su-field¹ elementar para um su-field duplo, ou uma cadeia su-field.

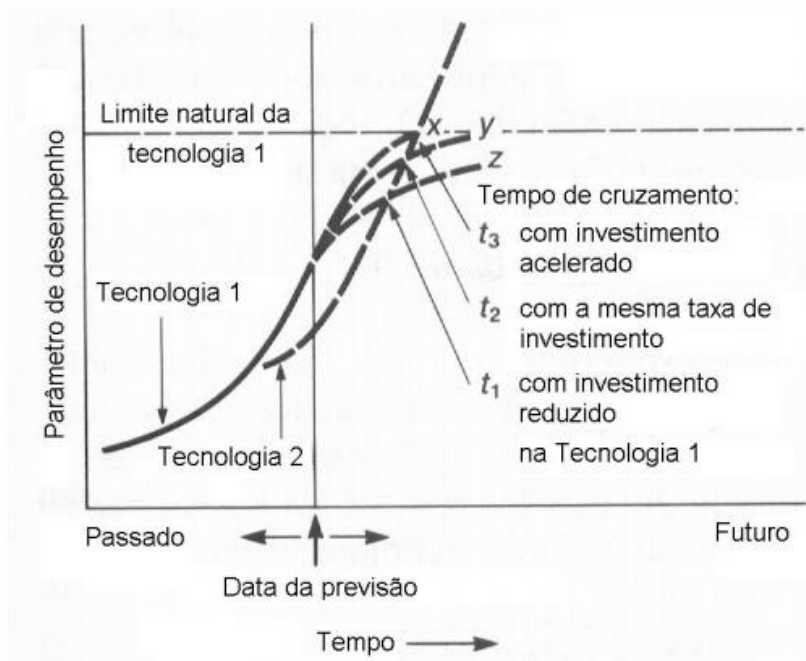
A *Lei do Aumento do Grau de Idealidade* é a lei primária da evolução dos sistemas tecnológicos. Ela afirma que um sistema tecnológico evolui na direção do aumento do grau de idealidade.

A *Lei do Aumento do Dinamismo (Flexibilidade)* afirma que um sistema tecnológico evolui na direção de mais flexibilidade das estruturas, capazes de se adaptar as mudanças das condições ambientais (multifuncionalidade) e aos vários regimes de desempenho.

A *Lei da Evolução não Uniforme dos Subsistemas* afirma que os diferentes subsistemas dos sistemas tecnológicos evoluem em taxas diferentes (sobre as próprias curvas-S) e isto causa o desenvolvimento das contradições. A Figura 3 retrata um gráfico da curva-S.

¹ Para entendimento mais aprofundado de su-field verificar a referência: KOWALICK, 1997.

Figura 3 - Curva-S.



Fonte: (CARVALHO, 2008).

A *Lei do Encurtamento do Caminho do Fluxo de Energia* afirma que os sistemas tecnológicos evoluem na direção do encurtamento da passagem da energia através do sistema (no sentido do motor para o atuador).

A *Lei da Evolução dos Sistemas Tecnológicos* reflete em uma interação significativa, estável e repetitiva entre os elementos dos sistemas tecnológicos e entre os sistemas e as suas vizinhanças no processo evolutivo.

A *Lei da Transição para um Sistema de Alto Nível (Supersistema)* afirma que um sistema geralmente evolui de um mono-sistema para um sistema duplo ou um poli-sistema.

A *Lei da Transição para um Micro Nível* afirma que um sistema tecnológico geralmente evolui para a direção da fragmentação dos seus componentes.

2.4. RESULTADO FINAL IDEAL

Segundo Altshuller, o conceito de um resultado final ideal é um sistema onde a massa, as dimensões, o custo, a energia, o consumo, etc. se aproximam de zero, mas a capacidade de desempenhar uma função específica não é reduzida (FREY, 2005).

No mundo real, não é possível a obtenção de um resultado final ideal no momento em que a função do sistema está sendo completamente exercida, mas o objetivo da aplicação da TRIZ é se aproximar ao máximo desse resultado final ideal.

Existe uma fórmula (I) para encontrar o grau de idealidade de um sistema, que representa o custo-benefício do mesmo. É uma fórmula qualitativa, pois alguns dos seus conceitos são subjetivos, mas que ajuda a dimensionar o nível de idealidade do sistema e pode ser utilizada, como uma ferramenta inicial, na tomada de decisões.

$$\text{Grau de Idealidade} = \frac{\text{Funcionalidade}}{\text{Custos} + \text{Problemas}} \quad (\text{I})$$

Fonte: (FREY, 2005).

2.5. PRINCÍPIOS INVENTIVOS

Durante a análise das milhares patentes, Altshuller percebeu que praticamente todas elas poderiam ser classificadas dentro de 40 princípios inventivos² diferentes. É importante o conhecimento dos princípios inventivos, pois eles podem ser utilizados como referência para criação de novas invenções. Com base na dissertação de Demarque seguem os 40 princípios inventivos e alguns exemplos para cada um deles. A lista pode ser observada no Anexo A.

O princípio inventivo da *Segmentação* pode ser dividir um objeto em duas ou mais partes independentes, como por exemplo dividir um armário grande em vários segmentos menores ou prateleiras; ou facilitar a montagem ou desmontagem de um objeto, como um cano segmentado com algumas juntas; ou aumentar o grau de fragmentação ou segmentação, como substituir a metalurgia tradicional pela metalurgia do pó.

A *Extração* pode ser interpretada como a separação de um elemento ou de uma parte que interfere em um objeto, ou escolher somente a única parte necessária do mesmo, como isolar o condensador de um ar condicionado, para que o equipamento consiga retirar calor de um ambiente; ou usar lâmpadas fluorescentes, que separam a fonte de calor do local onde se necessita luz.

² Para os 40 princípios inventivos, são utilizados os estudos presentes em DEMARQUE, 2005.

A *Qualidade Local* pode ser criar diferentes funções para cada parte de um objeto, como um espremedor de alho, que contém um triturador de nozes; ou um canivete suíço, com diversas funções; ou um aparelho multifuncional de uma academia.

A *Assimetria* pode ser modificar um objeto que era simétrico para torná-lo assimétrico, ou também aumentar o grau de assimetria de um objeto que já era assimétrico.

A *Integração* pode ser a combinação de objetos homogêneos destinados a operações contíguas no espaço. O princípio ativo da *Universalização* fala sobre um objeto realizar múltiplas funções, ou sobre a eliminação de outros objetos, como uma pasta de dente acoplada a uma escova. Já o *Aninhamento*, ou *Matreska*, fala sobre colocar um objeto dentro de outro, como a antena extensiva de um rádio, ou uma lente retrátil de uma câmera.

O *Contrapeso* é uma forma de balanceamento de um objeto, fazendo com que o objeto interaja com a vizinhança, ou uma forma de união com outro objeto para gerar sustentação, podendo ser um barco com hidrofólio, para reduzir o arrasto; ou o contrapeso de um virabrequim, para compensar o desbalanceamento do eixo.

A *Compensação Prévia* ocorre quando existe uma ação com efeitos desejados e indesejados, ou prejudiciais ao mesmo tempo, sendo necessária uma anti-ação, como a utilização de um avental de chumbo nos locais que não precisam ser vistos em um exame de raio X. Já a *Ação Prévia* pode ser um pré-arranjo, ou posicionamento, de um objeto, antes que ele seja realmente necessário, como um Kanban onde o produto, ou material, já está no local desejado logo antes do seu processamento.

O *Amortecimento Prévio* ocorre quando deseja-se preparar um meio secundário ou emergencial para aumentar a segurança em um objeto de baixa confiabilidade, como um paraquedas reserva, ou um motor reserva de um avião.

A *Equipotencialidade* é uma mudança nas condições da vizinhança, ou de operação, para posicionar objetos em um mesmo nível, como as eclusas do canal do Panamá, ou a suspensão ativa de um veículo.

A *Inversão (do modo Contrário)* é quando se utilizam os parâmetros opostos aos considerados anteriormente para resolver um problema, como fazer uma rosca invertida, para o objeto fixar-se durante sua ação, ao invés de soltar-se; ou um conjunto de espelhos dentro de

um telescópio; ou uma esteira rolante, onde a esteira se desloca e a pessoa permanece no mesmo local.

A *Curvatura* é a substituição de objetos regularmente retos, ou planos por objetos de forma cilíndrica, ou esférica, como uma televisão com tela curva para melhor visualização, ou um globo esférico ao invés de um mapa plano.

A *Dinamização* é a modificação das condições de utilização de um objeto, para encontrar a melhor condição de operação, como suporte articulado de uma televisão, ou ajuste de altura e posição de uma cadeira de escritório.

A *Ação Parcial* ou *Excessiva* ocorre quando existem dificuldades na obtenção de um resultado ideal em uma ação única, como o forjamento de um virabrequim, onde primeiramente é realizado o forjamento com um pequeno excesso de material, depois a rebarbação onde é retirada grande parte dos excessos e em sequência as operações de usinagem para obtenção das medidas finais desejadas.

A *Mudança Para Outra Dimensão* é a movimentação de um objeto em um, ou mais eixos, como o manche de um avião, ou uma cama articulada, ou um braço robótico articulado para realização de operações diversas.

A *Vibração Mecânica* pode ser fazer com que um objeto oscile ou vibre, como um vibracall de um celular; também pode ser a utilização de materiais piezoelétricos para obtenção de energia elétrica através da vibração, como as calçadas inteligentes do Japão.

A *Ação Periódica* é a substituição de uma ação contínua por uma variável, ou com pulsos, como uma corrente alternada ao invés de uma corrente contínua. Quando a ação já for realizada de forma periódica, podem-se alterar os parâmetros como a frequência, ou a amplitude, como testes de fadiga em um objeto.

A *Continuidade de Ação Útil* é a realização de um trabalho completo, evitando diversos tipos de desperdícios, como por exemplo os descritos pela acrônimo inglês TIM WOODS, que representa os desperdícios de Transporte, Estoque, Movimento, Espera, Super-processamento, Super-produção, Defeitos e Trabalhadores Ociosos, através de um processo de manufatura enxuta.

A *Ação Rápida* significa a realização de atividades perigosas e destrutivas de forma ágil, evitando os possíveis danos causados pelas mesmas, como reduzir o tempo de exposição de uma pessoa a um equipamento de Raio-X.

Outro princípio é *Tirar Benefício da Desgraça*, onde fatores negativos, ou prejudiciais são utilizados para obtenção de resultados positivos, como o uso do lixo como fonte de combustível para geração de energia elétrica em termelétricas, ou a reciclagem de lixo, para ser reutilizado em outros processos.

A *Realimentação* é entendida como um processo que é realizado, então os dados são coletados para a realização de uma nova etapa, como um equipamento de sonar em barcos, que emite um sinal de ultrassom, este sinal se encontra com os objetos e retorna a informação dizendo a distância dos mesmos e assim que o sinal entra no sistema, outro é enviado, gerando um processo cíclico.

A *Intermediação* é quando um processo intermediário é utilizado na realização de uma tarefa, ou quando um objeto é acoplado temporariamente a outro na realização de uma tarefa, como uma luva térmica que é utilizada na retirada de um prato do forno.

O *Autosserviço* é quando o próprio objeto realiza a função principal e também uma função auxiliar, como um alternador do carro, que faz com a bateria se realmente quando ela é utilizada e o carro está em funcionamento; ou um processo de cogeração, onde o calor do processo é reaproveitado para gerar energia elétrica, que pode ser utilizada no próprio processo.

O princípio da *Cópia* é entendido como a utilização de materiais simples e baratos ao invés de materiais caros e de difícil disponibilidade, o princípio também pode ser interpretado como a utilização de imagens para substituição de um objeto ou uma ação, como exames de imagens como ressonâncias e ultrassons ao invés de exames invasivos.

Objetos Baratos e de Vida Curta (Uso e Descarte) podem ser utilizados como substitutos de objetos caros e com altos custos de manutenção, estoque ou limpeza, como a utilização de copos e pratos plásticos em locais e eventos com um grande número de pessoas, ao invés de copos de vidro e louças; ou equipamentos médicos como agulhas, seringas e máscaras descartáveis, que evitam os custos e as dificuldades de uma esterilização de materiais não descartáveis.

A *Substituição Mecânica* significa a troca de um objeto ou sistema mecânico por um sensor ótico, eletromagnético, ou acústico, como a substituição de cercas por sistemas de alarme com sensores de presença e sirenes para alertas sonoros.

A *Pneumática e Hidráulica* podem ser a inserção de fluidos gasosos ou líquidos em um objeto, ao invés dele ser inteiro sólido, como colchões infláveis, direção hidráulica de um veículo, onde um sistema hidráulico auxilia na força exercida para rotacionar um volante, ou tênis com amortecedores que armazenam ar ou alguns tipos de gel.

As *Estruturas Flexíveis e Membranas Finas* são utilizadas para isolar objetos da sua vizinhança, como folhas de papel alumínio quando alimentos são colocados no forno, evitando que a parte externa do alimento seja cozida de forma muito rápida, ou luvas de um médico que evitam contato direto com os pacientes.

Os *Materiais Porosos* podem ser furos em um objeto, ou quando elementos porosos são adicionados a ele, como furos para alívio de massa em um virabrequim, ou materiais como o isopor, onde a estrutura do composto químico final é porosa, que servem como bons elementos isolantes térmicos.

Já *Alterar a Cor* pode ser a modificação de opacidade ou transparência de um objeto, como óculos com lentes fotossensíveis, também conhecidas como lentes transitions, que modificam a transparência das lentes dos óculos, conforme a incidência de luzes do ambiente.

A *Homogeneidade* ocorre quando são feitas ações que utilizam dois objetos diferentes que possuem o mesmo material, como ferramentas de corte com ponta de diamante, que são as únicas capazes de lapidar um diamante, por ser o material de maior dureza conhecido até hoje.

O *Descarte e Recuperação* são utilizados quando um objeto após cumprir sua função é descartado, como as cápsulas de uma pílula, que são dissolvidas após serem ingeridas; ou objetos que ao se danificarem são recuperados, como motores reconicionados.

Já *Alterar Parâmetros e Propriedades* pode ser modificar o estado físico do material, ou modificar a concentração de um material, ou modificar a temperatura, como uma biela, onde o tarugo é aquecido, antes de ser realizado o processo de forjamento, pois assim sua conformação fica mais fácil, ou um remédio onde a concentração do princípio ativo é variada,

para obtenção de medicamentos menos eficazes, porém menos danosos, ou mais eficazes e assim seus efeitos colaterais são mais prejudiciais e o remédio custa mais caro também.

A *Mudança de Fase* ocorre quando se utiliza do momento de transição de fase de um objeto, como mudanças de volume, ou absorção ou perda de calor, como utilizar água fervente para cozinhar alimentos.

A *Expansão Térmica* pode ser utilizada para unir dois objetos, aquecendo um para que ele se expanda e resfriando o outro, para que ele reduza de tamanho, criando uma boa fixação dos dois objetos, ou utilizar a variação do volume do ar aquecido, para fazer um balão voar.

Os *Oxidantes Fortes* podem ser a substituição de ar natural, por ar enriquecido com oxigênio, ou a substituição de ar enriquecido por oxigênio puro, utilizar oxigênio ionizado, como fazer a ionização do ar para atrair os poluentes e filtrar o ar.

A *Atmosfera Inerte* ocorre quando uma atmosfera comum é substituída por uma inerte, como para prevenção da degradação de um filamento de metal em uma lâmpada, utilizando uma atmosfera de argônio, ou quando óleos protetivos são utilizados no transporte de peças metálicas em navios, para evitar a oxidação.

Por fim, os *Materiais Compostos* podem ser utilizados como substitutos dos materiais uniformes, como fibra de vidro utilizadas em pranchas de surfe, por serem mais leves que as antigas pranchas que eram feitas de madeira, ou fibra de carbono utilizada em aplicações para redução de peso, quando comparadas com os metais normalmente utilizados em veículos.

2.6. PARÂMETROS DA ENGENHARIA

Os parâmetros da engenharia são os atributos mais comuns para todos os campos da tecnologia (FREY, 2005). Após a análise de milhares de patentes, Altshuller e sua equipe selecionaram os 39 parâmetros mais presentes nos problemas inventivos, como peso, área, comprimento, energia e etc. A lista completa dos parâmetros pode ser observada no Anexo B.

2.7. MATRIZ DAS CONTRADIÇÕES

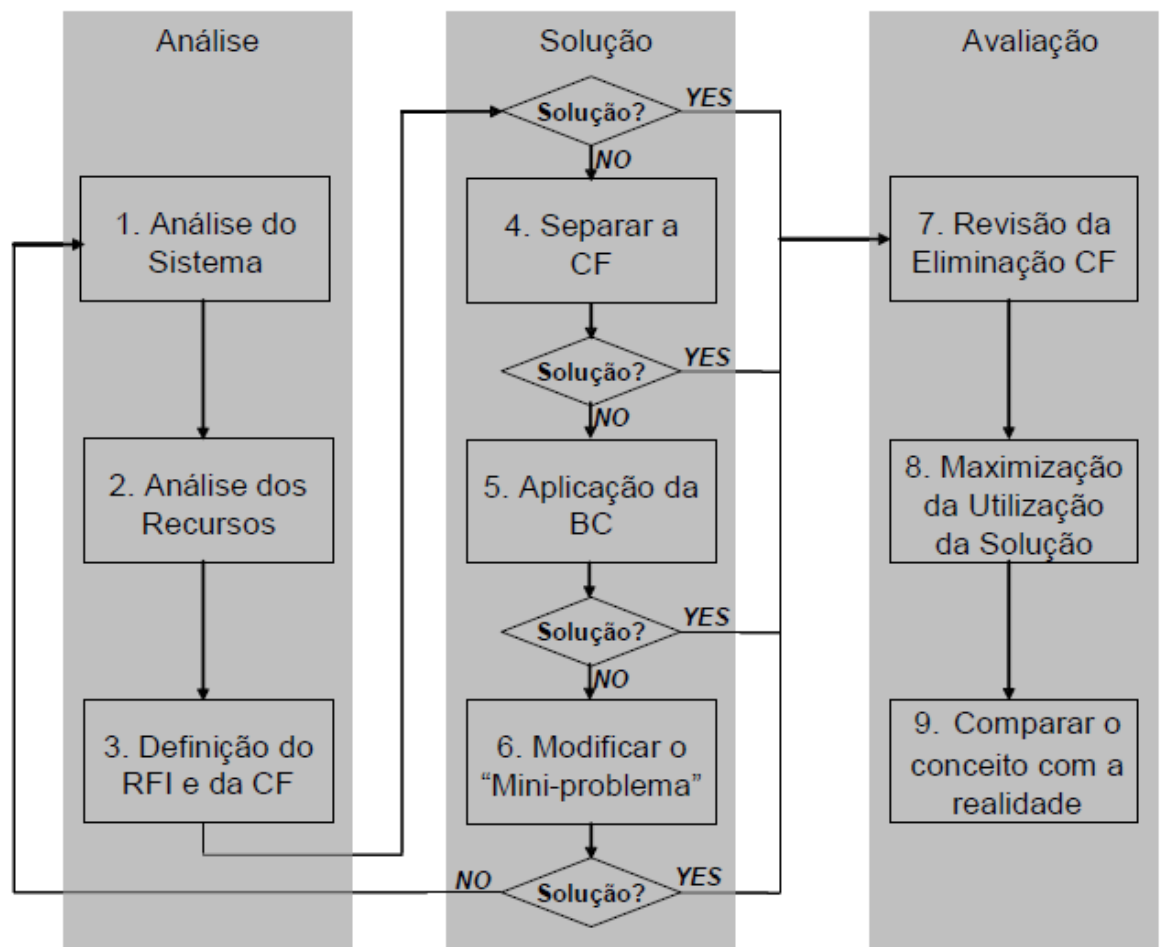
A matriz das contradições foi desenvolvida para podermos correlacionar os princípios inventivos com os parâmetros da engenharia. Para utilizarmos a matriz é preciso lembrar que segundo o princípio das contradições, ao melhorarmos um aspecto sempre pioramos outro. Na matriz de contradições são colocados os parâmetros da engenharia nos eixos das ordenadas e

no eixo das abcissas. No eixo das ordenadas ficam os parâmetros da engenharia que desejamos melhorar, enquanto que no das abcissas ficam os parâmetros que geram o conflito, pois normalmente eles seriam piorados, ou degradados, mas utilizando as ferramentas da TRIZ, esses conflitos são resolvidos, ou pelo menos reduzidos.

2.8. ARIZ

O ARIZ³ é o acrônimo russo para Algoritmo para Resolução de Problemas Inventivos. Ele foi desenvolvido por Altshuller para ajudar os inventores que tinham dificuldades de utilizar a sua teoria (DEMARQUE, 2005). A Figura 4 exibe uma parte de um fluxograma do ARIZ.

Figura 4 - Fluxograma ARIZ.



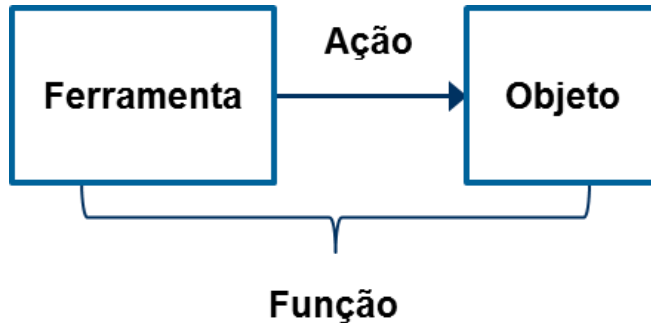
Fonte: (DEMARQUE, 2005).

³ É sugerida como leitura complementar para o tema ARIZ DEMARQUE, 2005 e FREY, 2005.

Altshuller⁴ (2000 apud DEMARQUE, 2005) diz que devem ser usados os conceitos de idealidade e contradição, o primeiro para determinar a direção em que se busca a solução e o segundo para indicar o obstáculo que deve ser removido, sendo necessário definir a solução ideal e a contradição técnica ou física que está contida no problema. Muitas vezes a contradição se esconde engenhosamente dentro do problema, além do que isolá-la não resolve por si só o problema. Isolá-la e resolvê-la pode não ser simples, necessitando racionalidade e progressão passo-a-passo na direção da solução. Eis a razão do ARIZ.

Para o ARIZ é interessante o conhecimento de algumas definições como ferramenta, objeto, sua função principal, suas funções auxiliares, sua vizinhança e principalmente as contradições existentes. Uma ação física ocorre quando uma ferramenta age sobre um objeto. A ferramenta controla o parâmetro físico do objeto, executa a operação. O objeto é o componente a ser controlado. Isto pode ser observado na Figura 5. A função principal deve ser muito bem definida, pois isso facilita a observação e eliminação das contradições.

Figura 5 - Ação da Ferramenta no Objeto.

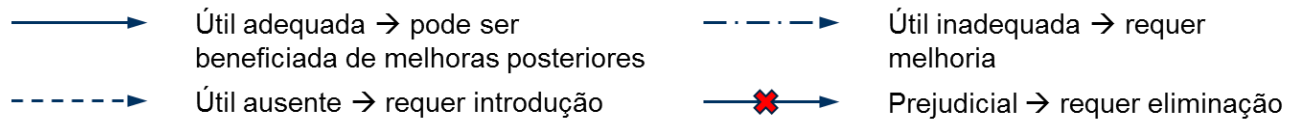


Fonte: Autor.

As ações podem ser úteis (desejadas) ou inúteis (indesejadas). Na Figura 6 pode-se observar a representação dos possíveis tipos de ação. Esta representação será utilizada mais adiante no capítulo 5, que trata da experimentação.

⁴ DEMARQUE, E. TRIZ: teoria para a resolução de problemas inventivos aplicada ao planejamento de processos na indústria automotiva. 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

Figura 6 - Tipos de Ação.



Fonte: Autor.

3. FUNDAMENTOS DO DESIGN THINKING

O Design Thinking é uma teoria que se baseia em três conceitos fundamentais, o da empatia, o do co-desenvolvimento (ou colaboração) e o da experimentação (ou prototipação). O conceito da empatia pode ser definido como a “capacidade de compreender o sentimento ou reação da outra pessoa imaginando-se nas mesmas circunstâncias”. O co-desenvolvimento pode ser entendido como um desenvolvimento conjunto, entre as empresas, clientes e os *stakeholders*. Já o conceito da experimentação é descrito como uma aceleração do processo de geração e avaliação de ideias, através do desenvolvimento de diversos protótipos, ainda em uma fase inicial do projeto, pois assim são avaliados diversos custos e desafios para realização dos mesmos.

O Design Thinking traz uma visão holística para a inovação. São equipes multidisciplinares que seguem um processo, entendendo os consumidores, funcionários e fornecedores no contexto onde se encontram, cocriando com os especialistas as soluções e prototipando para entender melhor as suas necessidades, gerando ao final novas soluções, geralmente inusitadas e inovadoras (VIANNA, 2012).

A ideia de alinhar os conceitos do design na engenharia surgiu na década de 1970 e o termo Design Thinking foi criado e popularizado por Rolf Faste, que expressou a função única que os designers poderiam desenvolver para realização de praticamente tudo (PATNAIK, 2009). Para criação do Design Thinking, foram realizados estudos sobre o modo de agir e pensar das pessoas que estão envolvidas constantemente com o processo criativo, como os designers. Estas análises consideraram também a morfologia do cérebro humano, onde a parte esquerda do cérebro representa a área mais racional, mais lógica, mais analítica e a parte direita representa a área mais emocional, da criatividade, da intuição. Assim, os designers costumam desenvolver mais a parte direita, mais relacionada com a criação e os diferentes tipos de arte. A ideia do Design Thinking é fazer com que as pessoas consigam desenvolver as duas partes do cérebro, aliando os fatores positivos dos designers como o pensamento criativo e o raciocínio lógico dos engenheiros, para transformar criatividade em inovação, ou seja, fazer com que as ideias sejam realmente aplicadas.

Existem diversas metodologias para o desenvolvimento da teoria do Design Thinking, a que foi considerada neste trabalho se baseia nas interpretações de Liedtka e Ogilvie, que se fundamentam em 4 importantes perguntas, que correspondem aos quatro estágios de um

projeto e 10 ferramentas para que se consigam respondê-las, lembrando também que não podemos esquecer dos três conceitos fundamentais. As quatro perguntas são: *O que é? E se? O que surpreende? O que funciona?* As 10 ferramentas podem ser observadas no Anexo C.

3.1. O QUE É?

Esta pergunta está correlacionada com a etapa inicial do projeto, onde o foco é a observação da realidade vigente. Para que se consiga responder esta pergunta, precisam-se utilizar quatro ferramentas iniciais.

3.1.1. Visualização

A ferramenta da visualização é utilizada não somente para a primeira pergunta, mas para todas as outras também. Durante todas as etapas é sempre importante observar o que está acontecendo. São utilizadas representações visuais para facilitação do entendimento do processo e ajuda na imaginação de diferentes possibilidades ou cenários. Durante a visualização, a empatia será colocada em prática e será utilizada como empolgação para o desenvolvimento das novas ideias.

3.1.2. Mapeamento da Jornada

O foco do Design Thinking é sempre o cliente, o que ele deseja, o que ele precisa, então o mapeamento da jornada deve ser interpretado pelo olhar de quem irá utilizar o produto. Sendo assim, o co-desenvolvimento, no qual o cliente participa do desenvolvimento junto com o fabricante do produto, aparece como um bom elemento na resolução de problemas, evitando um esforço desnecessário de desenvolver algo que não seria utilizado pelo cliente ou poderia ser feito de um modo diferente.

O mapeamento pode ser realizado através de um gráfico, ou um fluxograma, que relaciona o processo, o cliente e a empresa. Primeiramente devem ser selecionados os possíveis clientes, depois deve ser acompanhado o dia-a-dia destes clientes e ao longo deste processo devem ser mapeados os altos e baixos.

3.1.3. Análise da Cadeia de Valores

A análise da cadeia de valores deve ser uma avaliação dos valores vigentes, que estão presentes na rotina dos clientes. Precisa ser feito um levantamento dos altos e baixos, para considerar os fatores mais relevantes para o perfil de cada cliente.

3.1.4. Mapeamento Mental

O mapeamento mental é a geração de insights baseada nas atividades de exploração e deve ser utilizada para criação dos diversos critérios de design. São criados mapas que irão descrever a jornada real ou ideal do cliente. O foco no cliente é o segredo para identificar inovações que criam valor.

3.2. E SE?

Para esta etapa é importante o conhecimento do conceito de divergente, a partir do qual diversas ideias serão geradas, sem um julgamento inicial de valor, para que nada seja reprimido, principalmente as ideias mais radicais. São necessárias duas ferramentas para responder esta pergunta, as quais podem ser observadas a seguir.

3.2.1. Brainstorming

Esta é uma das ferramentas que utiliza uma metodologia amplamente divulgada, na qual uma ou mais sessões de ideação podem ser realizadas. É interessante o uso de artifícios visuais, como os blocos de notas coloridos, para facilitação da visualização geral das ideias. Vale lembrar que qualquer ideia pode ser válida na aplicação desta ferramenta, mesmo as mais inusitadas.

3.2.2. Desenvolvimento de Conceitos

O desenvolvimento de conceitos é onde ocorre a escolha das melhores ideias obtidas com as sessões de Brainstorming e para isto deve ser utilizada uma equipe pequena, com maior identificação com o tema, visto que o objetivo é construir uma multiplicidade de conceitos para escolha do cliente.

3.3. O QUE SURPREENDE?

Já nesta etapa é preciso o conhecimento do conceito de convergente, pois serão verificadas as melhores ideias, convergindo para as expectativas e realizações do cliente. No livro de Liedtka e Ogilvie são testadas duas ferramentas: o teste de premissas e a prototipagem acelerada. As ferramentas começam a transformar os conceitos de esboço em ofertas comercializáveis.

3.3.1. Teste de Premissas

No teste de premissas serão verificados quais são as principais premissas envolvidas que poderão levar ao êxito ou ao fracasso de um conceito. Primeiramente deve ser realizado um número grande de premissas, que devem ser reduzidas em busca das fundamentais para atratividade de um novo conceito.

3.3.2. Prototipagem Acelerada

Já na prototipagem acelerada devem ser produzidos testes e modelos, mesmo que eles sejam mais simples que os produtos finais, para verificação das dificuldades do projeto e do processamento dos produtos. Esta ferramenta procura acelerar o processo de prototipagem, não necessariamente se importando com os mínimos detalhes, mas com os pontos fundamentais para o desenvolvimento do produto.

3.4. O QUE FUNCIONA?

Esta é a quarta e última etapa do Design Thinking segundo o livro de Liedtka e Ogilvie, onde será verificada a diferença principal entre invenção e inovação. A invenção é apenas a criação um novo produto, enquanto que a inovação é a industrialização do processo de produção deste produto, identificando assim o seu valor econômico.

3.4.1. Cocriação com o Cliente

A cocriação com o cliente é o envolvimento dele no processo produtivo, ou nos testes dos produtos de versões experimentais até as versões finais. Ela é fundamental no Design Thinking, pois desde a empatia utilizada logo na primeira etapa, os desenvolvedores devem utilizar o modo de vista dos clientes e se colocar no lugar deles.

3.4.2. Lançamento da Aprendizagem

O lançamento da aprendizagem é a última ferramenta utilizada aqui. É um experimento realizado no mercado que incorpora as dimensões físicas e temporal, ou seja, envolve os elementos principais da cocriação com o cliente. Com esta ferramenta serão avaliadas as premissas-chave com os dados reais do mercado. O objetivo é aprender e verificar se o negócio é atrativo.

4. APLICAÇÃO DA TRIZ EM UM AMBIENTE DESIGN THINKING

Após o conhecimento de alguns conceitos fundamentais da TRIZ e do Design Thinking, percebe-se que as duas teorias são interessantes para uma sistematização dos métodos de inovação. Este trabalho propõe a aplicação da TRIZ dentro de um ambiente Design Thinking, para que as inovações aconteçam de forma ainda mais rápida e eficiente do que quando a TRIZ e o Design Thinking são aplicados separadamente. É importante ressaltar que o foco da TRIZ está em resolver problemas inventivos, mas não necessariamente nos outros fatores que estão correlacionados com as soluções, como os gastos envolvidos para implementação, ou se os resultados são os desejados pelos clientes. Em contrapartida o Design Thinking tem o foco no cliente e uma prototipação rápida, que facilita uma análise de custos de modo antecipado, prevendo os problemas correlacionados com a produção, mas por outro lado a resolução dos problemas se baseia no Brainstorming, onde a criatividade está diretamente ligada com as pessoas que participam do projeto, não tendo uma forma sistemática para ideação.

Ao aliar a TRIZ com o Design Thinking, são preenchidas algumas lacunas das duas teorias e as inovações podem ser realizadas de maneira rápida, efetiva, evitando desperdícios, tendo foco no cliente e ao mesmo tempo resolvendo as contradições presentes nas inovações. Para relacionar ambas as teorias precisa-se de um método sistemático, para que todos consigam utilizar dos benefícios desta nova metodologia. Para isto, é necessária a familiarização com os diferentes tipos de inovação.

Geralmente existem dois tipos de inovações, inovações incrementais onde apenas uma parte ou uma característica de um produto já existente é melhorada e as inovações radicais onde são criados novos produtos ou serviços, bem distintos dos já existentes. Cada tipo de inovação precisa de uma abordagem diferente, pois geralmente nas incrementais o problema já é conhecido ou tem uma solução mais simples, enquanto que nas radicais muitas vezes o problema ainda precisa ser descoberto para que possa ser solucionado.

4.1. INOVAÇÕES INCREMENTAIS: FERRAMENTA DOS 6 PASSOS

Estas inovações geralmente são mais simples e necessitam de um tempo inferior e de um orçamento menor para a realização do projeto, quando comparadas com inovações radicais. Para sistematizar o processo inventivo para as inovações incrementais são definidos alguns passos que devem ser seguidos na ordem descrita pela Figura 7.

O 1º passo é a formulação do problema inventivo, onde serão considerados o objeto, sua função principal, suas funções auxiliares, sua vizinhança e principalmente as contradições existentes.

O 2º passo é a aplicação das ferramentas da TRIZ, considerando os conceitos principais da TRIZ, a matriz de contradições, os parâmetros da engenharia que devem ser melhorados, os parâmetros que irão gerar o conflito e os possíveis princípios inventivos que podem ser utilizados.

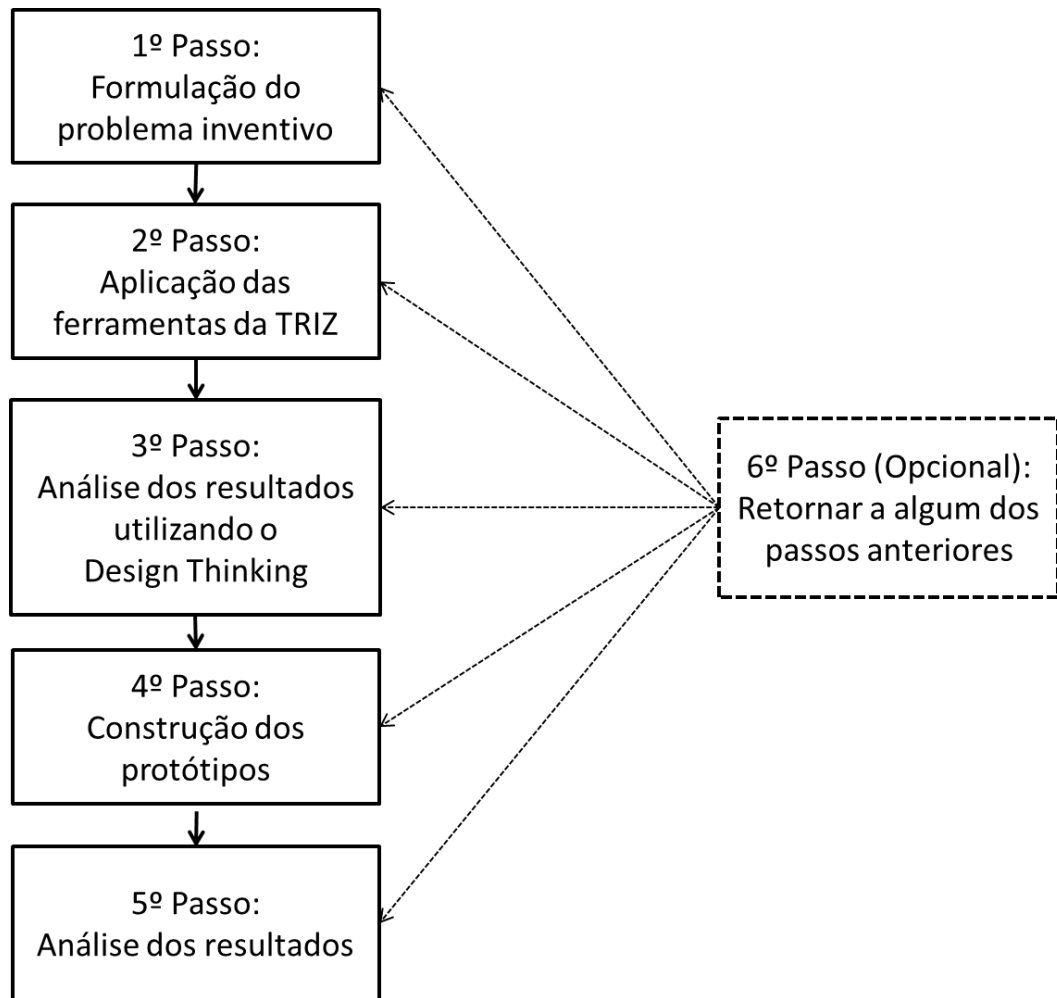
O 3º passo é a análise dos resultados utilizando alguns conceitos e ferramentas do Design Thinking. O conceito principal para esta etapa é o da empatia, para tentar visualizar as soluções do passo anterior com o olhar e modo de pensar do cliente. As ferramentas utilizadas devem ser o *Desenvolvimento de Conceitos* e o *Teste de Premissas*, para que seja feita uma primeira análise das soluções geradas, visando uma solução eficiente para o cliente.

O 4º passo significa a construção dos protótipos de forma acelerada, assim como o conceito da experimentação do Design Thinking, onde as ideias que foram mais aceitas dentro dos critérios de avaliação são submetidas para a geração de modelos, para que sejam encontradas possíveis falhas no processo produtivo, assim como oportunidades. Também podem ser produzidos produtos em versão beta, que são produtos ainda em fase de desenvolvimento, mas já são disponibilizados para que os usuários interessados os testem e reportem melhorias, ou falhas.

O 5º passo é a análise dos resultados, onde são avaliados diversos fatores como os resultados da produção dos protótipos, os custos para a produção em série, os equipamentos necessários, estudos sobre a demanda do mercado. Após esta análise detalhada, cabe aos envolvidos no projeto a decisão se o produto deve ser realmente produzido em série, ou se ele necessita de modificações para que possa ser implementado.

Sendo o 6º passo de caráter opcional, pois deve ser realizado somente quando qualquer um dos passos obtiver um resultado não desejado, ou insatisfatório. Sendo assim o passo em que o problema ocorreu deve ser reproduzido novamente, em busca de novos resultados.

Figura 7 - Fluxograma de Inovações Incrementais.



Fonte: Autor.

4.2. INOVAÇÕES RADICAIS: FERRAMENTA DOS 7 PASSOS

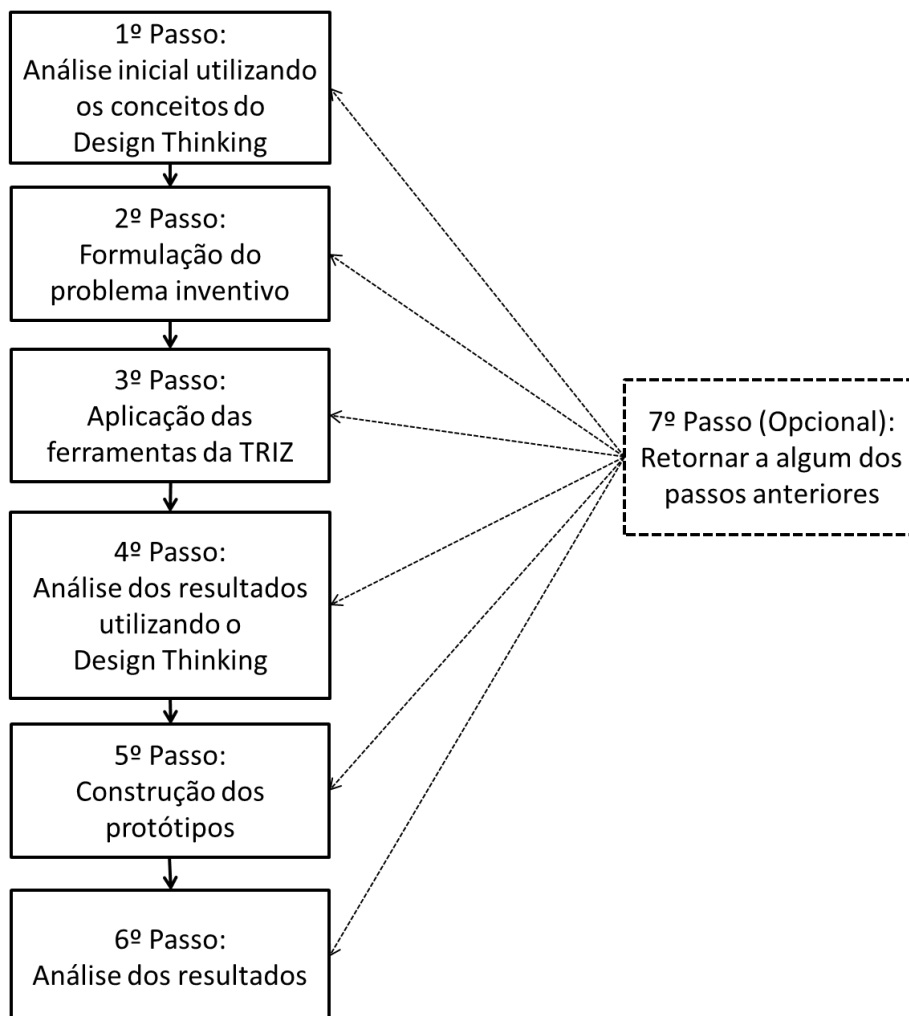
As inovações radicais necessitam mais recursos como horas de trabalho, materiais, número de pessoas envolvidas no projeto, orçamento, entre outros. Elas também estão sujeitas a um risco maior de aprovação pelo mercado, por não existirem produtos semelhantes. Em contrapartida, a exclusividade no mercado pode representar grandes retornos financeiros para a empresa, justificando o investimento neste tipo de inovação.

Este trabalho propõe os passos descritos na Figura 8 para o desenvolvimento das inovações radicais. Sua estrutura é praticamente a mesma do que a proposta para geração de inovações incrementais, porém existe a adição de um passo inicial.

O 1º passo é uma análise inicial onde o conceito da empatia do Design Thinking é fundamental, pois deve-se buscar os desejos e as necessidades dos clientes, sem necessariamente ter um contato direto com eles. Devem ser utilizadas as ferramentas da *Visualização*, do *Mapeamento da Jornada*, da *Análise da Cadeia de Valores* e do *Mapeamento Mental*. Este 1º passo deve ser utilizado somente para inovações radicais, pois elas necessitam de uma melhor concepção das necessidades do mercado e desejos dos clientes.

Os passos seguintes devem ser realizados assim como os que foram descritos nas inovações incrementais, porém é importante ressaltar que os números são diferentes, pois para inovações radicais existe um passo inicial a mais. Sendo assim o 2º passo aqui representa o 1º passo para inovações incrementais, o 3º passo representa o 2º passo para inovações incrementais e assim por diante.

Figura 8 - Fluxograma de Inovações Radicais.



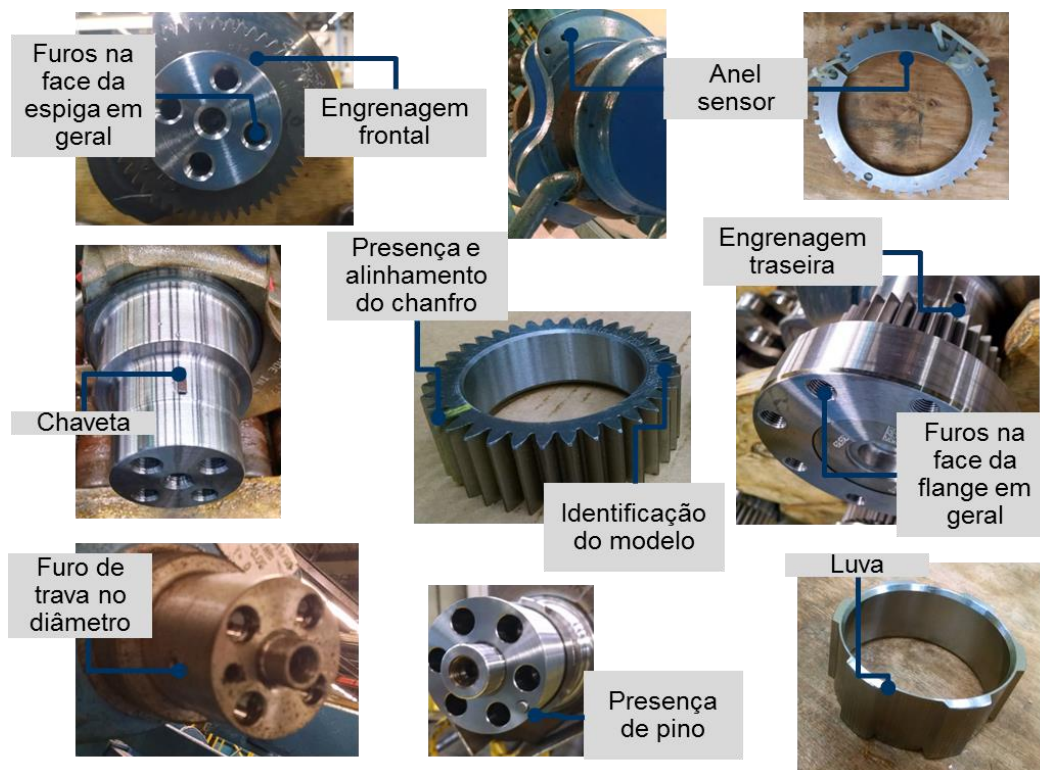
5. EXPERIMENTAÇÃO

A análise empírica deste trabalho, se dá por meio de um experimento realizado no setor de pesquisa e desenvolvimento em conjunto com o setor de usinagem de virabrequins, de uma empresa que produz principalmente bielas e virabrequins. Devido a questões de confidencialidade o nome da empresa e dos funcionários envolvidos serão preservados.

Um funcionário trainee recebeu como proposta de seu gestor uma inspeção no modelo *poka yoke* de uma linha de produção de virabrequins montados. Um *poka yoke* é um dispositivo anti-falhas, que tem como objetivo impedir erros no processo de fabricação, mas neste caso ele foi utilizado como um equipamento que impede que peças com não conformidades avancem no processo produtivo.

Os possíveis erros desta linha de produção foram observados e relatados. Como o número era muito elevado, foram selecionados apenas os erros mais prováveis e que impactariam mais na produção. As inspeções selecionadas foram para verificar a presença ou falta dos seguintes itens da Figura 9.

Figura 9 - Modos de Falha.



Fonte: Autor.

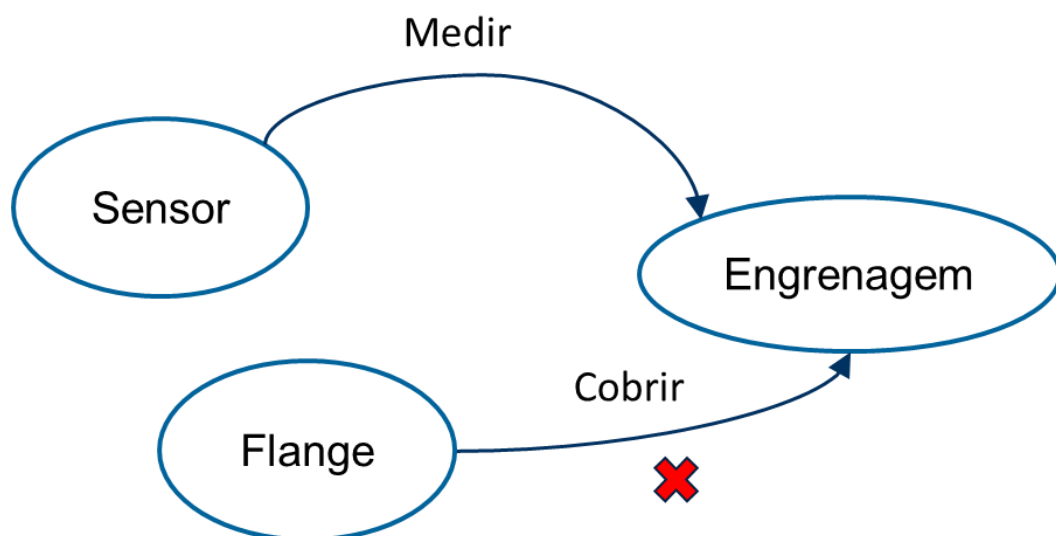
Para a experimentação deste trabalho foram considerados os modos de falha referentes à presença de furos na face da espiga e do flange e verificação da presença e do modelo da engrenagem frontal.

Para o desenvolvimento do dispositivo *poka yoke* foram encontrados alguns desafios e contradições e para resolvê-los foi utilizada a ferramenta dos 6 passos, recomendada para inovações incrementais.

1º Passo: Formulação do problema inventivo. Para este passo foram definidas a função principal, o componente principal e o componente conflitante. Isto pode ser observado na Figura 10.

- A função principal foi definida como: evitar a liberação de virabrequins defeituosos.
- O componente principal (objeto) considerado no primeiro caso foi a engrenagem, mas também poderia ser o virabrequim, o flange, ou a espiga. Outro componente principal considerado (ferramenta) foi o sensor de presença das peças.
- O componente conflitante para este caso foi o flange, pois ele encobria a engrenagem que precisava ser verificada.

Figura 10 - Conflito do Sistema

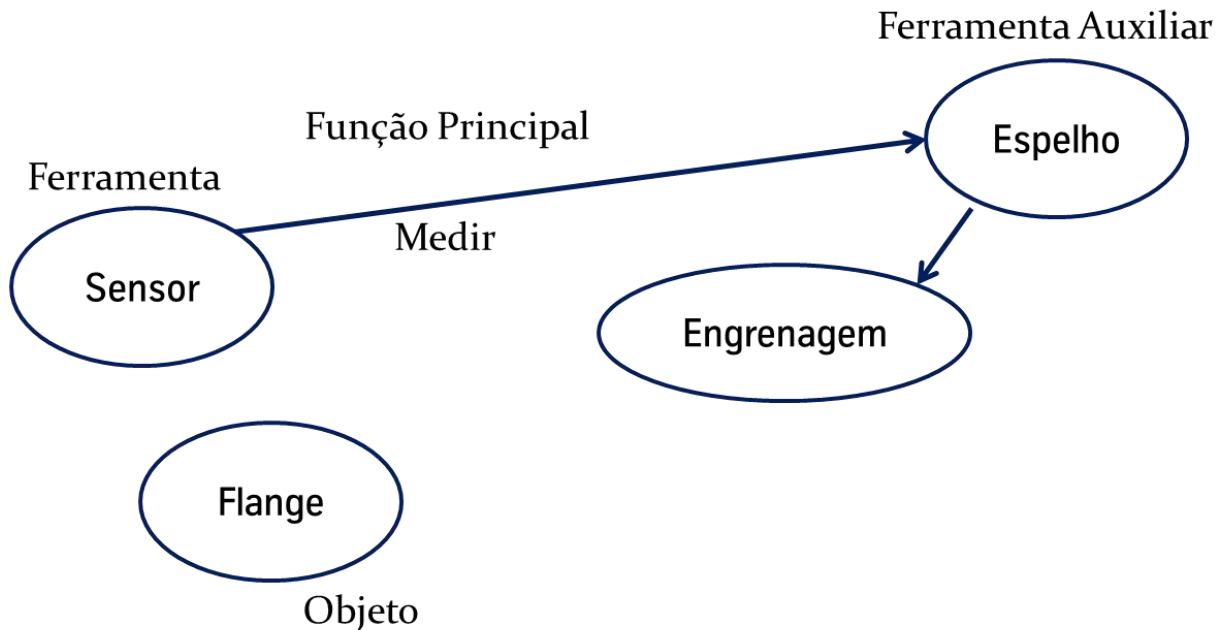


Fonte: Autor.

2º Passo: Aplicação das ferramentas da TRIZ. Para este passo foi utilizada a metodologia do ARIZ e assim uma possível solução é a utilização de uma ferramenta auxiliar.

Para este conflito a ferramenta utilizada foi um espelho, pois assim o mesmo sensor que verificar os furos do flange pode verificar a engrenagem, reduzindo custos e facilitando a montagem na bancada de inspeção. Isso pode ser observado na figura 11.

Figura 11 - Utilização da Ferramenta Auxiliar



Fonte: Autor.

3º Passo: Análise dos resultados utilizando o Design Thinking. Esta é uma solução considerada convincente pelo operador da máquina, que neste caso assumiria a posição do cliente no Design Thinking. Esta opção reduz o trabalho manual do trabalhador, evitando fadiga e otimizando o tempo de produção. Além disso, por reduzir o trabalho manual por meio da automatização, este sistema tem uma maior confiabilidade, pois reduz os riscos de erros humanos, se aproximando assim do desejado dispositivo anti-falhas, baseado no modelo *poka yoke*.

4º Passo: Construção dos protótipos. Os protótipos neste caso foram os testes realizados em uma bancada em desuso, que simulava uma bancada de inspeção final dos virabrequins. Como os sensores testados foram *Checkers* (câmeras simples), os resultados foram insatisfatórios. Eles não possuíam mais de um ajuste focal e necessitavam de uma iluminação direta. Durante o período do trabalho não foram feitos testes com outros sensores, devido ao prazo previamente estipulado.

5º Passo: Análise dos Resultados. A análise final foi que os resultados obtidos não foram os esperados. Acredita-se que com câmeras mais potentes, com diversos ajustes focais e maior resolução, ou com outro tipo de sensores poder-se-ia chegar ao objetivo desejado. Sabe-se que a adoção dos espelhos acarretaria em outras dificuldades, pois os mesmos necessitariam estar limpos em um ambiente industrial, com alto número de resíduos e, além disso, a baixa iluminação também poderia acarretar em outro problema. Estes novos problemas poderiam ser resolvidos com uma nova aplicação deste método, utilizando as ferramentas da TRIZ aplicadas em um ambiente Design Thinking.

6º Passo: Retornar a algum dos passos anteriores. Neste caso, o 6º Passo, que é de caráter opcional, seria utilizado e o retorno deveria ocorrer primeiramente ao 4º Passo, criando novos protótipos empregando sensores diferentes. Os resultados deveriam ser analisados e se o objetivo final não fosse atingido, ainda existiria a possibilidade de retornar a algum dos outros passos anteriores. Ressalta-se que este passo quebra a linearidade deste método, baseado em Vianna (2012) que diz que a aplicação do Design Thinking não deve ser linearizada, gerando assim novas possibilidades de resoluções para um problema.

6. CONCLUSÕES

Analisando os dados coletados na experimentação têm-se um resultado positivo devido ao método ter sido aplicado com sucesso, porém há ressalvas. Os dispositivos selecionados para os testes eram muito simples em relação aos modelos disponíveis no mercado. Essa escolha ocorreu visando o menor custo para a produção de um dispositivo anti-falhas no modelo *poka yoke*, além disso, havia dificuldade em acordar as datas das realizações dos testes dos sensores com as empresas fornecedoras dos equipamentos. Mesmo assim ainda pode-se observar que existe a possibilidade do Passo Opcional, tanto para inovações incrementais, como para radicais, que retorna para onde ocorreu a dificuldade, ou onde os resultados foram indesejados.

A TRIZ aplicada em um ambiente Design Thinking alia duas teorias de inovação para facilitar a criação de novos produtos e processos para que as empresas mantenham-se competitivas. A correlação das duas teorias faz com que os problemas inventivos sejam resolvidos de forma relativamente simples, rápida e com foco nos desejos e expectativas dos clientes. Assim os processos e produtos se aproximam do resultado final ideal de modo mais rápido.

As ferramentas dos 6 Passos e dos 7 Passos foram desenvolvidas para que os inventores consigam utilizar os conceitos e teorias da TRIZ e do Design Thinking de um modo prático, sistemático e rápido, apenas seguindo um método simples de passo a passo. Deste modo, não é necessário que a pessoa seja criativa para que ela consiga resolver problemas inventivos e crie novos produtos.

No caso da experimentação, alguns elementos, como a falta de tempo e recursos necessários para o desenvolvimento, deixaram-na em aberto. Mesmo neste caso, que o resultado foi indesejado, pode-se observar neste trabalho que a aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking tem muito a agregar, pois é apenas um método para relacionar duas abordagens de inovação que já foram testadas e comprovadas e são amplamente utilizadas por muitos autores e inventores de diversas nacionalidades.

Por fim, deve-se lembrar que este é apenas um trabalho inicial e como tal abre espaço para futuras discussões e desenvolvimento do tema. Contudo, o objetivo maior foi alcançado, a aplicação da TRIZ em um ambiente Design Thinking foi desenvolvida com sucesso. Na etapa em que se analisa a reação do cliente houve um resultado positivo, pois os custos

envolvidos foram baixos. Além disso, as operações manuais foram reduzidas, garantindo maior confiabilidade no processo de inspeção e satisfação do operador.

REFERÊNCIAS

ALTSHULLER, G. S. **Flügel für Ikarus**: Über die Moderne Technik des Erfindens. Leipzig: Urania, 1980.

ALTSHULLER, G. S. **Innovation algorithm**. Worcester: Technical Innovation Center, 1999.

ALTSHULLER, G. S.; ZLOTIN, B.; ZUSMAN, A.; PHILATOV, V. **Searching for new ideas**: from insight to methodology: the theory and practice of inventive problem solving. Kishinev: Kartya Moldovenyaska, 1989.

CARVALHO, M. A. **Metodologia IDEATRIZ para a ideação de novos produtos**. 2008. 232 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

CARVALHO, M. A., WEI, T. C., SAVRANSKY, S. D. **121 Heuristics for solving problems**. Morrisville: Lulu, 2003.

DEMARQUE, E. **TRIZ**: teoria para a resolução de problemas inventivos aplicada ao planejamento de processos na indústria automotiva. 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

FEY, V. R., RIVIN, E. I., VERTKIN, I. M. Application of the theory of inventive problem solving to design and manufacturing systems. In: Cooperative Institutional Research Program, 1994, **Annals ...**, v.43,n.1, p.107-110.

FREY, V. R.; RIVIN E. I. **Innovation on demand**: new product development using TRIZ. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

KOLKO, J. **Exposing the magic of design**: a practitioner's guide to the methods and theory. Oxford: Oxford University Press, 2011.

LIEDTKA, J.; OGILVIE, T. **A magia do design thinking**: um kit de ferramentas para o crescimento rápido da sua empresa. Trad. Bruno Alexander. São Paulo: HSM Editora, 2015.

MALMQUIST, J., AXELSSON, R., JOHANSSON, M. A comparative analysis of the theory of inventive problem solving and the systematic approach of Pahl and Beitz. In: American

Society of Mechanical Engineers - Design Engineering Technical Conferences, 1996, Irvine. **Proceedings** of The DSTC. Irvine: American Society of Mechanical Engineers, 1996.

NAVAS, H. V. G. **TRIZ**: design problem solving with systematic innovation. Advances in industrial design engineering. Rijeka: InTech, 2013.

SALAMATOV, Y. **TRIZ**: The right solution at the right time: a guide to innovative problem solving. Hattem: Insytec, 1999.

SAVRANSKY, S. D. **TRIZ for engineers**. Berlin: Springer, 2000.

SIMON, H. **The sciences of the artificial**. Cambridge: MIT Press, 1969.

VIANNA, M.; VIANNA, Y.; ADLER I.; LUCENA, B.; RUSSO, B. (orgs). **Design thinking**: inovação em negócios. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.

YANG, K.; EIEL-HaikhAIK, B. S. **Design for six sigma**. 2. ed. New York: McGraw Hill, 2009.

Sites consultados:

COELHO, D.; JIANG H.; NAVAS, H. **Advances in industrial design engineering**. 2013. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/advances-in-industrial-design-engineering>>. Acesso em 21 dez. 2015.

KOWALICK, J. **Altshuller's greatest discovery**: and beyond. TRIZ Journal, 1997. Disponível em: <<http://www.triz-journal.com/altshullers-greatest-discovery-beyond/>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

PATNAIK, D. **Forget design thinking and try hybrid thinking**, 2009. Disponível em: <<http://www.fastcompany.com/1338960/forget-design-thinking-and-try-hybrid-thinking>>. Acesso em: 02 jan. 2016.

SAVRANSKY, S. D. **TRIZ**: the methodology of inventive problem solving. 1996. Disponível em: <<http://www.jps.net/triz/Tech1Rev.htm>>. Acesso em: 15 out. 2015.

WIKIPEDIA. **TRIZ**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/TRIZ>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

Anexo A: Princípios inventivos

1. Segmentação
2. Extração
3. Qualidade Local
4. Assimetria
5. Integração
6. Universalização
7. Aninhamento (Matreska)
8. Contrapeso
9. Compensação Prévia
10. Ação Prévia
11. Amortecimento Prévio
12. Equipotencialidade
13. Inversão (do modo Contrário)
14. Curvatura
15. Dinamização
16. Ação Parcial ou Excessiva
17. Mudança Para Outra Dimensão
18. Vibração Mecânica
19. Ação Periódica
20. Continuidade de Ação Útil
21. Ação Rápida
22. Tirar Benefício da Desgraça
23. Realimentação
24. Intermediação
25. Autosserviço
26. Cópia
27. Objetos Baratos e de Vida Curta (Uso e Descarte)
28. Substituição Mecânica
29. Pneumática e Hidráulica
30. Estruturas Flexíveis e Membranas Finas
31. Materiais Porosos

32. Alterar a Cor
33. Homogeneidade
34. Descarte e Recuperação
35. Alterar Parâmetros e Propriedades
36. Mudança de Fase
37. Expansão Térmica
38. Oxidantes Fortes
39. Atmosfera Inerte
40. Materiais Compostos

Anexo B: Parâmetros da engenharia

1. Peso do objeto em movimento
2. Peso do objeto parado
3. Comprimento do objeto em movimento
4. Comprimento do objeto parado
5. Área do objeto em movimento
6. Área do objeto parado
7. Volume do objeto em movimento
8. Volume do objeto parado
9. Velocidade
10. Força
11. Tensão, pressão
12. Forma
13. Estabilidade do objeto
14. Resistência
15. Durabilidade do objeto em movimento
16. Durabilidade do objeto parado
17. Temperatura
18. Brilho
19. Energia gasta pelo objeto em movimento
20. Energia gasta pelo objeto parado
21. Potência
22. Perda de energia
23. Perda de substância
24. Perda de informação
25. Perda de tempo
26. Quantidade de substância
27. Confiabilidade
28. Precisão de medição
29. Precisão de fabricação
30. Fatores indesejados atuando no objeto
31. Efeitos colaterais indesejados

32. Manufaturabilidade
33. Conveniência de uso
34. Manutenibilidade
35. Adaptabilidade
36. Complexidade do objeto
37. Complexidade de controle
38. Nível de automação
39. Produtividade

Anexo C: As dez ferramentas do Design Thinking

1. Visualização
2. Mapeamento da Jornada
3. Análise da Cadeia de Valores
4. Mapeamento Mental
5. Brainstorming
6. Desenvolvimento de Conceitos
7. Teste de Premissas
8. Prototipagem Acelerada
9. Cocriação com o Cliente
10. Lançamento da Aprendizagem