



Luís Miguel Martins Cordeiro

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Utilização da Metodologia TRIZ e Modelo de Kano
na Solução de Conflitos e Melhoria de uma
Estação de Posicionamento de Carroçaria**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Nascimento Lopes Nunes
Arguente: Prof. Doutor António Manuel Ramos Pires
Vogal: Prof. Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro 2016

Luís Miguel Martins Cordeiro

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Utilização da Metodologia TRIZ e Modelo de Kano na
Solução de Conflitos e Melhoria de uma Estação de
Posicionamento de Carroçaria**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Presidente: Prof. Doutora Isabel Nascimento Lopes Nunes
Arguente: Prof. Doutor António Manuel Ramos Pires
Vogal: Prof. Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas

Dezembro 2016

Utilização da Metodologia TRIZ e Modelo de Kano na Solução de Conflitos e Melhoria de uma Estação de Posicionamento de Carroçaria

Copyright © 2016 Luís Miguel Martins Cordeiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

À Professora Doutora Helena Navas, pela orientação da dissertação, pela disponibilidade que teve ao longo deste período final do percurso académico.

Ao Engenheiro Joaquim Dias por me ter acompanhado e orientado durante todo o estágio dentro da Volkswagen Autoeuropa.

À equipa de Planeamento de Projetos, constituída pelos Engenheiros: Joaquim Dias, Sérgio Dias, Edi Sousa, Paulo Pronto e Luís Oliveira. Pela camaradagem e apoio, mesmo com uma grande carga de trabalho sempre estiveram ali para ajudar.

À equipa do Departamento do Planeamento e Gestão do Produto, e à Área da Pintura que sempre colaboraram com o maior espírito de abertura e simpatia.

A todos os Professores do DEMI e da FCT, dos quais recebi os seus ensinamentos técnicos que permitiram-me evoluir como indivíduo.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam durante todo o meu período académico.

Aos meus pais e irmã por todo o apoio dado ao longo da minha vida e paciência prestada.

Por fim agradeço aos meus amigos mais próximos João Piçarra e David Lopes, tal como à minha namorada Alexandra Pereira, por discutirem esta dissertação, levantando pontos e ajudarem na sua revisão.

Resumo

No panorama económico atual, a inovação representa um papel muito importante para as organizações que tentam ser competitivas e marcar a diferença, mas a criação de produtos inovadores não deve ser feita de forma errática. O reconhecimento da Voz do Cliente e dos seus requisitos tornam-se num fator com igual importância que também deve ser utilizado para inovar. Normalmente emparelhado com o desenvolvimento de novos produtos, o conceito de inovação é transversal na criação de valor dentro da organização. Inovar em processos e técnicas de gestão, significa aumentar a sua eficiência a menor custo.

Neste contexto a implementação das ferramentas e filosofia da TRIZ em conjunto com o Modelo de Kano, pode auxiliar as organizações encontrando soluções mais criativas e inovadoras. A capacidade de inovação sistemática da TRIZ com fundamento nas necessidades dos clientes estudada pelo Modelo de Kano, permite ao utilizador inovar a partir da combinação de duas metodologias focando apenas nos pontos fortes destas.

A presente dissertação foi elaborada no âmbito de um estágio curricular realizado na Volkswagen Autoeuropa, uma unidade fabril automóvel do Grupo Volkswagen. O objetivo desta dissertação foi encontrar soluções conceptuais para os problemas descobertos na Estação *Flatstream*, dentro do edifício da Pintura, depois de um *test-run* do protótipo do novo modelo automóvel.

Nesta dissertação são apresentadas duas soluções ao problema, a primeira aplica os princípios da TRIZ de Separação na eliminação da Contradição Física. Enquanto a segunda solução apresentada, aplica o Modelo de Kano e a partir dos Requisitos encontrados é utilizado um conjunto de ferramentas da TRIZ: o estudo das interações entre Requisitos a partir da Matriz de Idealidade; adaptação dos Requisitos de Kano para os 39 Parâmetro de Engenharia de forma utilizar-se a Matriz de Contradições, por fim, com base nos Princípios Inventivos foi criada a solução específica do problema e adaptação do novo modelo para o Sistema Técnico. Foi realizada uma análise crítica a estas soluções, comparando-as com diferentes cenários, tirando-se assim várias conclusões sobre as vantagens e limitações destas.

Palavras-Chave: TRIZ; Inovação; Resolução de Problemas; Modelo de Kano; Satisfação de Clientes; Voz do Cliente

Abstract

In the current economical state, innovation plays a great role in corporations that try to be competitive and that want to make a difference, but the creation of innovative products mustn't be done in an erratic manner. The recognition of the true worth of the Customer's Voice and its necessities, also is a great factor of equal importance that should also be utilised to innovate. It's common to associate the concept of innovation with product development, but innovation goes across all organisation to add value from within. To innovate in processes and managerial techniques, means creating efficiency at a lower cost.

In this context, the implementation of TRIZ tools and philosophy joined with the Kano Model, can help corporations find solutions that are more creative and innovative. TRIZ capability to systematically innovate, coupled with the customer's requirements from the Kano Model, allows the user to innovate by applying the two methodologies, focusing on their strong points only.

This dissertation was created due a curricular internship in Volkswagen Autoeuropa, an automobile factory from the Volkswagen Group. The objective of this dissertation was to find concept solutions to the problems found in the Flatstream Station, inside the Painting Area, after a prototype test-run of the new car model.

In this dissertation, two solutions are presented, the first solution applies the Separation Principles of TRIZ to eliminate a Physical Contradiction. While the second solution, applies the Kano Model and several TRIZ tools from the requirements found: the Ideality Matrix studies the interactions between requirements; the Contradiction Matrix is used by transposing the requirements to the 39 Engineering Parameters and based from 40 Inventive Principles, a specific solution was created that allows the adapting of the new model to the technical system as well its optimisation. Both solutions are then compared to different scenarios, then several conclusions are made about their advantages and limitations.

Keywords: TRIZ; Problem Solving; Kano Model; Customer Satisfaction; Customer's Voice

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos do Estudo	2
1.3 Metodologia do Estudo.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação.....	3
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1 Definição de Problema.....	5
2.1.1 O que é um Problema?	5
2.1.2 Inércia Psicológica	6
2.2 Métodos de Resolução de Problemas	10
2.2.1 Métodos Intuitivos com Base no Pensamento Divergente	10
2.2.2 Pensamento Divergente e a Inércia Psicológica	12
2.3 Modelo de Kano.....	14
2.3.1 Definição do Modelo de Kano	14
2.3.2 Formulação do Questionário de Kano	19
2.4 Teoria de Resolução Inventiva de Problemas - TRIZ	21
2.4.1 Definição de TRIZ	21
2.4.2 Definição de Contradição	26
2.4.3 Idealidade	28
2.4.4 Formulação de Problemas Inventivos.....	30
2.4.5 Ferramentas da TRIZ.....	32
3. ESTUDO DO CASO E PROPOSTAS DE SOLUÇÃO AOS PROBLEMAS LEVANTADOS NA VOLKSWAGEN AUTOEUROPA	47
3.1 O Grupo Volkswagen	47
3.1.1 Plataforma <i>Modularer Querbaukasten</i>	48

3.2 Volkswagen Autoeuropa	48
3.3 Proposta do Modelo do Processo de Resolução de Problemas	49
3.4 Caracterização da Estação <i>Flatstream</i>	51
3.5 Identificação de Problemas e Oportunidades de Melhoria.....	56
3.6 Propostas de Solução.....	57
3.6.1 Levantamento e Análise de Soluções no Mercado Atual	57
3.6.2 Proposta de Solução com Base na Eliminação da Contradição Física	58
3.6.3 Proposta de Melhoria	66
4. CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS.....	113
A. ANEXOS.....	121
Anexo 1 - Questionário e Respostas da 1ª fase do modelo de Kano	121
Anexo 2 – Questionário de Satisfação (2ª Fase Modelo de Kano).....	123
Anexo 3 – Respostas do Questionário de Satisfação	127
Anexo 4 – Análise das Respostas	147

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Ciclo PDCA	6
Figura 2.2 - Inércia Psicológica	8
Figura 2.3 - Evolução das embarcações navais	9
Figura 2.4 - Espaço Total de Oportunidade Inovação	13
Figura 2.5 - Requisitos de Kano.....	17
Figura 2.6 - Evolução dos Requisitos de Kano ao longo do tempo	19
Figura 2.7 – Exemplo de uma escala de Likert.....	20
Figura 2.8 - Algoritmo da TRIZ.....	25
Figura 2.9 - Curva do Tipo S.....	34
Figura 2.10 - Modelo Substância-Campo	35
Figura 2.11 - Modelo Substância-Campo de uma pessoa a aspirar uma tapete	36
Figura 2.12- Modelo Incompleto.....	37
Figura 2.13 - Modelo com efeito Insuficiente	37
Figura 2.14 - Modelo com efeito Nocivo	37
Figura 2.15 - Solução Geral 1	38
Figura 2.16 - Solução Geral 2	39
Figura 2.17 - Solução Geral 3	39
Figura 2.18 - Solução Geral 4	39
Figura 2.19 - Solução Geral 5	40
Figura 2.20 - Solução Geral 6	40
Figura 2.21 - Solução Geral 7	41
Figura 2.22 - Utilização da Matriz de Contradições	44
Figura 3.1 - Fluxograma do Processo de Resolução do Problema	49
Figura 3.2 - Skid	51
Figura 3.3 - Disposição dos robots na Estação Flatstream	52
Figura 3.4 - Instabilidade da carroçaria no sistema de transporte.....	52
Figura 3.5 – Tendência do movimento das barras do skid	53
Figura 3.6 - Descentramento da carroçaria devido ao skid	53
Figura 3.7 - Diagrama de perspectiva lateral esquerda do Sistema de Posicionamento e respetiva legenda.....	54
Figura 3.8 - Entrada da carroçaria VWMPV na estação.....	55

Figura 3.9 - Elevação da carroçaria VWMPV	55
Figura 3.10 – Problema identificado na elevação do modelo VWNP	56
Figura 3.11 - Transporte por skids duplos	57
Figura 3.12 - Sistema basculante.....	58
Figura 3.13 - Diagrama das Zonas e Tempos Operacionais	59
Figura 3.14 - Diagrama do deslocamento do cilindro	60
Figura 3.15 - Slider -track vídeo-fotográfico	60
Figura 3.16 – Slider-track vídeo-fotográfico com vídeo-camara	60
Figura 3.17 - Diagrama da Guia de Transporte Motorizada	61
Figura 3.18 - Dimensões do cilindro	62
Figura 3.19 - Dimensões do carrinho	62
Figura 3.20 - Dimensões da Guia Auxiliar e GTM	62
Figura 3.21 - Sistema de Deslocação com cilindro elevador	63
Figura 3.22 - Posicionamento do cilindro por parte do eletroíman	64
Figura 3.23 - Diagrama do SPE	64
Figura 3.24 - Diagrama do Sistema de Deslocamento	65
Figura 3.25 - Imagem conceptual do Sistema de deslocamento na Estação de Flatstream	66
Figura 3.26 - Formas da questão do Requisito “Centralização dos cilindros no carro”	71
Figura 3.27 - Self-Styled Importance Questionnaire.....	71
Figura 3.28 - Resposta do Cliente Nº1 ao Self-Styled Importance Questionnaire do primeiro Requisito.....	72
Figura 3.29 - Questionário de Satisfação sobre o Requisito “Centralização dos cilindros no carro”	72
Figura 3.30 -Utilização da Tabela de Avaliação de Kano	74
Figura 3.31 - Influência dos Requisitos na Satisfação do Sistema.....	79
Figura 3.32 – Avaliação do nível de satisfação por parte do Cliente Nº1 do Requisito 2.....	80
Figura 3.33 – Zona onde não é possível de aplicar sealer	85
Figura 3.34 - Cilindro SMC MGPS80TF-200	85
Figura 3.35 - Instabilidade de um cilindro sem guias metálicas	86
Figura 3.36 - Espaço ocupado pelos cilindros	87
Figura 3.37 - Área ocupada pelos cilindros.....	88
Figura 3.38 - Nova estrutura do skid	95
Figura 3.39 - Segmentação do skid	96
Figura 3.40 - Vista e componentes do corte lateral esquerdo do pino do skid	97
Figura 3.41 - Espaço ocupado pelo Sistema de Elevação atual e pela estrutura do skid.....	97

Figura 3.42 - Nova posição dos cilindros elevatórios e espaço ocupado por este durante a aplicação de sealer	98
Figura 3.43 – Proposta para o topo do cilindro elevatório	99
Figura 3.44 - Cilindro em repouso.....	99
Figura 3.45 - Elevação do cilindro.....	100
Figura 3.46 – Cilindro a elevar a carroçaria	100
Figura 3.47 - Espaçamento entre o pino e skid	101
Figura 3.48 - Propriedade magnéticas dos componentes da solução.....	102
Figura 3.49 - Pino junto à parede da furação.....	103
Figura 3.50 - Atração entre pino e eletroímã durante a elevação.....	103
Figura 3.51 - Encaixe entre pino e cilindro.....	104
Figura 3.52 - Funcionamento do Interruptor da solução.....	105
Figura 3.53 – Par de cilindros Off - Off	105
Figura 3.54 - Par de cilindros Off - On	106
Figura 3.55 - Par de cilindros On - On	106
Figura A.1 - Questionário de Satisfação (Requisitos 1 e 2).....	123
Figura A.2 - Questionário de Satisfação (Requisitos 3 e 4).....	124
Figura A.3 - Questionário de Satisfação (Requisitos 5 e 6).....	125
Figura A.4 - Questionário de Satisfação (Requisito 7 e Self-Statement Importance Questionnaire)	126
Figura A.5 - Resposta do Inquirido Nº1 (Requisitos 1 e 2)	127
Figura A.6 - Resposta do Inquirido Nº1 (Requisitos 3 e 4)	128
Figura A.7 - Respostas do Inquirido Nº1 (Requisitos 5 e 6)	129
Figura A.8 - Respostas do Inquirido Nº1 (Requisito 7 e Self-Statement Importance Questionnaire)	130
Figura A.9 - Respostas do Inquirido Nº2 (Requisitos 1 e 2)	131
Figura A.10 - Respostas do Inquirido Nº2 (Requisitos 3 e 4)	132
Figura A.11 - Respostas do Inquirido Nº2 (Requisitos 5 e 6)	133
Figura A.12 - Respostas do Inquirido Nº2 (Requisito 7 e Self-Statement Importance Questionnaire)	134
Figura A.13 - Respostas do Inquirido Nº3 (Requisitos 1 e 2)	135
Figura A.14 - Respostas do Inquirido Nº3 (Requisitos 3 e 4)	136
Figura A.15 - Respostas do Inquirido Nº3 (Requisitos 5 e 6)	137
Figura A.16 - Respostas do Inquirido Nº3 (Requisito 7 e Self-Statement Importance Questionnaire)	138
Figura A.17 - Respostas do Inquirido Nº4 (Requisitos 1 e 2)	139

Figura A.18 - Respostas do Inquirido N°4 (Requisitos 3 e 4)	140
Figura A.19 - Respostas do Inquirido N°4 (Requisitos 5 e 6)	141
Figura A.20 - Respostas do Inquirido N°4 (Requisito 7 e Self-Stated Importance Questionnaire)	142
Figura A.21 - Respostas do Inquirido N°5 (Requisitos 1 e 2)	143
Figura A.22 - Respostas do Inquirido N°5 (Requisitos 3 e 4)	144
Figura A.23 - Respostas do Inquirido N°5 (Requisitos 5 e 6)	145
Figura A.24 - Respostas do Inquirido N°5 (Requisito 7 e Self-Stated Importance Questionnaire)	146

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Símbolos do modelo Substância-Campo e seu significado.....	36
Tabela 3.1 - Dimensões do Sistema de Deslocamento do cilindro	62
Tabela 3.2 - Questões utilizadas na entrevista	68
Tabela 3.3 - Respostas à entrevista pelos Inquiridos 1	69
Tabela 3.4 - Respostas à entrevista pelos Inquiridos 2	69
Tabela 3.5 - Requisitos do sistema	70
Tabela 3.6 - Tabela de avaliação de Requisitos Self-Statement Importance Questionnaire	73
Tabela 3.7 - Tabela de Avaliação de Kano	73
Tabela 3.8 - Categoria de cada cliente para o Requisito “Centralização dos cilindros no carro”75	
Tabela 3.9 - Frequência das respostas dos clientes.....	75
Tabela 3.10 - Respostas do Inquirido nº1 à tabela de avaliação Self-Statement Importance Questionnaire	76
Tabela 3.11 - Nível de importância Self-Statement dos clientes para com o Requisito 3	76
Tabela 3.12 - Nível de importância Self-Statement dos clientes para com o Requisito 5	77
Tabela 3.13 – Tabela de frequências e CSC dos Requisitos	78
Tabela 3.14 - Requisitos escolhidos na análise de Kano	80
Tabela 3.15 - Respostas por parte dos Clientes relativamente ao Grau de Satisfação para com o Requisito 2.....	81
Tabela 3.16 - Ranking Médio	82
Tabela 3.17 - Ordem dos Requisitos pelo Grau de Insatisfação	82
Tabela 3.18 - Matriz de Idealidade.....	83
Tabela 3.19 - Transposição de Requisitos de Kano para os 39 Parâmetros de Engenharia.....	89
Tabela 3.20 - Matriz de Idealidade com Parâmetros de Engenharia.....	89
Tabela 3.21 - Matriz de Contradições aplicadas ao Sistema de Elevação.....	90
Tabela 3.22 - Princípios Inventivos do Sistema Posicionador	93
Tabela 3.23 - Princípios Inventivos na Solução proposta.....	107
Tabela A.1 - Questões utilizadas na entrevista.....	121
Tabela A.2 - Respostas às questões da entrevista (Inquirido 1 e 2)	121
Tabela A.3 - Respostas às questões da entrevista (Inquirido 3, 4 e 5)	122
Tabela A.4 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 1	147
Tabela A.5 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 2	148
Tabela A.6 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 3	148

Tabela A.7 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 4	148
Tabela A.8 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 5	148
Tabela A.9 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 6	148
Tabela A.10 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 7	148
Tabela A.11 - Avaliação de Satisfação dos Requisitos 1 a 5	148
Tabela A.12 - Avaliação de Satisfação dos Requisitos 6 a 7	148
Tabela A.13 - Nível de importância dos Requisitos Self-Styled (Cliente 1 a 5)	148

Lista de Siglas e Acrónimos

ARIZ- Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas

CSC – Coeficiente de Satisfação de Cliente

CSCS – Coeficiente de Satisfação de Cliente extensão da Satisfação

CSCI - Coeficiente de Satisfação de Cliente extensão da Insatisfação

G8D – *Global 8 Disciplines*

GTM – Guia de Transporte Motorizada

MQB - *Modularer Querbaukasten*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

RFI – Resultado Final Ideal

SPE – Sistema de Posicionamento com Eletroímãs

TO – Tempo Operacional

TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

VW - Volkswagen

VWAE – Volkswagen Autoeuropa

VWAG – Volkswagen *Aktiengesellschaft*

VWMPV – Volkswagen *Multi-Purpose Vehicle*

VWNP – Volkswagen Novo Produto

VWSCI – Volkswagen Scirocco

ZO – Zona Operacional

Simbologia

A - Requisito de Kano Atrativo

I - Requisito de Kano Indiferente

M - Requisito de Kano Obrigatório

O – Requisito de Kano Unidimensional

Q - Requisito de Kano Questionável

R - Requisito de Kano Reverso

1. Introdução

O presente capítulo tem como função enquadrar o tema na presente dissertação “Utilização da Metodologia TRIZ e Modelo de Kano na Solução de Conflitos e Melhoria de uma Estação de Posicionamento de Carroçaria” apresentando os seus objetivos, estrutura e também as metodologias utilizadas na dissertação.

1.1 Enquadramento

No quadro económico atual, a rápida evolução da tecnologia, a facilidade na troca de informação e a crescente globalização das organizações bem como das pessoas, intensifica o nível de competição entre negócios. Neste contexto, a inovação torna-se um enorme fator no planeamento estratégico de uma organização, permitindo a criação de novas ideias e cimentando o seu lugar para com o cliente. Outro fator muito importante para as organizações é a satisfação do cliente, com especial interesse, no desenvolvimento de produtos. Quanto maior a satisfação dos clientes para com os vários produtos, maior é a probabilidade das organizações sobreviverem dentro do mercado competitivo de hoje.

A inovação não se cinge apenas à criação de novos produtos e ideias, também é utilizada pelas organizações como um meio de aumentar o valor ao tornar o processo de produção mais eficiente. Neste cenário torna-se imperativo o estudo da Voz do Cliente Interno, de forma a contextualizar o segmento do processo que necessita de ser melhorado.

A Teoria Inventiva de Resolução de Problemas (TRIZ) é considerada como a metodologia de pensamento criativo mais compreensiva e organizada, a sua utilização pelas organizações traz vários benefícios como um aumento na produtividade criativa ou uma capacidade prever o futuro de produtos e processos, a partir da evolução dos Sistemas Tecnológicos (Livotov, 2008). O Modelo de Kano permite estudar a satisfação do cliente face a um produto ou processo, a partir da perceção dos requisitos que os clientes acham que caracterizam o caso em estudo. A utilização do Modelo de Kano em conjunto com a TRIZ, torna-se uma ferramenta com enorme relevância tanto no desenvolvimento de um produto ou processo, tal como na eliminação de conflitos dentro de um Sistema e a melhoria deste. As duas metodologias complementam-se pois o Modelo de Kano apenas identifica os Requisitos do cliente de forma a aumentar a sua satisfação, e desta forma melhorar o Sistema, por outro lado, a TRIZ tem a capacidade de facilitar

a criação e a inovação, mas é inadequada na pesquisa de quais as funções o Sistema necessita para ser melhorado.

A dissertação foi elaborada no âmbito de um estágio curricular com a duração de cerca de 8 meses na área do Planeamento e Gestão de Produto da unidade fabril Volkswagen Autoeuropa (sendo referida como VWAE a partir deste momento). Pertencendo à indústria automóvel, conhecido por ser um dos setores de mercado mais competitivos, é estrategicamente fiável para a VWAE tornar os seus processos de produção mais eficientes. O estudo e as soluções conceptuais desenvolvidos na dissertação decorreram na área da Pintura, em particular na Estação *Flatstream*, da linha *Sealer*.

O tema da dissertação surgiu a partir do mau posicionamento da carroçaria do protótipo do novo modelo na Estação *Flatstream* após um *test-run* no edifício da Pintura, foi aberto um concurso para que os vários fornecedores apresentassem soluções e as implementassem.

1.2 Objetivos do Estudo

O principal objetivo da dissertação, foi encontrar soluções conceptuais para os problemas encontrados na Estação *Flatstream* depois do *test-run*, ao adaptar o Sistema de Posicionamento de Carroçaria para o novo modelo e melhorar este Sistema.

De notar que esta dissertação apresenta duas soluções ao problema, a primeira apenas aplica a TRIZ na eliminação da Contradição Física. Enquanto a segunda solução apresentada, aplica o Modelo de Kano e a TRIZ em conjunto, desta forma o Sistema em estudo é melhorado a partir dos Requisitos estudados a partir dos clientes internos, tal como as Contradições Técnicas que impedem a adaptação para o novo modelo são ultrapassadas. Foi realizada uma análise crítica a estas soluções, comparando-as com diferentes cenários, tirando-se assim várias conclusões sobre as vantagens e limitações destas.

Numa perspetiva mais teórica, esta dissertação tem como objetivo aprofundar o conhecimento e ter uma melhor compreensão, relativamente às metodologias de criação de inovação tal como a TRIZ; método de Delphi ou Brainstorming, como também ter uma melhor perceção da satisfação do cliente e a importância deste no desenvolvimento de novos produtos a partir do Modelo de Kano, estudando assim as suas aplicações práticas numa indústria automóvel, com foco na melhoria de Sistemas.

1.3 Metodologia do Estudo

Para o efeito de cumprir com os objetivos apresentados em 1.2 foi utilizada a TRIZ em conjunto com o Modelo de Kano, a partir do seguimento dos seguintes passos:

- Análise do Sistema;
- Identificação de problemas e oportunidades de melhorias;
- Análise de soluções no mercado e *benchmarking*;
- Criação das soluções conceptuais utilizando as ferramentas da TRIZ e o Modelo de Kano.

Estes passos têm o intuito de suportar a aplicação de um modelo que permita a criação de soluções inventivas que possam aumentar a eficiência do Sistema em estudo, a partir dos Requisitos do cliente interno. Para tal é necessário analisar o Sistema e identificar qual o problema. De forma a não duplicar trabalho, é necessário pesquisar se existem soluções para o problema no mercado. Se não existirem soluções ou não forem possível implementá-las, então é estudada as necessidades dos clientes internos de forma a melhorar o Sistema. Deve de haver um estudo aprofundado das interações entre necessidades e posteriormente são criadas soluções a partir da idealidade das interações entre as necessidades e o problema-base.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta por 4 capítulos:

1. Introdução;
2. Enquadramento Teórico;
3. Estudo do Caso e Propostas de Solução na Volkswagen Autoeuropa;
4. Conclusões.

No final encontram-se, ainda, as Referências Bibliográficas e os Anexos.

Inicia-se o primeiro capítulo pela Introdução, onde se apresenta o Enquadramento, os Objetivos do Estudo, a Metodologia do Estudo e a Estrutura da Dissertação.

No segundo capítulo, é apresentada a recolha de dados bibliográficos das metodologias e ferramentas abordadas na dissertação, para desenvolver uma base sólida de fundamentos.

Inicialmente o capítulo desenvolve o conceito de problema e as metodologias mais comuns de as resolver e de geração de inovação. Em seguida é apresentado o Modelo de Kano, o conceito de satisfação de cliente e a da Voz do Cliente. No último segmento do capítulo é apresenta a metodologia TRIZ tal como as ferramentas mais utilizadas e importantes.

No terceiro capítulo é efetuada uma análise à Volkswagen Autoeuropa, onde se aborda a sua história em Portugal, os modelos automóveis produzidos e a história do Grupo Volkswagen. Em conjunto é proposto um Modelo de Resolução de Problemas. Por fim, são identificados os problemas do Sistema atual e respetivas soluções para resolver a contradições encontradas.

No quarto capítulo é apresentado as reflexões sobre o trabalho realizado na dissertação e analisado o trabalho futuro.

2. Enquadramento Teórico

O presente capítulo apresenta a pesquisa e revisão bibliográfica realizada sobre ferramentas de geração de inovação, desenvolvimento de produtos e resolução de problemas, nomeadamente a TRIZ e o Modelo de Kano. É apresentado o conceito de problema e inovação, algumas ferramentas inerentes à resolução de problemas com base no Pensamento Divergente, os princípios do Modelo de Kano e as metodologias da TRIZ.

2.1 Definição de Problema

2.1.1 O que é um Problema?

Diariamente, e ao longo da nossa vida, somos confrontados com situações problemáticas: desde uma fuga na canalização ou a falta de preparação para um teste. É necessário referir que os problemas não só atravessam o espectro pessoal como o global, existem várias questões que nos afetam como sociedade. Temos duas escolhas em como encarar estas situações: tentar resolver o problema (contratar o serviço de um canalizador) ou manter a situação atual (“Apesar de não ter estudado, o teste irá correr bem”).

Na área da Engenharia, é necessário adquirir uma atitude progressiva em como resolver problemas, tendo em conta que engenheiros praticantes são contratados, mantidos e recompensados para resolver os mais diversos problemas dentro do seu espaço de trabalho (Jonassen, et al., 2006). Na génese do nome da profissão é possível encontrar a ligação entre o indivíduo e a capacidade de resolver problemas, tendo em conta que “Engenheiro” provém da palavra latina *ingenium*, significando qualidade, talento, habilidade; adjetivos normalmente utilizados para caracterizar inventores e solucionadores de problemas.

Mas o que é realmente um problema? Savransky (2000) define o conceito de problema como o espaçamento entre a situação atual ou existente e a idealizada. De uma forma muito simples e utilizando um dos exemplos anteriormente referidos, pode ser considerado como a situação atual a fuga na canalização e a situação ideal a canalização reparada.

É importante referir que um problema pode ser dividido em duas categorias, podendo ser um problema de rotina ou um problema inventivo, sendo que estas definições são puramente

subjetivas (o que pode ser um problema de rotina para um canalizador pode ser um problema técnico para um gestor).

Um problema de rotina implica o conhecimento dos procedimentos que alcançarão a solução. Estes métodos estão descritos na resolução de problemas em várias áreas como matemática, gestão ou física; problemas rotineiros podem ser resolvidos apenas utilizando procedimentos *standards* ou automatizados, como softwares (Savransky, 2000). Um problema inventivo foi descrito por Altshuller como contendo pelo menos uma Contradição (Terninko, et al., 1998). O conceito de Contradição irá ser esclarecido posteriormente neste capítulo.

2.1.2 Inércia Psicológica

Foi referido anteriormente que os problemas eram divididos categoricamente e que eram completamente subjetivos para o solucionador. O conhecimento e prática em determinadas áreas podem influenciar como o solucionador encara um problema. A literatura de resolução de problemas sugerem que o solucionador deve possuir um conjunto de aptidões específicas, neste conjunto deve conter a capacidade de (Harlim & Belski, 2013):

1. Identificar o problema;
2. Planear;
3. Executar a solução;
4. Avaliar a solução.

Os passos deste processo resolução de problemas referidos assemelham-se à metodologia PDCA: (i) *Plan*, (ii) *Do*, (iii) *Check* e (iv) *Act*, criada por Walter Shewhart, desenvolvida e popularizada por W. Deming. Esta metodologia faz referência às 4 etapas da melhoria contínua demonstradas pelo Quality Journal (1995) apresentadas pela figura 2.1:

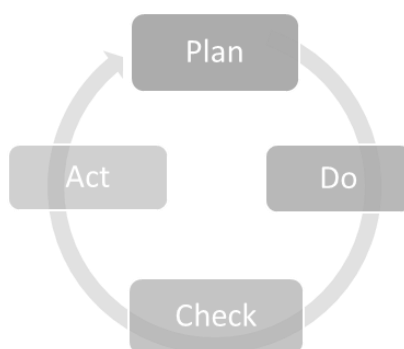


Figura 2.1 - Ciclo PDCA

1. **Plan:** Esta etapa consiste na criação de fronteiras, a partir da decisão de qual informação é necessária, como vai ser recolhida e processada. Nesta fase está contida a identificação do problema.
2. **Do:** Consiste na execução detalhada do plano delimitado na fase anterior a uma menor escala.
3. **Check:** Analisa e valida os resultados obtidos, de acordo com o desfecho destes resultados, o ciclo é reiniciado ou prossegue-se para a última etapa.
4. **Act:** Os resultados são aplicados a todo o sistema. Tornando-se assim o modo padrão de operação.

Apesar da sua aplicação muito comum no *Lean*, como ferramenta de melhoria contínua, este ciclo pode ser aplicado a virtualmente a qualquer situação inventiva, como ferramenta de auxílio no planeamento e organização de ideias. A organização e planeamento têm um papel muito importante na resolução de problemas, frequentemente a falta de conhecimento, e principalmente, a falta de direção para resolver um problema acaba por criar um sentimento aflição arrebatador. Mas quando o oposto acontece? Quando existe “direção a mais”?

Esta sugestão de direção é muito importante para o tema de **Inércia Psicológica**. Este termo, também conhecido como Barreira Psicológica, foi introduzido nas investigações de criatividade e inovação de Altshuller, e é análogo à inércia física: existe propensão à resistência em pensar numa nova maneira, os pensamentos seguem os mesmos padrões de comportamento até que uma força distorça estes padrões. Savransky (2000), afirma que o maior obstáculo na resolução de problemas (de rotina ou inventivos) é a Inércia Psicológica do próprio solucionador.

Esta inércia é determinada pelo passado cultural e académico, *know-how* e senso comum. A Inércia Psicológica força o solucionador a percorrer caminhos tradicionais (rotina), resistir à mudança e a não dar o uso devido da imaginação na procura da melhor solução, que normalmente se encontra no desconhecido (Fey & Rivin, 1997).

O conceito deste termo não é novidade na nossa sociedade, a expressão Anglo-Saxónica “*thinking outside the box*” utilizada para quem tem um pensamento inovador, mostra o efeito positivo de ultrapassar a Inércia Psicológica.

Um exemplo em como a Inércia Psicológica pode afetar a capacidade de raciocínio, é encontrado num dos inventores mais proeminentes da humanidade, Thomas Edison, que necessitou de realizar cerca de 10.000 tentativas para obter a pilha de Edison.

Na figura 2.2 é possível observar a influência da Inércia Psicológica tem sobre o solucionador, e uma boa comparação com a situação referida no processo de invenção de Edison. O

solucionador está perante um problema, devido à sua inércia psicológica, este é orientado para um conceito (Conceito 1) de solução. Quando aplicada, os resultados obtidos não são os desejáveis, mas são úteis para a partir deste conhecimento serem aplicados 4 conceitos de solução e destas apenas o Conceito 2 é possível de desenvolver. Neste segundo nó, mais 4 tentativas foram testadas e nenhuma delas é aceitável. O solucionador regressou ao problema, e deste retirou o Conceito 3, o mesmo processo referido anteriormente é aplicado, sem resultados. De volta ao problema, é criado mais um conceito (Conceito 5) de onde é possível retirar os conceitos 6, 7 e 8. Este último vai obter uma solução aceitável ao solucionador mas nem sempre pode ser a solução ideal (como é neste caso).

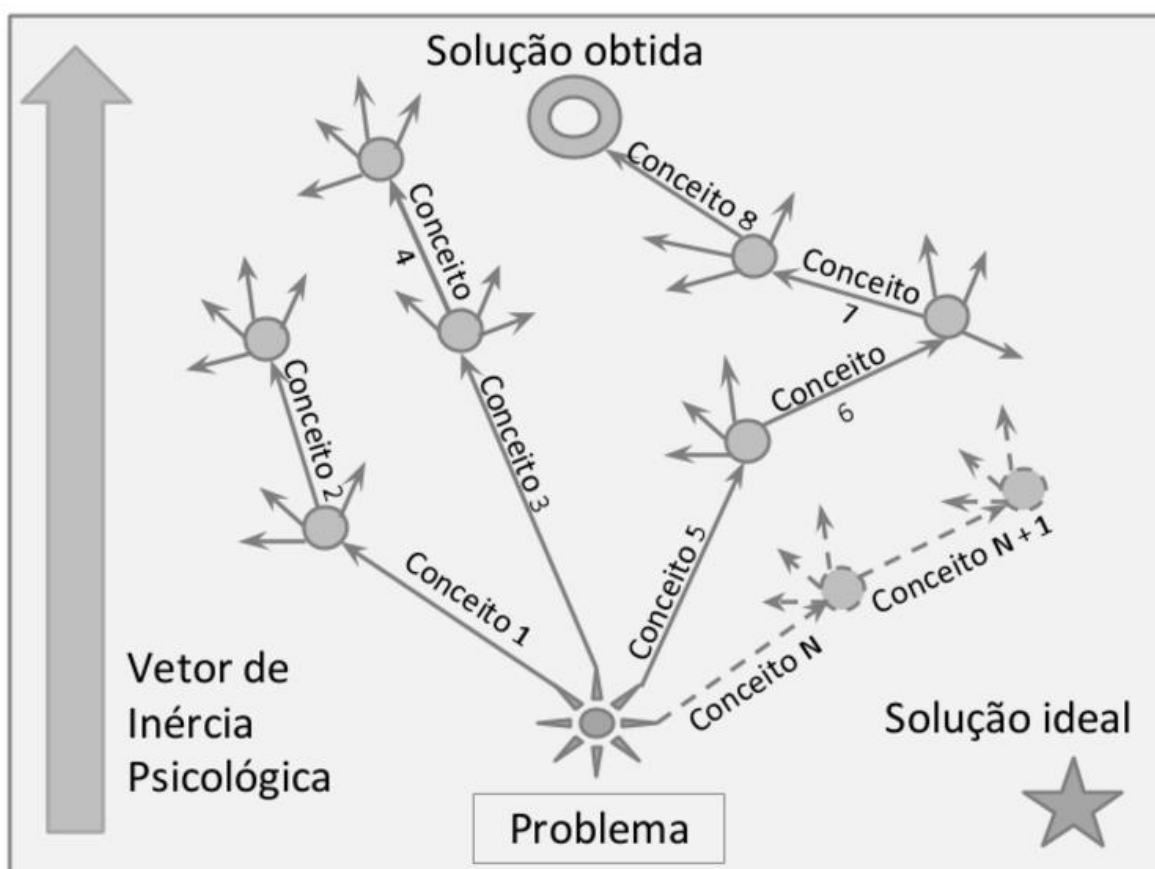


Figura 2.2 - Inércia Psicológica

Neste exemplo por cada nó foram feitas 4 tentativas, o que resultou em cerca de 36 tentativas no total para se obter a solução adequada. É possível observar como a Inércia Psicológica, orientou o solucionador para uma solução que não é a mais adequada e obrigou ao dispêndio de muito tempo e energia na “procura” da melhor solução. Devido à capacidade deste efeito de impedir uma formulação clara do problema, da criação de barreiras e na complicação de tomadas de decisão ao longo dos vários passos para a solução (Savransky, 2000).

É possível observar como a rotina e a resistência à mudança, e todos os indícios forçados pela Inércia Psicológica afetaram a criatividade e inovação da humanidade ao longo da história. Um exemplo é a evolução dos veículos navais (figura 2.3). As embarcações possuíam apenas um remo, em seguida continham vários remos, com a invenção da embarcação naval à vela a humanidade dá o primeiro salto inovador na cronologia dos veículos, apesar das primeiras embarcações terem remos e velas. À medida que o conhecimento vai evoluindo, as embarcações vão tornando-se maiores e os remos vão sendo excluídos. Mais tarde, com a invenção da máquina a vapor, os navios vão sendo motorizados até finalmente chegarem ao presente utilizando motores. Devido às características do efeito, Kaplan (1996) admite que quando a mudança tecnológica ocorre, ou novas ideias são testadas, normalmente têm a tendência a acontecer hesitantemente e em pequenos incrementos.

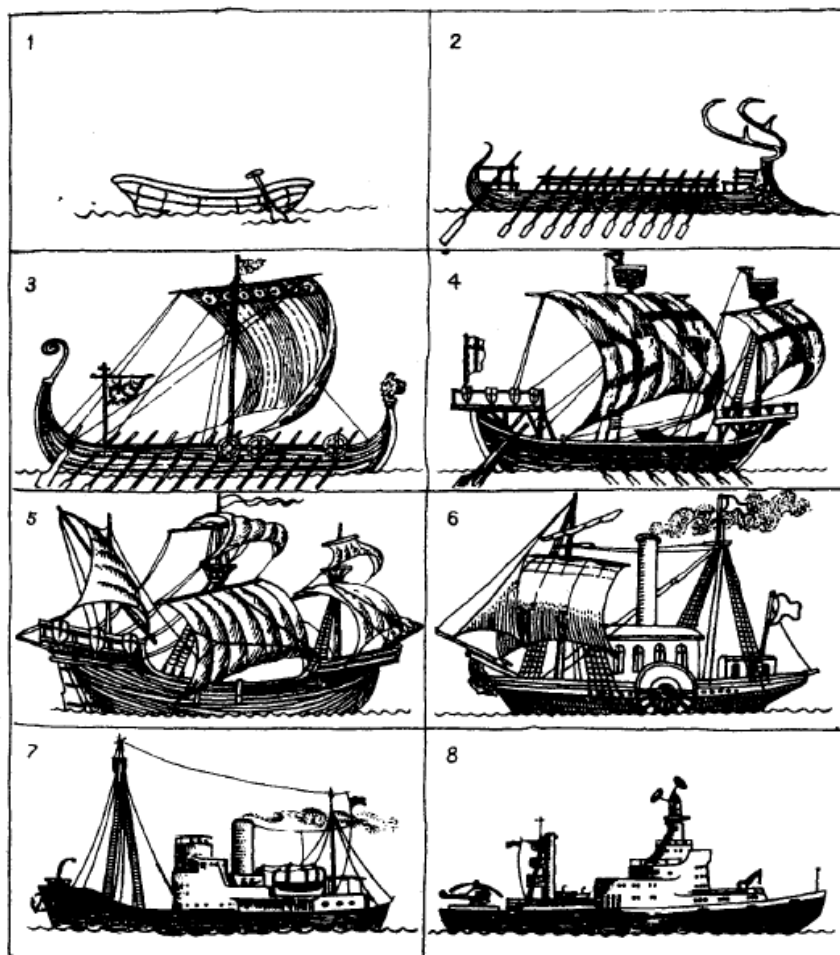


Figura 2.3 - Evolução das embarcações navais
(Altshuller, 2004)

2.2 Métodos de Resolução de Problemas

2.2.1 Métodos Intuitivos com Base no Pensamento Divergente

O conceito de Pensamento Divergente pode ser resumido como o processo mental de geração do máximo de ideias e soluções criativas possível para um problema. Exemplos comuns deste processo são a Tentativa e Erro, o método de Brainstorming e o método Delphi entre outros. Estes métodos são intuitivos e com uma aplicação muito generalista, podem ser aplicados a virtualmente qualquer problema.

2.2.1.1 *Tentativa e Erro*

Este processo já foi referido anteriormente neste capítulo durante a explicação da Inércia Psicológica, a Tentativa e Erro é a forma mais intuitiva de resolver problemas, tal como o nome indica, são geradas vários conceitos de solução que depois são testados, se o resultado não for positivo, volta-se a gerar outra ideia (normalmente esta é modificada a partir do primeiro conceito, pois o solucionador é afetado pela Inércia Psicológica), se e se for encontrada uma solução então a busca de ideias criativas é finalizada.

As maiores dificuldades com este método são a procura extensiva de soluções, com eficiência muito baixa, resultando em gastos de tempo enormes na geração de uma ideia que nem sequer pode ser a ideal.

2.2.1.2 *Brainstorming e suas Variantes*

A técnica de Brainstorming foi criada por Alex F. Osborn em 1953, é uma forma de Pensamento Divergente mais estruturada que tem como base a geração de ideias criativas em grupo (Goldberg & Wiley, 2011). A filosofia por detrás desta técnica tem como fundamento que toda a experiência e conhecimento em diversas áreas são únicas para cada membro do grupo, logo cada membro tem uma visão diferente do problema e quando combinadas permitirá a solucionar o problema (Carvalho, 2007).

Durante a sessão de Brainstorming existe um mediador que explica ao grupo qual é o problema e direciona a sessão de forma a manter o foco do grupo no problema em questão. O mediador explica as 4 regras de Brainstorming (Isaken, 1998):

1. **Quanto mais ideias melhor**, ao gerar mais ideias maior é a probabilidade de estas serem úteis.
2. **Criticismo não é permitido**, o julgamento de ideias deve ser feito mais tarde, uma sessão de Brainstorming deve de gerar muitas ideias e opções variadas e pouco usuais.
3. **“Ideias Selvagens” são bem-vindas**, como o criticismo não é permitido, os membros do grupo estão num ambiente desinibido proliferando assim ideias incomuns.
4. **Refinar e combinar ideias em novas ideias é encorajado**, os participantes não só têm de gerar ideias como são estimulados a utilizar as ideias dos outros sob uma nova perspetiva combinando com as suas ideias ou com as dos demais.

Esta técnica já foi extensamente estudada e são bem conhecidos quais as suas falhas, um estudo realizado sobre um problema de engenharia demonstrou que foram geradas menos ideias em grupo, quando comparada com a combinação de ideias resultantes de um número equivalente de indivíduos que trabalharam sozinhos. A este resultado foi denominado de **Perda de Produtividade**, e é comum em vários estudos realizados com o tema de Brainstorming (Linsey, et al., 2011).

Vários fatores são responsáveis pela Perda de Produtividade, como fatores sociais, motivacionais, tal como processos cognitivos. A preocupação dos indivíduos de serem julgados negativamente pelos outros é o maior obstáculo para a técnica, também importante de notar que em grupos onde elementos com altos níveis de ansiedade social geram menos ideias quando comparados com grupos com níveis menores de ansiedade (Goldberg & Wiley, 2011).

Método de Delphi

Uma variante de Brainstorming é o denominado método de Delphi. É um processo iterativo usado para recolher e filtrar as opiniões de especialistas durante uma série de questionários. Os questionários centram-se num problema específico e são desenvolvidos a partir das respostas dos questionários anteriores. O processo acaba quando uma resposta tem o consenso entre todos os especialistas, se é atingido um nível de saturação teórica ou quando informação suficiente é trocada (Skulmoski, et al., 2007) .

Este método tem-se provado bem-sucedido dentro do campo das Tecnologias de Informação, na pesquisa de identificação e priorização de questões relacionadas com a gestão de decisões

(Okoli & Pawlowski, 2004). O método Delphi tem origem numa série de estudos organizados pelo projeto RAND durante os anos 50, e segue 4 regras propostas pelos criadores da metodologia (Dalkey & Helmer, 1962):

1. **Anonimato dos participantes:** Os participantes podem expressar as suas opiniões sem se preocuparem pela forma como são percebidos pelos demais. As decisões são tomadas pelo mérito das ideias e não por quem a propôs.
2. **Feedback Controlado:** Informa os participantes dos pontos de vista dos restantes participantes.
3. **Iteração:** Permite aos participantes refinar as suas ideias e pontos de vista ao longo do processo. Como é permitido *feedback* por parte das respostas dos outros participantes, existe a oportunidade de a opinião ser clarificada ou mudada.
4. **Agregação estatística das respostas do grupo:** Permite uma análise quantitativa e interpretação dos dados obtidos.

A maior vantagem que este método tem para com o Brainstorming é demonstrada pela interação controlada dos participantes. Ao garantir anonimato e ao evitar situações onde existam confrontos com pontos de vista díspares, permite à metodologia precaver-se com outras desvantagens ligadas a grupos de especialistas em confronto direto: frequente geração de formulações apressadas de noções pré-concebidas; a relutância de aceitar novas ideias; a tendência de defender uma opinião quando tomada ou a existência de uma pré-disposição de se ser facilmente persuadido por opiniões expressas por outros (Dalkey & Helmer, 1962).

O método Delphi é mundialmente utilizado em vários setores como a saúde, defesa, negócios, tecnologias de informação, transportes e engenharia (Skulmoski, et al., 2007). Outra forma de utilizar o método é dando ênfase às diferenças de opinião de forma a desenvolver um conjunto de cenários futuros (Okoli & Pawlowski, 2004).

2.2.2 Pensamento Divergente e a Inércia Psicológica

Salamatov (2005) afirma que ao longo do tempo, a utilização singular de Brainstorming e outras ferramentas de Pensamento Divergente provou-se muito útil na resolução de problemas em áreas como gestão ou publicidade, mas dentro da área de engenharia não se revelou muito frutuosa. Dentro da engenharia, muitas metodologias ligadas com a área da Qualidade como o G8D ou o ciclo PDCA utilizam Brainstorming em algumas das suas etapas, mas junto a este são utilizadas outras ferramentas que permitem uma melhor utilização do que simplesmente Brainstorming.

Como Silverstein, DeCarlo e Slocum (2008) afirmam, quase 100% de todos os métodos de inovação são formas de Brainstorming e criatividade divergente, guiadas pelo *mantra*: “Mais ideias melhor”. Também afirmam que ao existir uma grande quantidade de ideias geradas, apenas afastam o utilizador da solução.

A figura 2.3 representa o Espaço Total de Oportunidade de Inovação. Nesta figura observamos um círculo vermelho denominado de Fronteira de Constrição Real, dentro deste círculo observamos todo o conhecimento humano adquirido ao longo dos milénios. A figura a azul representa a intersecção de todos os preconceitos de um indivíduo. Quanto estes preconceitos são interligados é formado no seu centro o Espaço de Oportunidade de Inovação (Silverstein, et al., 2008).

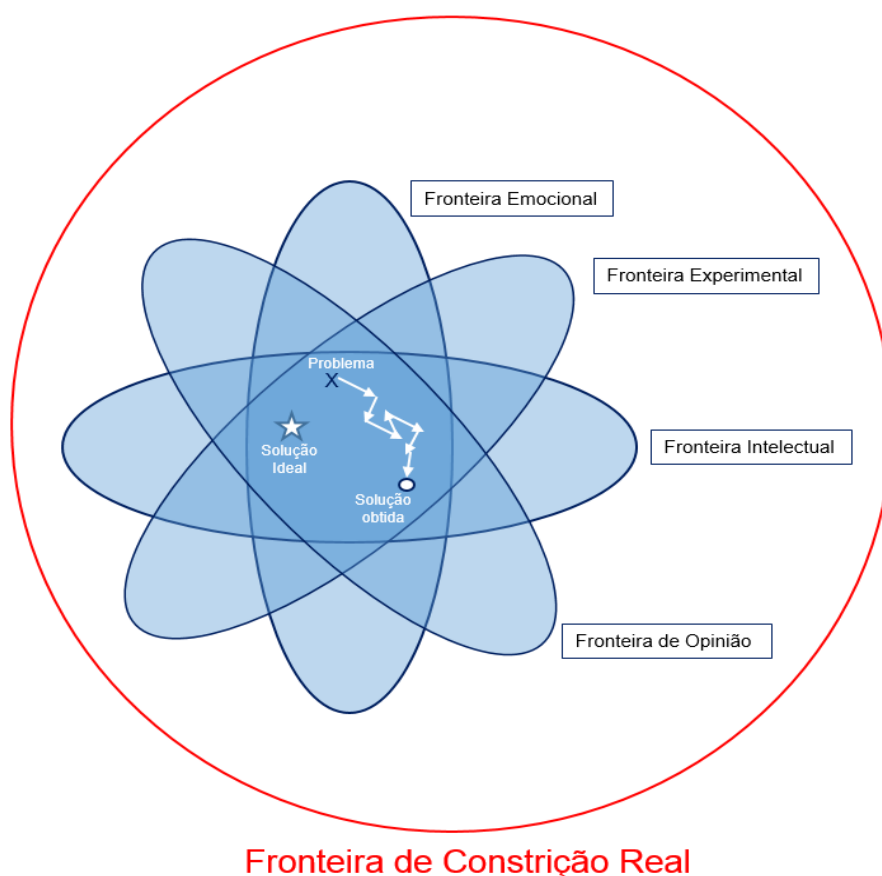


Figura 2.4 - Espaço Total de Oportunidade Inovação

Adaptado: (Silverstein, et al., 2008)

2.3 Modelo de Kano

2.3.1 Definição do Modelo de Kano

Chen e Chuang (2008) afirmam que a satisfação por parte do cliente é o maior pré-requisito de competitividade no mercado global atual. De acordo com Reichfeld & Sasser, um aumento na lealdade de consumidor por 5%, pode resultar na subida do lucro de negócio por 100% (Tontini, 2007). De forma a analisar quais os atributos que devem de ser estudados para aumentar a satisfação do cliente e ter vantagem competitiva, as organizações utilizam o Modelo de Kano, uma ferramenta que permite classificar e priorizar as necessidades do cliente baseado na forma como estas necessidades afetam a satisfação geral do produto (Xu, et al., 2009).

Em 1984 Kano introduziu a **Teoria da Qualidade Atrativa**, de forma a explicar a relação entre o desempenho e satisfação de cliente para com um atributo singular de um produto é dependente da avaliação que este faz do produto (Nilsson-Witell & Fundin, 2005). A Teoria inclui uma metodologia que permite a compreensão e classificação dos efeitos de diferentes atributos de qualidade de acordo com a perspectiva do cliente, o **Modelo de Kano** (Nilsson-Witell, et al., 2013).

O modelo aborda de maneira diferente a análise de oportunidade de melhoria, pois leva em consideração a relação não-linear e assimétrica entre desempenho e satisfação por parte do cliente. Esta relação desempenho-satisfação deu origem à denominação de categorias do desempenho de satisfação dos requisitos (Roos, et al., 2009).

O modelo é muito útil quando é necessário:

- Identificar qual as necessidades do cliente;
- Determinar quais os Requisitos Funcionais;
- Desenvolvimento de produtos conceptuais;
- Analisar produtos dos competidores.

2.3.1.1 Voz do Cliente

Os desejos dos clientes, os problemas enfrentados com a utilização de produtos e as suas necessidades são uma grande fonte para engenheiros gerarem novas ideias que permitam a vantagem competitiva do produto e aumento da satisfação por parte dos clientes. Cada vez mais

organizações utilizam a satisfação do cliente como o maior indicador do futuro, utilizando assim este indicador como componente principal na sua estratégia corporativa (Matzler & Hinterhuber, 1998).

Katz, Griffin e Hausser denominam ao processo de captura das necessidades dos clientes como Voz do Cliente, tem como objetivo obter um conjunto detalhado de necessidades, desejos e critérios dos clientes, catalogando-os e estruturando-os numa forma hierquizada e priorizando-os de acordo com a sua importância relativa (Carvalho, 2007).

No Modelo de Kano a Voz do Cliente é utilizada como a ferramenta que permite ao utilizador desvendar quais os Requisitos a analisar, tem uma extrema importância no Modelo pois o feedback por parte dos clientes é indispensável na avaliação da satisfação.

A Voz do Cliente Interno

Existem algumas particularidades que diferenciam o cliente interno em relação ao cliente externo. Por pertencer à mesma organização, existe uma facilitação na comunicação com o cliente interno, criando um ambiente de natureza íntima e permitindo assim um maior à vontade em responder ao questionário (Iata & Queiroz, 2001).

Iata e Queiroz (2001) também mencionam que a aplicação do Modelo de Kano ao cliente interno proporciona um maior conhecimento das necessidades relevantes ao processo produtivo, como também facilita um fluxo de informação entre vários departamentos, permitindo assim o direcionamento de investimentos para os Requisitos que realmente são importantes para os clientes internos.

2.3.1.2 *Requisitos de Kano*

Anteriormente foi referido que o Modelo de Kano tem em consideração a relação desempenho-satisfação por parte dos clientes relativo a um produto ou serviço e que hierquiza as necessidades com base nesta relação. O facto de existir prioridade e catalogação das necessidades ou requisitos indicam que existem atributos nos produtos que dão maior satisfação aos clientes que outros. Tontini (2007) dá como exemplo esta situação: a evolução da fiabilidade das televisões percecionados por parte dos clientes. O autor indica que a partir do momento em que as televisões obtiveram um elevado nível de fiabilidade, a continuação da melhoria deste

parâmetro irá trazer menor satisfação quando comparado à melhoria de outros parâmetros (qualidade de imagem ou de som, por exemplo). O Modelo de Kano permite identificar quais os requisitos de um produto ou serviço e o nível de satisfação que estes podem obter, os Requisitos de Kano são:

- **Requisitos Obrigatórios:** São atributos que o cliente considera obrigatórios num produto, como o cliente julga estes atributos como embutidos no produto, sendo então percebidos como um pré-requisito (Cunha, et al., 2013). Quando este Requisito não é cumprido ou não se apresenta, o cliente fica extremamente insatisfeito, mas quando este está presente, os clientes apenas ficam num estado de “não insatisfeito” (Sauerwein, et al., 1996).
- **Requisitos Atrativos:** Estes são os Requisitos permitem obter uma satisfação mais que proporcional, mas se não forem cumpridos não trazem insatisfação (Cunha, et al., 2013). Por terem esta capacidade de influência desproporcional na satisfação do cliente, estes Requisitos quase nunca são explicitamente expressos pelos clientes, aliás nem sequer são esperados (Iata & Queiroz, 2001).
- **Requisitos Unidimensionais:** A satisfação dos clientes é diretamente proporcional ao nível de cumprimento dos Requisitos. Maior o nível o de cumprimento, maior o nível de satisfação e vice-versa. Os Requisitos Unidimensionais normalmente são expressamente pedidos pelos clientes (Matzler & Hinterhuber, 1998).

Existem adicionalmente mais 3 tipos de qualidade identificados: **Requisitos Indiferentes, Reversos e Questionáveis**, respetivamente. Chen e Chuang (2008) consideram que não se deveriam de classificar estes Requisitos como Requisitos do Cliente, mas como características de qualidade. Os autores provam esta afirmação com o facto do Requisito do tipo Indiferente não afeta a satisfação do cliente independentemente do nível de cumprimento do parâmetro. Em relação ao Reverso os clientes apenas ficam mais insatisfeitos quando o nível de critério do desempenho é aumentado. Os Requisitos Questionáveis são resultados observados na Tabela de Kano, que demonstram que o questionário foi mal formulado ou não foi plenamente entendido pelo inquirido.

Na figura 2.5 observamos os 3 tipos de Requisitos de Kano e como estes se comportam de acordo com o nível de cumprimento e o nível de satisfação que proporcionam aos clientes. O eixo horizontal representa o cumprimento dos Requisitos, em termos práticos é o que a organização está disposta a investir em recursos de forma a melhorar a qualidade do produto e desta forma melhorar o Requisito (Spool, 2011). No eixo vertical é representado o nível de satisfação dos clientes.

Nos Requisitos Unidimensionais (reta azul), o nível de satisfação dos clientes é linearmente proporcional ao nível de cumprimento dos Requisitos. Os Requisitos Unidimensionais por natureza são mensuráveis, específicos e articulados. Permitindo assim o seu estudo e possibilidade no aumento de satisfação, tendo em conta que o nível de cumprimento é obtido (Matzler & Hinterhuber, 1998).

A vermelho, é representado os Requisitos Obrigatórios, podemos observar pela curva que por mais que se cumpra o Requisito, o nível de satisfação nunca será positivo, sendo no máximo percecionado como “neutro”, algo que não é nem bom nem mau, que não traz satisfação mas também não traz insatisfação.

A curva verde representa os Requisitos Atrativos, sendo que estes atributos não são expressos e que são feitos de forma *customizada* com os clientes em mente, não são esperados que estejam no produto/serviço, provocando satisfação e lealdade (Matzler & Hinterhuber, 1998).

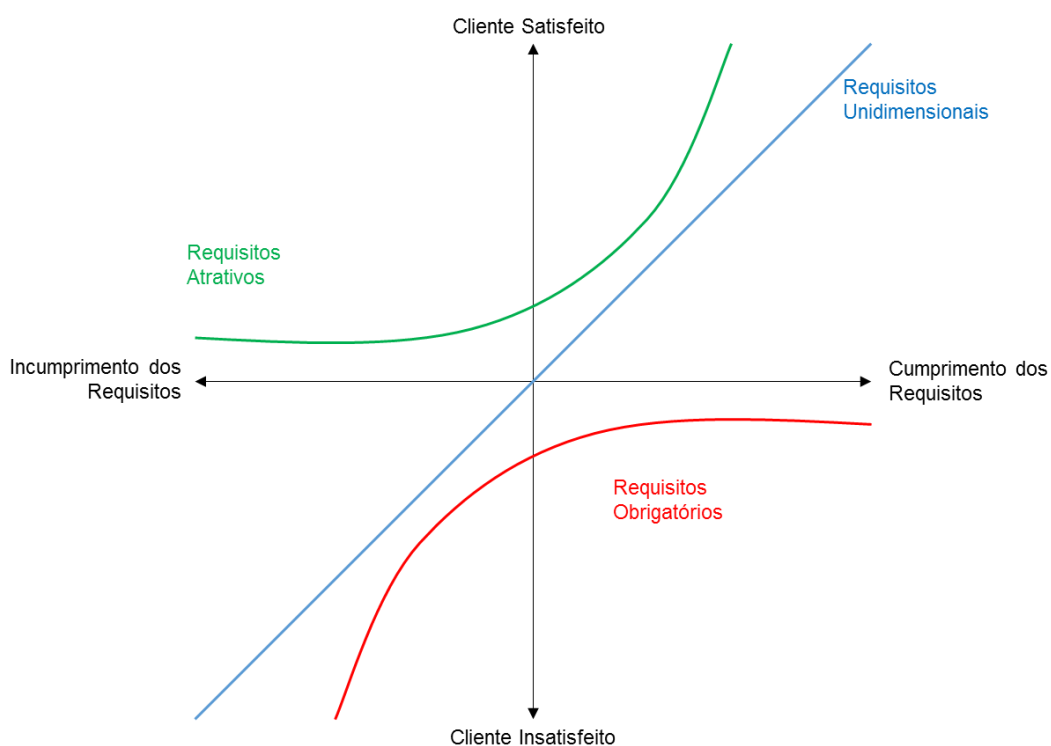


Figura 2.5 - Requisitos de Kano

Walter afirma que no Modelo de Kano, a identificação do grau de satisfação ou insatisfação que o desempenho de um requisito específico pode garantir um alto grau de competitividade no mercado. A identificação dos atributos poderá gerar oportunidades de melhoria a partir do grau de satisfação do cliente (Cunha, et al., 2013). Na mesma linha de raciocínio, Berman (2005) afirma que o Modelo de Kano permite atingir um elevado grau de competitividade ao apenas focar nos Requisitos Atrativos + Unidimensionais para consistentemente providenciar

experiências agradáveis que os competidores não conseguem comparar. De um modo geral, os clientes satisfeitos são menos sensíveis a diferenças nos preços e são mais propensos a gastar com produtos e serviços com maior qualidade, tendo adquirido lealdade para com a organização (Roos, et al., 2009).

A classificação dos Requisitos pelo Modelo de Kano permite oferecer vantagens competitivas para organizações, estas obtêm um melhor entendimento dos requisitos dos produtos e a sua relação para com os clientes. Ao focar-se no grau de satisfação dos clientes, é possível para as entidades saberem quais os Requisitos que apenas precisam de cumprir (Requisitos Obrigatórios), onde podem ser competitivas (Requisitos Unidimensionais) e quais os Requisitos que permitem ter uma vantagem em relação ao produto dos competidores (Requisitos Atrativos) (Tontini, 2007). Este conhecimento permite uma melhor direção no fluxo de investimento durante a fase inicial de concepção do produto, pois ao priorizar as categorias e dando mais ênfase nos Requisitos Atrativos e Unidimensionais. O Modelo de Kano também facilita as organizações de escolherem o rumo a seguir quando existem situações de incerteza em quais dos atributos se deve de melhorar o desempenho (Sauerwein, et al., 1996).

Evolução dos Requisitos de Kano ao longo do tempo

A satisfação dos clientes para com um produto é efémera, uma das previsões feitas pelo Modelo indica que à medida que os clientes se vão habituando aos Requisitos Atrativos que antes eram novidade e inovação, começam a perder interesse e gradualmente, um fator decisivo de compra migra para uma expectativa básica (Requisito Obrigatório) (Spool, 2011).

Nilsson-Witell e Fundin (2005) interpretam que o ciclo de vida dos atributos reside na assimetria da relação entre desempenho e satisfação do cliente. Esta provoca uma mudança da percepção do atributo pelo cliente ao longo do tempo. Quando uma nova característica de um produto é introduzido no mercado, não existe uma relação cliente-produto, por isso, o produto é visto como algo novo ou melhorado pelo cliente. Esta percepção é tornada em satisfação pelos clientes porque não é observada em produtos concorrentes. À medida que o produto vai amadurecendo no mercado ao longo do tempo e vai sendo imitado por outros, as características excitantes obtidas pelo Requisito Atrativo vão se tornando em expectativas comuns (Requisito Unidimensional), e estas expectativas eventualmente são consideradas como critérios obrigatórios do produto (Zhang & Dran, 2001).

A Figura 2.6 demonstra o efeito do tempo ao longo dos Requisitos de qualidade de Kano, gradualmente a satisfação pelos clientes vai diminuindo para com um atributo, migrando pela

ordem: Requisito Atrativo, para Requisito Unidimensional, terminando como Requisito Obrigatório.

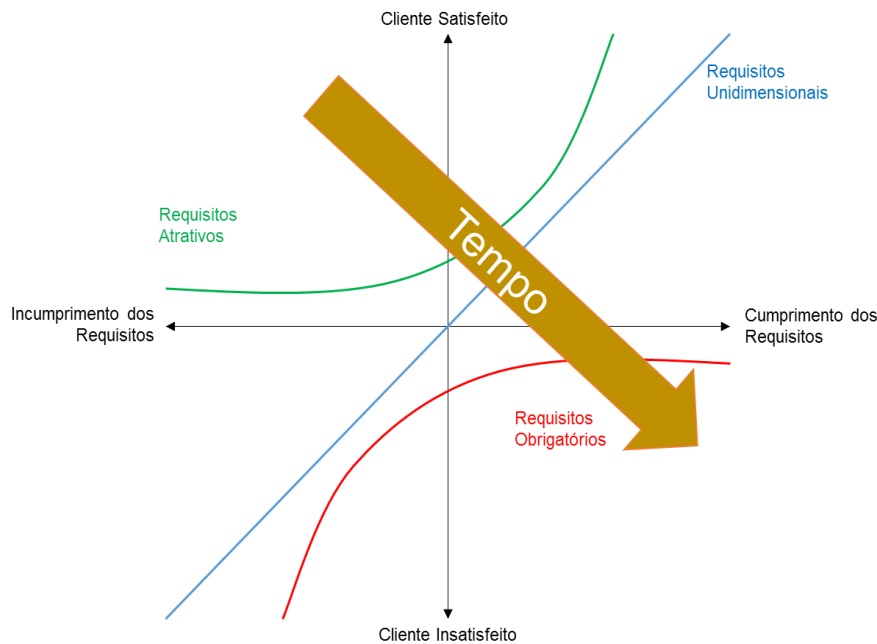


Figura 2.6 - Evolução dos Requisitos de Kano ao longo do tempo

Os atributos de qualidade devem de ser vistos como dinâmicos e relativos, e podem ser interpretados de maneiras diferentes: o atributo é percebido de maneira diferente ao longo do tempo pelo cliente individual; a percepção do mercado em geral ao atributo varia ao longo do tempo ou até que apenas certos segmentos de mercado têm uma visão que vai gradualmente mudando (Nilsson-Witell & Fundin, 2005).

Tontini (2007) refere que num ambiente competitivo não é suficiente apenas conhecer quais os Requisitos que um produto tem, e incorporar atributos com base do tipo de Requisitos de forma a gerar satisfação. Também é necessário acompanhar as mudanças de necessidades dos clientes ao longo do tempo e avaliar constantemente a posição do produto em meio competitivo.

2.3.2 Formulação do Questionário de Kano

O Modelo de Kano necessita de *input* e *feedback* vindo dos clientes. Sauerwein e companhia (1996), propõem na fase inicial da metodologia, a utilização de questionários simples e eficientes, compostos por apenas 3 a 4 questões, que permitam uma resposta rápida e intuitiva por parte dos clientes quando não se são conhecido os Requisitos, nos quais os clientes avaliam no caso em estudo.

Quando existe a compreensão dos Requisitos de Kano em estudo, a maneira mais simples de os classificar é utilizando o Questionário de Kano. Este é formulado para que os inquiridos respondam a questão dividida em duas formas, sobre cada um dos Requisitos. A forma funcional questiona o cliente sobre o facto de o produto tiver determinado atributo e a forma disfuncional que procura a resposta do cliente sobre o facto de esse atributo não existir no produto. As respostas a cada uma das formas da questão são utilizadas em conjunto com a Tabela de Avaliação de Kano de forma a classificar cada um dos Requisitos.

A percepção dos clientes quanto à existência de teclado nos telemóveis pode ser utilizada como um exemplo sobre as formas funcionais e disfuncionais do Questionário de Kano. Se se fosse inquirido um cliente utilizando este tipo de questionário sobre a preferência de teclados físicos em telemóveis (Requisito em estudo), a forma funcional da questão seria “Como se sente com a existência de teclado físico num telemóvel?”, enquanto na sua forma disfuncional seria perguntado: “Como se sente com falta de teclado físico num telemóvel?”

O Modelo de Kano pode também ser usado para estabelecer a importância ou peso, de cada Requisito do produto. Com a importância de cada Requisito definida, existe um ambiente ótimo ao gerir decisões sobre os múltiplos Requisitos como para o desenvolvimento de produtos (Matzler & Hinterhuber, 1998). O estudo do peso de cada Requisito é feito a partir da adição de uma escala de Likert ao Questionário de Kano, para cada um dos Requisitos em estudo.

As Escalas Likert ou escalas de frequência utilizam 5 a 7 respostas pré-concebidas (ou pontos), sendo utilizadas para medir opiniões ou atitudes dos inquiridos sobre variados assuntos. Estes pontos têm cariz linear, começando de uma resposta do tipo “Não Gosto disto” para “Excelente”, sendo que o ponto no meio é de cariz neutro, e que a partir deste ponto é estudado se o nível de opiniões é de carácter positivo ou negativo (McLeod, 2008).

Na figura 2.7 observamos um exemplo de uma escala de Likert. Continuando com o cenário da existência de um teclado físico nos telemóveis, foi concebida uma escala de 5 pontos: “Discordo Completamente”, “Discordo”, “Neutro”, “Concordo” e “Concordo Completamente”. Neste exemplo o inquirido quer telemóveis com teclados físicos.

Concorda com a existência de teclado físico num telemóvel?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1	2	3	4	5
Discordo	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo
Completamente				Completamente

Figura 2.7 – Exemplo de uma escala de Likert

A maneira convencional e mais simples de estudar a Escala de Likert aplicada ao Questionário de Kano é utilizando o método das Médias Ponderadas (Sauerwein, et al., 1996). Chen e Chuang

(2008) caracterizam o método das Médias Ponderadas utilizada no Modelo de Kano é diferente do método convencional das Médias Ponderadas. O método convencional apenas representa a importância da existência dos Requisitos dos clientes, enquanto as Médias Ponderadas utilizadas no Modelo de Kano representam a importância da satisfação dos clientes.

2.4 Teoria de Resolução Inventiva de Problemas - TRIZ

2.4.1 Definição de TRIZ

A **Teoria de Resolução Inventiva de Problemas** ou mais comumente denominada pelo acrónimo russo TRIZ (*Teorija Resenija Isobretatelskih Zadac*) ou por TIPS (*Theory of Inventive Problem Solving*), é uma metodologia de solução de problemas especialmente apropriada para a resolução de problemas nas áreas da ciência e de engenharia (Navas, 2014). Silverstein, DeCarlo e Slocum (2008) não consideram a TRIZ como uma teoria mas sim como uma prática usada pelas empresas mais inovadoras como: Proctor & Gamble, Boeing, Siemens, 3M, Hewlett-Packard, Eli Lilly, Honeywell, NASA, Toyota, Intel, Johnson & Johnson, Motorola entre muitas outras. Depende da forma como a TRIZ é percebida, esta pode ser considerada como uma Teoria Científica pois determina e categoriza todas as características dos sistemas tecnológicos que necessitam de ser inventados ou melhorados, tal como o processo inventivo em si (Savransky, 2000).

A TRIZ foi desenvolvida por Genrich Altshuller (1926-1998), com o auxílio dos seus colegas, desde os finais dos anos 40 do Século XX dentro da União Soviética, em contraste com as metodologias de resolução de problemas utilizando o Pensamento Divergente (Livotov, 2008). Foi desenvolvida a partir do estudo de várias patentes e de efeitos científicos, sejam estes físicos, químicos ou geométricos, tal como o estudo da progressão tecnológica de vários sistemas ao longo do tempo. Ao usar o conhecimento empírico adquirido pela humanidade e transpô-lo numa metodologia que direciona o utilizador, permite maximizar a capacidade deste de inovar (Dull, 1999).

2.4.1.1 Enquadramento Histórico

Genrich Altshuller nasceu a 15 de Outubro de 1926 em Tashkent, Uzbequistão na antiga União Soviética (URSS) e morreu a 24 de Setembro de 1998 em Petrozavodsk, Russia. Filho de

jornalistas judeus, foi educado em Baku (Azerbaijão) onde viveu grande parte da sua infância e adolescência (Mishra, 2006). Com apenas 14 anos Altshuller recebeu a sua primeira patente por ter inventado um novo tipo de equipamento de mergulho, por volta dos 17 anos também inventou um barco com motor a reação. Devido às suas capacidades, brilhantes e inventivas, a Marinha Russa colocou-o no Centro de Inovação da Marinha Russa, onde o seu trabalho seria processar as várias patentes de cariz militar (Altshuller, et al., 2002).

No Centro de Inovação da Marinha Russa, Altshuller frequentemente era questionado pelos seus colegas em como resolver uma plethora de problemas durante o processo inovação. Assumindo que os métodos existem para facilitar as pessoas a resolver problemas criativos, Altshuller começou a criar as bases do que seria a TRIZ em 1946, com apenas 20 anos. A sua pesquisa inicial começou com estudos ligados à psicologia seguindo a linha de raciocínio que a inovação é um produto da mente humana, logo o processo de melhorar e facilitar a inovação deve de utilizar técnicas psicológicas. O estudo de variadas ferramentas que utilizam o Pensamento Divergente, tais como o método de Tentativa e Erro ou Brainstorming permitiram desenvolver o conceito de Inércia Psicológica.

Altshuller começou a reconhecer a dificuldade de obter informação objetiva sobre o processo de inovação a partir de meios psicológicos, pois os resultados não são mensuráveis nem fiáveis. Em contraste com o caminho previamente escolhido, ele começou a estudar os resultados do processo de inovação, ou seja começou a estudar as invenções e patentes. Este estudo permitiu obter a informação técnica objetiva que necessitava. Durante a análise das patentes, Altshuller começou a observar que químicos, biólogos, físicos e engenheiros estavam a duplicar o trabalho de cada um em áreas diferentes. Altshuller também reparou que a ciência e tecnologia se tinham tornado numa “Torre de Babel” onde cada um escrevia patentes no seu jargão tecnológico, na sua área científica onde problemas similares eram resolvidos com soluções similares, mas ninguém reparava (Mishra, 2006). Desta forma, Altshuller concluiu que a grande maioria dos novos problemas inventivos podem ser resolvidos ao usar experiência passada. Esta descoberta produziu um impacto tremendo nos estudos futuros que permitiram o desenvolvimento dos 40 Princípios Inventivos (Madara, 2015).

Altshuller escreveu uma carta a Estaline em que criticava a forma como as patentes eram geridas pelo governo, e que conseguiria acabar com o caos, a duplicação e ignorância na invenção e inovação Russa. Também referiu que tinha descoberto teorias que permitiam auxiliar a qualquer engenheiro a inovar e a começar uma revolução tecnológica. Devido a estas afirmações Altshuller foi preso, depois de tortura e interrogações foi acusado de espalhar “Propaganda anti-Soviética”, sendo condenado a 25 anos de prisão na Sibéria (Altshuller, et al., 2002).

Apesar das pobres condições no GULAG (sistema de prisões da URSS), Altshuller conseguiu sobreviver, sob forma de bênção ou apenas sorte, no mesmo campo estavam condenados que

pertenciam à elite científica: professores, arquitetos, engenheiros, físicos e outros especialistas em diversas áreas científicas (Mishra, 2006). A presença destes especialistas permitiu o intelecto de Altshuller florir com o que ele denominou de “universidade de apenas uma pessoa”, onde discutia ideias e aprendia com formas de aulas particulares. Este conhecimento todo acabou por culminar nas bases da TRIZ (Altshuller, et al., 2002).

Em 1955 Altshuller foi libertado, aquando ano e meio depois da morte de Estaline. Em 1956 publicou o seu primeiro artigo sobre a TRIZ com o Colega Rafael Shapiro, mas apenas em 1968 houve o primeiro seminário de TRIZ, neste seminário apareceram os primeiros “estudantes de TRIZ” (Altshuller, et al., 2002). Com o *Glasnot* (processo de abertura política russa durante a Perestroika), vários estudantes de Altshuller emigraram para o ocidente e conseqüentemente a TRIZ foi espalhada pelo deixando de estar confinada na URSS. Estes estudantes (e Altshuller) continuaram o estudo de patentes, sendo que por volta de meados dos anos 80 do século passado, mais de 2 milhões de patentes haviam sido investigadas, o que representa cerca de 10% de todas as patentes do mundo (Madara, 2015).

2.4.1.2 O Conceito de TRIZ e de Níveis Inventivos

Os resultados empíricos de todo o estudo de patentes e invenções por Altshuller e os seus estudantes durante a fase do TRIZ clássico, são os pilares de toda a teoria e das várias vertentes que hoje em dia existem. Barry, Domb e Slocum (2008) descrevem estas descobertas como:

1. Os Problemas e soluções são repetidas ao longo de indústrias e áreas científicas;
2. Existem padrões de evolução tecnológica comuns entre indústrias e áreas científicas;
3. As inovações usam efeitos científicos fora do campo onde estas foram desenvolvidas.

A análise de Altshuller de várias patentes também permitiu revelar que o valor das invenções não são iguais entre si, existe uma grande diferença de valor em termos inventivos entre um canivete suíço e um motor de combustão interna. A complexidade e inovação da invenção têm um grande peso, e de forma a homogeneizar as diversas categorias de invenção, Altshuller utilizou o seu estudo de patentes para as dividir em cinco níveis (Altshuller, et al., 2002):

- **Nível 1:** Melhoria do Sistema Técnico usando métodos bem conhecidos dentro da sua área de especialidade. Este nível não é inovador, sendo que esta categoria é cerca de 32% de todas as invenções.
- **Nível 2:** Resolução de um problema do Sistema Técnico. Requer conhecimento de várias áreas dentro da indústria onde o sistema se encontra. Representa 45% das invenções.

- **Nível 3:** Resolução de um problema que contém uma contradição física. Requer conhecimento de outras indústrias. Representa 19% de todas as invenções.
- **Nível 4:** Desenvolvimento de uma nova tecnologia que contém uma solução pioneira. Necessita de conhecimentos de diferentes campos de ciência. Representa menos de 4% do total.
- **Nível 5:** Soluções baseadas na descoberta de novos fenômenos científicos. Representam menos de 0.3% de todas as invenções.

Assim sendo, 77% de todas as invenções registadas e estudadas por Altshuller, são de nível 1 e 2, ou seja, representam apenas novos *designs* e que qualquer engenheiro deve ser capaz de inventar nestes dois níveis. Quantitativamente menos de ¼ das invenções são soluções criativas, mas são estas as que criam mudanças qualitativas na tecnologia (Althuller, et al., 2007).

A utilização prática da TRIZ no auxílio do desenvolvimento de novos produtos e serviços deve de ser feitas com os níveis 3 e 4 em mente, onde a simples aplicação de técnicas de engenharia não produz resultados (Navas, 2013).

Um Sistema Tecnológico é algo que faça uma determinada função (Altshuller, et al., 2002). É constituído pela interação entre uma ferramenta e um objeto. Exemplos de um Sistema Técnico simples poderá ser um lápis e um papel, ou um copo. Os sistemas técnicos também podem-se agrupar formando assim Sistema Técnico mais complexo: lápis com borracha na extremidade, tanto o lápis como a borracha são sistemas técnicos, mas juntos acabam por formar um Sistema Técnico mais complexo que permite escrever e apagar. No exemplo anterior o lápis e a borracha são considerados subsistemas, de forma análoga e para facilitar melhor a compreensão do papel dos subsistemas é dado o exemplo de um automóvel: o veículo é um Sistema Técnico constituído por vários subsistemas, motor, transmissão, sistema elétrico, etc.; cada um destes subsistemas pode ser dividido em mais subsistemas que interagem entre si ao realizarem as suas funções. Existem 3 níveis hierárquicos de Sistemas Técnicos: Sistemas Base, Supersistemas e Subsistemas. Um Sistema Base é composto por Subsistemas e um Supersistema é composto por Sistemas Base. O discernimento entre as categorias é feita a partir da complexidade do Sistema, apesar disto são relativos com a escala que se está a estudar, um automóvel é um Supersistema quando comparado com o veio de transmissão, mas é um Subsistema de uma autoestrada (Supersistema). Quando um Sistema Técnico realiza as suas funções de forma diferente (tanto de forma negativa como positiva) é considerado que um efeito está a influenciar o sistema.

Navas (2014), explica que um método de resolução de problemas deve de normalmente de conter um procedimento constituído por vários passos:

1. Cuidadosa recolha de dados e condicionantes;
2. Análise e formulação dos problemas detetados e objetivos a alcançar;

3. Elaboração de propostas de resolução de problemas utilizando soluções-padrão.

Nos métodos tradicionais de resolução de problemas é recorrido ao compromisso entre dois fatores contraditórios, enquanto na TRIZ é almejado a remoção das contradições entre fatores sem ter que haver um compromisso entre estas. A TRIZ sistematiza soluções que podem ser usadas em diferentes campos e atividades (Navas, 2013). Desta forma os passos da resolução de problemas da TRIZ são caracterizados por (Dull, 1999):

1. **Identificar o problema:** identificar qual o sistema a estudar, as suas condições e ambiente de trabalho e efeitos prejudiciais
2. **Formulação do Problema:** imaginar os vários cenários que o problema poderá gerar, avaliar se ao melhorar uma característica não se está a degradar outra, identificar as contradições em ordem.
3. **Pesquisar por uma solução anteriormente já aplicada:** utilizar tudo o que a base de dados da TRIZ pode oferecer, desde os 40 Princípios Inventivos, Leis de Evolução Tecnológica, ARIZ etc.

O algoritmo do processo de resolução de problemas da TRIZ pode ser observado na figura 2.8. Na figura estão representadas as quatro fases do processo de solução de um problema. A TRIZ define um determinado problema (Problema Especifico), a partir da sua correta formulação obtém-se um Problema Genérico. Com base no Problema Genérico obtém-se uma Solução Genérica, onde esta é transposta e adaptada para uma Solução Especifica ao Problema Especifico. Ao transformar o Problema de Não-Rotina num Problema Genérico e depois encontrar a uma solução para este é a maior diferença entre a TRIZ e outros métodos tradicionais de resolução de problemas, onde apenas se focam em encontrar Soluções Especificas para Problemas Especificos (Savransky, 2000).

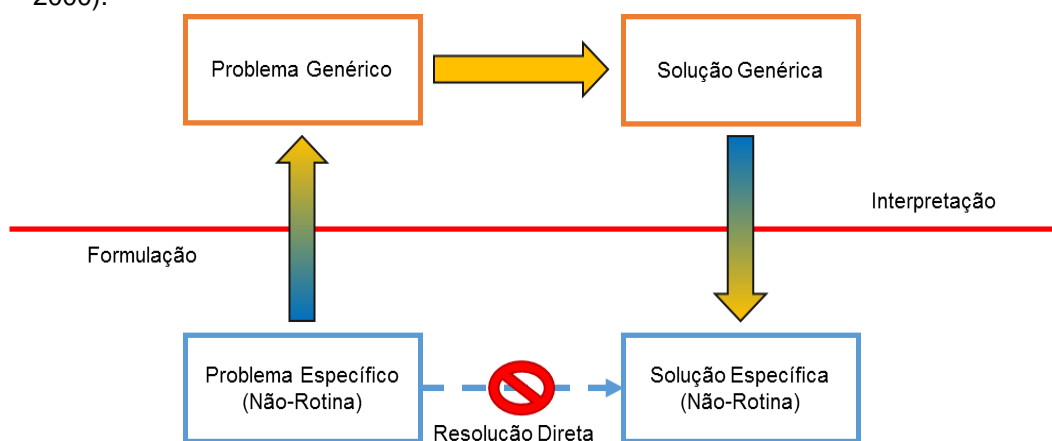


Figura 2.8 - Algoritmo da TRIZ

Adaptado: (Cortes Robles, et al., 2009)

Para aplicar a TRIZ é necessário seguir os 3 passos de resolução de problemas anteriormente referidos (Identificar o problema, Formular o problema e Pesquisar por uma solução anteriormente já aplicada, respetivamente), conseqüentemente ocupa muito tempo, mas mesmo assim, com a TRIZ o utilizador consegue propor soluções mais rapidamente que outros métodos focados na estimulação da criatividade e inovação (Cortes Robles, et al., 2009). De notar que a TRIZ por si só não fornece uma solução diretamente aplicável ao problema, a TRIZ é uma ferramenta que auxilia e direciona o utilizador de forma a expressar melhor a sua criatividade na resolução de determinado problema. Juntamente com a inovação, a TRIZ oferece eficiência, pois restringe o Espaço de Oportunidade de Inovação (figura 2.4), permitindo uma pesquisa ou estratégias mais direcionadas no âmbito da solução do Problema de Não-Rotina, de acordo com Shirwaiker e Okudan (2006), estas razões tornam a TRIZ numa ferramenta concetual, ao invés de analítica.

2.4.2 Definição de Contradição

Uma Contradição é um conflito no interior do Sistema Técnico (o local é comumente referido por Zona Operacional) num determinado período (Zona Temporal) (Rantanen & Domb, 2008). As Contradições ocorrem quando se tenta melhorar um parâmetro ou característica. Afeta negativamente o mesmo ou diferentes parâmetros do Sistema Técnico (Savransky, 2000). Altshuller descreve 3 tipos de Contradições:

- Contradição Física
- Contradição Técnica
- Contradição Administrativa

Os dois primeiros elementos irão ser abordados mais profundamente neste subcapítulo, enquanto a Contradição Administrativa por si só não tem valor inventivo pois não mostra a direção da resposta (Savransky, 2000). De acordo com Dubois e companhia (2011) uma Contradição Administrativa é caracterizada pelo *motto* "Eu sei o que quero, mas não sei como o conseguir", demonstra insatisfação pela situação sem qualquer forma de atuar. Um exemplo desta Contradição pode ser a frase "Eu quero alterar o processo X para reduzir custos, mas não sei por onde começar".

As terminologia destes três tipos de Contradições provém de traduções e literatura antiga da TRIZ, não devem de ser levadas literalmente, pois nenhuma das Contradições é mais "física" ou "técnica" que a outra. A nomenclatura das Contradições deve de ser abordada apenas como categorias de referência (Domb, 1997).

Altshuller (2007) afirma que sob uma perspectiva de engenharia, uma invenção é a manifestação de se ter ultrapassado completamente ou parcialmente uma Contradição, ou seja na TRIZ qualquer problema inventivo tem de ter uma Contradição. Estas Contradições podem ser difíceis de serem removidas, pois a TRIZ aborda apenas uma Contradição de cada vez. A metodologia por si só não é apta para resolver problemas compósitos (Bonnema, 2011). Isto não significa que apenas se pode resolver um sistema com uma Contradição, imaginando um Sistema Técnico que no seu interior tem cerca de 5 Contradições (sejam elas técnicas ou físicas) a TRIZ consegue resolver o problema. O utilizador ao usar as várias ferramentas que a TRIZ oferece irá encontrar as soluções para cada uma das Contradições de cada vez, ou seja para resolver o Sistema Técnico o utilizador irá obter uma solução que é capaz de eliminar todas as 5 Contradições.

2.4.2.1 Contradições Técnicas e Físicas

Contradição Técnica

Uma Contradição Técnica surge quando uma ação é simultaneamente útil e nociva. Este fenómeno ocorre por ter uma característica bi-paramétrica, ou seja uma Contradição Técnica ocorre quando se tenta melhorar o parâmetro A do Sistema Técnico e como consequência parâmetro B se deteriora.

Moehrle (2005) diz-nos que as Contradições Técnicas ocorrem quando três condições estão presentes:

1. Existe uma função desejada dentro do sistema
2. Existe uma maneira convencional de realizar a função
3. A realização da função é oposta por fatores nocivos.

As Contradições Técnicas são os compromissos ou *trade-offs* clássicos da engenharia, se o estado desejado de um Sistema Técnico não é alcançado, então algo está a prevenir contra isso (Domb, 1997). De acordo com a TRIZ, um problema inventivo é resolvido quando a Contradição Técnica é reconhecida e eliminada. A boa formulação da Contradição Técnica e consequentemente eliminação, permite ultrapassar logicamente a Inércia Psicológica e a tendência de criar compromissos entre os parâmetros (Livotov, 2008).

Contradição Física

A Contradição Física é caracterizada por ser uni-paramétrica, ou seja um parâmetro deve de ter a propriedade A para executar as funções necessárias e deve de conter a propriedade anti-A para satisfazer as condições do problema, isto implica condições físicas diferentes (quer seja no espaço, tempo, etc.) do mesmo elemento do Sistema Técnico (Savransky, 2000). Um exemplo desta Contradição pode ser a necessidade de ter skis lisos de forma a deslizar com o menor atrito possível e ao mesmo tempo devem de ser capazes de “agarrar” a neve para dar propulsão.

As Contradições Físicas são resolvidas com a utilização dos princípios de separação (Zusman & Zlotin, 2004):

- Separação no Espaço;
- Separação no Tempo;
- Separação do Sistema e das suas Partes;
- Separação baseada em diferentes Condições

Separação no Espaço: Uma parte do Sistema tem a propriedade A, enquanto a outra tem a propriedade anti-A.

Separação no Tempo: Num determinado período de tempo o objeto tem a propriedade A e noutro período de tempo tem a propriedade anti-A.

Separação do Sistema e das suas Partes: Um sistema tem a propriedade A e os seus componentes têm a propriedade anti-A.

Separação baseada em diferentes Condições: Uma parte do Sistema deve estar sujeito à condição A, enquanto outra parte deve de estar sujeita à condição anti-A.

2.4.3 Idealidade

A idealidade é um objetivo, tal como o objetivo de um Sistema Técnico é fornecer uma função. Para a TRIZ a idealidade representa a capacidade de um Sistema funcionar com a utilização ao máximo dos recursos disponíveis, sejam internos ou externos (Altshuller, et al., 2002).

Durante a sua pesquisa, Altshuller observou que os Sistemas evoluíam de forma a aumentarem o seu grau de Idealidade. Sob esta observação foi delimitada a Lei de Idealidade (Altshuller, et al., 2002):

“Qualquer Sistema Técnico, ao longo do tempo, tem a tendência de ser mais económico, capaz, simples e eficiente”

O nível de Idealidade de um Sistema Técnico é demonstrado na equação 2.1 (Kaplan, 1996):

$$Idealidade = \frac{\sum U_i}{\sum N_i}$$

Equação 2.1 - Equação de Idealidade

Onde U representa os efeitos Úteis de um Sistema Técnico, ou seja todos os resultados positivos que o Sistema gera. Enquanto N representa os efeitos Nocivos, nestes podem estar incluídos valores como custos, o tempo, espaço que ocupa, ruído... Assim sendo, a Lei da Idealidade diz-nos que ao longo do tempo o valor do denominador tem a tendência a subir enquanto que os efeitos Nocivos reduzem o seu valor.

É possível verificar o nível de invenção de uma solução baseando-se nesta Lei, quanto mais longe o Sistema está da Idealidade mais complexo será e vice-versa. Existem diversos métodos para aumentar a Idealidade de um Sistema Técnico (Altshuller, et al., 2002):

- Aumentar a quantidade de funções de um Sistema;
- Transferir o máximo de funções para o elemento que produz a ação final do Sistema;
- Transferir algumas funções para um Supersistema ou para o ambiente.
- Utilizar recursos internos e externos, que existam e estejam disponíveis.

Ao aplicar alguns dos métodos para aumentar a Idealidade, engenheiros da Ideation International Inc., conseguiram reduzir o número de peças de um sistema de travões de automóveis, de 12 para 4 peças. Desta forma reduziram os custos de produção por 50%, simplificaram o processo de produção e também conseguiram aumentar o nível de segurança do sistema (Mizrachi, 1998).

Resultado Final Ideal

O Resultado Final Ideal (RFI) é uma ferramenta que descreve a situação depois do problema ter sido resolvido, é utilizada antes de começar a eliminar as Contradições do problema. Ao idealizar o resultado permite focar nos requisitos dos clientes e das funções, também elimina o retrabalho. Ao se focar na solução e não no problema em si, a RFI permite obter soluções mais incomuns pois ajuda a eliminar a Inércia Psicológica (Domb, 1997).

O RFI foi introduzido por Altshuller quando exagerou a Lei de Idealidade ao limite, ao aumentar infinitamente os efeitos Úteis e ter zero efeitos Nocivos na equação 2.1. Ao ter zero efeitos Nocivos o Sistema deixa de ter custo ou de ocupar espaço então o RFI é descrito como (Kaplan, 1996):

“A função do Sistema existe, mas o Sistema em si não”

O conceito de RFI implica que não é introduzido nenhum efeito negativo ao Sistema, que mantém todas as vantagens, a nova solução elimina todas as desvantagens e existe um aumento mínimo ou nem sequer é aumentada a complexidade do Sistema (Silverstein, et al., 2008). O RFI descreve a solução da solução técnica, é independente dos mecanismos e das restrições do problema original.

Frequentemente os Sistemas Ideais são utópicos, mas um exemplo do dia-a-dia deste tipo de sistema pode ser visto na venda de gelados. Ao comprar um gelado numa gelataria, é comum haver a escolha de comer gelado num copo ou num cone de *waffle*, neste instante o gelado torna-se em dois sistemas diferentes, um é ideal e outro não. O Sistema Ideal será o gelado com cone, pois o transporte do gelado é assegurado (função do cone ou do copo), ainda existe a vantagem de se comer a bolacha pelo mesmo preço do copo e no fim, o sistema deixa de existir.

2.4.4 Formulação de Problemas Inventivos

No ponto de vista do processo de resolução de problemas, objetivos e descrições de problemas tais como “É necessário alterar o processo X para reduzir custos” não fornecem informações úteis que permitam analisar o problema e descobrir qual o caminho ótimo de solução. À superfície o processo X pode ter muitas maneiras de ser abordado, mas por onde começar?

De acordo com a TRIZ, uma das partes mais importantes de todo o seu processo de resolução de problemas é a correta formulação das contradições existentes. Para Dubois e colegas (2011):

“Se um problema existe então uma contradição pode ser expressa”

Desta forma não só é importante descobrir quais as contradições dentro do Sistema Técnico tal como é necessário formulá-las.

Formulação de Contradições Técnicas

A formulação das Contradições Técnicas apenas é possível quando podemos desdobrar a Contradição Administrativa. À medida que o Sistema é estudado e analisado, conflitos irão aparecer. Estes conflitos, como referido anteriormente, são as Contradições Técnicas. Rantanen e Domb (2008) descrevem como formular as Contradições Técnicas a partir do problema seguindo apenas 4 passos:

1. Descrever os pares de parâmetros e a ação que os junta. De seguida, escolher um par e explicar a razão da escolha;
2. Descrever as características e conflitos que são gerados pelo par;
3. Selecionar um conflito (Contradição)
4. Explicar a razão de se ter escolhido aquela Contradição (nesta fase é formulada a Contradição Técnica, onde a melhoria do parâmetro A deteriora o parâmetro B).

De forma análoga, Apte, Shah e Mann (2000) utilizaram a metodologia dos 5 Porquês e 1 Como (5W e 1H), para facilitar o processo de formular uma Contradição Técnica a partir da Contradição Administrativa, não só utilizaram o modelo na fase inicial do projeto como utilizaram como ferramenta no auxílio da RFI, no estudo da Evolução dos Sistemas e na escolha dos Princípios Inventivos e seus efeitos científicos.

Formulação de Contradições Físicas

De acordo com Fey e Rivin (1997), formular um problema inventivo corretamente significa formular a Contradição Física apropriada. A Contradição Técnica deve de ser sujeita a uma transformação, onde é aprofundada ao extremo até se obter a essência física da Contradição (Salamatov, 2005). Assim sendo, muitos problemas podem ser considerados como Contradições Físicas ou Técnicas. No geral as soluções mais compreensivas surgem ao utilizar a formulação da Contradição Física, enquanto a maior parte das soluções mais prescritivas provém da formulação das Contradições Técnicas, pois os métodos de resolução das Contradições Técnicas são mais concretos quando comparados com os 4 métodos de resolução das Contradições Físicas (Domb, 1997).

A Contradição física é formulada numa forma intensificada: deve ser A e deve ser anti-A. Devido à intensificação da formulação é possível resolver parcialmente o problema inventivo.

2.4.5 Ferramentas da TRIZ

Como metodologia de resolução de problemas, a TRIZ é composta por duas fases:

- Fase I: Nesta fase é analisado o problema e os seus conflitos, termina com a correta formulação das Contradições, sejam Físicas ou Técnicas.
- Fase II: Nesta fase as contradições são ultrapassadas pelo processo criativo que as ferramentas da TRIZ proporcionam, de acordo com a complexidade do Problema e o tipo de problema, diferentes ferramentas podem ser usadas.

2.4.5.1 Padrões da Evolução Tecnológica

Como referido anteriormente, o estudo de Altshuller permitiu a descoberta de que todos os Sistemas Tecnológicos evoluem ao longo do tempo de forma objetiva. Evidências arqueológicas demonstram que em diversas partes do mundo ferramentas como facas, machados ou barcos foram criadas de forma paralela, ou seja não houve contacto entre povos.

Um exemplo mais recente aconteceu durante a Guerra Fria, onde os EUA criaram o caça F-86 Saber e a URSS criou o seu MIG15. Ambos os aviões viram combate pela primeira vez durante a Guerra da Coreia em 1950, com apenas duas semanas de diferença. Ambos tinham asas

viradas para a traseira com um ângulo de 35°, apenas um motor a reação e asas traseiras do tipo T (Joiner, 2013). Estes aviões foram criados com o maior secretismo por ambas as Nações, mas tal como os Padrões da Evolução Tecnológica preveem, estas invenções são similares.

Altshuller verificou que existem leis objetivas que demonstram a evolução dos Sistemas Técnicos (Salamatov, 2005). Existem 8 Leis ou Padrões da evolução de Sistemas Técnicos (Altshuller, et al., 2002):

1. **Idealidade crescente:** Ao longo do ciclo de vida, o Sistema cada vez mais vai maximizando os seus recursos e minimizando os seus efeitos nocivos.
2. **Ciclo de Vida:** Esta Lei é caracterizada graficamente com uma curva de formato tipo S, composta por vários estágios tal como: Infância do Sistema Tecnológico, Crescimento, Maturidade e Declínio.
3. **Desenvolvimento não uniforme de Subsistemas:** Esta Lei indica que cada parte de um Sistema tem a sua própria Curva do Tipo S, ou seja a evolução destes componentes é diferente entre si.
4. **Dinamismo e Controlo crescente:** Qualquer Sistema ao longo do seu ciclo, começa a partir de uma estrutura rígida para uma flexível, também vão se tornando progressivamente mais fáceis de monitorizar.
5. **Complexidade crescente e depois simplificação:** À medida que um Sistema vai progredindo e evoluindo, torna-se cada vez mais complexo, pois o Sistema acaba por acumular mais funções do que na sua infância. A partir de um certo ponto, o Sistema é capaz de fazer essas funções de forma simples e mais eficiente.
6. **Multiplicação:** Esta Lei indica que um Sistema no início começa o seu Ciclo de Vida individualmente, e ao longo do tempo vai-se multiplicando. Quando Sistemas similares se juntam, transforma-se num sistema Homogéneo. Se não forem similares, tornam-se num Sistema Heterogéneo.
7. **Transição de um Sistema do nível Macro para Micro:** Ao longo do tempo os sistema têm a tendência de se tornarem cada vez mais pequenos até atingirem um nível microscópico.
8. **Automação:** à medida que o tempo progride, o envolvimento humano decresce.

É possível criar uma analogia entre as Leis da Evolução Tecnológica com as Leis da Mecânica, se a posição de um objeto é conhecida num certo período de tempo, então também é possível saber posições futuras desde que sejam resolvidas as equações certas. Na mesma forma, se as configurações do Sistema atual forem conhecidas, é possível calcular com alguma confiança a sua evolução a partir das Leis, a este tipo de utilização da TRIZ é chamado de “TRIZ tático” (Fey & Rivin, 1997).

Na figura 2.9 podemos observar a Curva de Tipo S, Altshuller observou que o Ciclo de Vida de um Sistema Técnico é baseado em 4 estágios: Infância, Crescimento, Maturidade e Declínio. Na figura observamos a curva a vermelho, esta representa o desempenho sistema ao longo do tempo, no primeiro estágio (Infância) o Sistema ainda não consegue realizar as suas funções eficientemente. Durante esta fase, o desempenho do Sistema progride muito pouco com a passagem do tempo. O final da Infância caracteriza-se pelo investimento feito a partir da atenção gradual obtida, nesta fase o desempenho do Sistema aumenta drasticamente em muito pouco tempo. Eventualmente a função principal do Sistema amadurece (Maturidade), o desempenho do Sistema atingiu o seu limite. De forma a tornar o Sistema mais competitivo nesta fase é favorável adicionar novas funções. Na fase do Declínio o sistema torna-se obsoleto, sendo substituído pela nova geração, ou então fundiu-se com outro Sistema (representado pela curva azul) (Slocum, 1999)

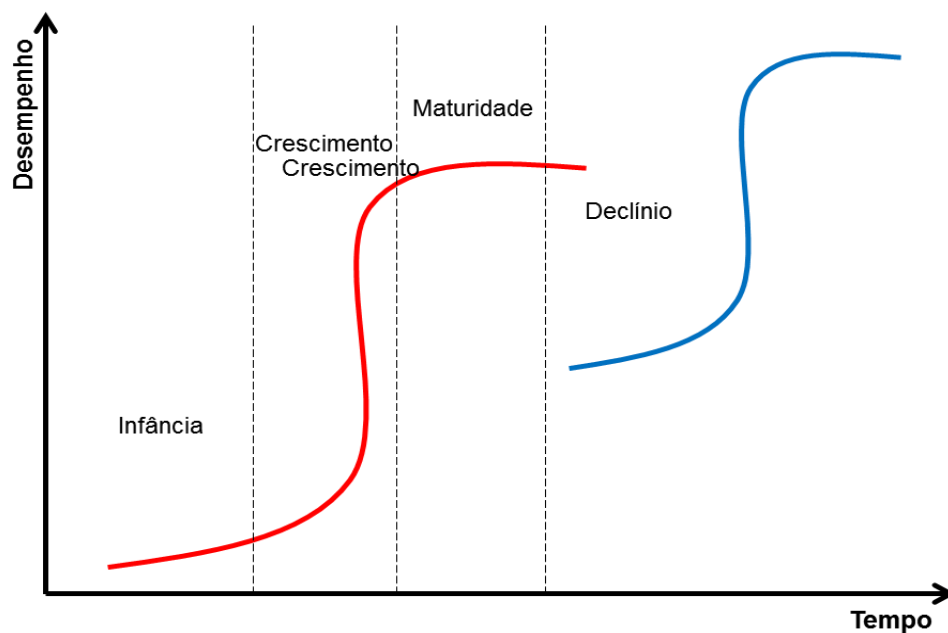


Figura 2.9 - Curva do Tipo S

2.4.5.2 Análise Substância-Campo

Uma das ferramentas mais populares e poderosas da TRIZ, a Análise Campo-Substância é uma maneira de visualizar e modelar o problema numa forma mais abstrata e simples. Permitindo também encontrar as contradições físicas entre parâmetros, apesar de obter melhores resultados quando as Contradições estão bem formuladas (Mao, et al., 2007).

Análise Substância-Campo ocorre na Zona Operacional, ou seja no local onde o conflito ocorre. No estudo de uma Contradição, apenas se vai focar nos dois parâmetros do Sistema, ignorando os restantes.

Um modelo Substância-Campo completo é uma tríade composta por duas substâncias que interagem entre si por meio de um campo. Na figura 2.10 podemos observar um triângulo Substância-Campo, neste está contido: S1 ou seja a substância Artigo, S2 como a substância Objeto e por fim, o campo F.

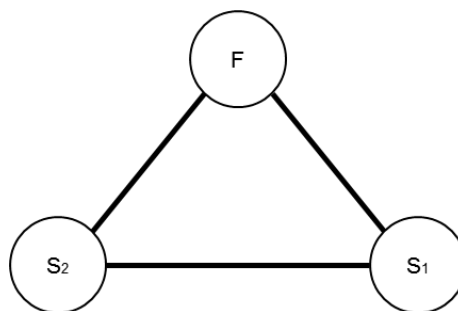


Figura 2.10 - Modelo Substância-Campo

- A Substância Artigo é o parâmetro que é influenciado ou alterado
- A Substância Objeto ou Ferramenta, é a substância que permite alterar o Artigo

Um Campo representa a energia entre o Objeto e o Artigo, que permite realizar a ação, esta energia pode ser:

- Mecânica
- Térmica
- Química
- Elétrica
- Magnética

De forma a facilitar a compreensão irá ser explicado a correta formulação de uma Substância-Campo é apresentada a figura 2.11, nela está representada uma pessoa que aspira uma carpete sob a forma de um triângulo Substância-Campo.

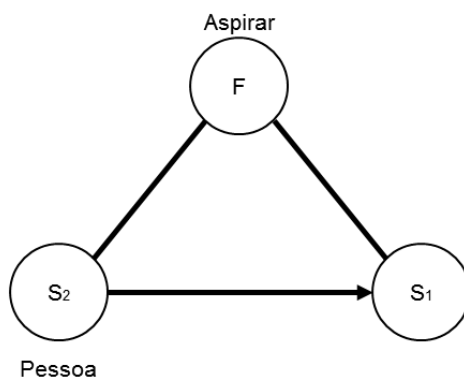


Figura 2.11 - Modelo Substância-Campo de uma pessoa a aspirar uma carpete

Podemos observar:

- S_1 é o Artigo, ou seja é o parâmetro que é alterado, neste caso, a carpete é aspirada, ou seja a carpete é a Substância Artigo.
- A pessoa aspira a carpete, é este o parâmetro que afeta o Artigo, a pessoa é S_2 (objeto).
- A aspiração da carpete é a ação neste exemplo, o ato de aspirar é um campo mecânico pois move as partículas de pó ao aplicar forças que puxam para dentro do aspirador.

Na tabela 2.1, é observada os diferentes efeitos que o modelo abrange:

Tabela 2.1 - Símbolos do modelo Substância-Campo e seu significado

Símbolo	Significado
	Efeito desejado
	Efeito Nocivo
	Efeito Insuficiente

Existem vários 4 modelos básicos de Substâncias-Campo (Terninko, 2000):

1. **Sistema completo:** Caracterizado pelo Triângulo da figura 2.10

2. **Sistema incompleto:** Necessita de ser completo ou de ser reformulado num Sistema novo (figura 2.12)

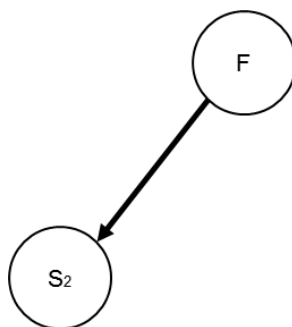


Figura 2.12- Modelo Incompleto

3. **Sistema Completo Ineficiente:** Necessita melhorias de forma a criar o efeito desejado (figura 2.13)

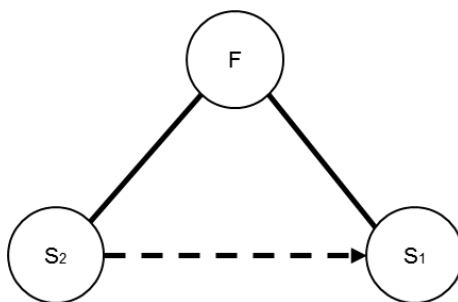


Figura 2.13 - Modelo com efeito Insuficiente

4. **Sistema Completo Nocivo:** Necessita da eliminação do efeito negativo (figura 2.14)

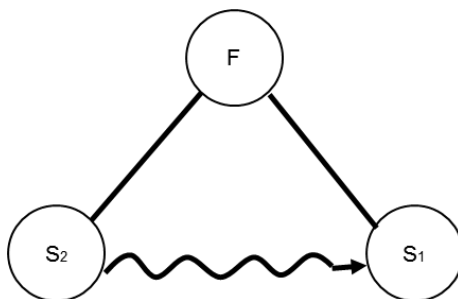


Figura 2.14 - Modelo com efeito Nocivo

As 7 Soluções Gerais

Quando um Sistema Técnico é simplificado num modelo Substância-Campo, potenciais problemas podem ser identificados e solucionados a partir de ideias de invenções anteriores. Com base na sua pesquisa, Altshuller e os seus colegas identificaram 76 Soluções *Standards*, que podem ser categorizadas em 5 classes (Mao, et al., 2007):

- **Classe 1:** Construção ou destruição de um modelo (13 Soluções *Standard*)
- **Classe 2:** Desenvolvimento do modelo (23 soluções *Standard*)
- **Classe 3:** Transição de um Sistema Base para um Supersistema ou Subsistema (6 Soluções *Standard*)
- **Classe 4:** Medição ou deteção de qualquer elemento dentro do Sistema Técnico (17 Soluções *Standard*)
- **Classe 5:** Introdução de Substâncias ou campos dentro de um Sistema Técnico (Soluções *Standard*)

O extenso número de soluções *standard* fazem o seu processo de implementação difícil e moroso, não só repetem informação de outras ferramentas da TRIZ (como as Leis De Evolução Tecnológica) como têm a tendência a utilizar certos campos em detrimento de outros. Desta forma Mao, Zhang e AbouRizk (Mao, et al., 2007) condensaram as 76 Soluções *Standard* em 7 soluções gerais.

Solução Geral 1: Completar um modelo Substância-Campo.

Na figura 2.15 observamos que o modelo está incompleto: a S_1 está em falta, logo o modelo foi completo com a adição dessa substância. Esta solução não se restringe apenas a substâncias como também engloba campos que estejam em falta.

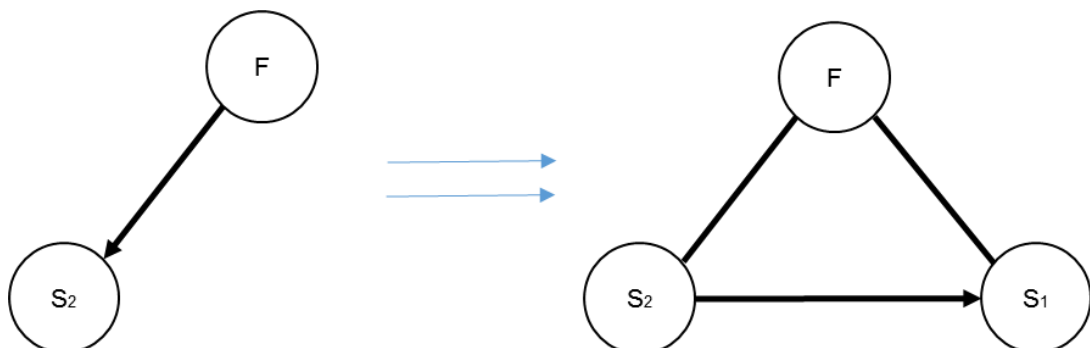


Figura 2.15 - Solução Geral 1

Solução geral 2: Modificar S2 de forma a eliminar o impacto nocivo no Sistema.

Na figura 2.16 é visível o impacto negativo que S₂ cria no Sistema, é necessário substituir S₂ por uma substância que permita obter o resultado desejado (sem efeitos nocivos).

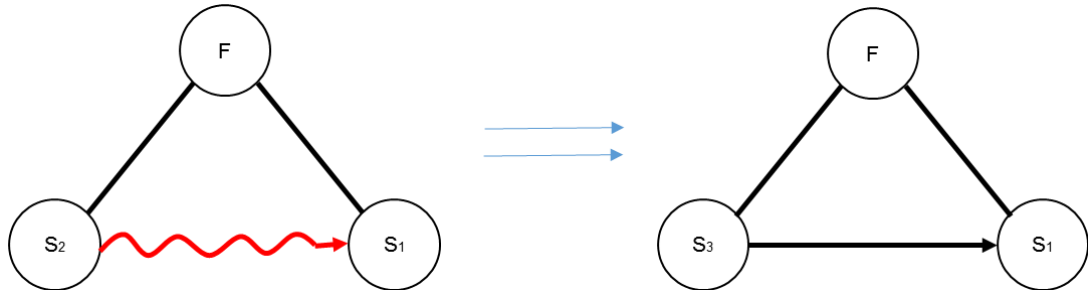


Figura 2.16 - Solução Geral 2

Solução Geral 3: Modificar S1 de forma a ser menos sensível para com o impacto nocivo.

Na figura 2.17 é visível o impacto negativo que S₂ cria no Sistema, em alguns casos é necessário ou simplesmente melhor substituir S₁ em vez de S₂, permitindo obter o resultado desejado (sem efeitos nocivos pois S₁ não percebe o efeito como tendo um impacto negativo).

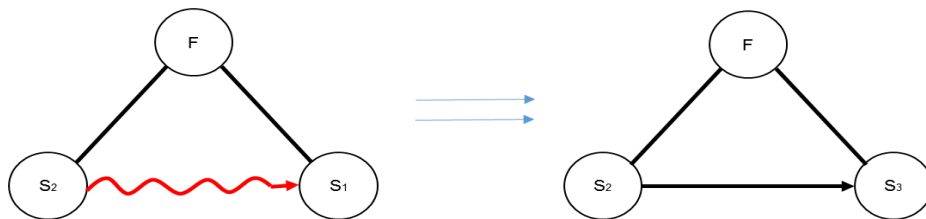


Figura 2.17 - Solução Geral 3

Solução Geral 4: Modificar F por um novo campo Fx de forma a reduzir ou eliminar o impacto negativo.

Na figura 2.18 o campo F foi modificado de forma a balancear o impacto negativo em S₁.

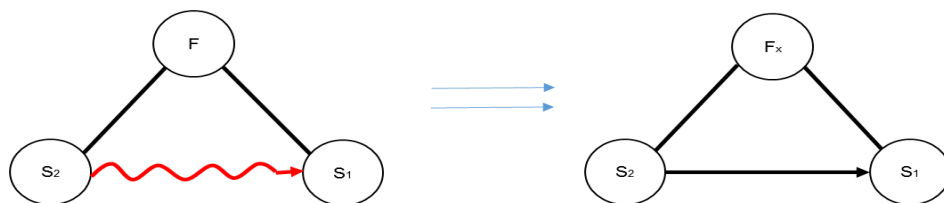


Figura 2.18 - Solução Geral 4

Solução Geral 5: Eliminar, Neutralizar ou Isolar o impacto negativo com a adição de um novo campo F_x .

Na figura 2.19 observamos que foi adicionado um novo campo F_x que atua no efeito nocivo, desta forma o impacto negativo não é sentido por S_1 .

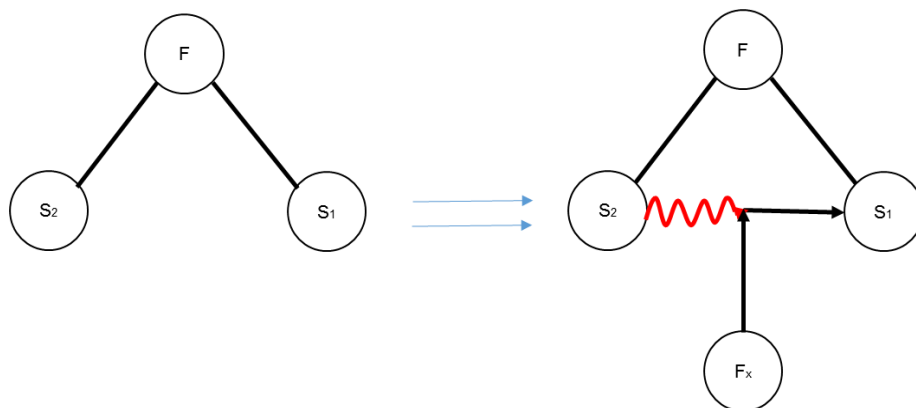


Figura 2.19 - Solução Geral 5

Solução Geral 6: Adicionar um campo positivo (F_+)

Na figura 2.20 foi adicionado um campo positivo de forma a balancear o impacto negativo. Esta solução também pode ser utilizada de forma a amplificar o efeito útil de um campo.

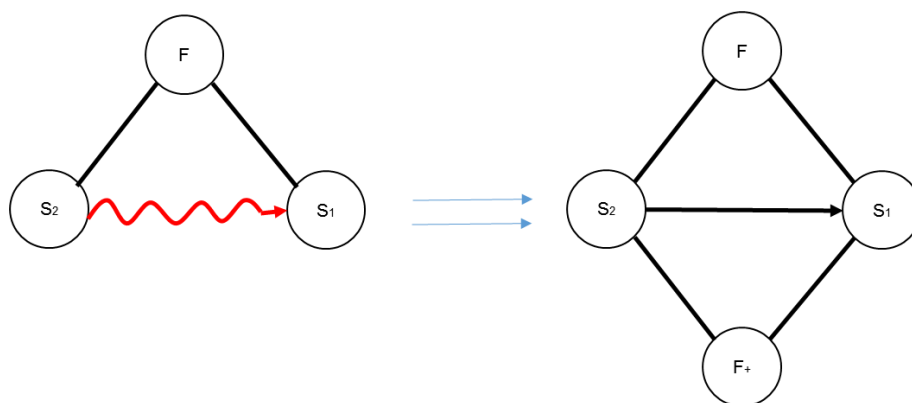


Figura 2.20 - Solução Geral 6

Solução Geral 7: Expandir o modelo Substância-Campo de forma a criar uma cadeia.

Na figura 2.21 observamos um modelo Substância-Campo com efeito nocivo entre S2 e S1, para contrariar o efeito negativo, foi adicionado uma nova substância S3 que atua como intermediário.

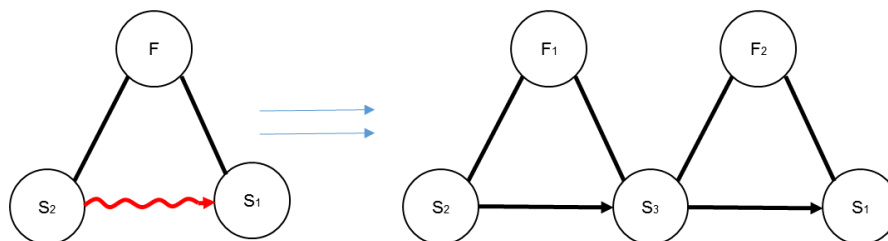


Figura 2.21 - Solução Geral 7

2.4.5.3 40 Princípios Inventivos

Ao rever cerca de 200.000 patentes, Altshuller distinguiu os problemas de rotina com os inventivos. Foi no estudo das patentes que Altshuller conseguiu determinar um dos maiores pilares da TRIZ, os 40 Princípios Inventivos. A sua origem veio da descoberta que todos os problemas inventivos são compostos por Contradições e as invenções permitiram ultrapassá-las. Os 40 Princípios Inventivos são conceitos abstratos que permitem a resolução das Contradições Técnicas que estão por detrás de todas as invenções do passado. Assim sendo, Altshuller concluiu que as novas inovações também irão ser baseadas nestes princípios, quer o inventor tenha conhecimento dos 40 Princípios ou não (Lei da Evolução dos sistemas Tecnológicos) (Chaudhuri, 2014).

Os 40 Princípios Inventivos fornecem meios sistemáticos e potentes no auxílio da inovação, criando paradigmas que permitem a criação de novos benefícios aos Sistemas (Mann & Domb, 1999). Tal como os 40 Princípios Inventivos, as 4 maneiras de resolver as Contradições Físicas também têm por base o estudo das patentes de Altshuller. Ao examinar os 40 Princípios observa-se a existência de várias sobreposições com os 4 métodos (Domb, 1997). O objetivo final dos 40 Princípios é o mesmo do que os 4 métodos, eliminar a contradição do sistema e aumentar a idealidade deste. Apenas têm como foco, diferentes tipos de contradições (Contradição Técnica e Física, respetivamente).

Em baixo estão demonstrados os 40 Princípios Inventivos de Altshuller (Navas, 2013):

- | | | |
|----------------|--------------------|-------------------|
| 1. Segmentação | 3. Qualidade local | 5. Combinação |
| 2. Extração | 4. Assimetria | 6. Universalidade |

7. Nidificação	20. Continuidade de uma ação útil	30. Membranas flexíveis ou películas finas
8. Contrapeso	21. Corrida apressada	31. Utilização de materiais porosos
9. Contra-ação prévia	22. Conversão de prejuízo em proveito	32. Mudança de cor
10. Ação prévia	23. Reação	33. Homogeneidade
11. Amortecimento prévio	24. Mediação	34. Rejeição e recuperação de componentes
12. Equipotencialidade	25. Autosserviço	35. Transformação do estado físico ou químico
13. Inversão	26. Cópia	36. Mudança de fase
14. Esfericidade	27. Objeto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável	37. Expansão térmica
15. Dinamismo	28. Substituição do sistema mecânico	38. Utilização de oxidantes fortes
16. Ação parcial ou excessiva	29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos	39. Ambiente inerte
17. Transição para uma nova dimensão		40. Materiais compósitos
18. Vibrações mecânicas		
19. Ação periódica		

Matriz de Contradições

Não foram apenas os Princípios Inventivos que Altshuller notou durante o estudo de patentes, da mesma forma que foi descoberta uma ligação entre as invenções e a maneira como estas ultrapassam as contradições. Também descobriu que existiam parâmetros em comum entre as causas dos problemas no Sistema Técnico. Ao aprofundar o estudo, Altshuller extraiu apenas 39 parâmetros que descrevem todas as Contradições Técnicas encontradas nas patentes.

Em baixo observamos os Parâmetros de Engenharia (Navas, 2013):

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Peso (objeto móvel) | 2. Peso (objeto imóvel) |
|------------------------|-------------------------|

3. Comprimento (objeto móvel)	16. Durabilidade (objeto imóvel)	28. Precisão de medição
4. Comprimento (objeto imóvel)	17. Temperatura	29. Precisão de fabrico
5. Área (objeto móvel)	18. Claridade	30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
6. Área (objeto imóvel)	19. Energia dispensada (objeto móvel)	31. Efeitos colaterais prejudiciais
7. Volume (objeto móvel)	20. Energia dispensada (objeto imóvel)	32. Manufaturabilidade
8. Volume (objeto imóvel)	21. Potência	33. Conveniência de uso
9. Velocidade	22. Perda de energia	34. Reparabilidade
10. Força	23. Perda de massa	35. Adaptabilidade
11. Tensão, pressão	24. Perda de informação	36. Complexidade do dispositivo
12. Forma	25. Perda de tempo	37. Complexidade no controlo
13. Estabilidade do objeto	26. Quantidade de matéria	38. Nível de automação
14. Resistência	27. Fiabilidade	39. Produtividade

Durante os primeiros estágios da TRIZ, o processo de resolução de problemas consistia na utilização da Matriz de Contradições. Esta é uma matriz 39 x 39, onde cada um dos lados composto pelos 39 Parâmetros de Engenharia, no seu centro encontra-se os Princípios Inventivos que se deve de usar ao lidar com os dois Parâmetros (Altshuller, et al., 2002).

Na figura 2.22 Observamos a maneira como utilizar a Matriz: com os dois Parâmetros escolhidos, escolhe-se qual o Parâmetro ou característica a melhorar (representado pelo lado vertical da Matriz) neste caso foi escolhido o Parâmetro 4, e em seguida observa-se o Parâmetro que se deteriora (10 – Força), a sua intersecção na Matriz fornece os Princípios (10 – Ação Prévia e 28

– Substituição do sistema Mecânico) que se devem de aplicar para resolver a Contradição entre os dois Parâmetros.

Características		Resultados indesejados												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Peso (objecto móvel)		-	15,8 29,34	-	29,17 38,34	-	29,2 40,28	-	2,8 15,38	8,10 18,37	10,36 37,40	10,14 35,40	1,35 19,39
		-		-	10,1 29,35	-	35,30 13,2	-	5,35 14,2	-	8,10 19,35	13,29 10,18	13,10 29,14	26,39 1,40
3	Comprimento (objecto móvel)	8,15 29,34	-		-	15,17 4	-	7,17 4,35	-	13,4 8	17,10 4	1,8 35	1,8 10,29	1,8 15,34
		-	35,28 40,29	-		-	17,7 10,40	-	35,8 2,14	-	28,10	1,14 35	13,14 15,7	39,37 35
5	Área (objecto móvel)	2,17 29,4	-	14,15 18,4	-		-	7,14 17,4	-	29,30 4,34	19,30 35,2	10,15 36,28	5,34 29,4	11,2 13,39

Figura 2.22 - Utilização da Matriz de Contradições

Para eliminar a Contradição Técnica utilizando os Princípios Inventivos e a Matriz de Contradições, Cortes Robles, Negny e Le Lann (2009) sugerem que se siga os seguintes passos:

- **1º Passo:** Identificar quais os Parâmetros que causam a contradição do problema;
- **2º Passo:** Transpor os Parâmetros para os 39 Parâmetros de Engenharia;
- **3º Passo:** Usar a Matriz de Contradições;
- **4º Passo:** Identificar os Princípios que se devem de usar no problema
- **5º Passo:** Aplicar o (s) Princípio (s) Inventivo (s) no problema (inovação)

Matriz de Idealidade

Esta ferramenta permite-nos estudar a idealidade dos Parâmetros do Sistema Técnico definidos pelo próprio utilizador à Matriz de Contradições. A matriz de Idealidade permite encontrar e formular as Contradições Técnicas a partir da interação entre Parâmetros, esta interação pode ser positiva (faz bem ao Sistema) ou negativa (prejudica o Sistema, logo é uma Contradição Técnica). Para resolver as Contradições com base na Matriz de Contradições, então nesta são colocadas todas as interações negativas.

2.4.5.4 ARIZ

O ARIZ é a ferramenta analítica central da TRIZ. As siglas em russo significam Algoritmo de Resolução de Problemas Inventivos (*Algorithm Rezhenija Izobretatelskih Zadach*). É utilizada para resolver problemas muito complexos e onde aparentemente não existem conflitos no Sistema ou quando outras ferramentas mais *User-Friendly* da TRIZ foram usadas sem efeito, de acordo com Moehrle (2005) apenas 5% dos utilizadores da TRIZ aplicam o ARIZ.

O ARIZ foi criado em 1956 por Altshuller e sofreu várias modificações até 1985, ano em que foi criada a versão mais popular da ARIZ (ARIZ 85-C). Esta versão é composta por 9 passos (Altshuller, et al., 2002):

- **1º Passo:** Analisar o Problema

Começar pela transição de afirmações vagas do que é o problema para afirmações mais concretas (estas afirmações devem de ser feitas com linguagem simples e fácil de entender, sem jargão científico e terminologias de forma a ajudar na eliminação da Inércia Psicológica).

- **2º Passo:** Analisar o modelo do Problema

Desenhar um diagrama simples do Sistema na Zona Operacional e retirar os Parâmetros em conflitos.

- **3ª Passo:** Formulação do Resultado Final Ideal

Ao ter conhecimento dos Parâmetros que criam a Contradição Técnica e ter formulado o RFI, a Contradição Técnica torna-se numa Contradição Física. Por esta altura grande parte dos problemas estão formulados, sendo este o caso, passa-se diretamente para os passos 7, 8 e 9.

- **4º Passo:** Utilizar os recursos de substâncias e campos exteriores

Se o problema ainda não estiver claro, usar o método dos “Pequenos Homens Miniatura” de forma a ter um melhor entendimento do problema. O método dos Pequenos Homens Miniatura consiste em imaginar pequenos homens ou criaturas dentro do Sistema e que fazem as ações do sistema ou do conflito, desta forma torna-se mais fácil visualizar efeitos físicos ou químicos num problema.

- **5º Passo:** Utilização da base de dados da TRIZ

Considerar resolver o problema usando Standards em conjunto com a base de dados de efeitos físicos.

- **6º Passo:** Mudar ou reformular o problema

Se o problema ainda não foi resolvido neste passo então o ARIZ recomenda voltar ao ponto de partida (passo 1) e reformular o problema como se fosse um Supersistema. Frequentemente é necessário reformular várias vezes. Os passos 7, 8 e 9 são aplicados quando a solução ao problema foi encontrada.

- **7º Passo:** Análise do Método que removeu a Contradição Física

O objetivo deste passo é verificar se a Contradição foi eliminada da forma mais ideal.

- **8º Passo:** Utilização da Solução encontrada

Este passo ajuda na análise dos efeitos do novo Sistema para com os Sistemas adjacentes, também foca na pesquisa de aplicações para outros problemas técnicos.

- **9º Passo:** Análise dos passos que levaram à solução

Compara o processo real utilizado para resolver o problema com as guias do ARIZ, desvios são analisados para uso futuro.

3. Estudo do Caso e Propostas de Solução aos Problemas levantados na Volkswagen Autoeuropa

No presente capítulo é descrito o Grupo Volkswagen e a fábrica Volkswagen Autoeuropa, tal como a Estação *Flatstream* e respetivo Sistema de Posicionamento de Carroçarias. São identificados os problemas do Sistema atual e respetivas soluções para resolver a Contradição Física. Também é apresentada outra solução baseada nas necessidades da Voz do Cliente interno de forma a melhorar o Sistema também.

3.1 O Grupo Volkswagen

O Grupo Volkswagen ou Volkswagen Aktiengesellschaft (VWAG) tem como sede Wolfsburg, Alemanha e é um dos maiores fabricantes da indústria automóvel, também sendo o maior fabricante da Europa. O grupo tem ao seu dispor 119 fábricas na Europa e mais 11 nos restantes continentes. Os produtos destas fábricas não são apenas veículos Volkswagen, pois o grupo VWAG é composto por 11 marcas que operam de forma independente entre si e que têm o seu próprio carácter e identidade de mercado, estas produzem motorizadas até veículos pesados: Volkswagen, Audi, Seat, Škoda, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Porsche, Ducati, Scania e MAN (Volkswagen AG, 2015).

O Grupo foi fundado em 1937 por Ferdinand Porsche que ambicionava fabricar automóveis baratos e de confiança. O nome *Volkswagen* é traduzido para “Carro do Povo”, sendo com que o primeiro modelo automóvel custasse apenas o mesmo que uma motorizada na altura. Este modelo foi o icónico “Carocha” em Portugal. Em 1964 ocorre a aquisição da Audi/Auto-Union pelo Grupo Volkswagen, com os conhecimentos técnicos da Audi aplicada nos modelos Volkswagen permitiu abrir caminho para uma nova geração de automóveis tal como o Polo, Golf e Passat (Volkswagen Autoeuropa, 2013).

O Grupo está presente em 153 países e por cada dia de trabalho produz cerca de 42.000 veículos, mas a VWAG também fornece outros serviços, nestes estão incluídos: financiamento

de *dealers* e de clientes, *leasing*, atividade bancárias e de seguros e gestão de frotas (Volkswagen AG, 2015).

3.1.1 Plataforma *Modularer Querbaukasten*

Entre 1997 e 2002, estratégias de plataformas foram introduzidas no processo de desenvolvimento automóvel como maneira de oferecer veículos mais variados e flexíveis, de forma mais barata (Duddeck & Zimmer, 2012). O conceito de modularidade veio a tornar-se cada vez mais popular nestas plataformas de desenvolvimento de veículos, em 2011 a Volkswagen apresentou a plataforma MQB (*Modularer Querbaukasten* = Conjunto Matriz Modular Transverso), que permite ao Grupo Volkswagen desenhar uma grande variedade de modelos transversos de tração dianteira com um conjunto comum de componentes (módulos) (Buiga, 2012).

A Plataforma MQB surge a partir da estratégia de negócios da Volkswagen AG, “Strategy 18” que tenta aumentar a receita da sua venda de veículos, com o objetivo de produzir cerca de 10 milhões de carros a partir de 2018 anualmente, para esta estratégia ter resultados o MQB tem um papel muito importante (Buiga, 2012).

Ao utilizar esta plataforma a Volkswagen (VW) consegue *standardizar* a sua produção e da mesma forma oferecer mais escolha aos seus clientes. É de prever que a plataforma MQB inclua produtos das classes B, C e D da Volkswagen (Duddeck & Zimmer, 2012), é neste aspeto que a plataforma MQB da Volkswagen difere das plataformas modulares de outros fabricantes, que apenas usam componentes comuns dentro de classes e não **entre** classes (Buiga, 2012).

3.2 Volkswagen Autoeuropa

Em finais de 1989 Portugal tomou conhecimento que a Ford Motor Co. tinha a intenção de estabelecer uma unidade fabril na Península Ibérica, decorrente da *joint-venture* que fizera com a VWAG (Selada & Felizardo, 2004). Com o promotor interessado numa localização em Palmela, houve um longo período de negociações que culminou com o lançamento do projeto Autoeuropa a 1991, representando assim o maior investimento estrangeiro alguma vez feito em Portugal (Tavares, 2015).

A Volkswagen Autoeuropa começa a produzir efetivamente em 1995, produzindo a gama de monovolumes Galaxy (Ford) e Sharan (VW). Em 1996 começa a produção da Alhambra (Seat). É anunciado o fim da *joint-venture* entre Ford e Volkswagen em 1999, sendo adquirida a

participação da Ford pela VW, tendo assim, controlo total da fábrica. Apesar da Ford já não ter ligação com a Autoeuropa, esta ainda produziu monovolumes Galaxy até 2005, quando foi substituído pelo Eos (Selada & Felizardo, 2004). 2008 marca o início da produção da terceira geração de Scirocco, que ainda é fabricada presentemente. O Eos é descontinuado em 2015, sendo então anunciado um novo modelo que começará produção em agosto de 2017.

Os principais mercados da Autoeuropa são constituídos por 3 países: Alemanha (34,4%), China (15,7%) e Reino Unido com 11,8%. A fabricante Automóvel representa 3,5% do total das exportações realizadas pelas mil maiores empresas nacionais (Tavares, 2015).

Atualmente a Volkswagen Autoeuropa produz dois modelos: Volkswagen Scirocco (VWSCI) e o Volkswagen *Multi-Purpose Vehicle*. O Scirocco é um carro *coupe* desportivo de 4 lugares, criado para um segmento do mercado jovem. O Volkswagen MPV, é o monovolume Seat Alhambra e o Volkswagen Sharan, as diferenças entre as duas marcas apenas se focam em aspetos de *design* exterior, enquanto a carroçaria e os componentes internos são os mesmos.

3.3 Proposta do Modelo do Processo de Resolução de Problemas

A figura 3.1 apresenta o fluxograma de todo o processo de resolução do problema utilizado nesta dissertação. A metodologia é constituída por 8 passos:

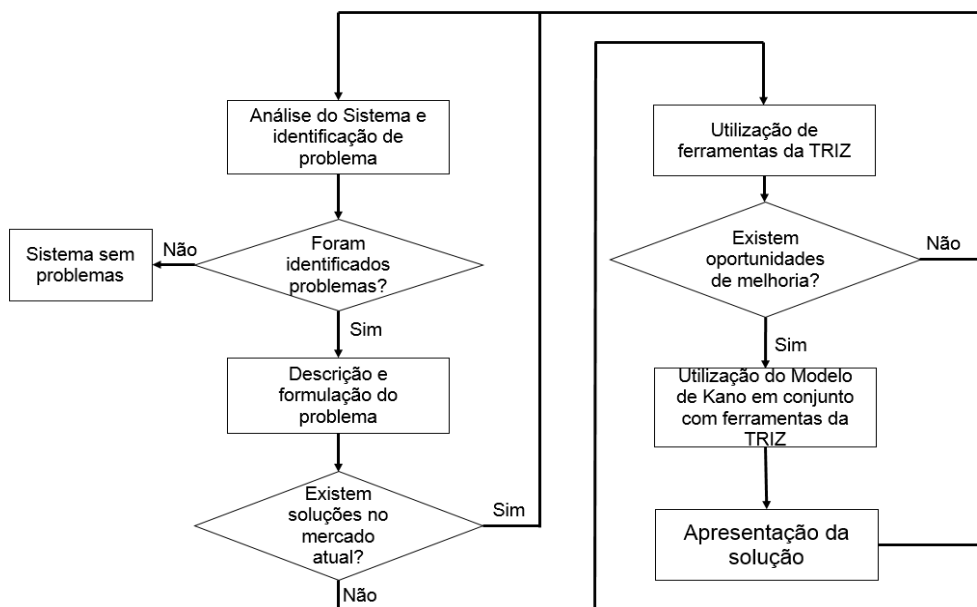


Figura 3.1 - Fluxograma do Processo de Resolução do Problema

1. **Análise do Sistema e identificação de problema:** O Sistema é analisado e procuram-se conflitos dentro deste.
2. **Foram identificados problemas?:** O primeiro checkpoint da metodologia, se durante a análise do Sistema não forem encontrados nenhuns conflitos ou problemas então o Sistema não precisa de resolução, pois não foram detetados nenhum problema. Se algum conflito tiver sido encontrado então segue-se para o próximo passo.
3. **Descrição e Formulação do Problema:** Se forem encontrados problemas ou contradições estas devem de ser estudadas e corretamente formuladas.
4. **Existem soluções no mercado atual?:** Depois de as contradições estiverem descritas, é efetuada uma pesquisa no mercado por soluções ao problema, nomeadamente Benchmarking interno, averigua-se como as outras unidades fabris do Grupo Volkswagen tiveram problemas semelhantes e como os resolveram. No Benchmarking externo é apurado se outros fabricantes de automóveis e outras indústrias têm soluções. Depois é avaliado se as soluções encontradas são factíveis, quer em termos de dimensões, custo de implementação ou outras razões. No caso de existirem soluções executáveis então estas devem de ser implementadas e o procedimento de resolução do problema deve de ser repetido. Se não existirem soluções no mercado ou se estas não podem ser implementadas, então segue-se para o próximo passo.
5. **Utilização das ferramentas da TRIZ:** Com a correta formulação das contradições, deve ser utilizado ferramentas de acordo com o tipo de contradição e o grau de complexidade. Ao lidar com Contradições Técnicas deve de se utilizar os 40 Princípios Inventivos, a Matriz de Contradição ou a análise Substância-Campo, se existirem Contradições Físicas então deve-se de utilizar os 4 métodos de separação.
6. **Existem oportunidades de melhoria?:** Este checkpoint averigua se a solução encontrada a partir da utilização da TRIZ é a mais adequada ao problema, se não só o elimina como também melhora o Sistema. Se a solução é adequada e cumpre estes critérios, então deve de ser implementada e o procedimento de resolução do problema deve de ser repetido. Se a solução apenas serve como “tapa-buracos” ou não elimina completamente as contradições e se existe oportunidade de melhoria e aumento de idealidade, então segue-se para o próximo passo.
7. **Utilização do Modelo de Kano em conjunto com ferramentas da TRIZ:** Neste passo utiliza-se o Modelo de Kano antes de se utilizar a TRIZ de forma a estudar quais os

Requisitos dos clientes internos e desta forma criar um Sistema que não só permita eliminar o obstáculo como aumentar o grau de confiança (idealidade).

- 8. Apresentação da solução:** Nesta fase é apresentada a solução obtida e depois estudada se se deve de ser implementada, o procedimento deve de ser repetido em busca de novos problemas.

3.4 Caracterização da Estação *Flatstream*

O edifício da Pintura na VWAE ficou operacional em 1994, onde grande parte da tecnologia é deste período, tal como o sistema de transporte das carroçarias ao longo de todo o edifício.

O sistema de transporte é estilo monorrel em grande parte das instalações, é composto por *skids* e um complexo sistema de correntes que permitem a deslocação destes. O *skid* é universal, servindo para todos modelos produzidos dentro da VWAE e permite o transporte de qualquer veículo automóvel ligeiro contido no Grupo VWAG. Esta particularidade deve-se à intenção do Grupo padronizar a produção em todas as suas fábricas e produtos, onde todas as carroçarias contém, **na mesma localização do *underbody***, 4 furos denominados por *centring holes*. Estes furos permitem o transporte da carroçaria de forma controlada e equilibrada. Cada *skid* contém dois pinos que são inseridos nos *centring holes* traseiros e apenas apoios para a zona frontal da carroçaria. De notar que o *skid* tem um apoio traseiro apenas para o modelo VWMPV (ver figura 3.2).

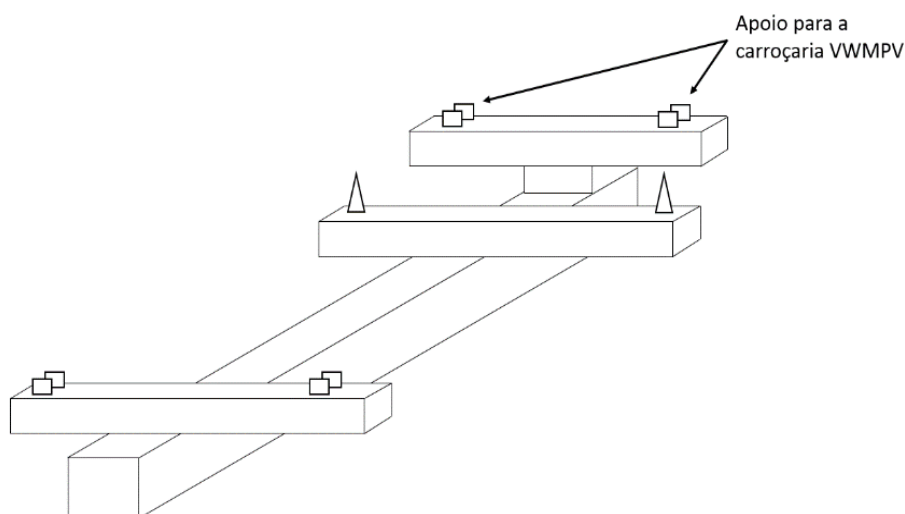


Figura 3.2 - Skid

A estação *Flatstream* é a primeira estação de toda a linha *Sealer*, situada imediatamente a seguir ao forno da linha *Ecoat*. A estação é completamente automatizada com um total de 6 robots fixos (de 6 eixos) que aplicam *sealer* no *underbody* da carroçaria, um produto com o intuito de a selar e insonorizar (figura 3.3).

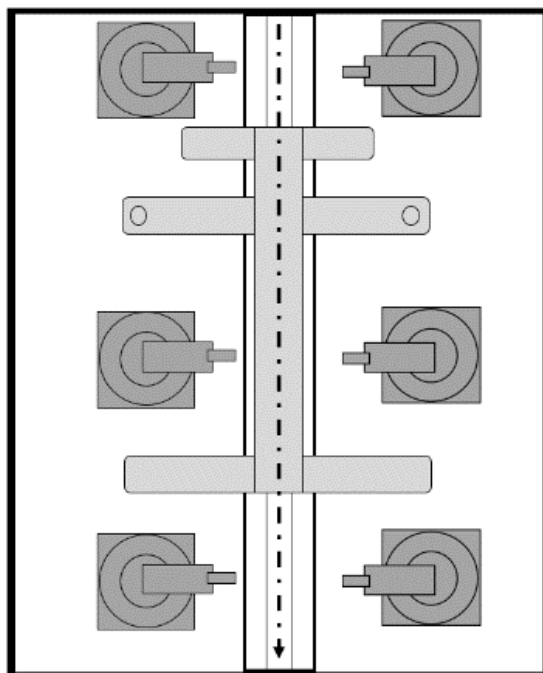


Figura 3.3 - Disposição dos robots na Estação *Flatstream*

Devido ao sistema de transporte ser estilo monocarril, a estabilidade da carroçaria é comprometida como pode ser observado pela figura 3.4:

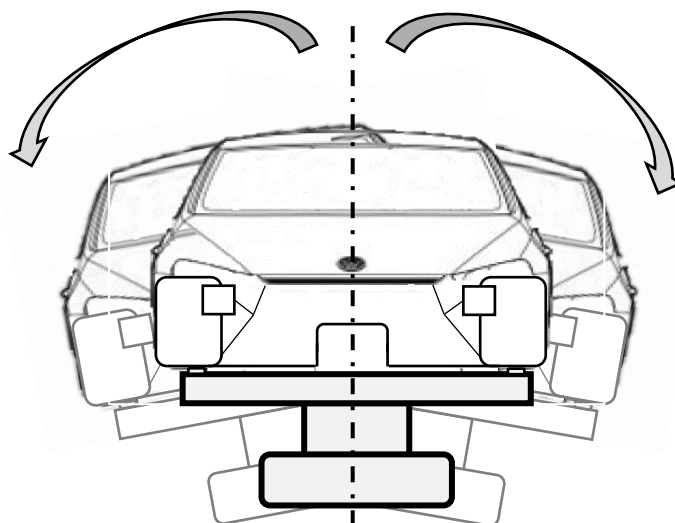


Figura 3.4 - Instabilidade da carroçaria no sistema de transporte

Com o desgaste natural dos *skids*, as barras que apoiam a carroçaria têm a tendência de girar no seu eixo (figura 3.5), este fenómeno deve-se ao facto do *skid* ser composto por vários componentes aparafusados que folgam ao longo do tempo e vão descentrando as barras de apoio, e conseqüentemente a carroçaria.

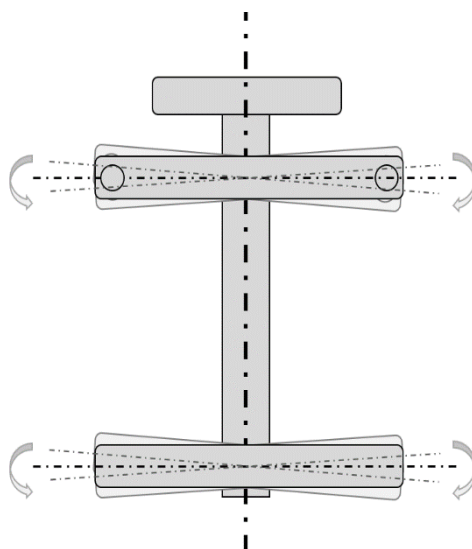


Figura 3.5 – Tendência do movimento das barras do skid

Na figura 3.6 observamos uma carroçaria descentrada devido ao desgaste no *skid*:

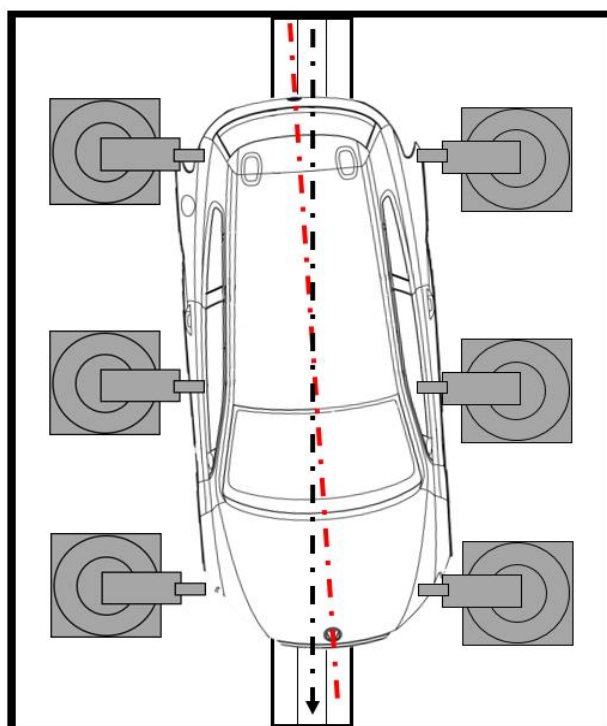
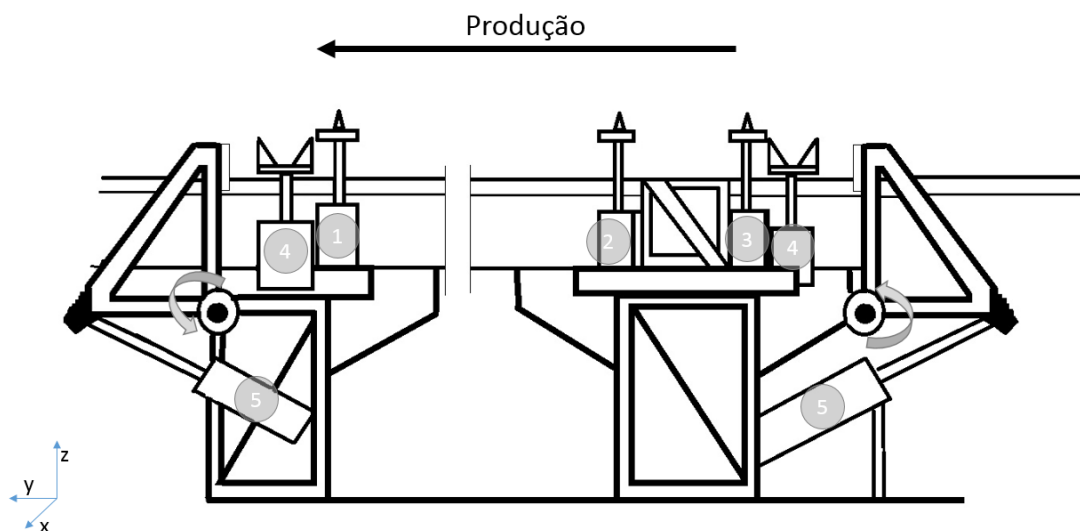


Figura 3.6 - Descentramento da carroçaria devido ao skid

De forma a proporcionar a correta aplicação de *sealer*, existe na estação um sistema de posicionamento que eleva a carroçaria do skid enquanto os robots estão a operar. O sistema é composto por 3 pares de cilindros pneumáticos que elevam a carroçaria e mais outros 2 pares de cilindros que estabilizam e posicionam o *skids* (figura 3.7).



1. Cilindro elevatório Dianteiro - comum a todos os modelos, o pino deste cilindro encaixa nos *centring holes* dianteiros.
2. Cilindro elevatório Traseiro – apenas para o modelo *Scirocco*.
3. Cilindro elevatório Traseiro – apenas para o modelo VWMPV.
4. Cilindro posicionador de *skid* pelo eixo z.
5. Cilindro posicionador de *skid* pelo eixo y.

Figura 3.7 - Diagrama de perspectiva lateral esquerda do Sistema de Posicionamento e respetiva legenda

Como foi referido anteriormente, existem 2 grupos de cilindros com funções diferentes entre si. Estes grupos também diferem no período temporal em que operam, quando o *skid* entra na estação, os cilindros 4 e 5 posicionam o *skid* e só depois os cilindros 1, 2 e 3 (de acordo com o modelo) erguem a carroçaria do *skid*, onde os robots irão aplicar *sealer*. Logo, o Sistema de Posicionamento da carroçaria pode ser dividido em **dois subsistemas**:

- I. **Subsistema que posiciona o *skid***: Cilindros 4 e 5.
- II. **Subsistema que eleva a carroçaria**: Cilindros 1, 2 e 3. O cilindro 1 labora em todos os modelos, e os cilindros 2 e 3 operam apenas no modelo VWSCI e VWMPV, respetivamente.

Na figura 3.8 observamos a entrada de uma carroçaria do modelo VWMPV, depois do *skid* ficar posicionado, a carroçaria é elevada pelo subsistema (figura 3.9).

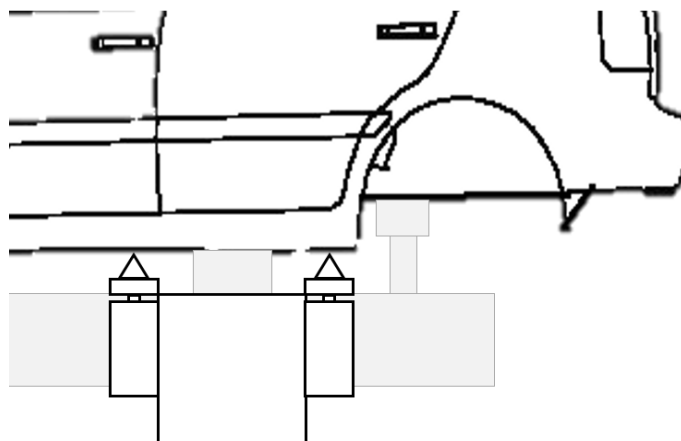


Figura 3.8 - Entrada da carroçaria VWMPV na estação

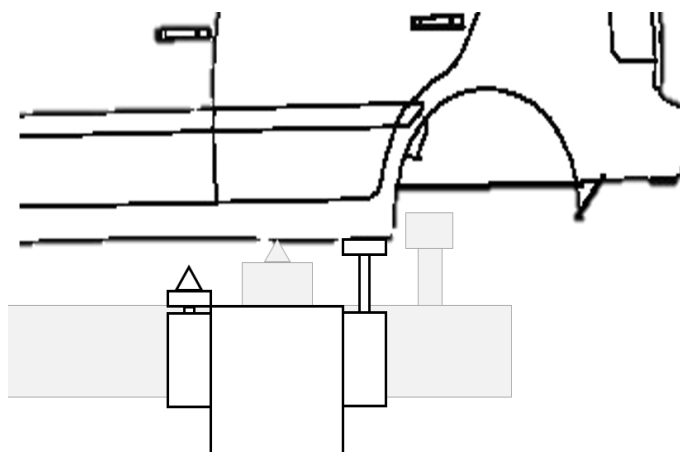


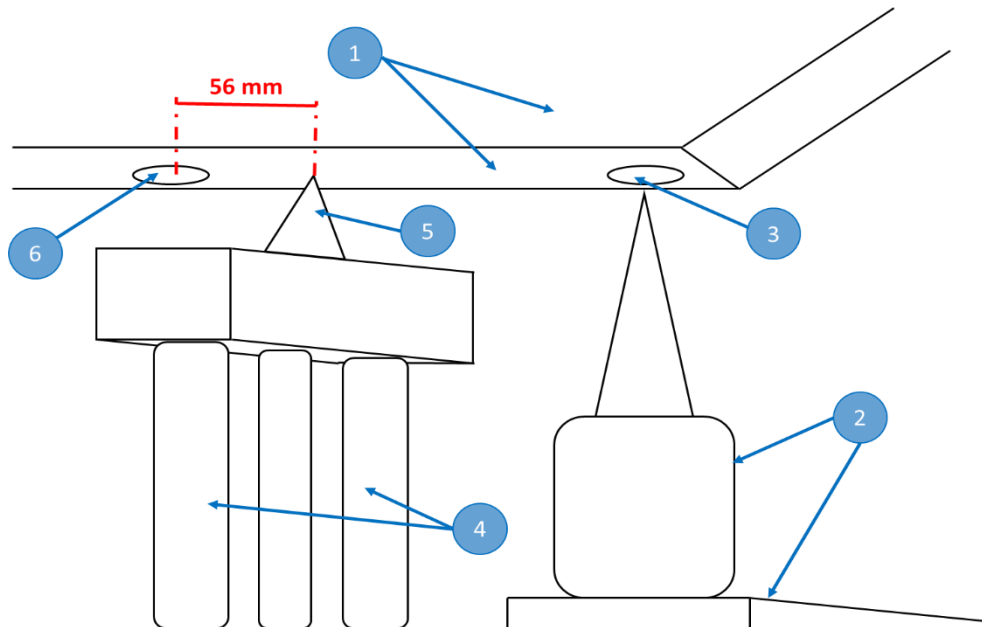
Figura 3.9 - Elevação da carroçaria VWMPV

3.5 Identificação de Problemas e Oportunidades de Melhoria

O grupo VWAG incumbiu à Autoeuropa a produção de um novo modelo. Por motivos de confidencialidade este modelo vai ser referido pela sigla VWNP (Volkswagen Novo Produto).

A introdução de um novo produto em qualquer fábrica é sempre um período conturbado com muitos problemas inesperados. Ao fazer um *test run* do primeiro protótipo, observou-se na estação do *Flatstream* uma falha no Subsistema de Elevação de carroçaria, mais precisamente no par de cilindros nº2.

Durante a fase do planeamento da produção do VWNP ficou implícito que a carroçaria tinha a mesma furação que o modelo *Scirocco*, e por isso iria ser elevado pelo mesmo par de cilindros. Durante o *test run*, foi observado que existe um espaço de 56 mm entre a furação e o pino do cilindro (figura 3.10).



1. Carroçaria;
2. *Skid*;
3. *Centring Hole*;
4. Cilindro do Par nº2;
5. Pino do cilindro;
6. Furação pretendida para elevar a carroçaria

Figura 3.10 – Problema identificado na elevação do modelo VWNP

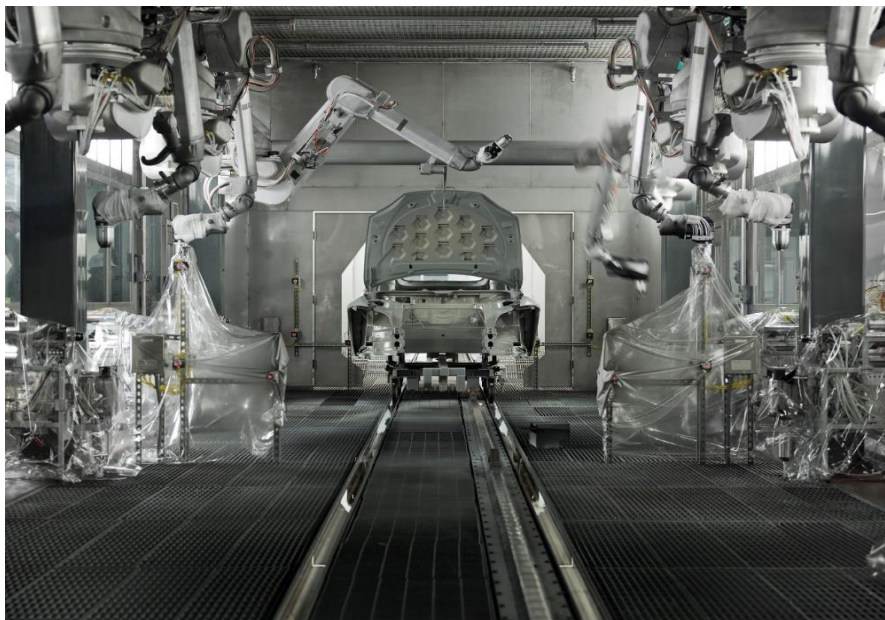
Devido à falta de espaço no módulo de comando das electroválvulas, é impossível a adição de um novo par de cilindros. É necessário também ter em conta o espaço físico na estação e a interferência no movimento dos robots durante a aplicação de *sealer*.

3.6 Propostas de Solução

3.6.1 Levantamento e Análise de Soluções no Mercado Atual

Este problema já foi resolvido em variadas fábricas no setor automóvel. A solução destas fábricas consistiu na mudança da maneira como a carroçaria é transportada.

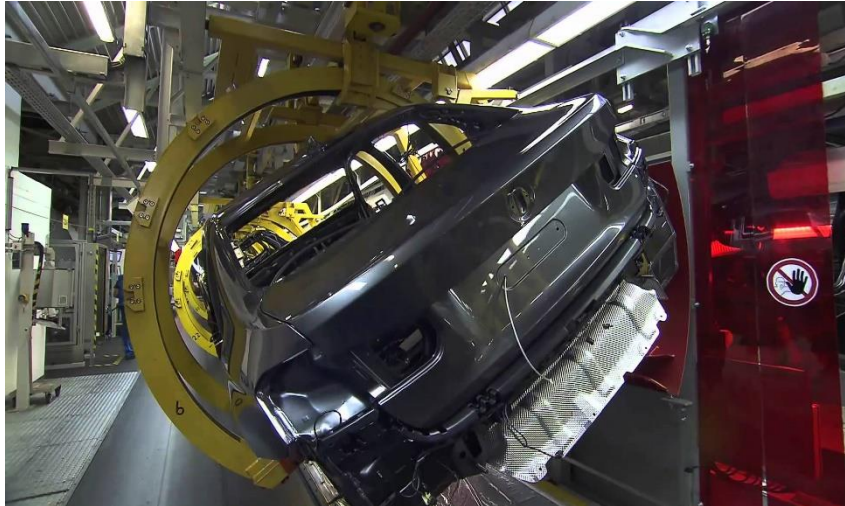
Enquanto no edifício da pintura da VWAE, o transporte é estilo monocarril, o padrão comum de transporte de carroçarias atual na indústria automóvel é sobre carris duplos, como um comboio. Este sistema diminui consideravelmente a instabilidade durante o seu percurso. A figura 3.11 mostra o este sistema dentro de uma cabine de pintura.



*Figura 3.11 - Transporte por skids duplos
(Tesla Motors Russia, 2014)*

Neste caso, o Sistema de Posicionamento deixa de precisar do subsistema de elevação da carroçaria, pois ao apenas posicionar e bloquear o *skid* duplo deixa de ser necessário a elevação da carroçaria pois esta já está nivelada.

Outra maneira de resolver este problema é utilizando um sistema basculante, como o da figura 3.12:



*Figura 3.12 - Sistema basculante
(BMW Car Club of America Sierra Chapter, 2013)*

3.6.2 Proposta de Solução com Base na Eliminação da Contradição Física

Ao analisar o caso é observou-se que o Subsistema de Elevação da carroçaria é a causa do conflito. Deste modo, as soluções apresentadas nesta dissertação focar-se-ão apenas neste Subsistema.

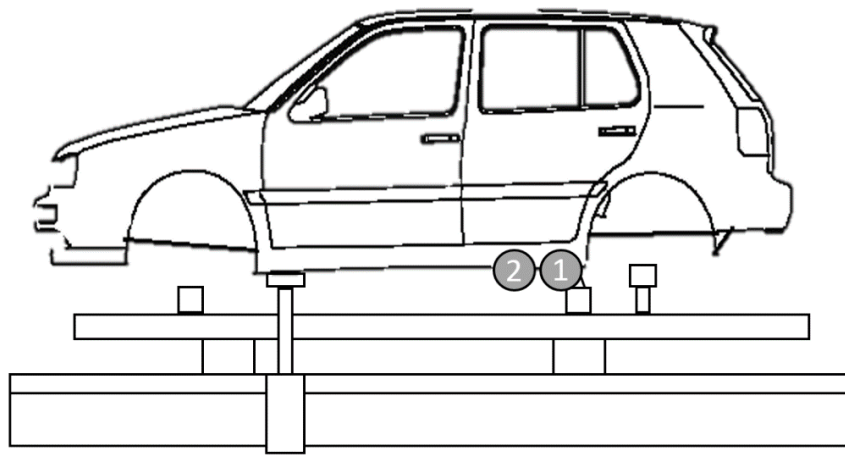
É importante de referir que o próprio subsistema também contém subsistemas (por exemplo: cada par de cilindros e as suas funções), ou seja é um sistema intermédio e que irá ser referido como **Sistema de Elevação da carroçaria** em diante.

3.6.2.1 Formulação e Solução da Contradição Física do Problema

De acordo com a TRIZ, formular um problema inventivo é identificar com clareza a Contradição Física no problema (Fey & Rivin, 1997).

Ao estudar a raiz do problema observamos que o par de cilindros nº 2 precisa de elevar os dois modelos, mas estes têm as furações em locais diferentes (espaçadas em 56 mm). Na figura 4.12 observamos um diagrama de uma carroçaria generalista que tanto pode ser considerada modelo VWSCI ou VWNP, para efeitos de melhor compreensão. O diagrama contém dois pontos, 1 e 2 respetivamente, o sistema em períodos diferentes opera nestes dois pontos. Cada ponto é considerado uma Zona Operacional (ZO), e os diferentes períodos temporais da operação vão ser considerados como TO (Tempo Operacional 1 e 2, respetivamente)

Na figura 3.13 também contém uma legenda que elucida a operação em cada ponto.



1. Em TO1, o cilindro precisa de elevar a carroçaria do VWSCI em ZO1;
2. Em TO2, o cilindro precisa de elevar a carroçaria do VWNP em ZO2 a uma distância de 56 mm de ZO1.

Figura 3.13 - Diagrama das Zonas e Tempos Operacionais

Ao estudar as Zonas Operacionais podemos formular a Contradição Física:

“É necessário elevar o cilindro e é necessário não elevar o cilindro”

A resolução da Contradição Física consiste na utilização de 2 soluções simultaneamente:

- I. **Separação no Espaço** (entre ZO1 e ZO2);
- II. **Separação no Tempo** (TO1 e TO2).

Na figura 3.14 é demonstrado que a melhor forma de aplicar estas soluções é com a **deslocação** do objeto (neste caso o cilindro) de ZO1 a ZO2, **entre** TO1 e TO2.

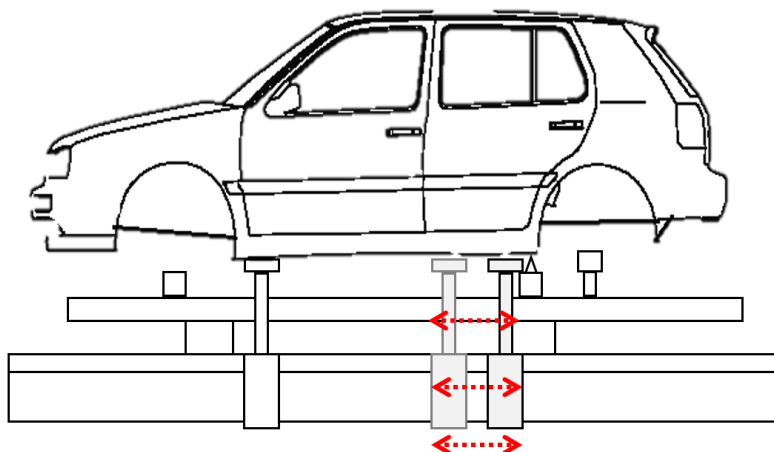


Figura 3.14 - Diagrama do deslocamento do cilindro

A proposta de solução consiste na criação de um sistema semelhante ao *slider-track* de vídeo-câmaras utilizados na rodagem de filmes (figura 3.15 e 3.16). O Sistema de Deslocamento contém um servomotor e guias onde cada ponta irá conter um eletroímã, de acordo com o modelo de carroçaria um eletroímã iria ligar enquanto o outro desligar-se-ia. Desta forma é possível posicionar corretamente o cilindro na localização desejada sem haver o risco deste se movimentar nas guias e perder a posição.



Figura 3.15 - Slider-track vídeo-fotográfico (Aliexpress, 2016)



Figura 3.16 – Slider-track vídeo-fotográfico com vídeo-camara (Mercado Livre, 2016)

Guia de Transporte Motorizada

A figura 3.17 demonstra os componentes da Guia de Transporte Motorizada (GTM):

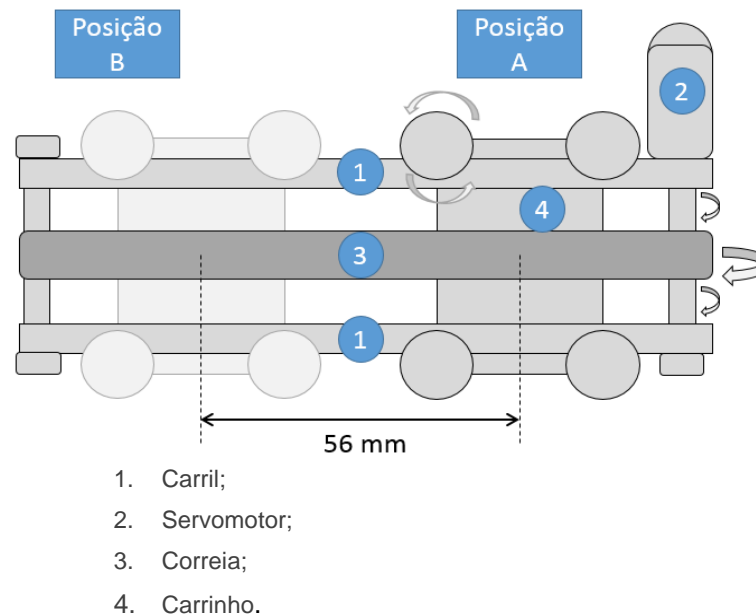


Figura 3.17 - Diagrama da Guia de Transporte Motorizada

Paralelamente com a GTM o sistema terá uma Guia Auxiliar, que apenas terá carris e carrinho idênticos, esta guia tem apenas como intuito a facilitação da deslocação correta do cilindro.

Como a GTM desloca o cilindro para duas posições estas serão delimitadas por **Posição A** para o posicionamento do VWSCI e **Posição B** para o VWNP.

Ao estudar as dimensões dos cilindros elevadores, podemos dimensionar os componentes da GTM. Sabendo que os cilindros são o modelo MGPS80TF-200 do fabricante SMC observado na figura 3.18 e ao analisar o catálogo do fornecedor obtemos variadas informações (SMC Corporation of America, 2012), podemos extrapolar as dimensões para o sistema de deslocação do cilindro (Figuras 3.19 e 3.20, respetivamente):



Figura 3.18 - Dimensões do cilindro

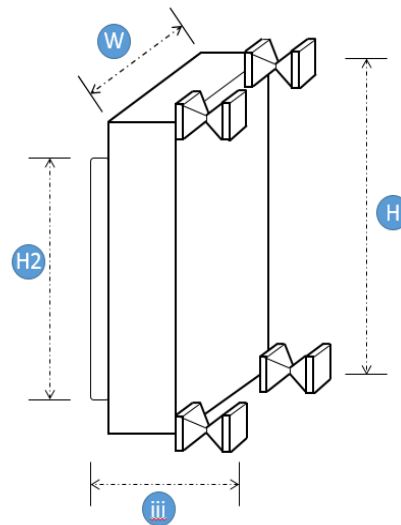


Figura 3.19 - Dimensões do carrinho

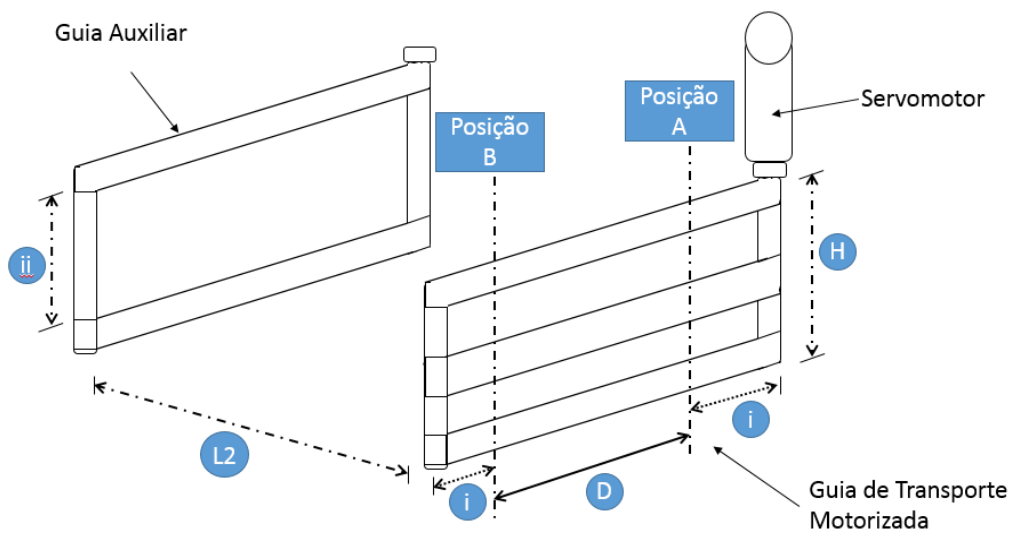


Figura 3.20 - Dimensões da Guia Auxiliar e GTM

Na tabela 3.1 estão apresentados os valores de cada dimensão:

Tabela 3.1 - Dimensões do Sistema de Deslocamento do cilindro

Medidas da GTM (mm)				
H1	L	W	D	H2
265	228	95	56	229

Como a solução é conceptual, algumas dimensões são incógnitas, estando intrinsecamente ligadas com o melhor material para a função e o que é possível encontrar no mercado, é necessário um estudo mais aprofundado nesta matéria.

- i. A dimensão adicional à distância de deslocamento por parte do cilindro (D), é proporcional ao tamanho dos eletroímãs e da estabilidade necessária para poder mover um cilindro.
- ii. De acordo com o material e o volume necessário para poder deslocar o cilindro, esta dimensão varia.
- iii. É necessário saber o volume das guias para dimensionar os rolamentos no carrinho.

A dimensão E está dependente da variável *iii*, pois a sua dimensão irá ser $B + iii$.

A deslocação total por parte do cilindro (D) tem a denominação 56 mm pois esta é a distancia entre a furação dos modelos VWSCI e VWNP, ao observar a figura 3.17. Na figura 3.21 é possível observar a GTM com o cilindro elevador do par nº 2:

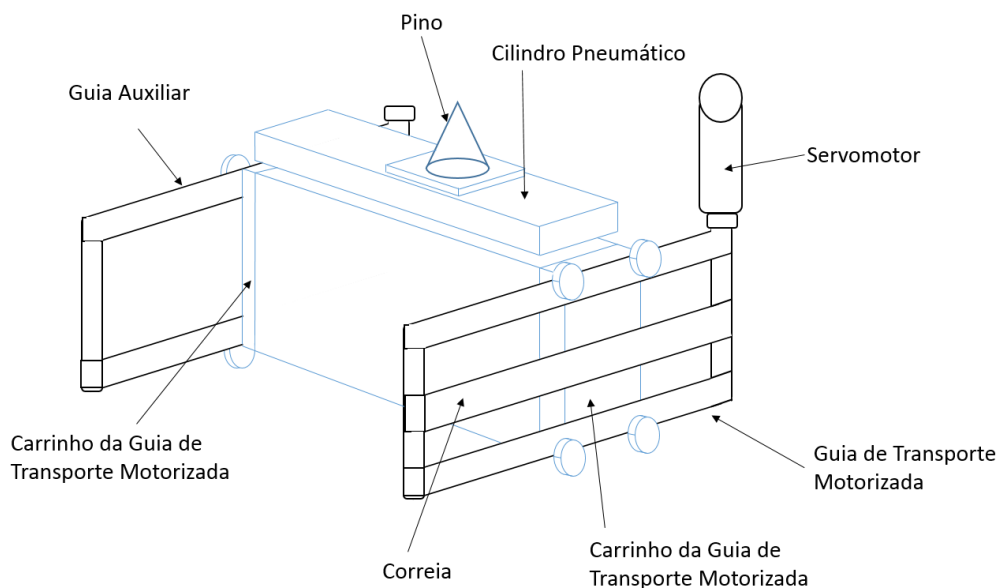


Figura 3.21 - Sistema de Deslocação com cilindro elevador

Sistema de Posicionamento com Eletroímãs (SPE)

Como referido, este sistema apenas vai ter como função bloquear o cilindro, garantindo a posição correta nas operações. A figura 3.22 demonstra um caso possível onde o sistema GTM pode não permitir a correta posição do cilindro para realizar a operação. Como apenas o cilindro é tracionado pela lateral, sendo que a Guia Auxiliar assiste na locomoção, pode existir azo a uma má posição durante a deslocação. Quando o cilindro se movimenta o eletroímã é ativado,

quando o cilindro se aproxima do campo magnético este é atraído de forma uniforme, forçando o carrinho a endireitar e desta forma é garantida a correta posição.

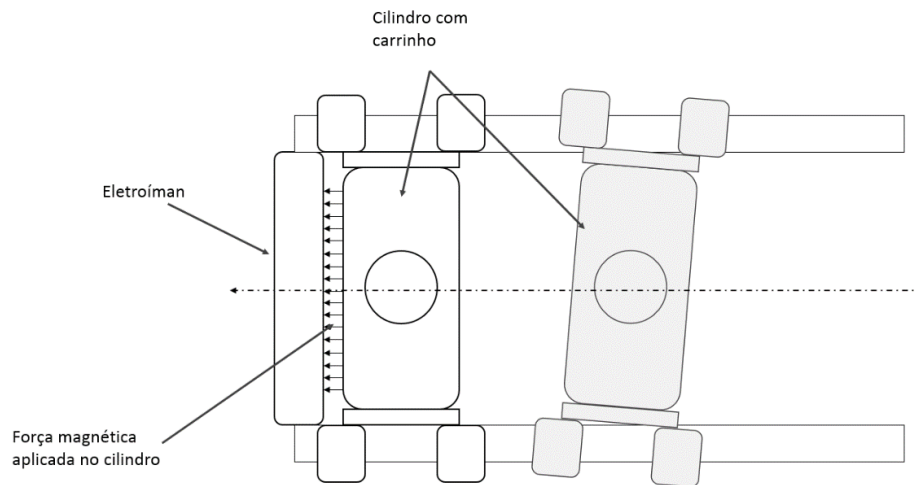


Figura 3.22 - Posicionamento do cilindro por parte do eletroímã

O SPE tem apenas intuito de servir como sistema de prevenção contra o caso referido. O objetivo primário do sistema é bloquear o cilindro na posição correta, desta forma este não se move durante a elevação da carroçaria, garantindo a sua centralização.

A escolha da utilização de eletroímãs tem como fundamento a facilidade de programação e a possibilidade de apenas ativar o magnetismo quando necessário. Um eletroímã tem a capacidade de criar um campo magnético utilizando corrente elétrica, ao retirar-se a corrente, o campo magnético desaparece. Assim é possível mover o carrinho livremente, e quando necessário travar e posicionar.

No SPE existem dois eletroímãs, um em cada posição (A e B respectivamente) do Sistema de Deslocação do Cilindro (figura 3.23).

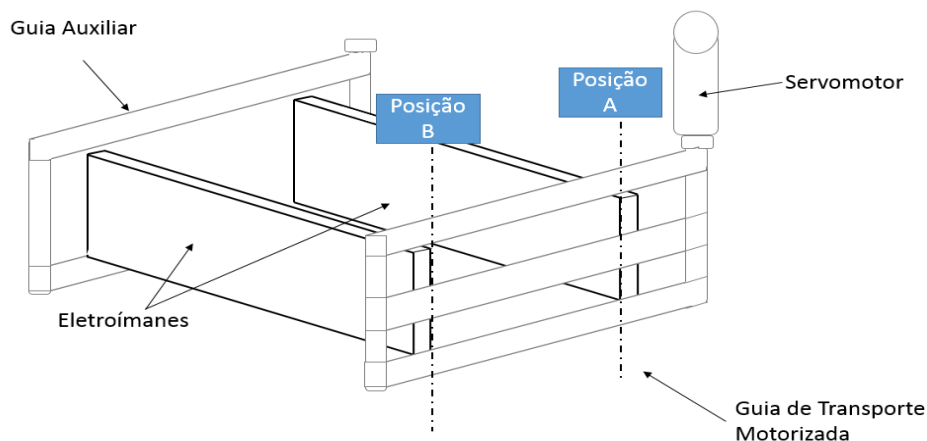


Figura 3.23 - Diagrama do SPE

Sistema de Deslocamento

Como o Sistema Informático da VWAE gere todas as operações e carroçarias, este indica aos robots qual o modelo que entra em linha, pois cada modelo tem operações diferentes. Este discernimento entre modelos permite programar os eletroímãs e o servomotor de forma a deslocar o cilindro para a posição desejada:

- WWSI na Posição A;
- WWP na Posição B.

O Sistema de Deslocamento vai ser composto pela GTM e pela SPE, em conjunto com o Sistema Informático que ditará qual a posição de acordo com o modelo, este sistema é demonstrado na figura 3.24:

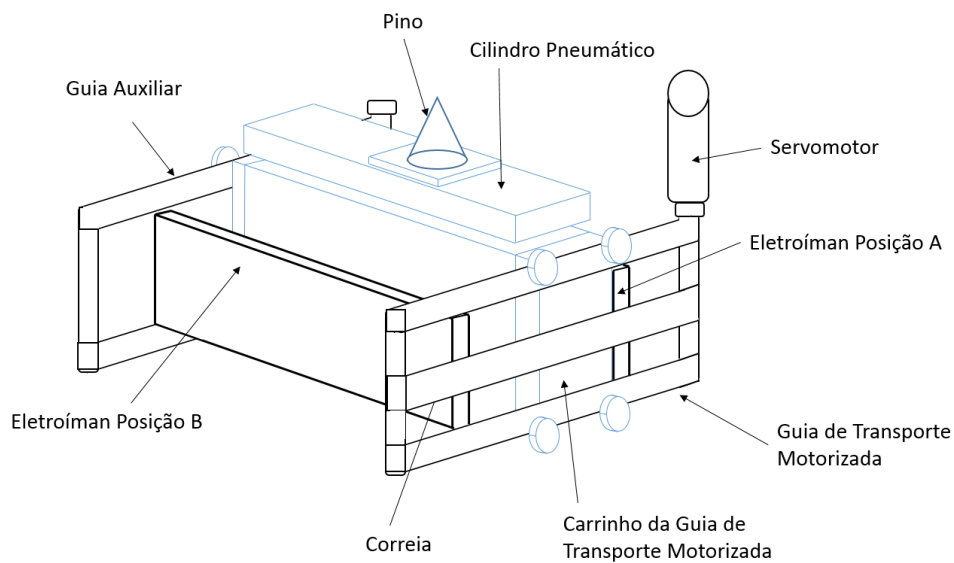


Figura 3.24 - Diagrama do Sistema de Deslocamento

A solução apresentada apenas focou a deslocação de um dos cilindros de forma a facilitar compreensão, a mesma solução é duplicada no outro cilindro, com os mesmos componentes e funcionalidades. Demonstrada pela figura 3.25, a solução com o par de cilindros na estação de *Flatstream*:

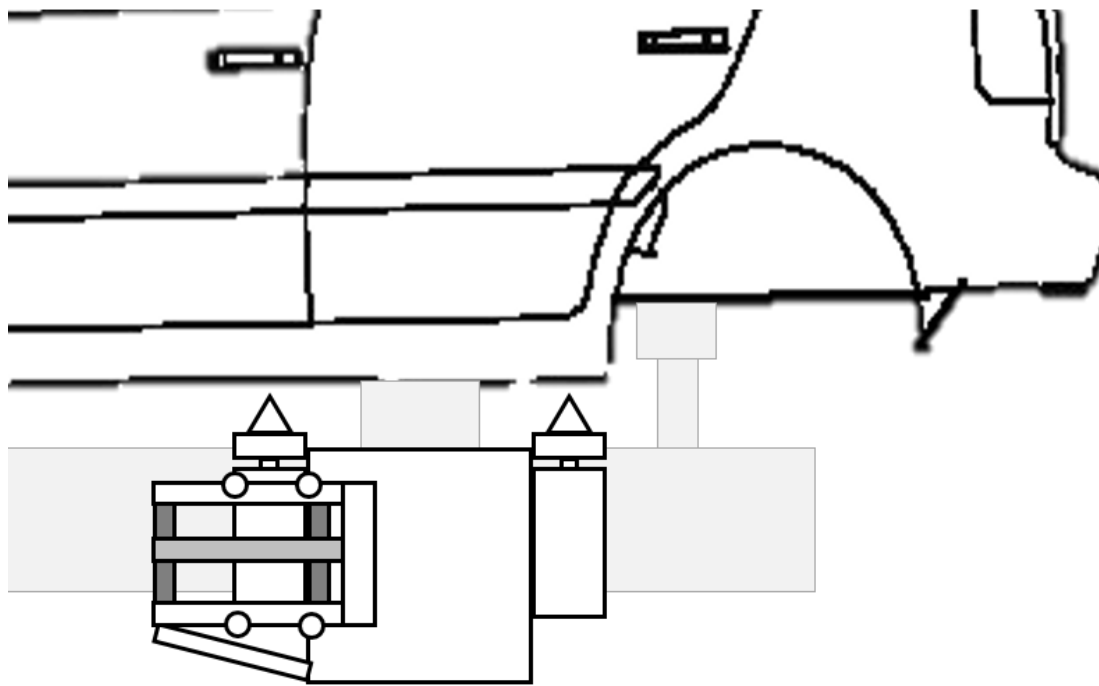


Figura 3.25 - Imagem conceptual do Sistema de deslocamento na Estação de Flatstream

3.6.3 Proposta de Melhoria

Ao analisar a solução proposta e discutir com vários indivíduos que trabalham na estação, o Sistema de Elevação de carroçarias atual não é muito estável, e alvo de muitas críticas. A maioria dos comentários tem como base a interferência dos cilindros na aplicação de *sealer* nos modelos VWSCI e VWMPV por parte dos robots ou o desfasamento entre alturas dos pinos, inclinando assim a carroçaria. A solução proposta a partir da resolução da Contradição Física apenas resolve a questão do novo modelo e de apenas usar um par de cilindros, mas cria complexidade a um sistema que por si não é o ideal. É necessário notar que a nova solução ocupa muito volume, aumentando assim o grau de interferência com os robots.

De forma a encontrar as contradições técnicas implícitas no interior do sistema, utilizou-se o **Modelo de Kano** e na resolução foi aplicada a **Matriz de Idealidade** em conjunto com a **Matriz de Contradições** e os **40 Princípios de Engenharia** de forma a melhorar o sistema atual e tenha capacidade de produzir o novo modelo.

3.6.3.1 Estudo das Necessidades e de Satisfação no Sistema de Elevação

O Modelo de Kano é uma ótima ferramenta para o Desenvolvimento de Produtos, permitindo descobrir quais as necessidades do cliente e catalogá-las pelo nível de satisfação, quando abordadas.

Foi referido que vários comentários implicam o Sistema de Posicionamento e consequentemente, o Sistema de Elevação de carroçarias, de imperfeito. Na realidade estas críticas indicam que existe muita insatisfação pelo sistema. Ao melhorar um sistema estamos a aumentar a satisfação por este.

Na presente dissertação, o cliente irá ser a VWAE e a sua voz, um grupo de funcionários que mais lidam e conhecem o funcionamento do equipamento de posicionamento. Como a estação é completamente automatizada e o Sistema de Posicionamento é auxiliar à operação de aplicar *sealer*, logo, não dá valor ao produto, o grupo de clientes é composto por apenas 5 pessoas:

- 1 Especialista de Manutenção na zona *Sealer*. É o indivíduo com o maior conhecimento do equipamento e como este deve funcionar;
- 1 Engenheiro de Automação;
- 1 Engenheiro do Planeamento;
- 1 Engenheiro do Planeamento (Ex-engenheiro de Máquinas na Pintura);
- 1 *Team Leader* da Produção e técnico de programação dos Robots na linha *Sealer*.

A equipa é muito diversificada e interfuncional, composta por indivíduos com diferentes *backgrounds*, necessidades e pontos de vista diferentes, permitindo uma ampla gama de respostas ao questionário que permite a identificação de problemas.

A utilização do Modelo de Kano é composto por duas fases distintas:

1ª Fase da implementação do Modelo de Kano: Nesta fase são identificados quais os Requisitos que permitem um aumento da satisfação dos clientes internos.

2ª Fase da implementação do Modelo de Kano: Análise e escolha dos Requisitos obtidos durante a 1ª Fase.

1ª Fase da implementação do Modelo de Kano

Identificação dos Requisitos

O primeiro passo consiste na identificação dos Requisitos que os clientes acham que o sistema precisa para ser otimizado, esta identificação surge na forma de entrevistas individuais de forma a analisar os problemas do cliente.

Estes inquéritos foram realizadas na forma de *Flash Interview*, onde os questionados devem de responder a 3 perguntas com pequenas frases. Este formato de entrevista permite delimitar os critérios com maior prioridade.

Na investigação dos problemas do cliente foram formuladas 3 questões demonstrada na tabela 3.2, comuns para todos os entrevistados:

Tabela 3.2 - Questões utilizadas na entrevista

1	Quais os Problemas/Defeitos ou Queixas que associa ao Sistema de Posicionamento?
2	Quais/Qual o critério que tem em consideração com o desempenho do sistema de posicionamento?
3	O que mudaria no Sistema ou que novas "capacidades" adicionaria?

A primeira questão é desenhada de forma a identificar as necessidades do cliente para com o Sistema de Elevação.

A segunda questão tem como fundamento, a investigação dos Requisitos unidimensionais do Sistema. São qualidades que são esperadas do próprio Sistema.

A última questão tem como base os desejos que o cliente gostaria de ter no Sistema de Elevação e que ainda não foram obtidos. Esta questão é uma forma de Brainstorming individual que não terá peso durante a análise de Kano, mas será muito importante em conjunto com a TRIZ pois permitirá a direcionar a solução de forma a satisfazer os clientes.

Nas Tabelas 3.3 e 3.4 observamos as respostas do inquirido 1 e 2 respetivamente, às questões apresentadas:

Tabela 3.3 - Respostas à entrevista pelos Inquiridos 1

Inquirido Nº1	
1	O carro por vezes não fica centrado
	Os Cilindros têm velocidades diferentes entre si (o par da frente sobe mais depressa que os detrás)
	Desfasamento
2	Área ocupada pelos cilindros limita o movimento dos robots
3	Adicionaria um sensor para definir e poder ter a certeza na altura de elevação (prevenção contra o desfasamento)

Tabela 3.4 - Respostas à entrevista pelos Inquiridos 2

Inquirido Nº2	
1	Ocupação de espaço pelo Sistema corrente
	Velocidade do processo de Posicionamento
	Cilindros da frente ficam fora de posição
2	Velocidade
	Precisão
	Fiabilidade
3	Eliminar o Sistema, não seria necessário o Sistema de Posicionamento, o Sistema de Transporte já posicionaria o carro por si só

É possível observar nas respostas critérios comuns, tais como; a velocidade dos cilindros de elevação; a área ocupada pelos cilindros ou a falta de centralização da carroçaria. Também é possível observar que para o inquirido nº1 a área ocupada pelos cilindros é o único critério que avalia o Sistema (Requisito Unidimensional), enquanto a área ocupada pelos cilindros é uma queixa para o inquirido nº2. Estas diferenças permitem verificar como a funcionalidade do sistema é percecionado, por cada um.

O resto das respostas podem ser consultadas no Anexo 2.

Foi possível condensar todas as respostas em 7 Requisitos apresentadas na tabela 3.5:

Tabela 3.5 - Requisitos do sistema

Centralização dos cilindros no carro
Velocidade de posicionamento dos cilindros
Desfasamento entre os cilindros
Área ocupada na Aplicação de <i>Sealer</i>
Interferencia nos movimentos dos robots
Repetibilidade de Processo
Manutenção dos cilindros

2ª Fase da implementação do Modelo de Kano

Com os Requisitos delimitados é criado o Questionário de Satisfação, onde cada Requisito vai ter uma questão dividida em duas formas:

1. **Forma Funcional da Questão:** Questão formulada de maneira positiva, estuda a reação do cliente se o Sistema de Elevação tem a característica em estudo.
2. **Forma Disfuncional da Questão:** Questão formulada negativamente, estuda a reação do cliente se o Sistema não tiver essa característica.

Cada questão permite 5 respostas:

- Gosto quando isso acontece;
- É imperativo ser assim;
- Neutro;
- Consigo viver assim;
- Não gosto.

Estas respostas permitem aos clientes demonstrarem o agrado ou desagrado com a existência dos Requisitos. Na figura 3.26 é apresentado as Formas da Questão do Requisito Centralização dos cilindros no Carro, utilizadas no Questionário de Satisfação:

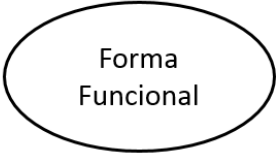
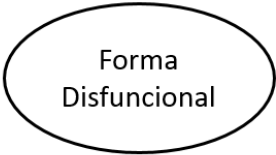
 <p>Forma Funcional</p>	<p>Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
 <p>Forma Disfuncional</p>	<p>Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

Figura 3.26 - Formas da questão do Requisito “Centralização dos cilindros no carro”

Paralelamente com o questionário é utilizado outra ferramenta de Kano, *Self-Styled Importance Questionnaire*.

Esta ferramenta permite avaliar a importância que cada cliente dá a cada Requisito. Tem um formato de escala de Likert de 7 pontos. A escala começa em “Completamente insatisfeito” e vai até “Excelente” (figura 4.26).

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito					Excelente	

1. Completamente Insatisfeito;
2. Muito Insatisfeito;
3. Insatisfeito;
4. Neutro;
5. Satisfeito;
6. Muito Satisfeito;
7. Excelente.

Figura 3.27 - Self-Styled Importance Questionnaire

Na figura 3.28, é demonstrada a resposta do primeiro inquirido, este seleccionou 6 no Requisito Centralização dos cilindros no Carro. Isto significa que o cliente está muito satisfeito com a centralização do carro pelo sistema atual.

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente						Excelente
Insatisfeito						

Figura 3.28 - Resposta do Cliente Nº1 ao Self-Styled Importance Questionnaire do primeiro Requisito

Cada Requisito é um conjunto que consiste em dois questionários demonstrado pela figura 3.29, o primeiro questionário contém as Formas Funcionais & Disfuncionais, e o segundo é o *Self-Styled Importance Questionnaire*. Na figura, a escala de Likert é apresentada com o número 1.1 de forma a reforçar que esta questão pertence ao conjunto do primeiro Requisito.

1. Centralização

<p>Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente						Excelente
Insatisfeito						

Figura 3.29 - Questionário de Satisfação sobre o Requisito "Centralização dos cilindros no carro"

O Questionário de Satisfação é composto por 7 conjuntos, por cada 7 Requisitos, no final do questionário é apresentada a forma final do *Self-Styled Importance Questionnaire*. Consiste na tabela apresentada em 3.6 e permite avaliar os 7 Requisitos entre si, esta tabela permite ao cliente avaliar cada Requisito relativamente ao Sistema de Elevação.

Tabela 3.6 - Tabela de avaliação de Requisitos Self-Styled Importance Questionnaire

	Pouco Importante			Muito Importante			
	1	2	3	4	5	6	7
Centralização dos cilindros no carro							
Velocidade de posicionamento dos cilindros							
Desfasamento entre os cilindros							
Área ocupada na Aplicação de <i>Sealer</i>							
Interferencia nos movimentos dos robots							
Repetibilidade de Processo							
Manutenção dos cilindros							

O questionário foi entregue aos mesmos clientes para expressarem as suas opiniões para com o produto.

O Questionário de Satisfação completo encontra-se no Anexo 3 e as respostas dos inquiridos encontram-se no Anexo 4.

Avaliação dos Requisitos

Com as respostas dos clientes ao Questionário de Satisfação, é necessário avaliar os 7 Requisitos e saber qual a categoria que estes enquadram. A avaliação dos Requisitos é feita a partir da Tabela de Avaliação de Kano (tabela 3.7), que combina as duas respostas às duas Formas Funcionais e Disfuncionais da Questão:

Tabela 3.7 - Tabela de Avaliação de Kano
(Matzler & Hinterhuber, 1998)

Requisitos do cliente		Questão Disfuncional				
		1. Gosto (...)	2. É imperativo (...)	3. Neutro	4. Consigo viver (...)	5. Não gosto
Questão Funcional	1. Gosto (...)	Q	A	A	A	O
	2. É imperativo (...)	R	I	I	I	M
	3. Neutro	R	I	I	I	M
	4. Consigo viver (...)	R	I	I	I	M
	5. Não gosto	R	R	R	R	Q

Cada letra denomina os 6 tipos de Requisitos que existem:

- **(O) One-dimensional** – Requisito Unidimensional;
- **(A) Attractive** – Requisito Atrativo;

- **(M) Must-be** – Requisito Obrigatório;
- **(R) Reverse** – Requisito Reverso;
- **(I) Indifferent** – Requisito Indiferente;
- **(Q) Questionable** – Requisito Questionável.

Os últimos 3 Requisitos estão diretamente relacionados com a Tabela de Avaliação de Kano e a análise do Questionário de Satisfação, quando as respostas às questões têm como resultado a categoria R (*Reverse Requirement*) significa que não só o cliente deseja o Requisito como deseja o reverso (Sauerwein, et al., 1996). Esta categoria mostra que o Requisito não é percebido da mesma forma pelos clientes, uns podem gostar do Requisito e outros não.

A categoria I (*Indifferent Requirement*), tal como o nome indica, é um Requisito ao qual os clientes têm uma atitude neutra e indiferente, não se importam se o Requisito é cumprido ou não. A categoria Q (*Questionable Requirement*) é um resultado questionável, onde normalmente as respostas não pertencem nesta categoria. Este resultado pode significar que a questão foi mal formulada, mal compreendida ou um erro por parte do questionado.

Na figura 3.30, o Inquirido nº1 respondeu ao primeiro conjunto de questões sobre a centralização dos cilindros no carro com “É imperativo ser assim” na Forma Funcional e “Consigo viver assim” no questionário de Satisfação, ao cruzar as respostas na Tabela de Avaliação de Kano obtemos a categoria I, ou seja para o cliente a centralização dos cilindros é indiferente para o aumento da satisfação no sistema.

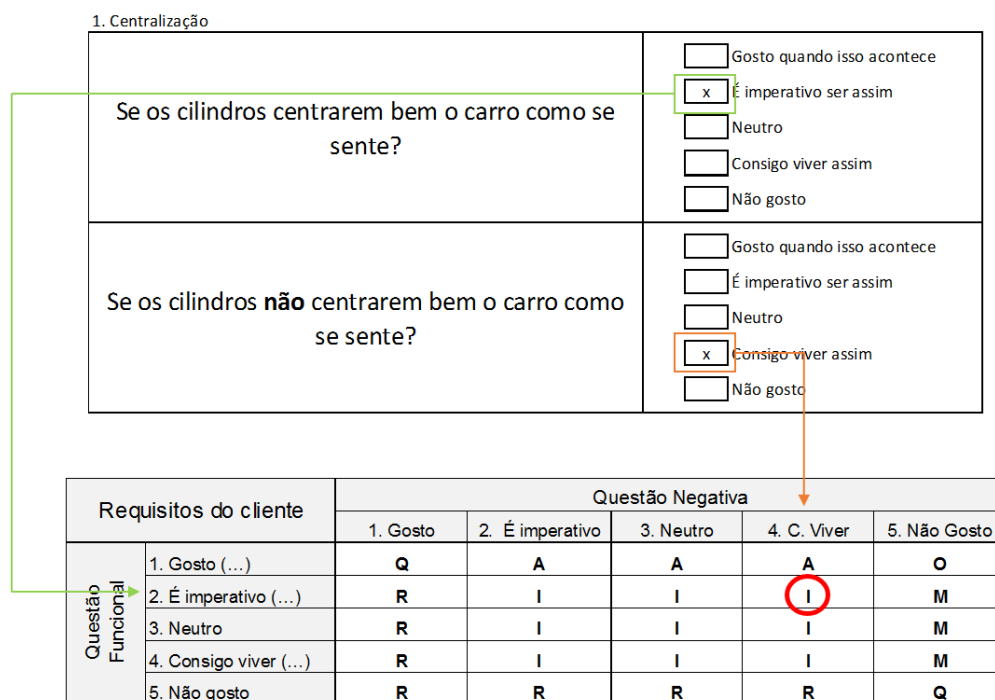


Figura 3.30 -Utilização da Tabela de Avaliação de Kano

Na tabela 3.8, é demonstrado de forma análoga ao exemplo acima referido, as categorias que os restantes clientes obtiveram para o Requisito “Centralização dos cilindros no carro”:

Tabela 3.8 - Categoria de cada cliente para o Requisito “Centralização dos cilindros no carro”

Questão 1	
Cliente	Categoria
1	I
2	M
3	I
4	O
5	I

Dos 5 clientes, 3 categorizaram a centralização dos cilindros como Indiferente (60%), e 20 % nas categorias Obrigatório (M) e Unidimensional (O), respetivamente.

Na tabela 3.9 foi calculado de forma análoga, a frequência das respostas para cada um dos Requisitos e a categoria que estes se inserem:

Tabela 3.9 - Frequência das respostas dos clientes

		Requisitos						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
		Centralização dos cilindros	Velocidade de posicionamento dos cilindros	Desfasamento entre cilindros	Área ocupada na aplicação de Sealer	Interferência no movimento dos robots	Repetibilidade do processo	Manutenção dos cilindros
Frequência de respostas	A	0%	20%	40%	20%	20%	40%	20%
	O	20%	40%	40%	40%	60%	20%	20%
	M	20%	40%	20%	40%	20%	40%	20%
	I	60%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	R	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	Q	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Categoria		I	M	O	M	O	M	M

É possível verificar nos Requisitos 2, 3, 4, 6 e 7; que existem categorias com a mesma frequência, nestes casos foi utilizada a regra de avaliação “M>O>A>I”. Esta regra decisão prioriza os Requisitos que aumentam a qualidade aparente de um produto, logo os Requisitos Obrigatórios (M) são os mais importantes devido à percepção dos clientes deste Requisito. Os clientes vêem o Requisito Obrigatório como algo intrínseco ao produto, a falta deste Requisito torna o cliente completamente insatisfeito. O segundo Requisito mais importante é o Unidimensional (O), este Requisito aumenta a satisfação do cliente proporcionalmente, quanto maior o nível de cumprimento do Requisito maior a satisfação do cliente e vice-versa. Apenas depois da categoria O temos os Requisitos Atrativos (A). O cumprimento destes Requisitos Atrativos são os que trazem maior satisfação, apesar de serem vistos pelos clientes como algo bom de se ter. Logo,

não existe problema se este Requisito não for cumprido, mas se o Requisito Atrativo for realizado então a satisfação é máxima (Cunha, et al., 2013).

A atratividade de cada Requisito no sistema é analisada pelas respostas da última tabela do Questionário de Satisfação, a segunda tabela do *Self-Styled Importance Questionnaire*. Na tabela 3.10 é apresentada a resposta do cliente nº1 ao *Self-Styled Importance Questionnaire* do Questionário de Satisfação:

Tabela 3.10 - Respostas do Inquirido nº1 à tabela de avaliação *Self-Styled Importance Questionnaire*

Cliente nº 1		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Requisitos	1. Centralização dos cilindros							x
	2. Velocidade de posicionamento dos cilindros					x		
	3. Desfasamento entre cilindros			x				
	4. Área ocupada na aplicação de <i>Sealer</i>						x	
	5. Interferência no movimento dos robots							x
	6. Repetibilidade do processo							x
	7. Manutenção dos cilindros				x			

Para o cliente nº1 os Requisitos 1, 5 e 6 são os mais importantes seguidos do Requisito 4, 2, 7 e 3, respetivamente.

Na Tabela 3.9 a maior parte dos Requisitos são Obrigatórios (M), com apenas 2 Unidimensionais (Requisito 3 e 5) e o 1º Requisito foi classificado de Indiferente. Devido à forma como cada categoria é percecionada pelo cliente, os Requisitos 3 (tabela 3.11) e 5 (tabela 3.12) são os que mais irão influenciar a satisfação do no sistema. Ao analisar a importância que cada um dos clientes dão a cada Requisito podemos verificar o nível de atratividade que estes Requisitos contém:

Tabela 3.11 - Nível de importância *Self-Styled* dos clientes para com o Requisito 3

3. Desfasamento entre cilindros		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1			x				
	nº2							x
	nº3			x				
	nº4							x
	nº5						x	

Tabela 3.12 - Nível de importância Self-Styled dos clientes para com o Requisito 5

5. Interferência no movimento dos robots		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1							X
	nº2							X
	nº3							X
	nº4							X
	nº5							X

Ao comparar as respostas dos clientes entre o Requisito 3 e o 5, nota-se que o Requisito Interferência no movimento dos robots é considerado pelos clientes como muito mais importante que o Desfasamento entre cilindros.

De forma a aprofundar a atratividade dos Requisitos estudados foi aplicada o Coeficiente de Satisfação do Cliente (CSC). Este coeficiente indica se a satisfação de um Requisito pode aumentar com o seu cumprimento ou apenas impede o cliente de estar insatisfeito (Tontini, 2007).

O cálculo da Extensão da Satisfação é obtido pela seguinte equação (3.1):

$$\frac{A + O}{A + O + M + I} \quad (3.1)$$

Extensão da Insatisfação (equação 3.2):

$$\frac{O + M}{(A + O + M + I) \times (-1)} \quad (3.2)$$

Na fórmula do CSC da extensão da Satisfação (CSCS) o denominador é constituído pelos dois Requisitos que mais aumentam o nível de satisfação. Enquanto, na fórmula da Extensão de Insatisfação, o denominador é composto pelos Requisitos Unidimensionais (O) e Obrigatórios (M). Os Requisitos da categoria M não têm nenhum impacto na satisfação dos clientes, mas a falta destes criar imensa insatisfação. O CSC da Insatisfação (CSCI) tem sinal negativo para demonstrar o efeito que cria na satisfação geral do produto. (Sauerwein, et al., 1996).

Na tabela 3.13 é apresentado o cálculo dos Coeficientes da Satisfação dos Clientes de cada um dos Requisitos estudados:

Tabela 3.13 – Tabela de frequências e CSC dos Requisitos

		Requisitos						
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
		Centralização dos cilindros	Velocidade de posicionamento dos cilindros	Desfasamento entre cilindros	Área ocupada na aplicação de Sealer	Interferência no movimento dos robots	Repetibilidade do processo	Manutenção dos cilindros
Frequência de respostas	A	0%	20%	40%	20%	20%	40%	20%
	O	20%	40%	40%	40%	60%	20%	20%
	M	20%	40%	20%	40%	20%	40%	20%
	I	60%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	R	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
	Q	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Categoria		I	M	O	M	O	M	M
CSC	Satisfação	0,2	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6	0,5
	Insatisfação	-0,4	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-0,6	-0,5

O CSC da Extensão de Satisfação está compreendido entre 0 e 1; quanto mais perto do valor 1, mais o Requisito satisfaz o cliente quando cumprido. Enquanto, no CSC da extensão de Insatisfação, compreendido entre -1 e 0; quanto menor for o valor mais insatisfação o Requisito dá quando não realizado (Matzler & Hinterhuber, 1998).

Ao analisar o Requisito 2 (Velocidade de posicionamento dos cilindros), observamos um CSC positivo de 0,6 e um CSC negativo de -0,8. Quando a velocidade do posicionamento dos cilindros é mais lenta cria mais insatisfação proporcionalmente com o aumento de velocidade. No Requisito 5 temos CSC positivo de 0,8 e CSC negativo de -0,8, isto demonstra que quanto menor for o nível de Interferência nos movimentos dos robots satisfaz de forma proporcional à insatisfação obtida se houvesse um aumento no nível da interferência nos robots.

O único Requisito com o CSC positivo (0,8) proporcionalmente maior que o CSC negativo (-0,6), é o Desfasamento entre cilindros (Requisito nº3). Logo, este é o único Requisito que traz mais satisfação quando cumprido em relação aos outros Requisitos.

Com os valores do CSC calculados, estes foram transpostos para um gráfico (figura 3.31), de forma a facilitar a compreensão destes:

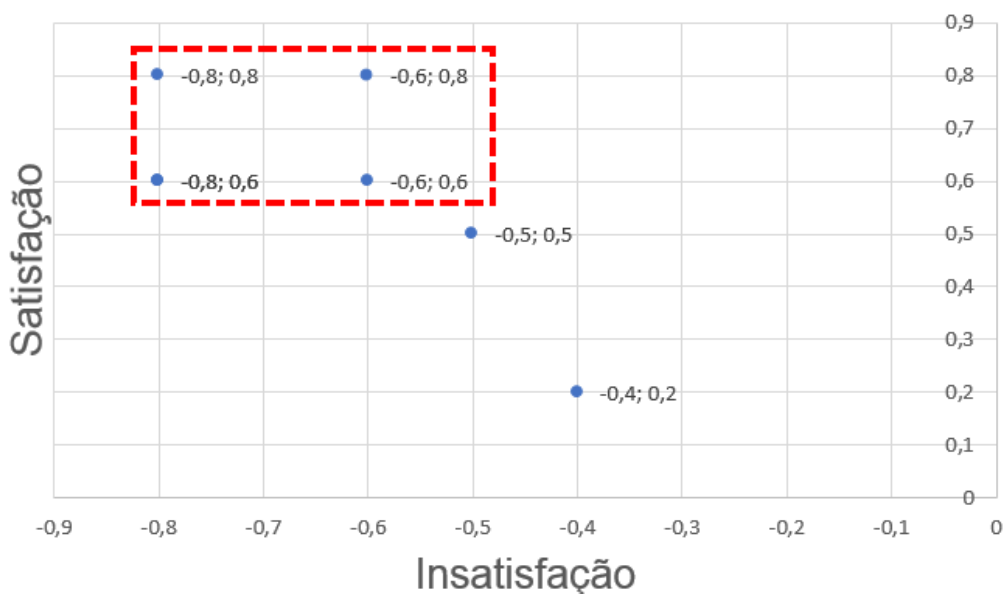


Figura 3.31 - Influência dos Requisitos na Satisfação do Sistema

No quadrante superior esquerdo, observamos 5 pontos muito importantes e os que trazem maior satisfação, com coeficiente positivo maior que 0.5:

- Requisito 5 (0,8 ; -0,8) – Como anteriormente referido, o nível de satisfação é proporcional ao de insatisfação. Como o Requisito é de categoria O, é um perfeito exemplo de unidimensionalidade.
- Requisito 3 (0,8 ; -0,6) – O único Requisito que proporciona mais satisfação quando cumprido. Requisito do Tipo O.
- Requisito 2 (0,6 ; -0,8) – Este Requisito é de categoria Obrigatório (M) e quando não cumprido, insatisfaz mais que satisfaz. Apesar desta proporção negativa, e os clientes percecionarem o Requisito como qualidade básica, este quando cumprido ainda satisfaz de forma muito positiva o cliente.
- Requisito 4 (0,6 ; -0,8) – Tem as exatas características do Requisito 2, desde a categoria M aos valores dos CSC.
- Requisito 6 (0,6 ; -0,6) – O Requisito mais neutro do quadrante. Apesar de categoria M, os valores do CSC são igualmente proporcionais, e com um valor mais pequeno; este facto pode ser explicado pela frequência de respostas pelos inquiridos. 40% das

respostas categorizavam este Requisito como Atrativo e outros 40% como Obrigatório, a escolha caiu na categoria M devido à regra de avaliação M>O>A>I. Por ter a componente A de forma tão evidente, é normal que o Requisito tenha algumas características desta categoria; neste caso, a de não ser explicitamente expressada ou expectada pelos clientes.

Na tabela 3.14 observamos os Requisitos, as categorias e os valores dos coeficientes SC dos pontos escolhidos:

Tabela 3.14 - Requisitos escolhidos na análise de Kano

Requisitos	Categoria	CSCS	CSCI
2. Velocidade de posicionamento dos cilindros	M	0,6	-0,8
3. Desfasamento entre cilindros	O	0,8	-0,6
4. Área ocupada na aplicação de Sealer	M	0,6	-0,8
5. Interferência no movimento dos robots	O	0,8	-0,8
6. Repetibilidade do processo	M	0,6	-0,6

De forma a analisar qual dos Requisitos provoca a maior insatisfação no sistema atual de posicionamento face à perceção dos clientes é utilizada a segunda questão de cada Requisito, a parte do *Self-States Importance Questionnaire* utilizada para avaliar a satisfação de cada um dos Requisitos no processo atual.

Os restantes 2 Requisitos; Centralização dos cilindros e Manutenção dos cilindros respetivamente, não irão ser abordados por não satisfazerem os clientes de forma acentuada.

Na figura 3.32 observamos a resposta do primeiro inquirido sobre o seu grau de satisfação face à velocidade dos cilindros no processo corrente:

2.1 Como avalia a velocidade dos cilindros no processo corrente?

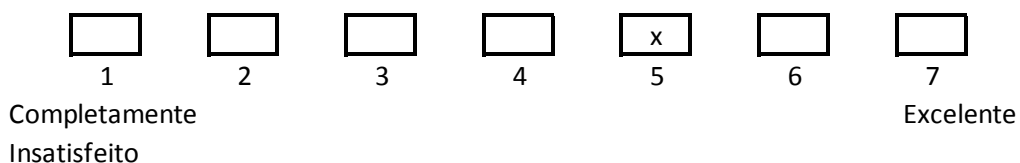


Figura 3.32 – Avaliação do nível de satisfação por parte do Cliente N°1 do Requisito 2

Na tabela 3.15, observamos as respostas ao grau de satisfação do processo corrente de todos os inquiridos em relação ao Requisito 2:

Tabela 3.15 - Respostas por parte dos Clientes relativamente ao Grau de Satisfação para com o Requisito 2

2. Velocidade de posicionamento		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1					x		
	nº2					x		
	nº3					x		
	nº4					x		
	nº5				x			

De forma a analisar o nível de satisfação pelos clientes, foi utilizado método de avaliação de **Ranking Médio (RM)**, é utilizada a média ponderada em relação à frequência das respostas (equação 3.3):

$$RM = \frac{X_1W_1 + X_2W_2 + \dots + X_nW_n}{Total\ de\ Respostas} \quad (3.3)$$

Onde:

- X_n – Frequência de Respostas do nível de Satisfação n
- W_n – Peso do nível de Satisfação n

O Peso do nível de Satisfação é o mesmo do valor na escala de Likert. Ou seja, o peso para Completamente Insatisfeito representado pelo ponto 1 da escala, vai ter valor 1.

Ao avaliar o Ranking Médio do Requisito 2 na equação 3.4, observamos que 4 clientes escolheram o ponto 5, enquanto apenas 1 inquirido respondeu com o ponto 4. Logo, obtemos:

$$RM = \frac{X_1W_1 + X_2W_2 + \dots + X_nW_n}{Total\ de\ Respostas} = \frac{(0 \times 1) + (0 \times 2) + (0 \times 3) + (1 \times 4) + (4 \times 5) + (0 \times 6) + (0 \times 7)}{5} = 4,8 \quad (3.4)$$

O valor 4 na escala é o valor Neutro, todos os pontos acima deste demonstram satisfação e todos os números menores representam insatisfação. Como o valor 4,8 é maior que 4, os clientes estão satisfeitos quanto à velocidade dos cilindros, apesar de forma ligeira.

De forma análoga à análise feita para o Requisito 2, o Ranking Médio é apresentado na tabela 3.16 para cada um dos 5 Requisitos em estudo:

Tabela 3.16 - Ranking Médio

		Requisitos				
		2.	3.	4.	5.	6.
		Velocidade de posicionamento dos cilindros	Desfasamento entre cilindros	Área ocupada na aplicação de <i>Sealer</i>	Interferência no movimento dos robots	Repetibilidade do processo
Peso do Nível de Ponderação	1	0	1	1	1	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	1
	4	1	1	0	2	0
	5	4	1	3	1	2
	6	0	1	1	1	2
	7	0	0	0	0	0
	Total	5	5	5	5	5
RM	4,8	3,8	4,4	4	5	

Na tabela 3.17, observamos os Requisitos ordenados pelo maior grau de insatisfação ao mais pequeno:

Tabela 3.17 - Ordem dos Requisitos pelo Grau de Insatisfação

Requisito	Ranking Médio
3. Desfasamento entre cilindros	3,8
5. Interferência no movimento dos robots	4
4. Área ocupada na aplicação de <i>Sealer</i>	4,4
2. Velocidade de posicionamento dos cilindros	4,8
6. Repetibilidade do processo	5

Os Requisitos (excetuando o número 3), estão entre os pontos 4 e 5, ou seja entre Neutro e Satisfeito, demonstrando que o Sistema de Elevação atual é ligeiramente satisfatório e que necessita de ser melhorado.

O cumprimento atual dos Requisitos Unidimensionais são os que mais provocam insatisfação (Requisitos 3 e 5), estes também são aqueles que trazem mais satisfação quando realizados, em relação aos outros, como anteriormente fora referido.

3.6.3.2 Definição dos Requisitos e das Interações Positivas e Negativas

Construção da Matriz de Idealidade

O estudo realizado com o modelo de Kano, permitiu desvendar quais os critérios ou Requisitos, que regem o Sistema de Elevação pela parte do grupo de funcionários da VWAE que mais contato têm com o equipamento e o processo na estação *Flatstream*.

De forma a melhorar o todo o Sistema, os mesmos critérios são aplicados na **Matriz de Idealidade**. Todos os critérios devem de ser melhorados, um sistema é ideal quando todas as suas funções são conseguidas sem efeitos negativos (Mishra, 2013).

As interações entre os critérios a melhorar podem ser positivos (representados com o sinal +), negativos (-) ou podem não existir. Quando são observadas interações negativas, os critérios são transpostos na Matriz de Contradições sob a forma dos 39 Parâmetros de Engenharia segundo TRIZ.

A tabela 3.18 é a Matriz de Idealidade, formada pelos 5 Requisitos estudados no Modelo de Kano. Estes estão dispostos sob a ordem da tabela 4.17; onde a primeira linha e coluna da Matriz é representada pelo Requisito 3 (Desfasamento entre cilindros) que contém o maior grau de insatisfação face ao grupo estudado.

Tabela 3.18 - Matriz de Idealidade

Requisitos	Redução do Desfasamento entre cilindros	Redução na Interferência no movimento dos robots	Redução da Área ocupada na aplicação de <i>Sealer</i>	Aumento da Velocidade de posicionamento dos cilindros	Aumento da Repetibilidade do processo
Redução do Desfasamento entre cilindros				-	+
Redução na Interferência no movimento dos robots			+		-
Redução da Área ocupada na aplicação de <i>Sealer</i>		+			-
Aumento da Velocidade de posicionamento dos cilindros	-				-
Aumento da Repetibilidade do processo	+	-	-	-	

Estudando a Matriz de Idealidade observamos diversas interações positivas ou negativas, cada uma destas é explicada em detalhe:

1 a) Redução do desfasamento entre cilindros – Aumento da velocidade de posicionamento dos cilindros:

- Interação Negativa (-): O desfasamento entre cilindros é caracterizado pela diferença de alturas entre os cilindros de cada par, o aumento da velocidade de posicionamento dos cilindros representa menor controlo no processo de elevação e consequentemente menor controlo na altura dos cilindros.

1 b) Redução do Desfasamento entre cilindros – Aumento da Repetibilidade de processo:

- Interação Positiva (+): Menor desfasamento entre cilindros representa menos instabilidade da carroçaria, logo o processo na estação de *Flatstream* fica mais robusto.

2 a) Redução da Interferência nos movimentos dos robots – Redução da Área ocupada na aplicação de *Sealer*:

- Interação Positiva (+): A interferência dos robots é o volume dos cilindros que apoiam a carroçaria. Obrigando a movimentos pelos robots de forma a contornar o cilindro e aplicando *sealer*. Quanto menor o nível de interferência, menor será a área ocupada pela “cabeça” dos cilindros na carroçaria.

2 b) Redução da Interferência nos movimentos dos robots – Aumento da Repetibilidade de processo:

- Interação Negativa (-): Quanto menor for a interferência nos movimentos, menor volume do cilindro e a capacidade de carga deste. Criando assim instabilidade na carroçaria e pondo em causa a repetibilidade do processo.

3 Redução da Área ocupada na aplicação de *Sealer* – Aumento Repetibilidade de processo:

- Interação negativa (-): A área em contacto com a carroçaria e do topo do cilindro não permitem a aplicação de *Sealer* (figura 3.33). Como área de contacto com a carroçaria é muito pequena a única forma de aumentar a zona de aplicação de *sealer* será na redução do tamanho da “cabeça” do cilindro. Esta por si só é ligada ao êmbolo do cilindro e duas guias metálicas que auxiliam o êmbolo suportando carga (figura 3.34).

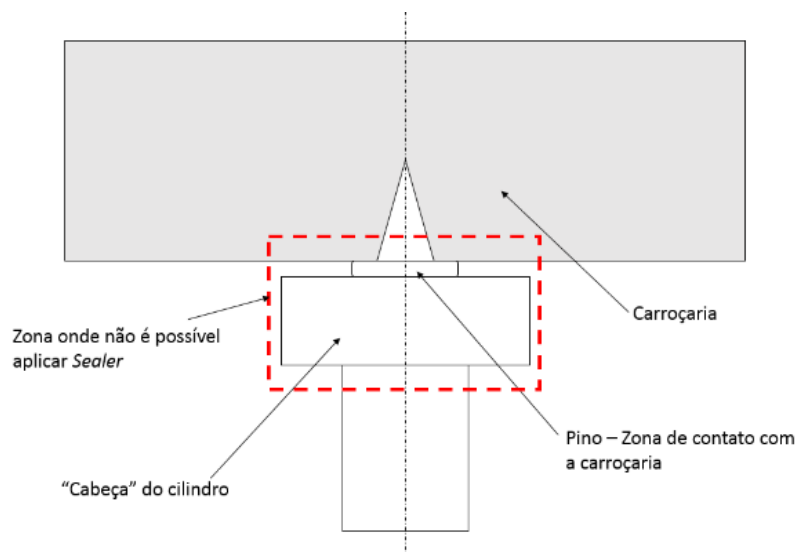


Figura 3.33 – Zona onde não é possível de aplicar sealer



Figura 3.34 - Cilindro SMC MGPS80TF-200

- A diminuição do tamanho da cabeça significa retirar as guias metálicas, representando em perda de capacidade de carga do cilindro e risco de dano ao equipamento, provocando assim instabilidade em todo o processo (figura 3.35).

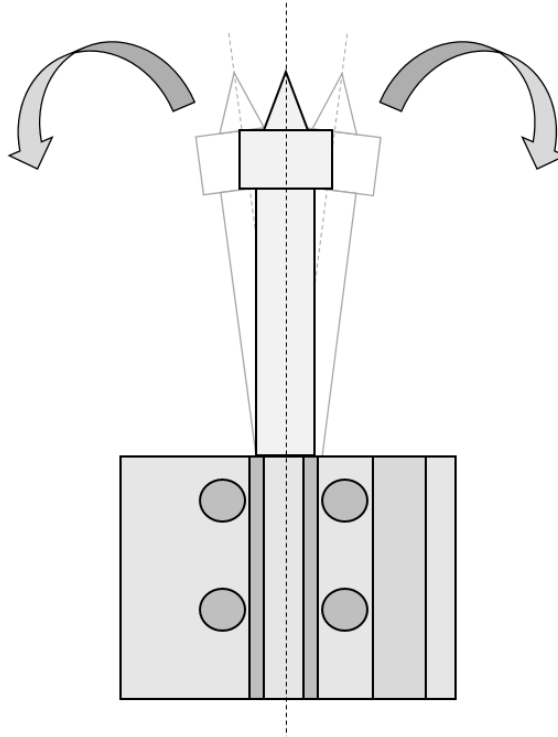


Figura 3.35 - Instabilidade de um cilindro sem guias metálicas

4 Aumento da Velocidade no posicionamento dos cilindros – Aumento da Repetibilidade de processo:

- Interação negativa (-): O aumento de velocidade no posicionamento pode danificar a carroçaria a partir da força aplicada pelos pinos na chapa, se esta não estiver bem centrada (sendo o caso muito comum). Logo, representa instabilidade no processo.

Transposição dos Requisitos para os Parâmetros de Engenharia segundo a TRIZ

Na Matriz de Idealidade observou-se várias interações negativas entre os Requisitos, de forma a aplicar a Matriz de Contradições no sistema é necessário utilizar os 39 Parâmetros de Engenharia.

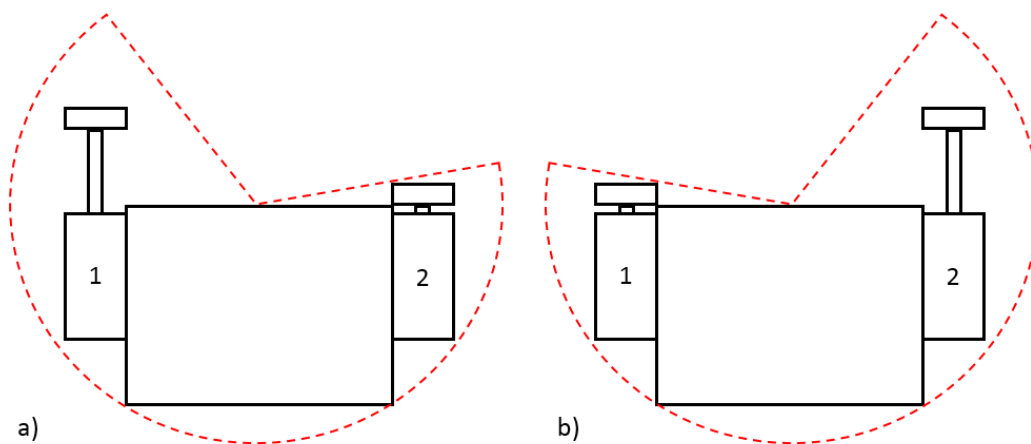
A transposição dos Requisitos para os Parâmetros de Engenharia, é feita a partir da seguinte ordem: Requisito em negrito, Parâmetro de Engenharia escolhido utilizando a nomenclatura portuguesa utilizada por Navas (2014) e a razão da escolha do Parâmetro.

1. **Desfasamento entre cilindros** → Estabilidade do Objeto

- Como referido, o desfasamento dos cilindros é caracterizado pelo facto de os cilindros atingirem alturas diferentes entre si, criando instabilidade na carroçaria. De forma a melhorar o sistema, é ideal que a carroçaria seja nivelada, logo estável.

2. **Interferência no movimento dos robots** → Volume (Objeto móvel)

- A interferência no movimento dos robots é caracterizada pelo volume ocupado dos cilindros durante a aplicação de *sealer*. O volume do objeto é considerado móvel devido ao facto de existirem dois pares de cilindros específicos para os modelos produzidos, na figura 3.36 a) Observamos o processo para o modelo *Scirocco*, o par de cilindro 1 está elevado enquanto o 2º par está retraído, o volume ocupado durante VWSCI é delimitado pela linha vermelha. Em 3.36 b), o processo é orientado para o modelo MPV.



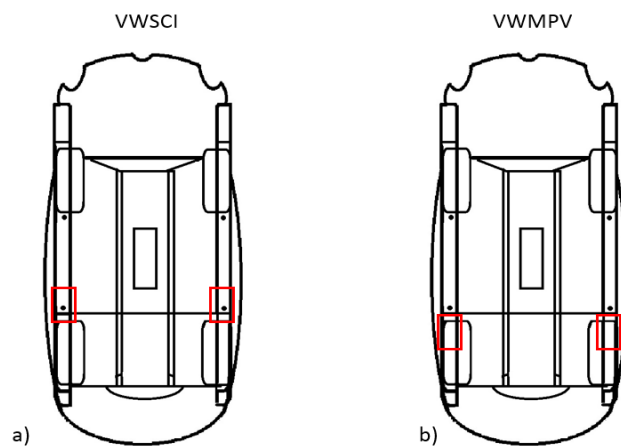
a) Espaço ocupado no modelo VWSCI

b) Espaço ocupado no modelo VWMPV

Figura 3.36 - Espaço ocupado pelos cilindros

3. Área ocupada na aplicação de *Sealer* → Área (Objeto móvel)

- Como fora anteriormente referido, a área ocupada na aplicação é constituída pela “cabeça” do cilindro, tal como no Parâmetro anterior, a área é considerada móvel pois está em posições diferentes no espaço de acordo com o modelo. Ao observar a figura 3.37 a) é demonstrada a posição da área ocupada pelos cilindros na aplicação de *sealer* (representada pela linha vermelha) no modelo *Scirocco* em relação ao modelo MPV (representado pela figura 4.36 b)).



a) Área ocupada no modelo VWSCI

b) Área ocupada no modelo VWMPV

Figura 3.37 - Área ocupada pelos cilindros

4. Velocidade de posicionamento dos cilindros → Velocidade

- A velocidade como Parâmetro foi escolhida devido à capacidade por parte do sistema de controlar a velocidade de elevação dos cilindros.

5. Repetibilidade de processo → Fiabilidade

- O objetivo da VWAE é ter um sistema que proporcione um processo robusto e fiável, de forma a analisar este Requisito foi escolhido o Parâmetro **Fiabilidade**.

Na tabela 3.19 é apresentado de forma sintetizada, os Requisitos de Kano e equivalente Parâmetro de Engenharia e respetiva numeração.

Tabela 3.19 - Transposição de Requisitos de Kano para os 39 Parâmetros de Engenharia

Requisitos de Kano	Parâmetros de Engenharia	
	nº	Denominação
Desfasamento entre cilindros	13	Estabilidade
Interferência no movimento dos robôs	7	Volume (Objeto móvel)
Área ocupada na aplicação de Sealer	5	Área (Objeto móvel)
Velocidade de posicionamento dos cilindros	9	Velocidade
Repetibilidade do processo	27	Fiabilidade

A Matriz de Idealidade apresentada pela tabela 3.20 foi refeita de forma a utilizar os Parâmetros de Engenharia definidos anteriormente. A ordem dos Parâmetros é conforme o seu número dentro da lista dos 39 itens, as interações entre cada Requisito/Parâmetro continuam iguais.

Tabela 3.20 - Matriz de Idealidade com Parâmetros de Engenharia

Requisitos		Redução da Área (Objeto móvel)	Redução do Volume (Objeto móvel)	Aumento da Velocidade	Aumento da Estabilidade do Objeto	Aumento da Fiabilidade
		5	7	9	13	27
Redução da Área (Objeto móvel)	5		+			-
Redução do Volume (Objeto móvel)	7	+				-
Aumento da Velocidade	9				-	-
Aumento da Estabilidade do Objeto	13			-		+
Aumento da Fiabilidade	27	-	-	-	+	

3.6.3.3 Geração de Soluções Genéricas

Apresentada a matriz de Idealidade com os Parâmetros de Engenharia, é utilizada a Matriz de Contradições (tabela 3.21). Apenas se irá focar nas interações negativas da Matriz de Idealidade, pois as interações positivas aumentam a **idealidade** do sistema ao contrário das negativas.

Tabela 3.21 - Matriz de Contradições aplicadas ao Sistema de Elevação

Requisitos		Área (Objeto móvel)	Volume (Objeto móvel)	Velocidade	Estabilidade do Objeto	Fiabilidade
		5	7	9	13	27
Área (Objeto móvel)	5					9, 29
Volume (Objeto móvel)	7					14, 1, 40, 11
Velocidade	9				28, 33, 1, 18	11, 35, 27, 28
Estabilidade do Objeto	13			33, 15, 28, 18		
Fiabilidade	27	10, 14, 16, 17	3, 10, 14, 24	21, 35, 11, 28		

As **linhas** da tabela 3.21 representam os **Parâmetros a melhorar**, e as **colunas** os **Parâmetros que pioram** com a melhoria.

Os valores apresentados dentro das células, são os Princípios Inventivos que permitem auxiliar na solução para a Contradição Técnica entre os Parâmetros de Engenharia.

Por exemplo, ao melhorar o Parâmetro Área do Objeto móvel o Parâmetro Fiabilidade piora, de forma a solucionar a Contradição Técnica é apresentado os Princípios Inventivos nº 9 e 29 respetivamente.

Como os Princípios Inventivos contidos nas células da Matriz de Contradições não são específicos para o caso em estudo, é necessário filtrar os princípios de forma a apenas se utilizar os mais apropriados para o Sistema de Elevação.

A negrito é apresentada o(s) Parâmetro (s) escolhido(s):

Área (objeto móvel) → Fiabilidade:

- (9) Neutralização prévia;
- **(29) Utilização de sistema pneumático ou hidráulico.**

Volume (objeto móvel) → Fiabilidade:

- **(1) Segmentação;**
- **(11) Amortecimento Prévio;**
- **(14) Esfericidade;**
- **(40) Materiais Compósitos.**

Velocidade → Estabilidade do Objeto:

- **(1) Segmentação;**
- (18) Vibração Mecânica;
- **(28) Substituição do Sistema mecânico;**
- **(33) Homogeneidade.**

Velocidade → Fiabilidade:

- **(11) Amortecimento Prévio;**
- (27) Objeto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável;
- **(28) Substituição do Sistema mecânico;**
- (35) Transformação do Estado Físico ou Químico.

Estabilidade do Objeto → Velocidade:

- **(15) Dinamismo;**
- (18) Vibração Mecânica;
- **(28) Substituição do Sistema mecânico;**
- **(33) Homogeneidade.**

Fiabilidade → Área (objeto móvel):

- **(10) Ação Prévia;**
- **(14) Esfericidade;**
- (16) Ação Atenuada ou Acentuada;
- (17) Mudança para nova Dimensão.

Fiabilidade → Volume (objeto móvel):

- (3) Qualidade Local;
- **(10) Ação Prévia;**
- **(14) Esfericidade;**
- **(24) Mediação.**

Fiabilidade → Velocidade:

- **(11) Amortecimento Prévio;**
- (21) Urgência;
- **(28) Substituição do Sistema mecânico;**
- (35) Transformação do Estado Físico ou Químico.

Princípios Inventivos

Na tabela 3.22 é apresentado todos os Princípios escolhidos em relação aos Parâmetros de Engenharia:

Tabela 3.22 - Princípios Inventivos do Sistema Posicionador

Nº do Princípio Inventivo	Parâmetros de Engenharia				
	Área (objeto imóvel)	Volume (objeto móvel)	Velocidade	Estabilidade	Fiabilidade
	29	1, 11, 14, 40	1, 11, 28, 33	15, 28, 33	10, 11, 14, 24, 28

Os Princípios Inventivos escolhidos têm várias aplicações práticas que diferem às necessidades do Sistema de Elevação. Ao dissecar cada Princípio, é possível adapta-lo ao Sistema de Elevação de forma a proporcionar uma solução.

Utilizando a definição traduzida de Altshuller a cada Princípio Inventivo (2002):

(1) Segmentação:

- Dividir o objeto em partes diferentes;
- Fazer o objeto seccional (para fácil montagem e desmontagem);
- Aumentar o nível de segmentação do objeto.

(10) Ação Prévia:

- Fazer as mudanças ao objeto completamente ou parcialmente previamente à ação;
- Preparar objetos previamente à ação de forma a ser utilizados no momento e local convenientes.

(11) Amortecimento prévio:

- Aumentar a baixa fiabilidade de um objeto ao tomar contramedidas previamente.

(14) Esfericidade:

- Em vez de utilizar partes, superfícies ou formas retilíneas, utilize curvilíneas. Em vez de utilizar superfícies planas, substitua por superfícies curvas. Em vez de objetos cúbicos, utilize objetos esferoidais.
- Use rolos, esferas, espirais e cúpulas.
- Ir de movimento linear para rotatório (e vice-versa);
- Usar forças centrífugas.

(15) Dinamismo:

- Ajustar características do objeto ou ambiente externo de forma a terem o melhor desempenho;
- Dividir o objeto em partes capazes de movimento em relação às outras;
- Se um objeto é imóvel, torne-o móvel.

(24) Mediação:

- Utilize um objeto intermédio para transferir ou executar uma ação;
- Conectar um objeto ao outro temporariamente que seja de fácil remoção.

(28) Substituição do Sistema Mecânico:

- Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, térmico ou olfativo;
- Usar campos elétricos, magnéticos ou eletromagnético para interagir com o objeto;
- Substituir campos estáticos por móveis; campos não estruturados por campos estruturados
- Utilizar campos em conjunto com partículas ferromagnéticas.

(29) *Utilização de Sistema pneumático ou hidráulico:*

- Substituir peças sólidas por líquidas ou gasosas (peças que permitam insuflação, encher com líquido ou amortecedores pneumático).

(33) *Homogeneidade:*

- Fazer objetos interagir com outros constituintes do mesmo material ou com as mesmas propriedades.

(40) *Materiais Compósitos:*

- Substituir materiais homogêneos por materiais compósitos.

3.6.3.4 Proposta de Soluções Específicas

A solução proposta irá modificar o *skid* de forma a utilizar esta ferramenta no Sistema de Posicionamento futuro, ao invés do Sistema atual onde o *skid* não tem papel nenhum na elevação da carroçaria. Ao utilizar o *skid* como auxiliar na elevação da carroçaria, estamos a pôr em prática o Princípio nº 10 (**Ação Prévia**). Quando fora da estação de *Flatstream* o *skid* terá a mesma função que anteriormente.

Outro Princípio Inventivo a utilizar no *skid* será a **Segmentação (1)**, o *skid* será composto por duas partes separadas: o corpo e pinos. A figura 3.38 demonstra esta separação,

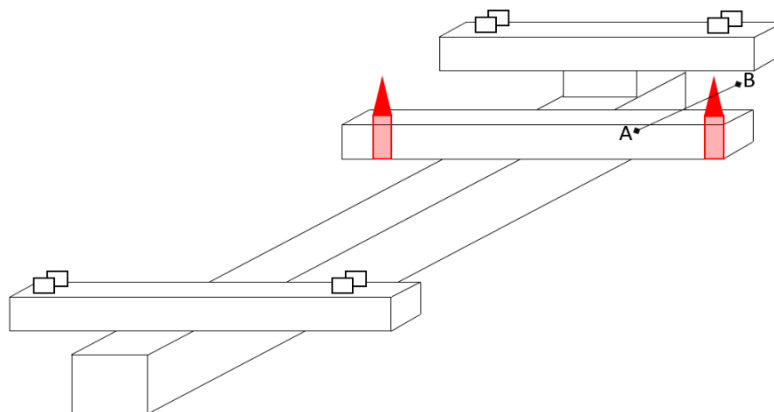


Figura 3.38 - Nova estrutura do skid

Na figura 3.39 mostra em detalhe a separação a partir de uma vista em corte lateral esquerda (corte A-B da figura 3.38).

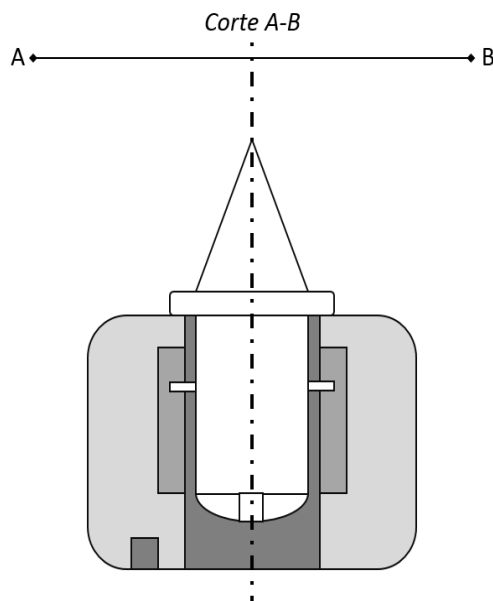


Figura 3.39 - Segmentação do skid

O fundo do pino é curvilíneo de forma a encaixar com facilidade no cilindro elevatório. (Princípio Inventivo nº14 **Esfericidade**)

A nova furação do *skid*, será revestida por um material não magnético, o mesmo material é utilizado no fundo do corpo do cilindro e no topo do cilindro, posteriormente neste subcapítulo se irá aprofundar este tópico.

Pino do *skid*

Ao separar o pino do *skid*, este automaticamente fica como um novo componente do sistema e deve de ser analisado de forma a ser o mais adequado para o processo.

O pino é constituído por 4 partes, esta **segmentação (1)** é apresentada pela figura 3.40. Outros Princípios Inventivos utilizados na criação do pino serão: **Materiais Compósitos (40)** e **Homogeneidade (33)**; todos estes princípios são utilizados no fundo do pino, o material não deve de ter propriedades magnéticas, deve ser feito de materiais compósitos para durabilidade e resistência. Este material deve de ser também ser utilizado no forro da furação do *skid* e na “cabeça” do cilindro.

Na lateral do pino existem 2 batentes, estes batentes têm a função de prevenção contra a rotação do pino no seu eixo e bloqueiam o pino de poder-se libertar caso seja demasiado elevado (Princípio 11 - **Amortecimento prévio**).

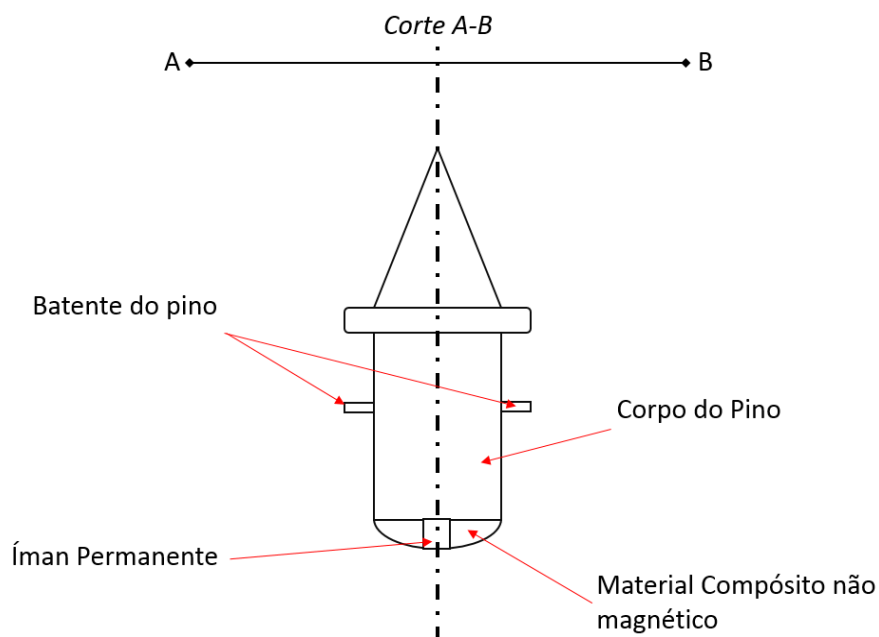


Figura 3.40 - Vista e componentes do corte lateral esquerdo do pino do skid

Cilindros elevatórios

No Sistema de Elevação atual existem 2 pares de cilindros que operam de acordo com o modelo em vigor na estação figura 3.41. É possível observar que não só os cilindros ocupam volume, mas também a própria estrutura do *skid* interfere no movimento dos robots.

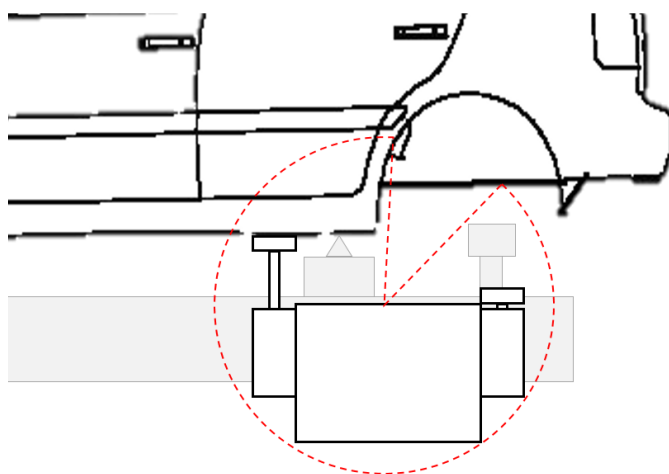


Figura 3.41 - Espaço ocupado pelo Sistema de Elevação atual e pela estrutura do skid

Na solução proposta apenas é utilizado um par de cilindros que estão localizados por baixo dos pinos do *skid* como é possível verificar-se pela figura 3.42. O equipamento será o mesmo utilizado no sistema atual, a diferença estará no topo do cilindro, com novos componentes e funcionalidades.

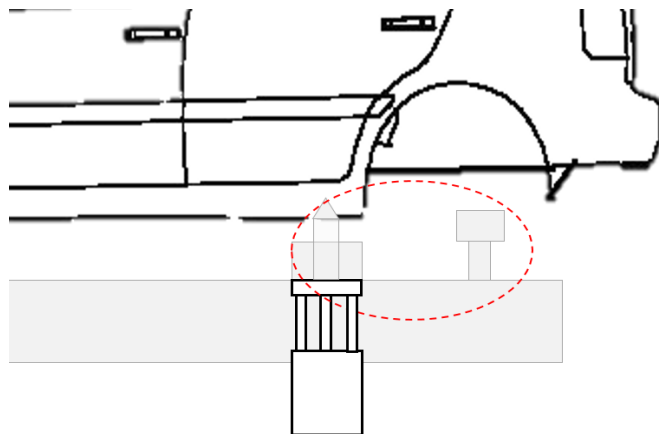


Figura 3.42 - Nova posição dos cilindros elevatórios e espaço ocupado por este durante a aplicação de sealer

A extração e mudança de posição dos cilindros permitirá uma maior liberdade de movimento aos robots, pois retira os obstáculos à aplicação de *sealer*. De forma análoga, a área ocupada pela aplicação de sealer também é diminuída para apenas a zona de contacto entre o pino e a carroçaria. As linhas vermelhas representam o volume ocupado pelo novo Sistema de Elevação da Carroçaria.

Ao observar as figuras anteriores, observamos numa diminuição drástica na interferência no movimento dos robots entre o sistema atual e o proposto. Na solução a maior causa de interferência é o apoio para o VWMPV no *skid*, ao invés dos cilindros montados na estrutura metálica.

A solução apenas afeta o sistema atual no funcionamento dos pares de cilindros 2 e 3 observados na figura 4.5, referidos anteriormente ao definir a problemática do caso de estudo. O par de cilindros nº1, ou seja os cilindros dianteiros, mantém-se com a mesma disposição localização e função.

Ao continuar a utilizar-se o sistema de cilindros, mantemos o sistema pneumático e assim aplica-se o princípio nº 29 (**Utilização de sistema pneumático ou hidráulico**).

A figura 3.43 apresenta a estrutura no topo do cilindro, observam-se duas particularidades: o encaixe em vez do pino e um sensor de toque. O encaixe utiliza o princípio da **Esfericidade** de forma a melhorar a elevação do pino ao ter a forma inversa deste. O papel do eletroímã e do sensor serão explicados mais adiante.

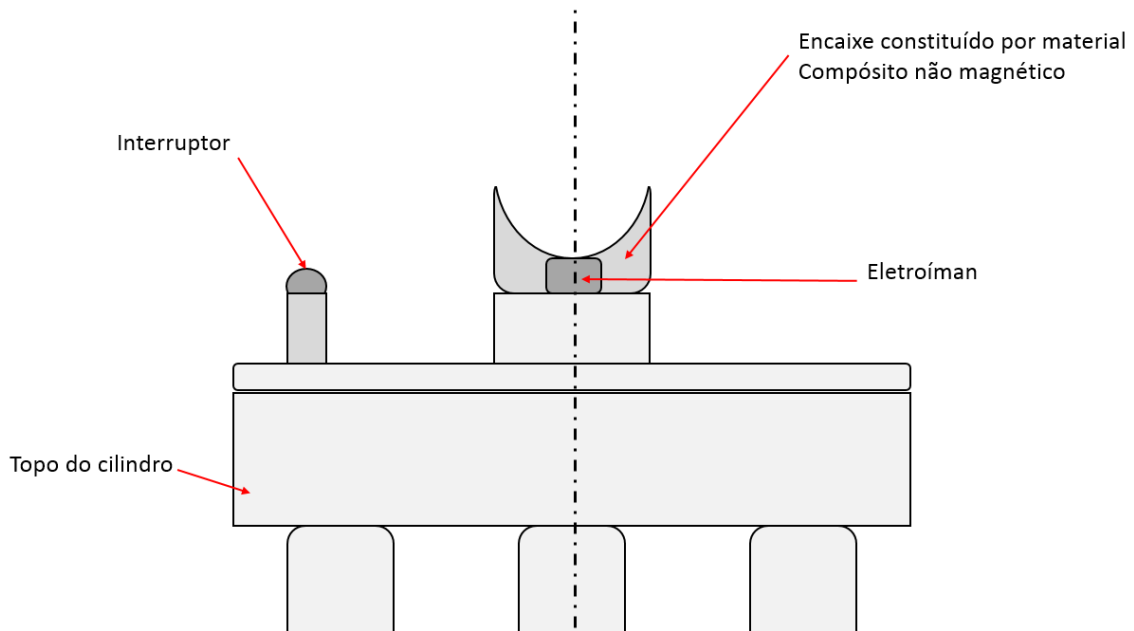


Figura 3.43 – Proposta para o topo do cilindro elevatório

Dinâmica *skid* – Cilindros elevatórios

A interação entre *skid* e os cilindros elevatórios é demonstrada nas seguintes figuras 3.44, 3.45 e 3.46 respetivamente.

Em 3.44 observamos a carroçaria posicionada pelo **subsistema de posicionamento de *skid* da carroçaria** (imediatamente antes do subsistema de elevação da carroçaria é ativado).

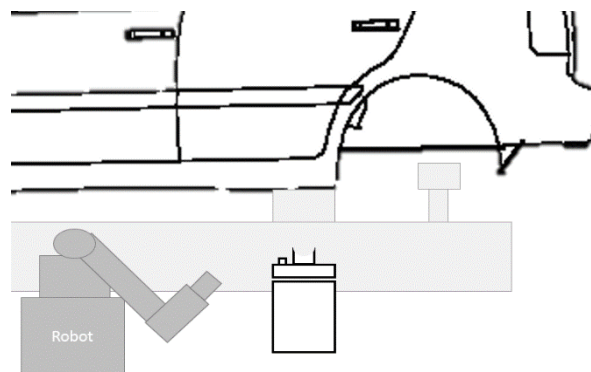


Figura 3.44 - Cilindro em repouso

Em 3.45 é observada a elevação do cilindro:

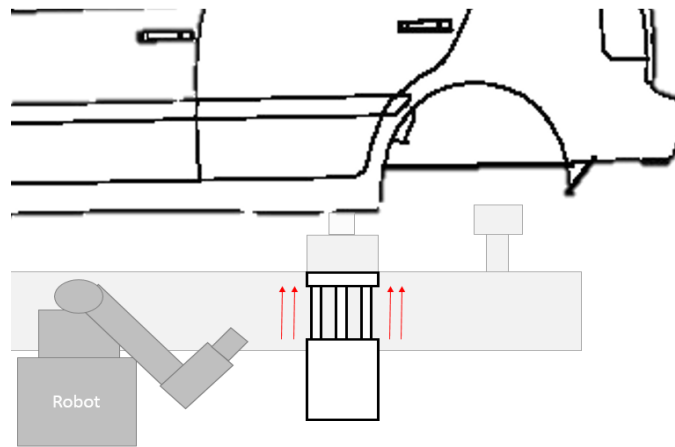


Figura 3.45 - Elevação do cilindro

Na figura 3.46 observamos a solução durante a aplicação de sealer.

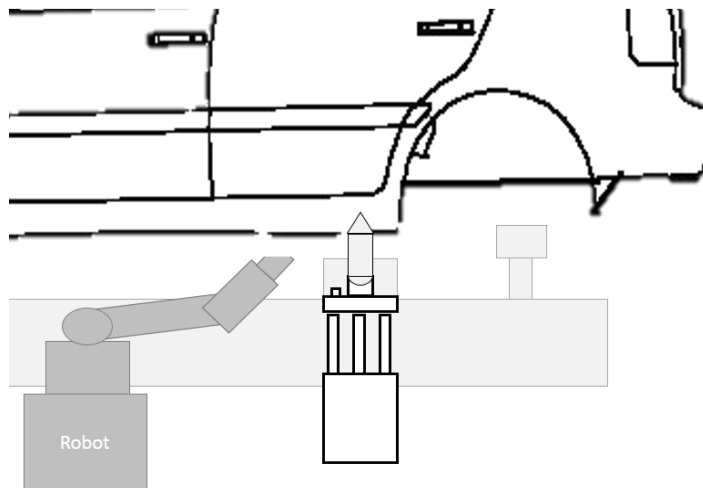


Figura 3.46 – Cilindro a elevar a carroçaria

Ao utilizar o pino como uma ferramenta no auxílio da elevação do carro pratica-se o Princípio Inventivo de **Mediação (24)**.

O *skid* antigamente era um objeto rígido, agora foi tornado dinâmico com o pino a movimentar-se em relação ao corpo parado (Princípio 15 – **Dinamismo**).

Campo Eletromagnético

Devido à segmentação do *Skid* em corpo e pino, existe uma maior liberdade de movimentos por parte da carroçaria, devido ao espaçamento entre a furação e o pino observado na figura 3.47. Este espaçamento deve de ser pequeno o suficiente para não permitir deslocamentos desnecessários, mas deve de permitir uma elevação suave. O estudo desta dimensão não se encontra no âmbito do caso de estudo, logo não irá ser abordado.

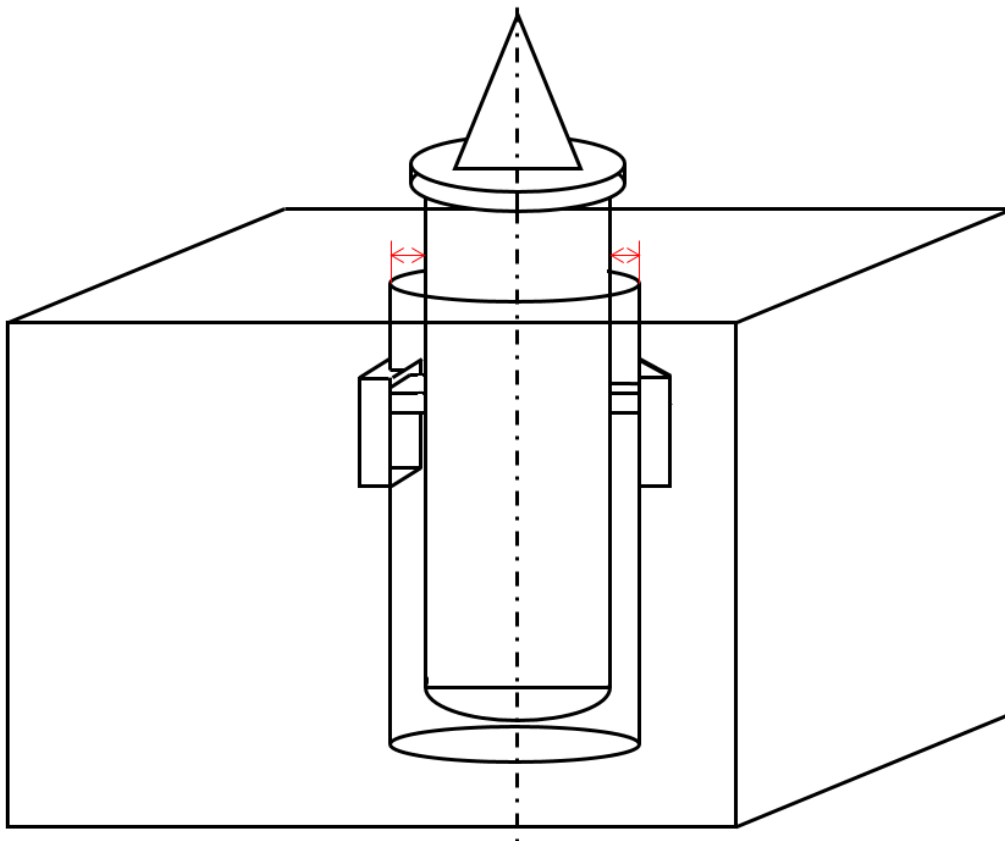


Figura 3.47 - Espaçamento entre o pino e skid

De forma a aumentar a fiabilidade da solução é adicionado um campo eletromagnético à solução. Como referido o encaixe no topo do cilindro é seccionado em duas partes: uma peça feita de material não magnético com o perfil invertido ao fundo do pino e no fundo do encaixe encontra-se um eletroímã. Este é ativado pelo Sistema Informático juntamente com o comando de elevar o cilindro. O fundo do pino é essencialmente o mesmo conceito, este é composto por uma peça com o mesmo material do encaixe e do forro. A superfície desta é curva, formando uma cúpula onde no seu extremo existe um ímã permanente.

Na figura 3.48 observamos os componentes inertes ao magnetismo a verde, os componentes magnéticos do campo eletromagnético estão definidos azul e a vermelho podemos ver o campo eletromagnético entre o cilindro e o pino.

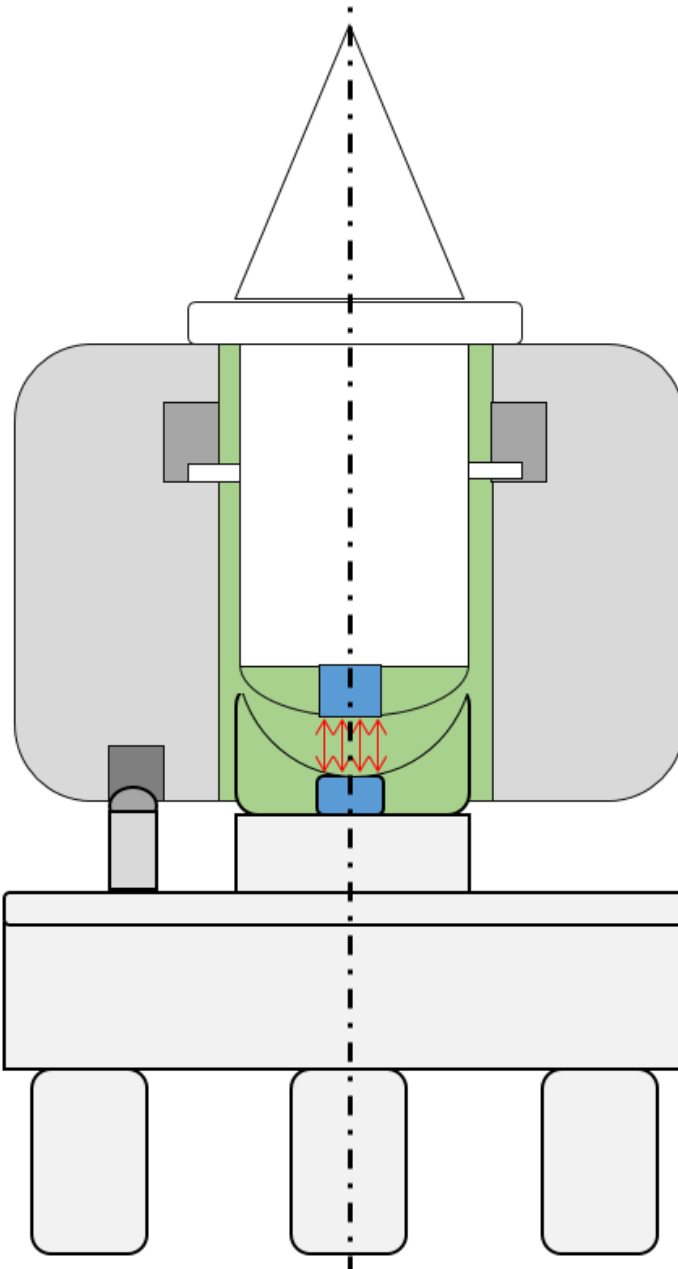


Figura 3.48 - Propriedade magnéticas dos componentes da solução

Este campo Eletromagnético juntamente com os perfis curvilíneos permitem um encaixe certo em todas as operações, pois o campo atrai o ímã magnético posicionado no extremo posterior do pino para o fundo do encaixe onde está situado o eletroímã. Devido aos seus perfis e a força aplicada pelo campo magnético, o pino é obrigado a estar sob o eixo do cilindro.

O seguinte conjunto de 3 figuras (3.49, 3.50 e 3.51, respetivamente) demonstra o processo de elevação de carroçaria e a interação entre Pino-Eletróiman.

Na figura 3.49 podemos observar um pino junto às paredes da furação. Devido a ser uma peça separada do corpo, e com os movimentos bruscos que a carroçaria sofre ao longo do percurso, é natural que o cilindro não esteja sempre no centro da furação.

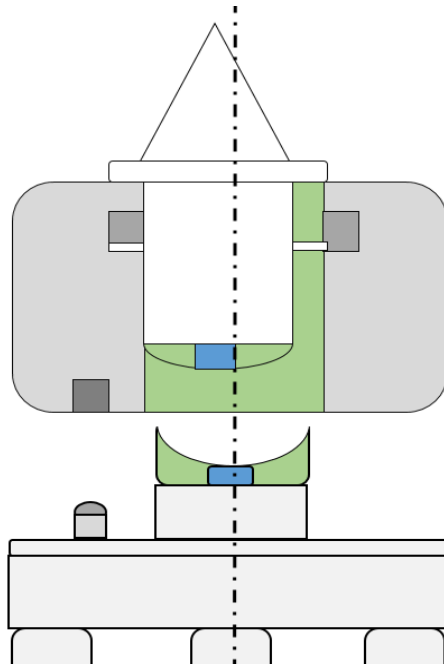


Figura 3.49 - Pino junto à parede da furação

Quando o cilindro é elevado o campo atrai o pino, como podemos observar em 3.50:

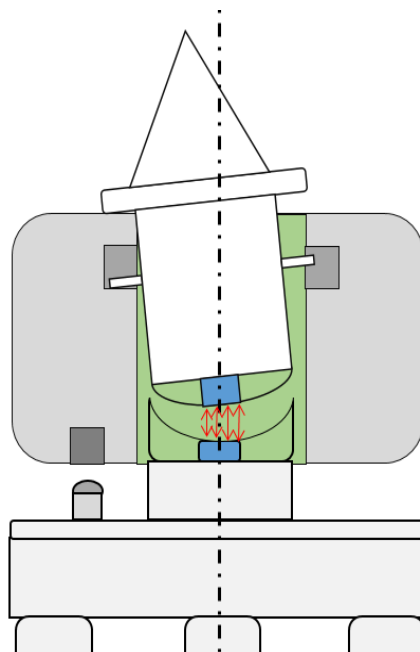


Figura 3.50 - Atração entre pino e eletroímã durante a elevação

Na figura 3.51 observamos o encaixe entre o cilindro e o pino.

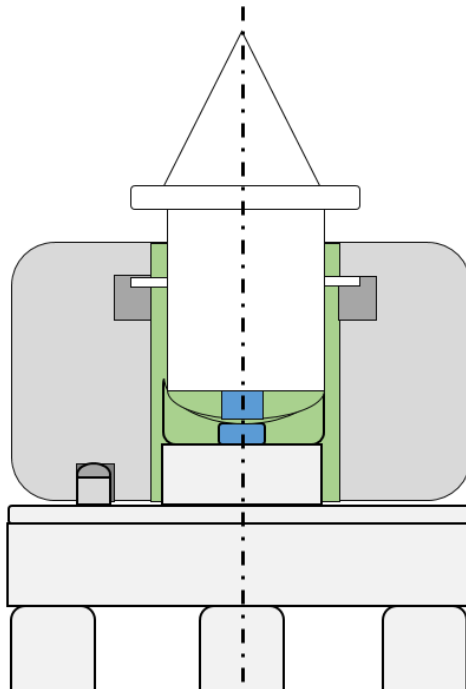


Figura 3.51 - Encaixe entre pino e cilindro

No final da operação o eletroímã é desligado, perdendo assim as características magnéticas e facilitando a separação dos componentes

A utilização do campo eletromagnético é a aplicação direta dos Princípios Inventivos:

- **Mediação (24)** – existe conexão temporária entre o cilindro e o pino;
- **Substituição do Sistema Mecânico (28)** – utilização de um campo eletromagnético para interagir com o pino.

Interruptor e Nivelamento da carroçaria

De forma a contrariar o desfasamento entre cilindros e assim nivelar a carroçaria, utilizou-se um interruptor no topo do cilindro. O interruptor tem como função avisar o Sistema Informático em como o cilindro atingiu a altura correta.

No *skid*, é criada uma furação suficientemente larga de forma a não ativar o sensor. A profundidade da furação é proporcional à elevação feita pelos pinos à carroçaria e altura do interruptor.

O funcionamento do interruptor no sistema é demonstrado na figura 3.52. Em 3.52 a) o cilindro inicia a sua subida, nesta fase o interruptor não é logo ativado, o sistema reconhece a operação de elevação dos cilindros como “em andamento”. Em 3.52 b) o interruptor é ativado ao tocar na superfície do *skid* (representado pela linha vermelha), neste preciso momento o Sistema Informático recebe a informação de que o cilindro atingiu a altura pretendida.

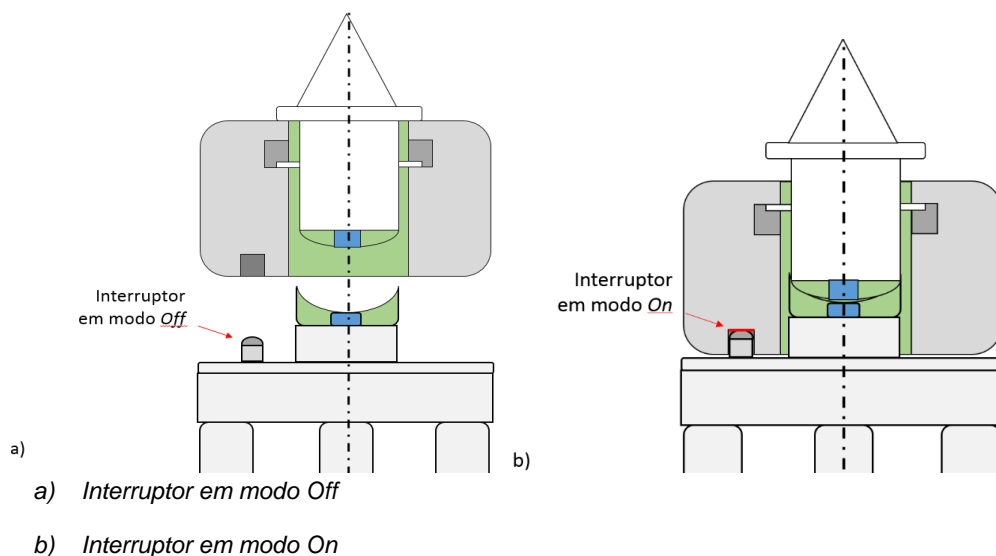


Figura 3.52 - Funcionamento do Interruptor da solução

O Sistema Informático apenas comanda a aplicação de *Sealer* quando cada interruptor de ambos os cilindros for ativado. Desta forma é possível ter os cilindros à mesma altura e consequentemente a carroçaria fica nivelada.

Na figura 3.53 observamos o par de cilindros, o cilindro da direita tem o número 1 onde o cilindro com o número 2 representa o cilindro esquerdo, ambos os cilindros começam a elevação ao mesmo tempo.

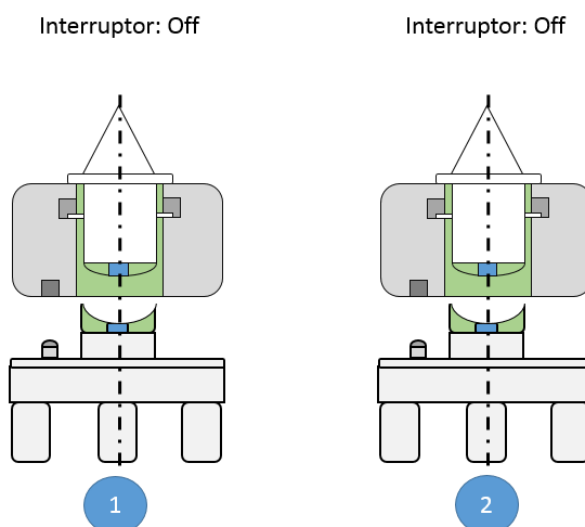


Figura 3.53 – Par de cilindros Off - Off

Na figura 3.54 observamos que o sistema ainda não deu ordem para a aplicação dos robots, pois o cilindro 1 ainda não atingiu a altura devida ao contrário do cilindro 2.

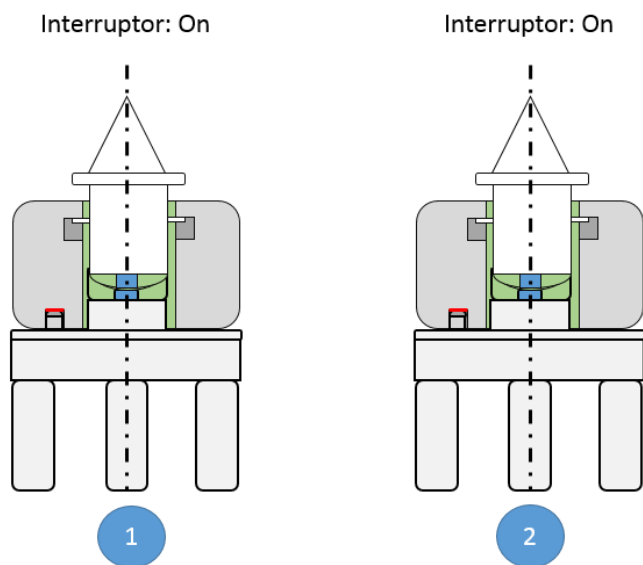


Figura 3.54 - Par de cilindros Off - On

Em 3.55 ambos os interruptores estão ativados, logo o comando para a aplicação de *sealer* é libertado.

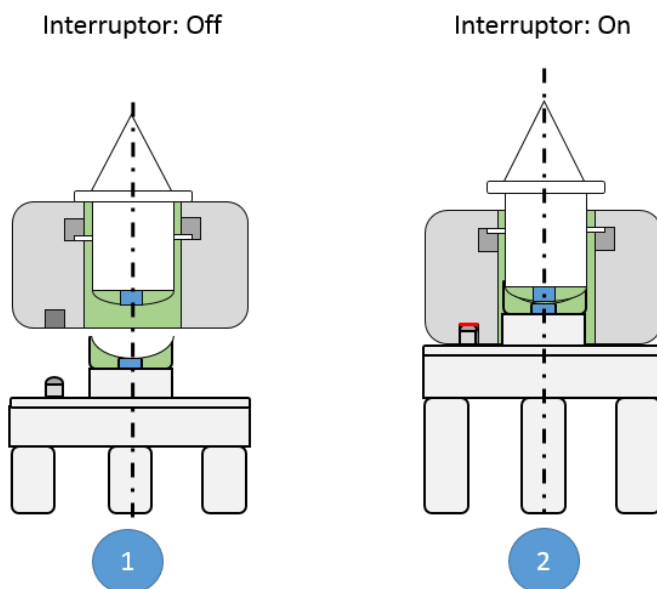


Figura 3.55 - Par de cilindros On - On

Com este interruptor é aplicado o último Princípio Inventivo, o **Amortecimento Prévio (11)**.

A interação ideal dos Requisitos

A aplicação dos vários Princípios Inventivos conseguiu melhorar o sistema de forma a utilizar menos recursos (menos 2 cilindros). A utilização do *skid*, que antes apenas tinha a função de transporte, agora também é uma peça fulcral no posicionamento e mais importante com apenas um par de cilindros é possível posicionar os dois modelos correntes e o novo modelo que entrará em produção no futuro.

Na tabela 3.23 é demonstrada sumariamente os princípios utilizados e em como contribuiu na solução:

Tabela 3.23 - Princípios Inventivos na Solução proposta

Princípios Inventivos		Solução proposta
1	Segmentação	Divisão do <i>Skid</i> em corpo e Pino
10	Ação Prévia	Utilização do <i>Skid</i> como ferramenta preparada para a ação
11	Amortecimento Prévio	Utilização do Interruptor
14	Esfericidade	Perfil do encaixe
15	Dinamismo	Movimento do Pino e relação ao <i>Skid</i>
24	Mediação	Utilização do Pino como objeto irintermediário da operação
28	Substituição do Sistema Mecânico	Utilização de um campo eletromagnético
29	Utilização de sistema pneumático ou hidráulico	Cilindros pneumáticos
33	Homegeneidade	Utilização do mesmo material no fundo do Pino, no encaixe e no Forro da furação
40	Materiais Compósitos	Material compósito não magnético e resistente ao calor

Como a solução é concetual, o nível de cumprimento dos Requisitos estudados é plenamente teórico, nesta medida é estudado como a solução pode ser utilizada ou se simplesmente aumenta o grau de nível de satisfação.

Redução no Desfasamento entre cilindros:

- A utilização do interruptor no cilindro permite que haja mais controlo no movimento do cilindro, pois a aplicação de *sealer* apenas é feita quando ambos os cilindros estão parados ao mesmo nível.

Redução Interferência nos movimentos dos robots e na Área ocupada na aplicação de Sealer:

- Como referido anteriormente, foi observada a diferença entre o volume ocupado entre o sistema antigo e a solução proposta na figura 3.42.

Aumento da Velocidade de posicionamento dos cilindros:

- O cilindro ao estar sitiado sob o *skid* e o facto de o pino ter uma função intermédia no processo elevação, não é necessário utilizar o êmbolo na sua extensão máxima, logo o processo torna-se mais rápido mesmo com a velocidade atual de subida.

Aumento na Repetibilidade do Processo:

- Ao melhorar os Requisitos anteriores o próprio processo acaba por ser mais fiável.

4. Conclusões

No presente capítulo são apresentadas as conclusões sobre o trabalho realizado na dissertação e analisado o trabalho futuro.

O conceito de inovação comumente é percebido como novidade, algo novo e nunca antes visto, a introdução de ideias frescas que permitem ultrapassar obstáculos, que permitem renovação. Mas também é sinónimo de algo ilógico e imaginário, um processo vindo apenas do lado direito do cérebro ou um rasgo de génio por parte de uma pessoa que teve a ideia antes de todas as outras, tão frequentemente este rasgo é representado na animação como uma lâmpada que subitamente acende. A TRIZ é uma ferramenta que permite às organizações de ultrapassarem os seus obstáculos e inovarem, permite a geração de ideias e soluções guiadas de forma a maximizarem o seu potencial dentro destas. Como ferramenta de auxílio à inovação, a TRIZ já por si é inovadora, retira todas as percepções existentes ao permitir o seu utilizador ligar a lâmpada sempre que quiser, ao invés de esperar que esta se acenda, se acender.

O objetivo da dissertação visou-se na criação de uma solução capaz de eliminar os problemas que surgiram durante o *test run* de produção do primeiro protótipo do novo modelo. Analisou-se quais as soluções existentes no mercado e se estas eram as ideais para o caso. Devido a limitações tecnológicas da Área da Pintura, foi necessário a utilização da TRIZ como ferramenta capaz no auxílio da geração de soluções para o caso em estudo.

Na dissertação foram apresentadas duas soluções conceptuais, com graus de complexidade diferentes e custos monetários diferentes. A existência de duas soluções deve-se inteiramente aos objetivos que a VWAE e o Grupo Volkswagen têm ao longo prazo e quais as modificações estão dispostos a fazer na área da Pintura.

A primeira solução é a mais barata e simples, permite à VWAE resolver o problema da introdução do novo produto. Em contrapartida, num cenário em que é necessário a adição de mais um novo produto com um problema similar ao VWNP (furação de elevação afastada 56 mm), exigirá uma nova solução. Ao apenas focarmos na Contradição Física sem ter em conta o historial do sistema e a satisfação por parte de quem trabalha com este, faz deste investimento bom a curto e médio prazo, a solução permite produção do VWNP de uma forma “bombeirista”, cada problema é solucionado apenas quando aparece ao invés de serem prevenidos.

Ao longo do estágio vários funcionários da VWAE mostraram desagrado com o funcionamento do Sistema de Elevação da carroçaria, de forma a aprofundar quais as razões por detrás deste desagrado foi conduzida a investigação que permitisse obter quais os critérios que o cliente interno utiliza na avaliação do sistema, para isso foi utilizado o Modelo de Kano.

Como no início da aplicação do Modelo de Kano não eram conhecidos quais os Requisitos a estudar, recorreu-se a *Flash Interviews* que possibilitaram a recolha da informação analisada pelo Modelo.

A junção do Modelo de Kano com a TRIZ provou-se especialmente útil, tendo em conta que o Modelo da Kano permite desvendar quais os Requisitos que permitem o aumento da satisfação para com o Sistema e assim desta forma averiguar as Contradições Técnicas. A Matriz de Idealidade foi a ferramenta que permitiu a ponte entre TRIZ e Kano, pois o aumento da satisfação dos clientes advém da idealidade do próprio sistema. Devido ao problema ser de natureza técnica, possibilitou a utilização da Matriz de Contradições em plena extensão.

A solução obtida pela combinação Kano/TRIZ é claramente mais cara e complexa, apesar de remover um par de cilindros elevatórios, necessita da remoção da estrutura que atualmente serve para suportar os cilindros; mas os custos aumentam exponencialmente com a alteração feita nos *skids*, tendo em conta que não só é necessário criar uma furação como também é necessário a aquisição de pinos compostos por materiais magneticamente inertes. Apesar de esta ser a maior desvantagem da solução, esta tem a potencialidade de ser vantajosa no longo prazo. Ao permitir a elevação das carroçarias pelos *Centring Holes*, qualquer carro das marcas do Grupo Volkswagen e da plataforma MQB podem ser introduzidos na estação *Flatstream* e serem operados da mesma forma. Ao diminuir o nível de interferência com os robots e aumentar a velocidade dos cilindros, é possível adicionar mais operações por parte dos robots durante o tempo de ciclo da operação.

De acordo com os planos da VWAE para o futuro, a utilização de cada solução permitirá um bom investimento. No caso de a VWAE decidir modernizar as instalações da Pintura de forma a acomodar um sistema de transporte de *skids* duplos a curto/médio prazo é recomendado a utilização da primeira solução, pois permite a produção dos modelos até que o novo sistema de transporte seja instalado, por um custo baixo. Se não for possível modernizar as instalações por motivos monetários ou técnicos da natureza do próprio edifício, a segunda solução é a mais indicada pois apesar de cara, não é comparável ao custo que um *upgrade* na Pintura custaria.

Como trabalho futuro proponho quaisquer das soluções sejam aplicadas em estações ao longo da VWAE que tenham o mesmo problema. Na área da Pintura existem adicionalmente estações que necessitam da mesma solução com apenas mudanças mínimas, o estudo da dissertação apenas focou na Estação de *Flatstream* pois esta é a situação mais complexa, e ao solucionar esta estação é possível também solucionar as restantes. De forma análoga estas soluções devem também de ser propostas para todas as fábricas dentro da VWAG com sistema de transporte de *skids* estilo monocarril, que enfrentem dificuldades similares às encontradas nesta dissertação ou que queiram ter um Sistema de Posicionamento de carroçarias mais generalista com a plataforma MQB.

Também proponho a utilização mais frequente da combinação do Modelo de Kano com a TRIZ, principalmente em cenários de melhoria de sistemas e criação produtos. A base do desenvolvimento de produtos do Modelo de Kano e a inovação proporcionada pela TRIZ aliada à capacidade de resolver problemas tornam-se numa grande ferramenta que permite o aumento da idealidade a partir do aumento da satisfação dos clientes e ter como base as necessidades e critérios destes.

Referências

Aliexpress, 2016. [Online]

Available at: http://pt.aliexpress.com/store/product/Pro-Compact-40-100cm-Video-Slider-Rail-Slider-Height-Adjustable-DSLR-Camera-leg-Folded-Dolly-Track/608290_1219033713.html?storeid=608290

[Acedido em 27 Julho 2016].

Althuller, G. S., Shulyak, L. & Rodman, S., 2007. *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*. Worcester: Technical Innovation Center Inc..

Altshuller, G., 2004. *And Suddenly the Inventor Appeared - TRIZ, The Theory of Inventive Problem Solving*. Worcester, Massachusetts: Technical Innovation Center, Inc..

Altshuller, G., Shulyak, L. & Rodman, S., 2002. *40 Principles: TRIZ Keys to Innovation*. Technical Innovation Center : Worcester.

Apte, P. R., Shah, H. & Mann, D., 2000. "5w's" and an "H" of TRIZ Innovation. s.l., s.n., pp. 224-237.

Barry, K., Domb, E. & Slocum, M., 2008. *What is TRIZ?*. [Online]

Available at: <https://triz-journal.com/triz-what-is-triz/>

[Acedido em 8 Agosto 2016].

Berman, B., 2005. How to Delight Your Customers. *California Management Review Vol. 48 Nº1*, pp. 129-151.

BMW Car Club of America Sierra Chapter, 2013. *BMW F30 3-Series Factory Production Tour*.

[Online]

Available at: <http://sierrabmwclub.org/bmw-f30-3-series-factory-production-tour/>

[Acedido em 30 Julho 2016].

Bonnema, G. M., 2011. The engineers' innovation toolkit. *Procedia Engineering Volume 9* , p. 345–354.

Buiga, A., 2012. Investigating the Role of MQB Platform in Volkswagen Group's Strategy and Automobile Industry. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences* Volume 2 nº9, pp. 391-399.

Carvalho, M. A. d., 2007. *Metodologia Ideatriz para a Ideação de Novos Produtos*, Florianópolis: Universidade de Santa Catarina.

Chaudhuri, A., 2014. *40 INVENTIVE PRINCIPLES, THE MOST POPULAR COMPONENT OF TRIZ INNOVATION SYSTEM.* [Online]

Available at: <http://www.suresolv.com/inventive-principles/40-inventive-principles-most-popular-component-triz-innovation-system>

[Acedido em 28 Agosto 2016].

Chen, C.-C. & Chuang, M.-C., 2008. Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design. *International Journal of Production Economics* Volume 114, pp. 667-681.

Cortes Robles, G., Negny, S. & Le Lann, J. M., 2009. Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering. *Chemical Engineering and Processing*, vol. 48 nº 1, pp. 239-249.

Cunha, P. R. d., Walter, S. A., Fernandes, F. C. & Winter, R. P., 2013. Oportunidade de Melhoria na Disciplina de Contabilidade Introdutória com a Utilização do Modelo de Kano de Qualidade e da Matriz de Importância Versus Desempenho. *ReCont: Registos Contábil* Volume 4, pp. 73-88.

Dalkey, N. & Helmer, O., 1962. *An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts*, Santa Monica, California: United States Air Force Project RAND.

Domb, E., 1997. *Contradictions: Air Bag Applications*, s.l.: s.n.

Domb, E., 1997. The Ideal Final Result: Tutorial. *The Triz Journal*.

Dubois, S., De Guio, R. & Rasovska, I., 2011. Different ways to identify generalized system of contradictions, a strategic meaning. *Procedia Engineering* Volume 9, pp. 119-125.

Duddeck, F. & Zimmer, H., 2012. *Modular Car Body Design and Optimization by an Implicit Parameterization Technique via SFE CONCEPT*. China, s.n., pp. 413-424.

Dull, C. B., 1999. *Comparing and Combining Value Engineering with TRIZ Techniques*. s.l., s.n., pp. 71-76.

Fey, V. R. & Rivin, E. I., 1997. *The Science of Innovation: A managerial overview of the TRIZ methodology*. West Bloomfield: TRIZ Group.

Goldberg, O. & Wiley, J., 2011. Quality, Conformity, and Conflict: Questioning the Assumptions of Osborn's Brainstorming Technique. *The Journal of Problem Solving Volume 3 no. 2*, pp. 96 - 118.

Harlim, J. & Belski, I., 2013. *On the effectiveness of TRIZ tools for problem finding*. Paris, ETRIA, pp. 589-596.

Iata, C. M. & Queiroz, A. A. d., 2001. *A Adaptação do Modelo de Kano de Satisfação do Cliente para o Cliente Interno*. Salvador, Anais do ENEGEP XXI.

Isaken, S. G., 1998. *A Review of Brainstorming Research: Six Critical Issues for Inquiry*, Buffalo, New York: Creative Problem Solving Group.

Joiner, S., 2013. The Jet that Shocked the West: How the MiG-15 grounded the U.S. bomber fleet in Korea. *Air & Space Magazine*.

Jonassen, D., Strobel, J. & Lee, C. B., 2006. Everyday Problem Solving in Engineering: Lessons for Engineering Educators. *Journal of Engineering Education*, pp. 139-151.

Kaplan, S., 1996. *An Introduction to TRIZ: (The Russian Theory to Problem Solving)*. Southfield, Michigan: Ideation Internacional inc..

Linsey, J. S. et al., 2011. An Experimental Study of Group Idea Generation Techniques: Understanding the Roles of Idea Representation and Viewing Methods. *Journal Of Mechanical Design vol.133*.

Livotov, P., 2008. TRIZ and Innovation Management. *Innovator*.

Madara, D. S., 2015. Theory of inventive problem solving (TRIZ): his-story. *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 2 Issue 7*, pp. 86-95.

Mann, D. & Domb, E., 1999. 40 Inventive Principles for Business. *The TRIZ Journal*.

Mao, X., Zhang, X. & AbouRizk, S., 2007. Solutions for Su-Field Analysis. *The TRIZ Journal*.

Matzler, K. & Hinterhuber, H. H., 1998. How to make Product Development Projects more successful by integrating Kano's Model of Customer Satisfaction into Quality Function Deployment. *Technovation volume 18 N°1*, pp. 25-38.

McLeod, S. A., 2008. *Likert Scale*. [Online] Available at: <http://www.simplypsychology.org/likert-scale.html> [Acedido em 14 08 2016].

Mercado Livre, 2016. *Slider 100 Greika - 1 Metro Com Bolsa Transporte*. [Online] Available at: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-741585931-slider-100-greika-1-metro-com-bolsa-transporte- JM> [Acedido em 27 Julho 2016].

Mishra, U., 2006. *The Father of TRIZ as We Know Him - A Short Biography of Genrich Altshuller*. [Online] Available at: http://trizsite.blogspot.pt/2006_01_01_archive.html [Acedido em 8 Agosto 2016].

Mishra, U., 2013. *Introduction to the concept of Ideality in TRIZ*. [Online] Available at: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2273178

Mizrachi, Y., 1998. I-TRIZ: The Next Big Thing? The I-TRIZ method for promoting technological innovation and Inventive Engineering. *Status*.

Moehrle, M. G., 2005. What is TRIZ? From Conceptual Basics to a Framework for Research. *Creativity and Innovation Management Volume 14 Number 1*, pp. 3-13.

Navas, H. V. G., 2013. TRIZ, uma metodologia para a resolução de problemas. Em: *Guia de Empresas Certificadas*. s.l.:s.n., pp. 26-30.

Navas, H. V. G., 2013. TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation. Em: *Advances in Industrial Design Engineering*. s.l.:InTech, pp. 75-95.

Navas, H. V. G., 2014. Fundamentos do TRIZ: Parte I - Necessidade de Resolver Problemas. *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 50*, p. 3.

Navas, H. V. G., 2014. Fundamentos do TRIZ: Parte IV - Princípios Inventivos ou Técnicas para Vencer Conflitos. *Inovação e Empreendedorismo*, p. 4.

Nilsson-Witell, L. & Fundin, A., 2005. Dynamics of service attributes: A test of Kano's theory of attractive quality. *International Journal of Service Industry Management Volume 16 N°2*, pp. 152-168.

Nilsson-Witell, L., Löfgren, M. & Dahlgaard, J. J., 2013. Theory of Attractive Quality and the Kano Methodology – The Past, the Present, and the Future. *Total Quality Management and Business Excellence Volume 24*, pp. 1241-1252.

Okoli, C. & Pawlowski, S. D., 2004. The Delphi Method as a Research Tool: An Example, Design Considerations and Applications. *Information & Management Volume 42, Issue 1*, pp. 15-29.

Quality Journal, 1995. *The PDCA Improvement Process: A Guide To Foster Continuous Improvement, Customer Satisfaction and Teamwork*, s.l.: s.n.

Rantanen, K. & Domb, E., 2008. *Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals*. New York; London: Auerbach Publications: A Taylor & Francis Group.

Roos, C., Sartori, S. & Godoy, L. P., 2009. Modelo De Kano para a Identificação de Atributos Capazes de Superar as Expectativas do Cliente. *Revista Produção On Line Volume IX*, pp. 536-550.

Salamatov, Y., 2005. *The Right Solution at the Right Time: A guide to Innovative Problem solving*. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Innovation Design.

Sauerwein, E., Bailom, F., Matzler, K. & Hinterhuber, H. H., 1996. The Kano Model: How to delight your customers. *Volume I of the IX. International working seminar on Production Economics, Innsbruck/Igls/Austria, 19-23 February*, pp. 313-327.

Savransky, S. D., 2000. *Engineering of Creativity: (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving)*. New York Boca Raton: CRC Press.

Selada, C. & Felizardo, J., 2004. *Da Produção à Concepção: Meio Século de História Automóvel em Portugal*, s.l.: s.n.

Shirwaiker, R. A. & Okudan, G. E., 2006. *Contributions of TRIZ and axiomatic design to leanness in design: an investigation*. Kotronik, s.n., pp. 730-735.

Silverstein, D., DeCarlo, N. & Slocum, M., 2008. *INSourcing Innovation: How to Achieve Competitive Excellence Using TRIZ*. New York, London: Auerbach Publications, a Taylor & Francis Group.

Skulmoski, G. J., Hartman, F. T. & Krahn, J., 2007. The Delphi Method for Graduate Research. *Journal of Information Technology Education, Volume 6*.

Slocum, M., 1999. *Technology Maturity Using S-curve Descriptors*, s.l.: s.n.

SMC Corporation of America, 2012. *Compact Guide Cylinder MGPv Series Catalog*. Noblesville: SMC Corporation of America.

Spool, J. M., 2011. *Understanding the Kano Model – A Tool for Sophisticated Designers*. [Online] Available at: https://articles.uie.com/kano_model/ [Acedido em 15 08 2016].

Tavares, R., 2015. *Volkswagen Autoeuropa. De Palmela (quase tudo) para o mundo*. [Online] Available at: <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/volkswagen-autoeuropa-de-palmela-quase-tudo-para-o-mundo/>

Terninko, J., 2000. Su-Field Analysis. *The TRIZ Journal*.

Terninko, J., Zusman, A. & Zlotin, B., 1998. *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)*. Boca Raton: CRC Press.

Tesla Motors Russia, 2014. *Покрасочный цех Tesla Motors*. [Online] Available at: tesla-mobil.ru/pokrasochnyj-cex-tesla-motors/ [Acedido em 30 Julho 2016].

Tontini, G., 2007. Integrating Kano model and QFD for Designing New Products. *Total Quality Management and Business Excellence Volume 18*, pp. 599-612.

Volkswagen AG, 2015. *The Group*. [Online] Available at: http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/content/en/the_group.html

Volkswagen Autoeuropa, 2013. *História do Grupo..* [Online] Available at: <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/grupo-volkswagen/historia-do-grupo>

Xu, Q. et al., 2009. An analytical Kano model for customer need analysis. *Design Studies Volume 30*, pp. 87-110.

Zhang, P. & Dran, G. v., 2001. *Expectations and Rankings of Website Quality Features: Results of Two Studies on User Perceptions*. s.l., s.n., p. 10.

Zusman, A. & Zlotin, B., 2004. *Ideation International Inc.* [Online]
Available at: http://www.ideationtriz.com/TRIZ_tutorial_7.htm
[Acedido em 17 Agosto 2016].

Zusman, A. & Zlotin, B., 2004. *TRIZ Tutorial #2*. [Online]
Available at: http://www.ideationtriz.com/TRIZ_tutorial_2.htm
[Acedido em 4 Agosto 2016].

A. Anexos

Anexo 1 - Questionário e Respostas da 1ª fase do modelo de Kano

Tabela A.1 - Questões utilizadas na entrevista

1ª Fase - Questionário:

1	Quais os Problemas/Defeitos ou Queixas que associa ao Sistema de Posicionamento?
2	Quais/Qual o critério que tem em consideração com o desempenho do sistema de posicionamento?
3	O que mudaria no Sistema ou que novas "capacidades" adicionaria?

Tabela A.2 - Respostas às questões da entrevista (Inquirido 1 e 2)

Respostas:

Inquirido Nº1	
1	O carro por vezes não fica centrado
	Os Cilindros têm velocidades diferentes entre si (o par da frente sobe mais depressa que os detrás)
	Desfasamento
2	Área ocupada pelos cilindros limita o movimento dos robots
3	Adicionaria um sensor para definir e poder ter a certeza na altura de elevação (prevenção contra o desfasamento)

Inquirido Nº2	
1	Ocupação de espaço pelo Sistema corrente
	Velocidade do processo de Posicionamento
	Cilindros da frente ficam fora de posição
2	Velocidade
	Precisão
	Fiabilidade
3	Eliminar o Sistema, não seria necessário o Sistema de Posicionamento, o Sistema de Transporte já posicionaria o carro por si só

Tabela A.3 - Respostas às questões da entrevista (Inquirido 3, 4 e 5)

Inquirido N°3	
1	Maneira como os cilindros estão montados
	Sujidade nos cilindros
	Módulo de comando das electroválvulas cheio e foi apenas feito para o número de cilindros existente
	Dificuldade em calibrar os cilindros de forma a posicionarem o <i>skid</i>
2	Fiabilidade
	Manutenção mínima
3	Eliminar o sistema, substituir por <i>skids</i> e meter um sistema basculante
	Usar uma espécie de "aranha", agarra a carroçaria, eleva e volta a colocar no <i>skid</i>
	Calibração dos cilindros mais fácil

Inquirido N°4	
1	Pouca Fiabilidade
	Processo pouco robusto
	Centralização
2	Fiabilidade e durabilidade
	Posicionamento mais rápido
	Nível de interferência com os robots
3	Levantar a carroçaria o mais possível de forma a estar afastado do <i>skid</i> (menos interferência com os robots)

Inquirido N°5	
1	Espaço Ocupado pelo Sistema
	A Fiabilidade não é 100%
2	Fiabilidade
	Rapidez de processo (velocidade do cilindro)
	Durabilidade/Pouca manutenção
3	Sensor de Posicionamento
	Por os cilindros fora do movimento dos robots

Anexo 2 – Questionário de Satisfação (2ª Fase Modelo de Kano)

Questionário de satisfação

1. Centralização

<p>Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

2. Velocidade de Posicionamento

<p>Se os cilindros forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

2.1 Como avalia a velocidade dos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

Figura A.1 - Questionário de Satisfação (Requisitos 1 e 2)

3. Desfasamento

<p>Se os cilindros centrarem ao mesmo tempo como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem ao mesmo tempo como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

3.1 Como avalia o desfasamento dos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

4. Área ocupada pelos cilindros

<p>Se os cilindros não ocuparem nenhuma área de aplicação de <i>sealer</i> no carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros ocuparem muita área de aplicação de <i>sealer</i> no carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

4.1 Como avalia a area ocupada pelos cilindros no processo corrente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

Figura A.2 - Questionário de Satisfação (Requisitos 3 e 4)

7. Manutenção

<p>Se os cilindros tiverem manutenção mínima ou nem sequer necessitem desta, como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros necessitem de manutenção periódica, como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver assim <input type="checkbox"/> Não gosto

7.1 Como avalia a necessidade de manutenção dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Quão importantes são estes parâmetros:

	Pouco Importante Muito Importante						
	1	2	3	4	5	6	7
Centralização dos cilindros no carro							
Velocidade de posicionamento dos cilindros							
Desfasamento entre os cilindros							
Área ocupada na Aplicação de <i>Sealer</i>							
Interferencia nos movimentos dos robots							
Repetibilidade de Processo							
Manutenção dos cilindros							

Figura A.4 - Questionário de Satisfação (Requisito 7 e Self-Styled Importance Questionnaire)

Anexo 3 – Respostas do Questionário de Satisfação

Questionário de Satisfação

1. Centralização

Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input checked="" type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

2. Velocidade de Posicionamento

Se os cilindros forem rápidos a posicionar como se sente?	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
Se os cilindros não forem rápidos a posicionar como se sente?	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input checked="" type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto

2.1 Como avalia a velocidade dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Pag. 1/4

Figura A.5 - Resposta do Inquirido Nº1 (Requisitos 1 e 2)

Questionário de Satisfação

1. Centralização

<p>Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

2. Velocidade de Posicionamento

<p>Se os cilindros forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

2.1 Como avalia a velocidade dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Figura A.9 - Respostas do Inquirido N°2 (Requisitos 1 e 2)

5. Interferência no movimento

<p>Se os cilindros não interferirem nos movimentos dos robôs durante a aplicação de Sealer no carro como se sente?</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto</p>
<p>Se os cilindros interferirem nos movimentos dos robôs durante a aplicação de Sealer no carro como se sente?</p>	<p><input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto</p>

5.1 Como avalia a interferência nos movimentos por parte dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

6. Repetibilidade de Processo

<p>Se os cilindros realizarem sempre a mesma operação sem falhas como se sente?</p>	<p><input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto</p>
<p>Se os cilindros nem sempre realizarem a mesma operação sem falhas como se sente?</p>	<p><input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto</p>

6.1 Como avalia a repetibilidade da operação dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Figura A.15 - Respostas do Inquirido N°3 (Requisitos 5 e 6)

7. Manutenção

<p>Se os cilindros tiverem manutenção mínima ou nem sequer necessitarem desta, como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros necessitarem de manutenção periódica, como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

7.1 Como avalia a necessidade de manutenção dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Quão importantes são os seguintes parâmetros:

	Pouco Importante			Muito Importante			
	1	2	3	4	5	6	7
Centralização dos cilindros no carro							X
Velocidade de Posicionamento dos cilindros					X		
Desfasamento entre os cilindros			X				
Área ocupada na Aplicação do Sealer						X	
Interferência no movimentos dos robôs						X	
Repetibilidade do processo						X	
Manutenção dos cilindros						X	

Figura A.16 - Respostas do Inquirido N°3 (Requisito 7 e Self-Stated Importance Questionnaire)

Questionário de Satisfação

1. Centralização

<p>Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

2. Velocidade de Posicionamento

<p>Se os cilindros forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

2.1 Como avalia a velocidade dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Figura A.17 - Respostas do Inquirido N°4 (Requisitos 1 e 2)

3. Desfasamento

<p>Se os cilindros centrarem ao mesmo tempo como se sente?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem ao mesmo tempo como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

3.1 Como avalia o desfasamento dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

4. Área ocupada pelos cilindros

<p>Se os cilindros não ocuparem nenhuma área de aplicação de Sealer no carro como se sente?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros ocuparem muita área de aplicação de Sealer no carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

4.1 Como avalia a área ocupada pelos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Figura A.18 - Respostas do Inquirido N°4 (Requisitos 3 e 4)

Questionário de Satisfação

1. Centralização

<p>Se os cilindros centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input checked="" type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não centrarem bem o carro como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input checked="" type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto

1.1 Como avalia a centralização dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

2. Velocidade de Posicionamento

<p>Se os cilindros forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros não forem rápidos a posicionar como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input checked="" type="checkbox"/> Não gosto

2.1 Como avalia a velocidade dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Figura A.21 - Respostas do Inquirido N°5 (Requisitos 1 e 2)

7. Manutenção

<p>Se os cilindros tiverem manutenção mínima ou nem sequer necessitarem desta, como se sente?</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto
<p>Se os cilindros necessitarem de manutenção periódica, como se sente?</p>	<input type="checkbox"/> Gosto quando isso acontece <input type="checkbox"/> É imperativo ser assim <input checked="" type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Consigo viver com isso <input type="checkbox"/> Não gosto

7.1 Como avalia a necessidade de manutenção dos cilindros no processo corrente?

1 2 3 4 5 6 7
 Completamente Insatisfeito Excelente

Quão importantes são os seguintes parâmetros:

	Pouco Importante				Muito Importante		
	1	2	3	4	5	6	7
Centralização dos cilindros no carro							X
Velocidade de Posicionamento dos cilindros						X	
Desfasamento entre os cilindros					X		
Área ocupada na Aplicação do Sealer							X
Interferência no movimentos dos robôs							X
Repetibilidade do processo						X	
Manutenção dos cilindros						X	

Figura A.24 - Respostas do Inquirido N°5 (Requisito 7 e Self-Statement Importance Questionnaire)

Anexo 4 – Análise das Respostas

Tabela A.4 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 1

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (...)					
	2. É imperativo (...)				I	
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (...)					
	5. Não gosto					
Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (...)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (...)					
	5. Não gosto					
Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (...)					
	2. É imperativo (...)				I	
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (...)					
	5. Não gosto					
Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (...)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (...)					
	5. Não gosto					
Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (...)					
	2. É imperativo (...)				I	
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (...)					
	5. Não gosto					

Tabela A.5 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 2

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)			A		
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Tabela A.6 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 3

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)				A	
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)			A		
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Tabela A.7 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 4

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)				A	
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Tabela A.8 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 5

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)				A	
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Tabela A.9 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 6

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)				A	
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)				A	
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Tabela A.10 - Tabela de Avaliação de Kano para o Requisito 7

Requisitos do cliente nº1		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					O
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº2		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto		R			

Requisitos do cliente nº3		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)					M
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº4		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)					
	2. É imperativo (...)				I	
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Requisitos do cliente nº5		Questão Negativa				
		1. Gosto	2. É imperativo	3. Neutro	4. C. Viver	5. Não Gosto
Questão Funcional	1. Gosto (....)			A		
	2. É imperativo (...)					
	3. Neutro					
	4. Consigo viver (....)					
	5. Não gosto					

Tabela A.11 - Avaliação de Satisfação dos Requisitos 1 a 5

1. Centralização

Self-Statement Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1						x	
	nº2					x		
	nº3							x
	nº4						x	
	nº5					x		

2. Velocidade de posicionamento

Self-Statement Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1					x		
	nº2					x		
	nº3					x		
	nº4					x		
	nº5				x			

3. Desfasamento

Self-Statement Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1				x			
	nº2	x						
	nº3			x				
	nº4						x	
	nº5					x		

4. Área ocupada pelos cilindros

Self-Statement Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1					x		
	nº2	x						
	nº3						x	
	nº4					x		
	nº5					x		

5. Interferência no movimento

Self-Statement Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1				x			
	nº2	x						
	nº3						x	
	nº4					x		
	nº5				x			

Tabela A.12 - Avaliação de Satisfação dos Requisitos 6 a 7

6. Repetibilidade de Processo

Self-Stated Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1					x		
	nº2			x				
	nº3						x	
	nº4					x		
	nº5						x	

7. Manutenção

Self-Stated Evaluation		Nível de Satisfação						
		1	2	3	4	5	6	7
Cliente	nº1					x		
	nº2							x
	nº3						x	
	nº4					x		
	nº5					x		

Tabela A.13 - Nível de importância dos Requisitos Self-Styled (Cliente 1 a 5)

Cliente nº 1		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Parâmetros	1. Centralização dos cilindros							x
	2. Velocidade de posicionamento dos cilindros					x		
	3. Desfasamento entre cilindros			x				
	4. Área ocupada na aplicação de Sealer						x	
	5. Interferência no movimento dos robôs							x
	6. Repetibilidade do processo							x
	7. Manutenção dos cilindros				x			

Cliente nº 2		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Parâmetros	1. Centralização dos cilindros				x			
	2. Velocidade de posicionamento dos cilindros				x			
	3. Desfasamento entre cilindros							x
	4. Área ocupada na aplicação de Sealer							x
	5. Interferência no movimento dos robôs							x
	6. Repetibilidade do processo						x	
	7. Manutenção dos cilindros					x		

Cliente nº 3		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Parâmetros	1. Centralização dos cilindros							x
	2. Velocidade de posicionamento dos cilindros					x		
	3. Desfasamento entre cilindros			x				
	4. Área ocupada na aplicação de Sealer						x	
	5. Interferência no movimento dos robôs						x	
	6. Repetibilidade do processo						x	
	7. Manutenção dos cilindros						x	

Cliente nº 4		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Parâmetros	1. Centralização dos cilindros							x
	2. Velocidade de posicionamento dos cilindros							x
	3. Desfasamento entre cilindros							x
	4. Área ocupada na aplicação de Sealer							x
	5. Interferência no movimento dos robôs							x
	6. Repetibilidade do processo							x
	7. Manutenção dos cilindros							x

Cliente nº 5		Nível de Importância						
		1	2	3	4	5	6	7
Parâmetros	1. Centralização dos cilindros							x
	2. Velocidade de posicionamento dos cilindros						x	
	3. Desfasamento entre cilindros					x		
	4. Área ocupada na aplicação de Sealer							x
	5. Interferência no movimento dos robôs							x
	6. Repetibilidade do processo						x	
	7. Manutenção dos cilindros						x	

