



Francisco Herédia Freitas Forero

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

MELHORIA DE PROCESOS NUMA PME METALOMECÂNICA

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Universidade NOVA de Lisboa

MARÇO, 2023

MELHORIA DE PROCESOS NUMA PME METALOMECÂNICA

FRANCISCO HERÉDIA FREITAS FORERO

Licenciado em Ciências da Engenharia Mecânica

Orientadora: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

- Presidente:** Doutor António Gabriel Marques Duarte dos Santos,
Professor Auxiliar, FCT-NOVA
- Arguentes:** Doutora Ana Sofia Maritns da Eira Dias,
Professora Adjunta, IPL-ISEL
- Orientador:** Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, FCT-NOVA

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Universidade NOVA de Lisboa
MARÇO, 2023

Melhoria de Processos numa PME Metalomecânica

Copyright © Francisco Herédia Freitas Forero, 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

Em primeiro lugar, quero agradecer à *NOVA School of Science and Technology* - FCT NOVA por esta jornada de seis longos, mas felizes anos de aprendizagem. Ao esforço pelas melhores condições e ao rigor pelo ensino no detalhe e na atualidade.

De seguida, agradecer pelo acompanhamento prestado pela Professora Doutora Helena Navas na construção deste estudo. Agradecer também pelos ensinamentos em teorias e metodologias de projeto que mudaram a minha forma de abordar projetos em engenharia e na vida.

Gostava também de agradecer aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial pelo profissionalismo e seriedade com que encararam a minha formação. Também agradecer pela acessibilidade fácil que apresentaram e por todo o apoio oferecido. Em particular, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Rui Martins, por quem tenho um enorme respeito e admiração.

Cabe-me agradecer aos meus colegas e grandes amigos de curso António Q Melo, Manuel Paiva Brandão, Maria José Cardoso e Miguel Azevedo; pela grande ajuda e companhia ao longo desta jornada académica.

Finalmente, tenho de agradecer aos meus pais pelo apoio incondicional que me deram e por me terem proporcionado todos os meios possíveis para o meu sucesso académico.

A todos, o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

A inovação de processos nas empresas, em particular quando combinada com a digitalização de sistemas, tem uma relação direta com o seu posicionamento no mercado. Assim, empresas que procuram adaptar-se e evoluir nas suas práticas conseguem destacar-se sistematicamente da concorrência, alcançando melhores resultados.

A empresa MIME sendo uma PME, também procura gerar soluções inovadoras, que a permitam aumentar os níveis de eficiência das suas atividades e que a destaquem da concorrência. Nesse âmbito, este estudo procurou apresentar soluções para alguns problemas e insuficiências detetadas.

Neste estudo, foram utilizadas as seguintes metodologias e técnicas: a metodologia TRIZ, em particular os parâmetros, os 40 princípios inventivos, a matriz de contradições e a análise "substância-campo"; a matriz de decisão ponderada de Pugh e o modelo de Kano.

Os objetivos do estudo foram definidos utilizando a filosofia SMART e procuram responder a deficiências nas atividades de projeto da empresa e ineficiências em alguns equipamentos comercializados pela mesma. Definiram-se como objetivos a implementação de um sistema semiautomático de orçamentação, soluções para otimização de utilização da matéria-prima e introdução de práticas de projeto orientado para a produção.

Com isto, propôs-se um sistema de orçamentação totalmente digital, baseado numa catalogação dos equipamentos comercializados pela empresa, implementando também um sistema digital de otimização da utilização do material e abrindo a possibilidade para a introdução de práticas de projeto orientado para a produção. Também se fez uma proposta relativamente ao sistema de tensionamento dos transportadores de corrente, alterando a forma de funcionamento para um sistema hidráulico. Este sistema também contempla a possibilidade de automatizar o equipamento e a implementação de soluções digitais.

Com a aplicação integral de todas as propostas de melhoria, espera-se que a empresa melhore o seu nível de eficiência, capacidade de inovação e que reforce a sua posição no mercado.

Palavras chave: Inovação, Digitalização, Orçamentação, Otimização do corte de chapa, Projeto orientado para produção, Automação.

ABSTRACT

The process innovation in companies, particularly when coupled with system digitalization, has a direct relation with the companies' market positioning. This way, companies that look for evolution and adaptation of their procedures can stand out from competition, achieving better overall results.

MIME being a small and medium enterprise, they also look out for creating innovative solutions. These solutions allow for an increase in their activities' efficiency levels and allow them to stand out from their competitors. In this scope, this study tried to present solutions to some detected problems and deficiencies.

This study required some methodologies and technics as: the TRIZ methodology, particularly the parameters, the 40 inventive principles, the contradictions matrix, and the substance-field analysis; the Pughs' decision matrix and the Kano model.

The objectives of the study were defined using the SMART philosophy, and they attempt to correct deficiencies in the companies' design activities and inefficiencies in some of the companies' equipment. The defined objectives were the implementation of a semiautomatic budget system, optimization solutions for raw material usage and the introduction of practices of design for manufacturing.

With this, it was proposed a digital budget system, based in inventorying the companies' commercialized products, implementing a raw material optimization system, and opening the possibility of design for manufacturing practices. Also, it was presented a proposal for the tensioning system of chain conveyors, replacing the system with a hydraulic one. This system also presents the possibility for automating the conveyor and the possibility of implementing digital solutions.

With the overall application of the improvement proposals, it is expected for the company to increase their efficiency levels, their innovation capabilities and their market positioning.

Keywords: Innovation, Digitalization, Budgeting, Raw material usage Optimization, Design for manufacturing, Automation.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Objetivos do Estudo.....	2
1.3	Metodologia do Estudo.....	3
1.4	Estrutura da Dissertação.....	4
2	METODOLOGIAS DE APOIO.....	7
2.1	Filosofia SMART	7
2.2	Metodologia TRIZ	8
2.2.1	Resolução de Contradições Físicas ou Técnicas.....	11
2.2.2	Análise "Substância - Campo"	13
2.3	Matriz de Decisão Ponderada de Pugh	18
2.4	Modelo de Kano	21
3	ESTUDO DE CASO	29
3.1	Empresa MIME	29
3.2	Caracterização das Atividades de Projeto na Empresa.....	31
3.3	Identificação de Problemas e Oportunidades de Melhoria	33
3.3.1	Tempo de Resposta ao Cliente e de Anteprojeto	34
3.3.2	Aproveitamento de Material.....	36
3.3.3	Equipamentos do Portfólio da Empresa.....	37
3.4	Propostas de Melhoria	41

3.4.1	Inovação de Processos.....	41
3.4.2	Inovação de Equipamentos.....	63
3.5	Análise e Triagem das Propostas	72
3.6	Análise e Discussão de Resultados.....	75
4	CONCLUSÕES	81
4.1	Conclusões.....	81
4.2	Propostas para Trabalhos Futuros.....	82
	BIBLIOGRAFIA.....	85
	ANEXOS.....	89
	ANEXO A - MATRIZ DE CONTRADIÇÕES.....	88
	ANEXO B - OS 40 PRINCÍPIOS DE INVENÇÃO.....	95
	ANEXO C - SOLUÇÕES DO PROGRAMA <i>OPTICUTTER</i>	105
	ANEXO D - MANUAL DE IMPORTAÇÃO DE DADOS DO PROGRAMA <i>OPTICUTTER</i>	108
	ANEXO E - MATRIZ DE DECISÃO PONDERADA DE PUGH.....	113
	ANEXO F - INQUÉRITO DO MODELO DE KANO.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Metodologia do estudo.....	4
Figura 2-1: Ilustração com breve resumo das bases da metodologia SMART.....	8
Figura 2-2: Genrikh Saulovich Altshuller, criador da metodologia TRIZ.....	9
Figura 2-3: Triângulo "substância-campo"	14
Figura 2-4: Modelo SC incompleto.....	15
Figura 2-5: Modelo SC prejudicial.....	15
Figura 2-6: Modelo SC ineficiente.....	15
Figura 2-7: Solução-padrão 1.	16
Figura 2-8: Solução-padrão 2.	17
Figura 2-9: Solução-padrão 3.	17
Figura 2-10: Solução-padrão 4.....	17
Figura 2-11: Solução-padrão 5.....	18
Figura 2-12: Solução-padrão 6.....	18
Figura 2-13: Árvore de objetivos da Matriz de Decisão.	20
Figura 2-14: Nível de satisfação do cliente para determinado desempenho do requisito.....	23
Figura 2-15: Requisitos de Kano.....	23
Figura 2-16: Variabilidade no tempo da categoria dos requisitos.	24
Figura 2-17: Diagrama de satisfação do cliente.....	27
Figura 3-1: Logótipo da empresa MIME.....	29
Figura 3-2: Instalação fabril desenvolvida pela MIME.....	31
Figura 3-3: Princípio de funcionamento da empresa MIME.	31
Figura 3-4: Organograma da empresa MIME.....	33
Figura 3-5: Exemplo de planeamento para corte de chapa.	36
Figura 3-6: Sistema de tensionamento por sistema fuso-porca.....	39

Figura 3-7: Sistema de tensionamento vertical, por efeito da gravidade.....	39
Figura 3-8: Sistema de tensionamento horizontal por efeito da gravidade.....	40
Figura 3-9: Modelo SC insuficiente.....	41
Figura 3-10: Página inicial da plataforma Opticutter.....	49
Figura 3-11: Interface gráfica da calculadora <i>on-line Opticutter</i>	50
Figura 3-12: Página de resultados do programa <i>Opticutter</i>	51
Figura 3-13: Excerto de catálogo do sistema de orçamentação.	53
Figura 3-14: Levantamento de materiais do modelo a produzir.....	54
Figura 3-15: Exemplo de abordagem à produção de uma lateral para <i>Redler</i>	55
Figura 3-16: Sistema de tradução de dados para sistema <i>Opticutter</i> (chapa).....	56
Figura 3-17: Importação de ficheiro <i>Excel/CSV</i> para a plataforma <i>Opticutter</i>	58
Figura 3-18: Cálculo do custo de matéria-prima.....	59
Figura 3-19: Cálculo do custo de mão de obra.....	60
Figura 3-20: Esquema da secção transversal de um transportador de corrente.....	61
Figura 3-21: Modelo SC ineficiente.	63
Figura 3-22: Evolução do modelo SC do problema.	64
Figura 3-23: Árvore de critérios de engenharia para o problema apresentado.....	68
Figura 3-24: Matriz de decisão do problema.....	70
Figura 3-25: Excerto do questionário aos trabalhadores.	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Parâmetros de engenharia.....	11
Tabela 2.2 - Princípios de invenção.....	12
Tabela 2.3 - Símbolos da análise "substância-campo".....	16
Tabela 2.4 - Matriz de decisão ponderada de Pugh.....	19
Tabela 2.5 - Classificação dos requisitos.....	26
Tabela 3.1 - Matriz de contradições.....	43
Tabela 3.2 - Resultados do inquérito aos trabalhadores.....	73
Tabela 3.3 - Níveis de satisfação.....	74

ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

A	Atrativo
ARIZ	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas
ASC	Análise "Substância - Campo"
CI	Coeficiente de Insatisfação
CS	Coeficiente de Satisfação
E	Elétrico
M	Mecânico
Ma	Magnético
MD	Matriz de Decisão
MIME	Manutenção Industrial, Montagens e Engenharia, Lda.
N	Neutro
NOVA - SST	<i>NOVA - School of Science and Technology</i>
O	Obrigatório
PIN	<i>Personal Identification Number</i>
PME	Pequena Média Empresa
Q	Questionável
Qo	Químico
RAM	<i>Random Access Memory</i>
R	Reverso
SMART	<i>Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Time-Bound</i>
T	Térmico
TRIZ	Teoria da Resolução Inventiva de Problemas
TVCS	Técnicas para Vencer Conflitos de Sistema
U	Unidimensional

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se o enquadramento e motivação deste estudo. Abordam-se também os objetivos, a metodologia utilizada e a estrutura através da qual se construiu este documento.

1.1 Enquadramento e Motivação

A implementação de metodologias, que promovem melhorias no funcionamento de uma empresa, através de inovação e criatividade, traz consigo sucesso e previne desperdícios de recursos (Levinson, 2012). Isto deve-se ao facto de que a uniformização de operações constitui a base da atividade da empresa e da tomada de decisões. A melhoria e otimização de processos na empresa são imperativas na hora de evitar erros e atrasos, na melhoria do rendimento, produtividade e relação com fornecedores, bem como na satisfação do cliente (Frevvoblog, 2021).

A introdução de uma cultura cada vez mais digital nas vidas das pessoas e nas organizações tem feito com que haja, cada vez mais, uma tendência pela digitalização dos vários domínios da atividade humana, em particular nas indústrias. De facto, já não é só o consumidor final que procura os sistemas digitais mais avançados, como também as indústrias têm procurado o desenvolvimento de plataformas e sistemas digitais nas suas operações. Em 2015, a empresa Siemens, junto com a fundação Dom Cabral, fez um estudo acerca do impacto da digitalização nas indústrias. Deste estudo, concluiu-se que cerca de 85% dos entrevistados vêem a digitalização como uma parte fundamental da indústria contemporânea. A digitalização é uma ferramenta essencial na competitividade das empresas (Siemens, 2015).

Assim, as empresas têm procurado adaptar e implementar metodologias para se tornarem mais competitivas, para se destacarem no mercado e para aumentarem o rendimento das suas atividades. Muitas vezes, inclusive, estas medidas são tomadas emparelhadas com soluções digitais.

O presente estudo foi realizado numa pequena empresa metalomecânica que se dedica ao fabrico, montagem e manutenção de equipamentos industriais. Este estudo centrou-se principalmente na melhoria das atividades de projeto e nos equipamentos comercializados da empresa.

1.2 Objetivos do Estudo

Não querendo ficar atrás do mercado e querendo marcar a sua posição na produção de equipamentos industriais, a empresa MIME – Manutenção Industrial, Montagens e Engenharia, Lda. tomou a decisão de começar a digitalizar alguns dos seus processos, nomeadamente na fase de projeto dos equipamentos e no armazenamento de informação na nuvem. Também começou a investir na inovação de equipamentos e de processos internos. Assim, os objetivos do estudo definidos procuraram responder a estas necessidades.

O principal objetivo da realização deste estudo foi definido no sentido de ter uma contribuição positiva nas atividades da empresa, promovendo o seu crescimento e melhorando o seu funcionamento. Este primeiro objetivo pode ser interpretado como “deixar a empresa num lugar melhor”. Porém, este objetivo é demasiado generalista e, desta forma, foi preciso especificar melhor em que o mesmo se traduz.

Assim, tratou-se de concretizar as inovações propostas aos processos da empresa e aos seus produtos. Tendo tido um envolvimento tão amplo nas atividades da empresa, fez-se um exercício de priorização e reflexão, numa atividade de *brainstorming*, definindo-se que as propostas deveriam seguir os seguintes pontos:

- Desenvolver um sistema de orçamentação para produtos catalogados da empresa;
- Implementar uma filosofia de projeto orientado para a produção;
- Otimizar o consumo de matéria-prima;
- Apresentar uma inovação no sistema de tensionamento da corrente em transportadores de corrente.

Os três primeiros tópicos centram-se na melhoria de processos da empresa, sendo o último uma proposta de melhoria a produtos da empresa. Estes foram considerados os pontos que poderiam trazer maior valor à empresa, dentro de vários outros que foram considerados. Cada uma destas propostas enumeradas corresponde a um sub-objetivo a cumprir.

Todos estes objetivos e sub-objetivos foram definidos tendo como prazo para a sua concretização, a duração do estudo.

1.3 Metodologia do Estudo

Tratando-se de um estudo abrangente e com muita variedade de aspetos técnicos a ser analisados, foi necessário desenvolver uma metodologia para desenvolvimento do estudo. Este *workflow* orientou as diferentes fases do trabalho.

A primeira fase do estudo foi a caracterização do funcionamento da empresa e das suas atividades.

De seguida, procedeu-se à identificação de problemas e oportunidades de melhoria. Para tal, foram utilizadas algumas técnicas como: observação direta; *brainstorming* e análise de documentos internos da empresa.

A seguir, os problemas identificados foram analisados e realizou-se uma triagem aos mesmos. Para tal, foram utilizadas técnicas como a observação direta e *brainstorming*.

Tendo analisado o funcionamento da empresa e detetado oportunidades de melhoria e problemas, desenvolveu-se um conjunto de propostas. Nesta etapa, foram utilizadas algumas ferramentas da metodologia TRIZ, tais como: quarenta princípios inventivos; matriz de contradições e análise substância-campo.

Após apresentação das propostas de melhoria, foi realizada uma triagem às mesmas, numa ótica de averiguação da sua aplicabilidade e da existência de oportunidades de implementação. Para tal, para além de recorrer ao habitual *brainstorming*, utilizou-se também o modelo de Kano e a Matriz de Decisão ponderada de Pugh.

O passo seguinte, consistiu na monitorização da implementação das propostas apresentadas. Para tal, recorreu-se à observação direta e ao *brainstorming*.

Finalmente, o último passo foi realizar uma análise crítica aos resultados obtidos na fase anterior, validando o modelo proposto, que permitiu a melhoria dos processos da empresa.

Na Figura 1-1, é apresentada a metodologia do estudo que foi adotada na realização deste trabalho:

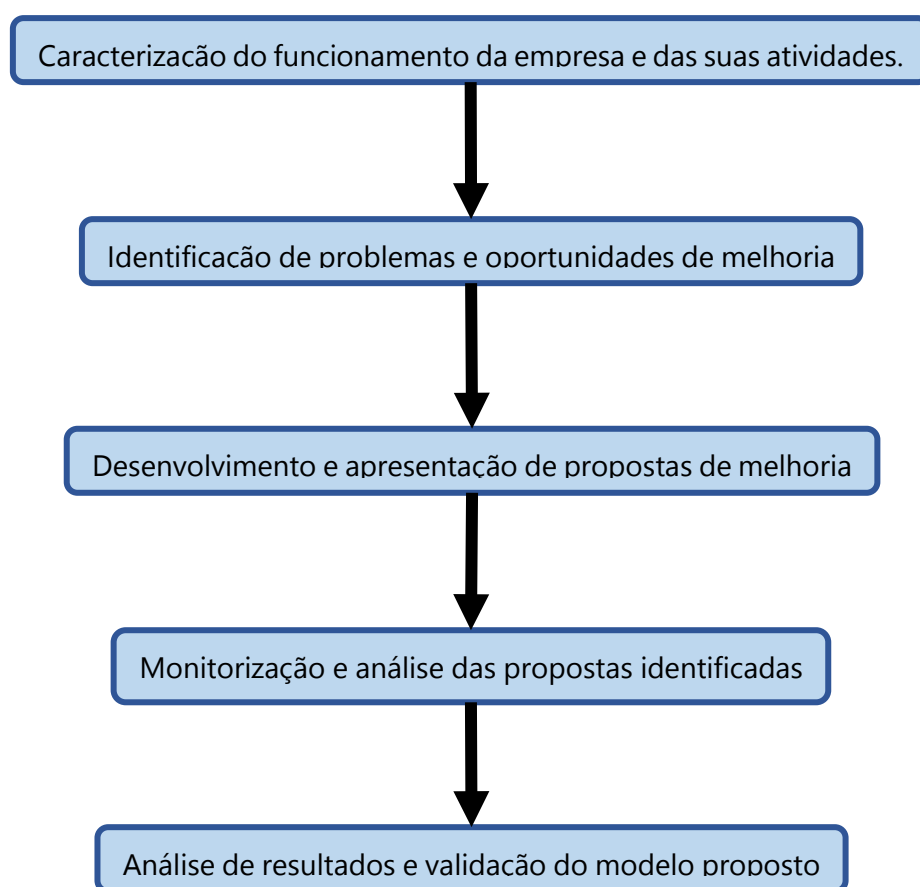


Figura 1-1: Metodologia do estudo.

1.4 Estrutura da Dissertação

O presente documento é composto por quatro capítulos.

No primeiro capítulo, faz-se uma introdução ao estudo, apresentando o enquadramento e motivação, os objetivos do estudo e a metodologia do estudo. Cada um destes assuntos é apresentado num subcapítulo particular.

De seguida, no segundo capítulo é feita uma apresentação das metodologias que serviram de apoio na realização deste estudo. Cada metodologia é referida no seu respetivo subcapítulo. Assim, existe um subcapítulo para a metodologia TRIZ, um para a matriz de decisão e um para o modelo de Kano.

Passando ao terceiro capítulo, apresenta-se o estudo de caso, o qual é composto por vários assuntos, referidos individualmente nos seus respetivos subcapítulos. Aqui, aborda-se

a atividade e história da empresa; caracterizam-se as atividades de projeto da empresa; apresentam-se os problemas e oportunidades de melhoria detetados; propõem-se medidas para contrariar estes problemas, bem como para seguir as oportunidades de melhoria e faz-se uma análise dos resultados obtidos.

No penúltimo capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho.

Finalmente, no último capítulo, pode-se consultar a bibliografia utilizada no estudo.

Para fechar a dissertação, no final, estão anexados os documentos que serviram de apoio ao estudo.

METODOLOGIAS DE APOIO

O presente capítulo faz uma apresentação das metodologias utilizadas como apoio para o estudo. As metodologias apresentadas são a metodologia TRIZ, a matriz de decisão ponderada de Pugh e o modelo de Kano.

2.1 Filosofia SMART

O desenvolvimento dos objetivos deste estudo foi realizado usando como base a filosofia SMART - *Specific, Measurable, Attainable Relevant & Time-Bound*, ver Figura 2-1. Esta filosofia baseia-se em cinco princípios, que lhe dão o nome: *Specific* (Específico), *Measurable* (mensurável), *Attainable* (alcançável), *Relevant* (relevante) e *Time-Based* (limitado no tempo). Incorporando estes parâmetros na formulação dos objetivos, foi possível garantir que a direção seguida pelo estudo foi a mais adequada possível. Com esta metodologia, os objetivos não correm o risco de se tornar generalidades ou ambiguidades (Boogaard, 2021).

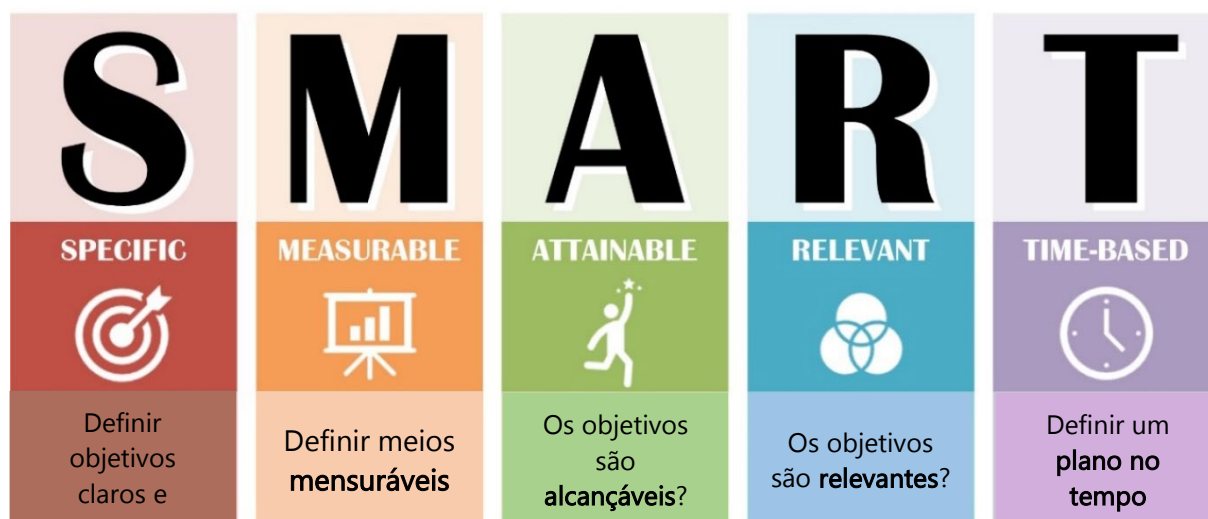


Figura 2-1: Ilustração com breve resumo das bases da metodologia SMART (Stevick, 2021).

2.2 Metodologia TRIZ

A Teoria da Resolução Inventiva de Problemas, tal como o nome indica, permite facilitar a resolução de problemas a partir da invenção de soluções específicas e orientadas.

Esta invenção, posto de uma forma muito simplificada, consiste na superação da inércia psicológica. Esta inércia psicológica prende-se com as várias operações rotineiras que praticamos no dia-a-dia.

A existência da rotina é, de certa forma, uma moeda com duas faces muito distintas. Por um lado, é possível compreender que a rotina permite libertar a consciência de tarefas simples e repetitivas. Dá a capacidade de as realizar sem pensar, de gastar espaço de "memória RAM" nelas. Assim, na hora de realizar operações mais complexas ou que fujam mais do normal, pode-se contar com a disponibilidade mental para lidar com elas. Isto é positivo e favorece o indivíduo na resolução de problemas. Por outro lado, a rotina, ou neste caso o universo conhecido do indivíduo, apresenta um entrave na inovação. De facto, por estar inserido numa sociedade ou numa vivência em que tudo "é como é, porque é assim", o indivíduo poderá sentir dificuldade em desenvolver soluções que respondam a questões mais exóticas. Poderá sentir dificuldade em responder a problemas usando métodos completamente novos. Poderá sentir dificuldade em inovar (Bregman, 2019).

O impacto negativo da rotina na inovação despertou a necessidade de uma metodologia que, com várias ferramentas, permitisse vencer a limitação da inércia mental.

Assim, em 1946 começou a surgir a metodologia TRIZ (Teoria da Resolução Inventiva de Problemas), desenvolvida por Genrich Altshuller, apresentado na Figura 2-2.

Esta metodologia, com as suas várias ferramentas, permite a resolução de problemas, especialmente nas áreas da engenharia e da gestão. No entanto, por ser tão frutífera, é possível encontrar adaptações desta metodologia a outros campos do conhecimento.



Figura 2-2: Genrikh Saulovich Altshuller, criador da metodologia TRIZ (Tartarari, 2020).

A existência de várias ferramentas é aquilo que permite a consideração de problemas, a partir de diversos e inesperados pontos de vista, abrindo assim a possibilidade de surgimento de soluções. A TRIZ apresenta informação baseada em projetos anteriores semelhantes, inspirando o projetista na hora de descobrir uma solução.

Genrich Altshuller, ao analisar registos de cerca de 200.000 patentes (Hsieh & Chen, 2010), pôde dividir as soluções descritas em cinco níveis (Navas, 2021):

O primeiro nível resolve cerca de 30% dos problemas, através de soluções rotineiras que aparecem, usando ferramentas e métodos comuns e bem conhecidos na respectiva área da especialidade.

O segundo, representando 45% da totalidade, consiste em pequenas correções em sistemas existentes, recorrendo a métodos conhecidos naquela área.

De seguida, no terceiro nível e abrangendo cerca de 20% das problemáticas, é onde aparecem melhorias importantes, que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo da indústria. É neste nível onde aparecem soluções criativas de projeto.

Passando ao quarto nível, aparecem soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Neste nível encontram-se cerca de 4% das soluções desenvolvidas.

Finalmente, no quinto nível e representando menos de 1%, da totalidade das soluções, têm-se soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas não anteriormente exploradas.

A metodologia TRIZ tem por objetivo auxiliar na elaboração de projetos dos níveis três e quatro. Assim, é possível responder a cerca de um quarto da totalidade dos problemas que podem aparecer. Nestes níveis, a aplicação de boas práticas de engenharia e gestão não é suficiente para produzir resultados assinaláveis.

O desenvolvimento da metodologia TRIZ consiste num conjunto de conceitos-chave (Navas, 2021):

- Sistema de formulação de conceitos;
- Resolução de contradições físicas ou técnicas;
- Conceito de estado ideal de um projeto;
- Análise "substância-campo";
- Algoritmo de resolução dos problemas de invenção (ARIZ).

Um problema é considerado local quando pode ser atenuado ou eliminado por modificação de um subsistema, inalterando os restantes.

Um problema passa a ser considerado como global quando apenas se pode resolver pelo desenvolvimento de um sistema novo, baseado num princípio de funcionamento diferente (Navas, 2021).

Esta metodologia foi considerada como útil à resolução dos problemas levantados neste estudo e, como tal, foi implementada. Em particular, como ferramentas para ajudar na realização deste estudo, foram consideradas: a resolução de contradições físicas ou técnicas e a análise "substância-campo". De seguida, faz-se uma apresentação destas metodologias.

2.2.1 Resolução de Contradições Físicas ou Técnicas

Um conflito de sistema, ou contradição, ocorre quando da melhoria de certos atributos resulta a deterioração de outros.

Genrich Altshuller constatou que, apesar da grande diversidade tecnológica, havia apenas 1250 conflitos típicos de sistema. Além disso, identificou 39 parâmetros de engenharia que geralmente são alvo de tentativas de melhoria. Na Tabela 2.1, podem ser consultados tais parâmetros de engenharia:

Tabela 2.1 - Parâmetros de engenharia (Adaptado de Navas, 2021).

1. Peso (objeto móvel)	14. Resistência	27. Fiabilidade
2. Peso (objeto imóvel)	15. Durabilidade (objeto móvel)	28. Precisão de medição
3. Comprimento (objeto móvel)	16. Durabilidade (objeto imóvel)	29. Precisão de fabrico
4. Comprimento (objeto imóvel)	17. Temperatura	30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
5. Área (objeto móvel)	18. Claridade	31. Efeitos colaterais prejudiciais
6. Área (objeto imóvel)	19. Energia dispensada (objeto móvel)	32. Manufaturabilidade
7. Volume (objeto móvel)	20. Energia dispensada (objeto imóvel)	33. Conveniência de uso
8. Volume (objeto imóvel)	20. Energia dispensada (objeto imóvel)	34. Reparabilidade

9. Velocidade	22. Perda de energia	35. Adaptabilidade
10. Força	23. Perda de massa	36. Complexidade do dispositivo
11. Tensão, pressão	24. Perda de informação	37. Complexidade no controlo
12. Forma	25. Perda de tempo	38. Nível de automação
13. Estabilidade do objeto	26. Quantidade de matéria	39. Produtividade

Todos os conflitos podem ser resolvidos através da aplicação de 40 princípios de invenção, também chamados de Técnicas para Vencer Conflitos de Sistema (TVCS). Na Tabela 2.2, podem ser consultados todos estes princípios:

Tabela 2.2 - Princípios de invenção (Adaptado de Navas, 2021).

1. Segmentação	11. Amortecimento prévio	21. Urgência	31. Utilização de materiais porosos
2. Extração	12. Equipotencial	22. Conversão de prejuízo em proveito	32. Mudança de cor
3. Qualidade Local	13. Inversão	23. Retroação	33. Homogeneidade
4. Assimetria	14. Esfericidade	24. Mediação	34. Rejeição e regeneração de componentes
5. Combinação	15. Dinamismo	25. Autosserviço	35. Transformação do estado físico ou químico
6. Universalidade	16. Ação atenuada ou acentuada	26. Imitação	36. Mudança de fase
7. Recorrência	17. Mudança para nova dimensão	27. Objeto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável	37. Expansão térmica

8. Equilíbrio	18. Vibração Mecânica	28. Substituição do sistema mecânico	38. Utilização de oxidantes enérgicos
9. Neutralização prévia	19. Ação periódica	29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos	39. Ambiente inerte
10. Ação prévia	20. Ação contínua	30. Películas flexíveis ou membrana fina	40. Materiais compósitos

De forma a sistematizar todas as contradições físicas e técnicas, Genrich Altshuller construiu uma tabela de contradições. As linhas das tabelas de contradições estão preenchidas com os parâmetros cujo ajuste melhora o comportamento do sistema, e estas interseitam as colunas com os parâmetros cujo ajuste produz resultados indesejados. Na interseção encontram-se os números dos princípios de invenção que são sugeridos como capazes de resolver a contradição.

O primeiro passo na resolução da contradição é a elaboração de um enunciado com o objetivo de revelar a contradição contida no sistema. De seguida, identificam-se os parâmetros que melhoram e prejudicam o desempenho do mesmo. Após determinação dos parâmetros relevantes para o problema, constrói-se uma tabela de contradições com estes parâmetros. Analisando as interseções geradas e as sugestões de princípios de invenção, pode-se começar a resolver as contradições. Tendo resolvido as contradições todas, pode-se determinar quais as propostas mais relevantes para a resolução do problema e construir soluções para o problema. A matriz de contradições pode ser consultada na sua totalidade no anexo A.

2.2.2 Análise "Substância - Campo"

A análise "Substância-Campo" (ASC) é uma ferramenta analítica do TRIZ que ajuda a construir modelos funcionais para a resolução de problemas relacionados com sistemas tecnológicos, quer se trate de sistemas novos, quer de já existentes (Navas H. V., 2014).

A ASC formaliza um sistema, representando-o por um triângulo cujos vértices representam "substâncias" e "campos". Uma "substância" pode ser um objeto e um "campo" é a interação entre objetos que faz com que uma "substância" atue sobre outra. Em geral,

qualquer sistema que funcione adequadamente pode ser representado por um triângulo completo "Substância-Campo", como se pode ver na Figura 2-3. Um sistema complexo é representado por vários triângulos "substância-campo".

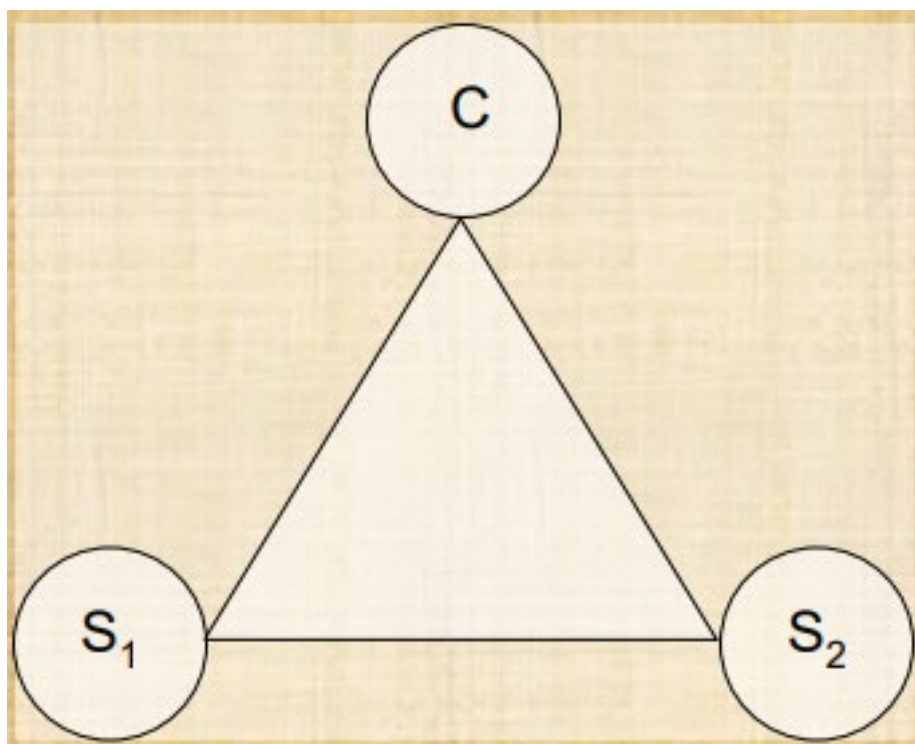


Figura 2-3: Triângulo "substância-campo" (Navas H. V., 2021)

As "substâncias" que participam numa interação podem ser de uma determinada natureza: material, ferramenta, componente, pessoa ou ambiente. Já o "campo" que atua sobre as "substâncias" pode ser: mecânico (M), térmico (T), químico (Qo), elétrico (E) ou magnético (Ma).

A grande vantagem desta representação é que ajuda a centrar o estudo nos elementos mais importantes do sistema e a identificar o problema como sendo pertencente a um determinado grupo.

Ao analisar um sistema, pode-se verificar as seguintes situações problemáticas (Navas, 2021):

Situação Problemática 1: O efeito desejado não ocorre (Figura 2-4);

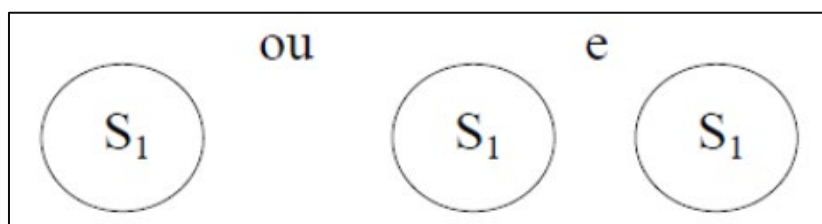


Figura 2-4: Modelo SC incompleto (Navas 2021).

Situação Problemática 2: Ocorre um efeito prejudicial (Figura 2-5);

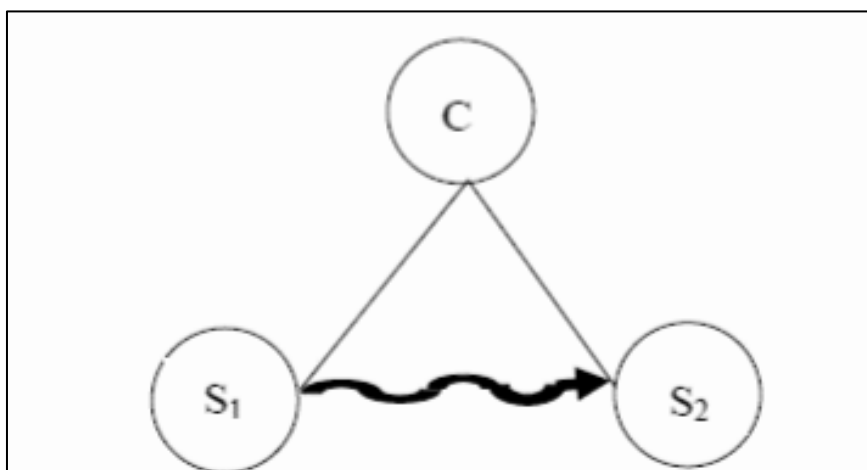


Figura 2-5: Modelo SC prejudicial (Navas, 2021).

Situação Problemática 3: O efeito desejado é insuficiente (ineficiência), (Figura 2-6).

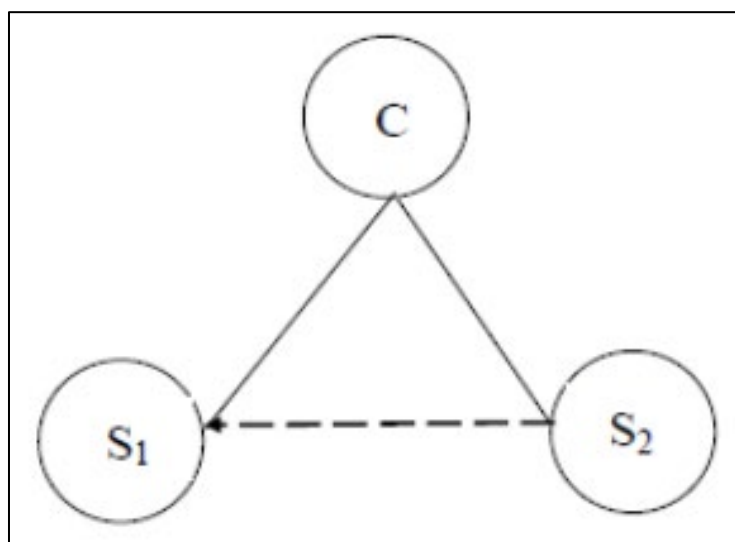


Figura 2-6: Modelo SC ineficiente (Navas, 2021).

Na construção de modelos gráficos correspondentes às situações problemáticas, utilizam-se os seguintes símbolos, apresentados na Tabela 2.3:

Tabela 2.3 - Símbolos da análise "substância-campo" (Adaptado de Navas, 2021).

Símbolo	Significado
→	Acção ou efeito desejado
---→	Acção ou efeito desejado insuficiente (ineficiente)
~→	Acção ou efeito prejudicial
⇒	Operador da solução

A análise "Substância-Campo" é efetuada começando por identificar os elementos disponíveis. De seguida, constrói-se o modelo "Substância-Campo" e identifica-se a problemática. Tendo definida a problemática e o modelo, procede-se à escolha de uma solução genérica (solução-padrão). Finalmente, desenvolve-se a solução concreta para o problema.

A primeira solução genérica (para a situação problemática 1) pode ser a seguinte: adicionar o elemento em falta ("campo" C), ou elementos ("campo" C e a ferramenta, "substância" S₂). Na Figura 2-7, é possível encontrar o modelo SC representativo desta solução:

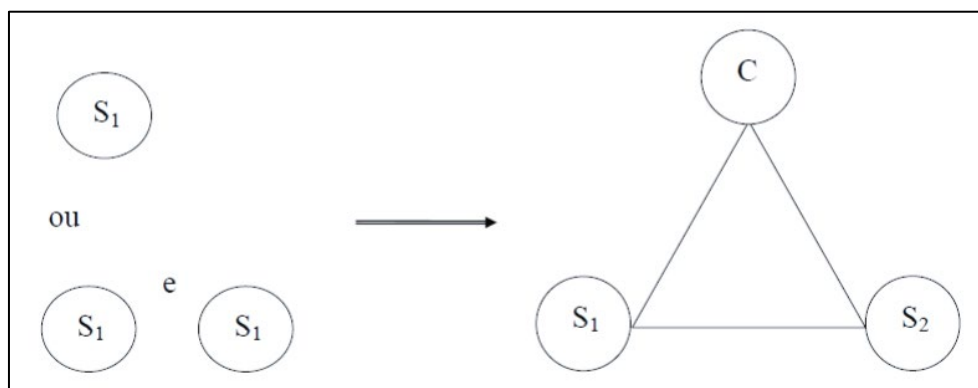


Figura 2-7: Solução-padrão 1 (Navas, 2021).

Para a situação problemática 2, existem duas solução-padrão:

2. Inserir uma "substância" (S₃), que deve ser uma versão modificada de S₁, de S₂ ou de ambas. A "substância" S₃ bloqueia o efeito prejudicial (Figura 2-8):

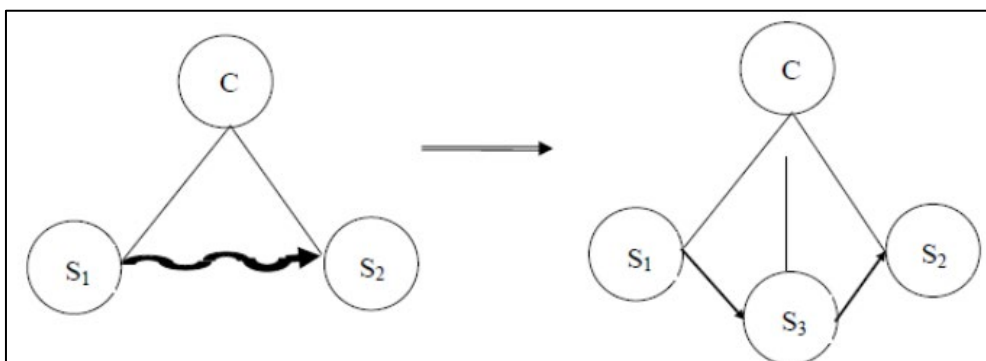


Figura 2-8: Solução-padrão 2 (Navas, 2021).

3. Adicionar um outro "campo" (C_2), para neutralizar o efeito prejudicial do "campo" inicial (C_1), (Figura 2-9):

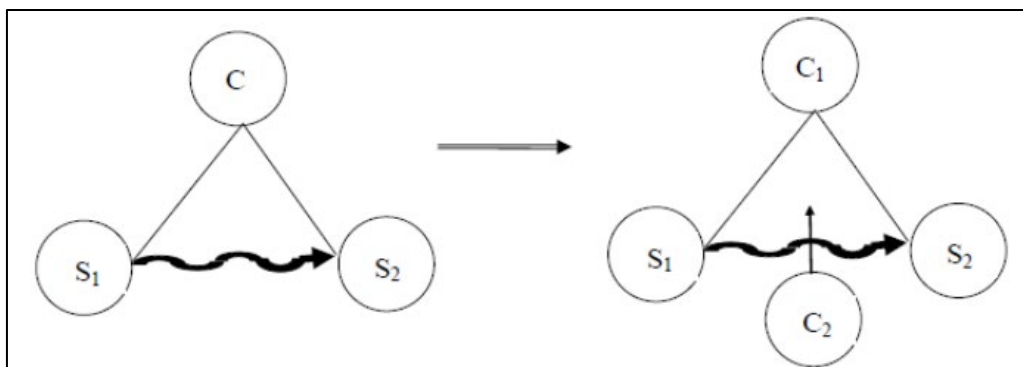


Figura 2-9: Solução-padrão 3 (Navas, 2021).

Finalmente, para a situação problemática 3, existem três soluções genéricas:

4. Substituir o "campo" C_1 (ou o "campo" C_1 e a "substância" S_2), por um outro "campo" (C_2) (ou por outro conjunto C_2 e S_3), (Figura 2-10):

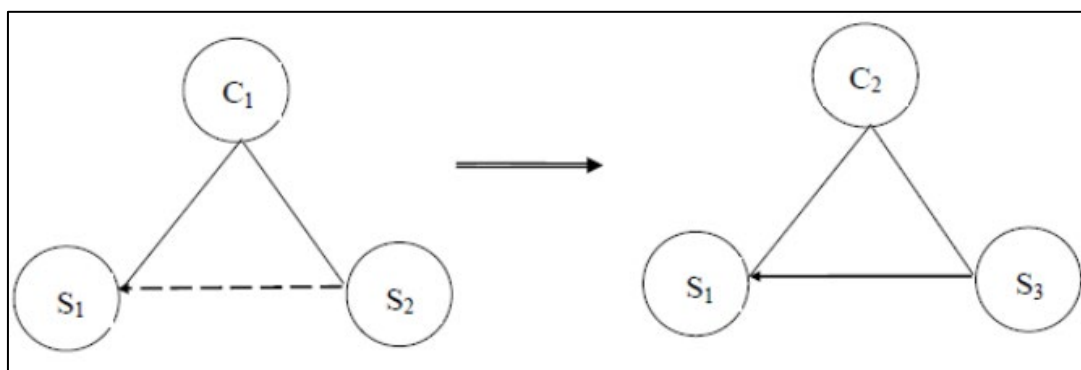


Figura 2-10: Solução-padrão 4 (Navas, 2021).

5. Acrescentar um outro "campo" (C_2), para reforçar o efeito desejado (Figura 2-11):

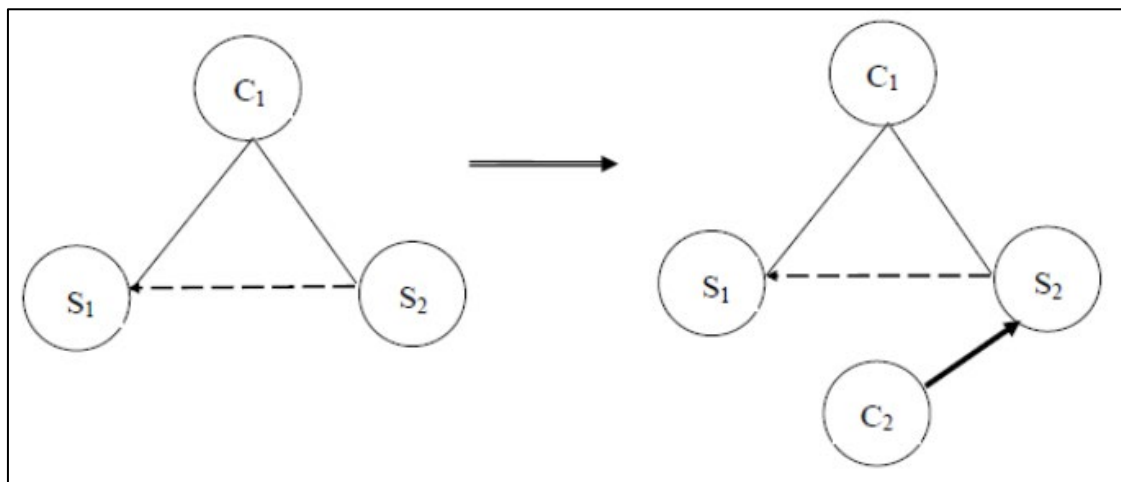


Figura 2-11: Solução-padrão 5 (Navas, 2021).

6. Inserir uma "substância" (S_3), e acrescentar um outro "campo" (C_2), para aumentar o efeito desejado (Figura 2-12):

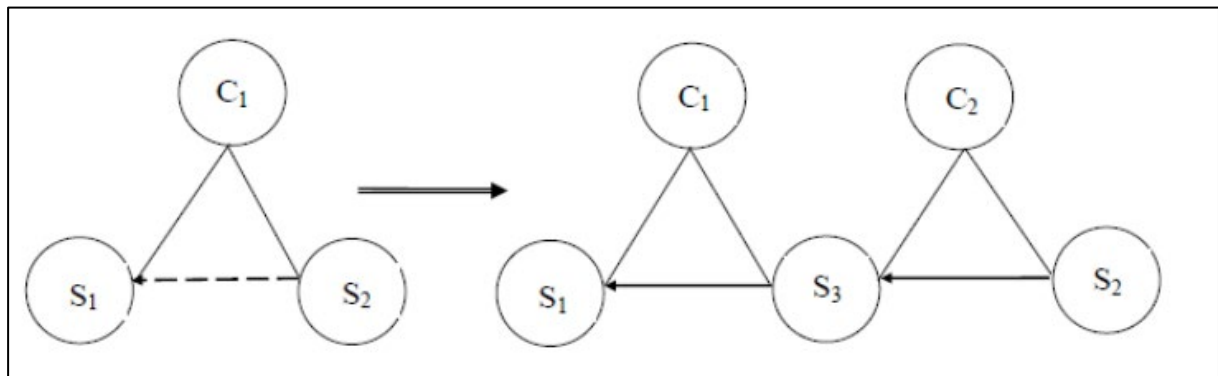


Figura 2-12: Solução-padrão 6 (Navas, 2021).

2.3 Matriz de Decisão Ponderada de Pugh

A Matriz de Decisão (MD) é uma ferramenta que permite organizar problemas com várias soluções, de forma lógica, estruturada e analítica. Desta forma, as soluções apresentadas são confiáveis para ser adotadas pelo utilizador (Nascimento, Nogueira, & Souza Júnior, 2017). É uma ferramenta muito usada quando se trabalha em equipas, realizando *brainstorms* sobre os

objetivos desejados, e quando se trabalha de forma individual, realizando uma reflexão sobre o problema e os objetivos pretendidos.

Nesta metodologia, existem as seguintes etapas:

1. Definição de critérios de avaliação;
2. Atribuição de fatores de ponderação a todos os critérios;
3. Soma das pontuações;
4. Obtenção de um *ranking* final entre soluções de projeto consideradas.

O formato geral de uma MD pode ser visto na tabela abaixo, Tabela 2.4:

Tabela 2.4 - Matriz de decisão ponderada de Pugh (Adaptado de Navas, 2021).

Critério	Fator de Ponderação	Soluções Alternativas					
		Solução 1		Solução 2		Solução 3	
		Classificação Simples	Classificação Ponderada	Classificação Simples	Classificação Ponderada	Classificação Simples	Classificação Ponderada
Critério 1							
Critério 2							
Critério 3							
Critério 4							
⋮							
Total							
Total Ponderado							

De forma a tentar criar um sistema objetivo de classificação de critérios de projeto, de acordo com a sua relevância, é necessário atribuir uma ponderação a cada um dos objetivos. A este valor, dá-se o nome de fator de ponderação. É este fator de ponderação que vai permitir ao utilizador priorizar os objetivos.

Após atribuição dos fatores de ponderação aos vários critérios, é importante atribuir um valor inteiro, uma classificação, a cada critério. Esta classificação permite quantificar o grau de satisfação que uma determinada solução traz a um determinado critério. Este mecanismo torna analítica a quantificação subjetiva que se faria entre soluções, noutras metodologias.

A pontuação atribuída a cada critério pode respeitar duas escalas diferentes, de acordo com o nível de entendimento do projetista sobre o assunto em questão (Navas, 2021):

- Escala de 0 a 4 valores: utilizada quando não existe muito conhecimento sobre a matéria a ser tratada Nesta escala, "zero" corresponde a um critério que não é satisfeito e "quatro" corresponde a uma solução Excelente.
- Escala de 0 a 10 valores: utilizada quando existe um grande entendimento sobre a matéria. Nesta escala, "zero" corresponde a um critério que não é satisfeito e "quatro" corresponde a uma solução ideal.

O passo seguinte, consiste na construção de uma árvore com os vários critérios, onde a ponderação de cada ramo de um nó, quando somada à dos restantes ramos desse nó, tem de ter o valor unitário "1".

Na Figura 2-13, é possível ver uma árvore de critérios, usada nesta metodologia:

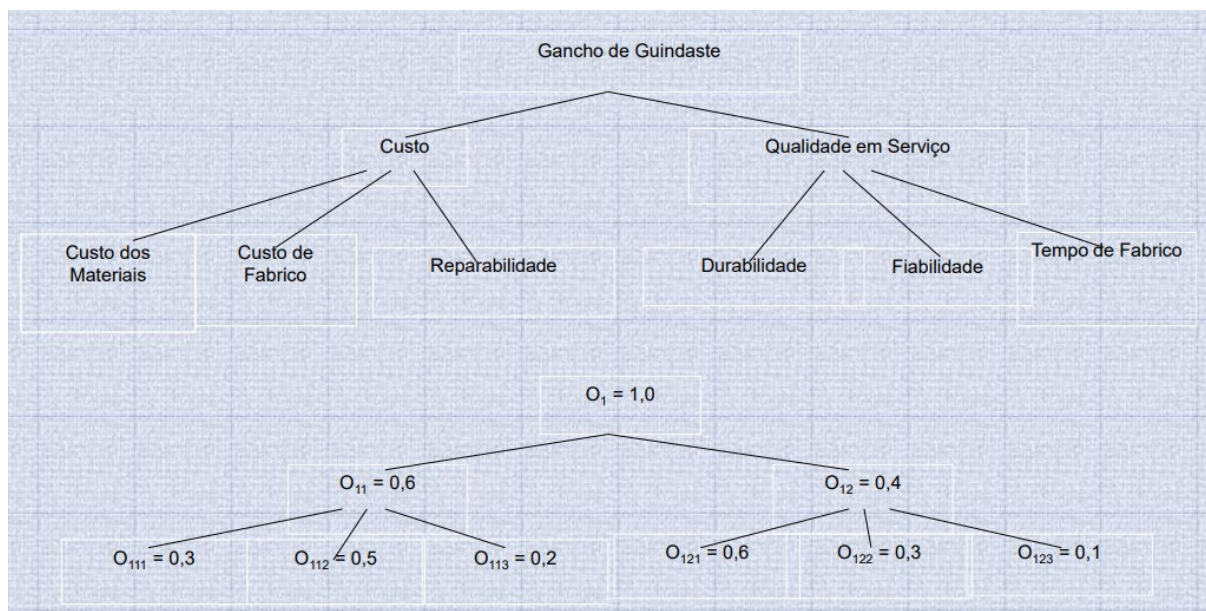


Figura 2-13: Árvore de objetivos da Matriz de Decisão (Navas, 2021).

2.4 Modelo de Kano

Cada vez mais, para as empresas, é importante receber um comentário acerca dos seus produtos, dado pelo consumidor final. De facto, tem-se tornado cada vez mais comum nas plataformas *on-line* o surgimento de fóruns de comentários onde o cliente avalia o produto. Raro é o ano em que não se recebe no *e-mail* uma *newsletter* de qualquer empresa a dizer que foi escolhida pelo consumidor, ou a partilhar alguma notícia acerca da sua relação com consumidores.

Tendo participado em estudos de mercado para algumas empresas, é com certeza que pode se afirmar que as empresas buscam cada vez mais a opinião dos consumidores no desenvolvimento dos seus produtos. A título de exemplo, pode-se considerar a empresa Nike. Esta empresa criou uma plataforma *on-line* em que o consumidor pode desenhar o seu próprio calçado. Escolher modelos, seleccionar as cores e padrões, etc. Este tipo de abordagem fez com que a Nike adoptasse um modelo diferente ao desenvolvimento do seu produto. Com este modelo, a Nike criou a Nike+, onde vários analistas estudam milhares de dados obtidos a partir de estudos de mercado e das suas plataformas *on-line* de forma a se poder aproximar cada vez mais dos consumidores. Segundo Jesse Stolak, diretora global de *branding* e de inovação da Nike: "O objetivo não mudou desde o início da Nike - Nós queremos ligar-nos aos atletas para inspirar e permitir-lhes ser melhores! Já não somos apenas vendedores de produtos, estamos-nos a tornar parte da vida dos clientes" (Westerman, Bonnet, & McAfee, 2014).

Considerando o âmbito deste estudo, é relevante considerar a opinião dos trabalhadores relativamente à proposta dos novos sistemas para empresa. Esta medida do índice de satisfação do cliente permite obter um conhecimento mais profundo para poder realizar uma priorização mais eficaz. Esta priorização permite que os assuntos mais urgentes sejam abordados mais cedo, instituindo a mudança crítica mais cedo.

O Modelo de Kano surgiu em 1984, desenvolvido por Noriaki Kano. O desenvolvimento deste modelo foi realizado no sentido de traçar uma relação entre a satisfação e os requisitos dos clientes (Doyle, 2019). É um modelo bidimensional, não linear, que classifica os requisitos de produto em três categorias essenciais (Navas H. V., 2021). Cada uma destas categorias afeta o cliente de uma forma diferente.

A primeira categoria é constituída pelos **requisitos obrigatórios**. Nestes requisitos, a satisfação do cliente apenas é conseguida quando os requisitos estão presentes e com um bom rendimento. São requisitos que o cliente considera como garantidos. Nesta categoria é importante reforçar que a satisfação do cliente apenas é garantida se houver um alto rendimento do requisito. Por outro lado, mesmo que o desempenho do requisito seja elevado, o nível de satisfação do cliente nunca passará da neutralidade. Pode-se considerar o exemplo de um carro. Neste caso, é inconcebível, aos olhos do consumidor, que o carro seja entregue com um motor que não funcione ou que esteja sempre a avariar (Jacobs, 1999).

Na segunda categoria encontram-se os **requisitos unidimensionais**. Estes requisitos têm uma relação linear com a satisfação do cliente. Assim, altos desempenhos dos requisitos traduzem-se em altos níveis de satisfação do cliente. São requisitos que o cliente deseja. No exemplo do carro, pode-se considerar a autonomia do combustível, como um caso de requisito unidimensional. Quanto maior for, maior a satisfação do cliente.

Finalmente, na terceira categoria, têm-se os **requisitos atrativos**. Ao considerar os requisitos atrativos, a relação entre a satisfação do cliente com o requisito é traçada graças a um fator surpresa, a algo inesperado. Não é um requisito que tenha sido pedido pelo cliente, mas sim algo que lhe é oferecido com origem na vontade do fornecedor. Este tipo de requisito também tem uma relação proporcional com a satisfação do cliente, correspondendo a um alto rendimento, um alto nível de satisfação. Estes requisitos, caso tenham um mau desempenho não afetam a satisfação do cliente. No exemplo do carro, pode-se considerar a oferta de um ano de combustível grátis.

Na Figura 2-14, pode-se ver três gráficos, onde se relaciona o desempenho do requisito com o nível de satisfação do cliente:

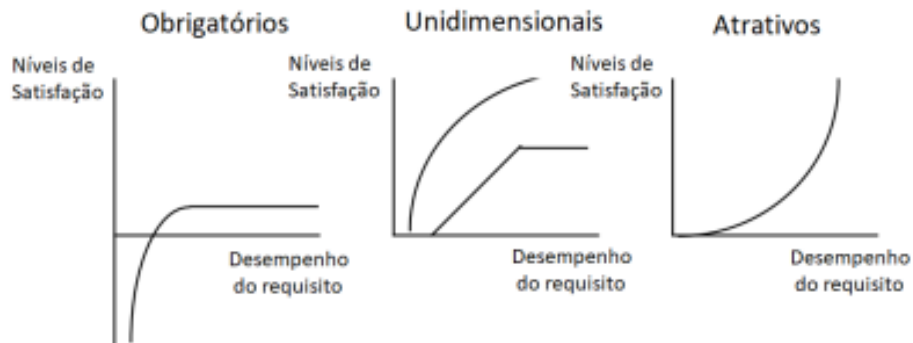


Figura 2-14: Nível de satisfação do cliente para determinado desempenho do requisito (Dahan & Hauser, 2001).

Existem mais requisitos neste modelo, como o requisito reverso onde o aumento do desempenho deste requisito provoca diminuição na satisfação do cliente. Também existem os requisitos neutros, nos quais o bom ou mau desempenho do requisito não tem impacto na satisfação do cliente. Finalmente, cabe referir os requisitos questionáveis, nos quais se assume que o cliente não compreendeu bem a questão ou que a questão foi mal formulada

Na Figura 2-15, pode-se observar um gráfico onde se apresenta a evolução dos requisitos, de acordo com o seu rendimento e com o nível de satisfação do cliente. Reparar que também estão representados os requisitos reversos.

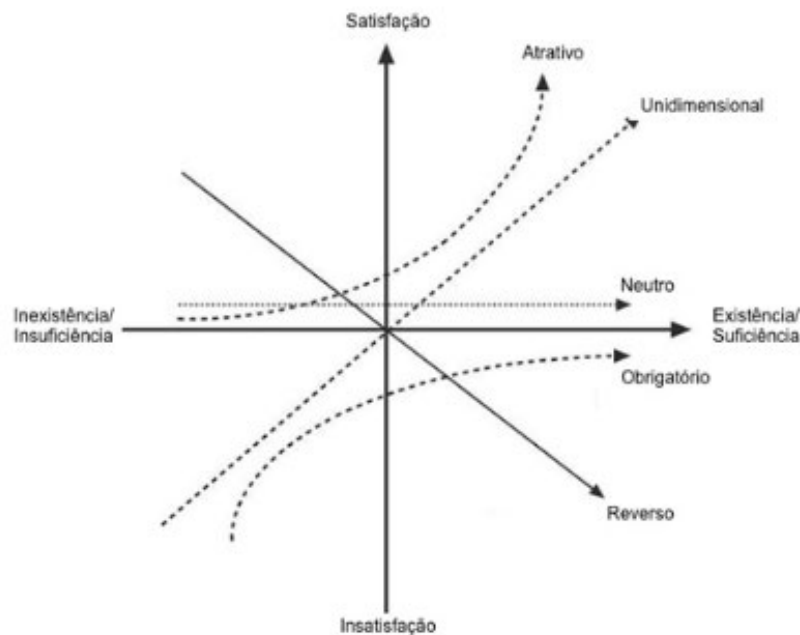


Figura 2-15: Requisitos de Kano (Ferreira, 2019).

Uma particularidade interessante que se pode aprender estudando o Modelo de Kano é a variabilidade inevitável da categorização dos requisitos do Modelo (Figura 2-16). Ao longo do tempo, os requisitos de um cliente vão migrando de categoria em categoria, numa tendência negativa. Veja-se o exemplo dos telemóveis de alta gama: há alguns anos, um telefone ter um sistema de desbloqueio por impressão digital (sistema biométrico), era um requisito atrativo. Todos tinham PIN de desbloqueio e a existência de um leitor de impressão digital era uma novidade inesperada que trazia um alto nível de satisfação. Ninguém pedia esta opção. No entanto, mesmo que por vezes não funcionasse bem, não se tinha nada contra a sua existência. Atualmente, as tendências mudaram no sentido em que a compra de um telemóvel de alta gama traz, na mente do consumidor, um sistema de desbloqueio biométrico. Se este requisito não estiver presente, o consumidor ficará insatisfeito com o equipamento. Caso funcione mal, também. Passou, então, de ser um requisito atrativo para um requisito obrigatório.

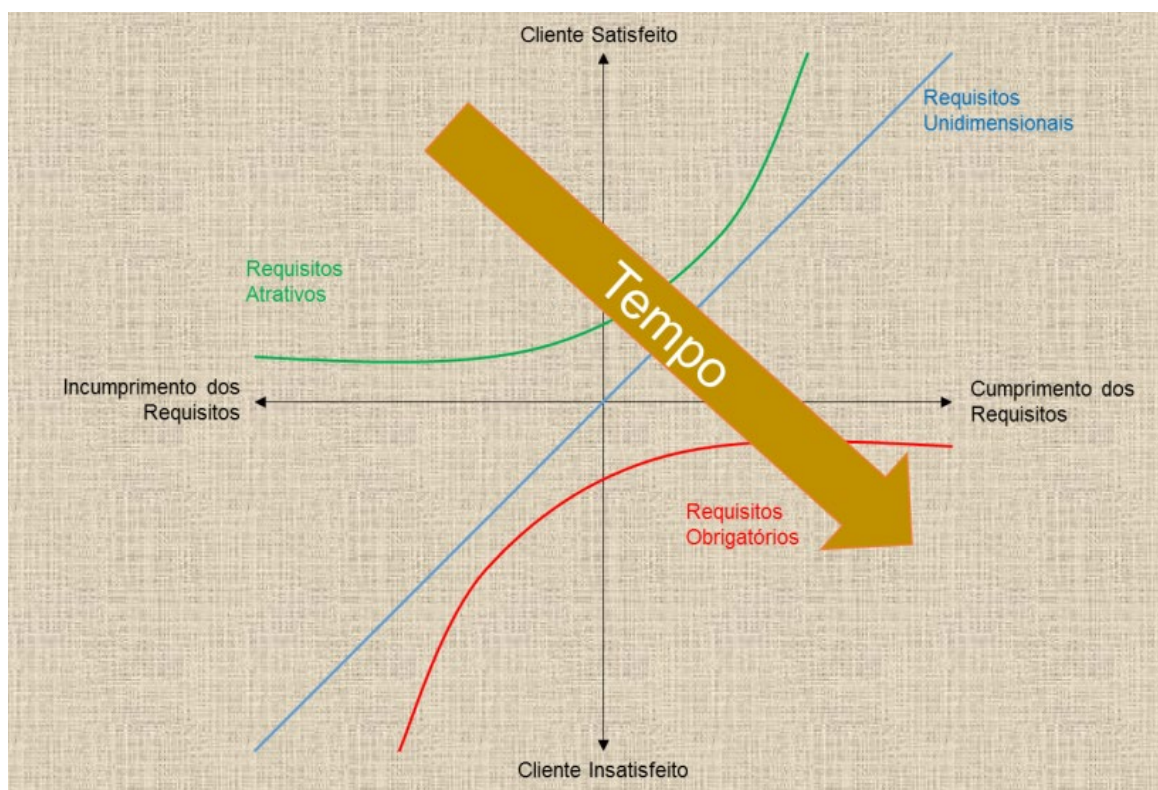


Figura 2-16: Variabilidade no tempo da categoria dos requisitos (Adaptado de Navas, 2021).

Numa situação de melhoria constante, como no caso da empresa MIME, é importante considerar este fenómeno. Isto vem no sentido em que as necessidades do cliente variam, sendo necessário atender a requisitos diferentes.

A implementação deste Modelo segue uma sequência de operações, que se inicia com um questionário ao público-alvo. Neste questionário, a formulação das questões é adaptada, de forma a haver dois tipos de questões: as funcionais e as disfuncionais. As questões funcionais são feitas nos casos em que o desempenho do requisito é satisfatório. No caso das disfuncionais, o requisito é insatisfatório ou insuficiente. Voltando ao tópico dos telemóveis e do seu sistema de desbloqueio, pode-se formular duas questões:

1. "Como se sentiria, se o seu telefone apresentasse um sistema de desbloqueio com impressão digital?"
2. "Como se sentiria, se o seu telefone não apresentasse um sistema de desbloqueio com impressão digital?"

A primeira questão é uma questão positiva, funcional; já a segunda é uma questão negativa, disfuncional.

Para responder às questões, o inquirido dispõe de cinco opções de resposta, dividindo a sua opinião em cinco níveis de satisfação: "Gosto dessa maneira", "Obrigatório ser dessa maneira", "Neutro", "Aceito que seja dessa maneira" e "Não gosto dessa maneira".

De seguida, na segunda fase, faz-se um levantamento das respostas aos questionários e posterior classificação dos requisitos. Para tal, recorre-se à matriz da Tabela 2.5. Nesta matriz apresentam-se as abreviaturas dos requisitos: unidimensionais (U); atrativos (A); obrigatórios (O), neutros (N); questionáveis (Q) e reversos (R). Cada abreviatura é colocada na interseção entre duas avaliações. Estas combinações são fixas:

Tabela 2.5 - Classificação dos requisitos (Adaptado de Navas, 2021).

Requisito		Questão Disfuncional				
		1 Gosto	2 Obrigatório	3 Neutro	4 Aceito	5 Não Gosto
Questão Funcional	1 Gosto	Q	A	A	A	U
	2 Obrigatório	R	N	N	N	O
	3 Neutro	R	N	N	N	O
	4 Aceito	R	N	N	N	O
	5 Não Gosto	R	R	R	R	Q

O terceiro passo consiste na obtenção da classificação dos requisitos do produto ou serviço em questão. Para tal, segue-se a sugestão seguinte:

$$(U + A + O) > (N + R + Q) \rightarrow \text{MAX}(U, A, O) \quad (1)$$

Ou:

$$(U + A + O) < (N + R + Q) \rightarrow \text{MAX}(N, R, Q) \quad (2)$$

Para os casos em que os resultados têm os mesmos dois requisitos de frequência, a classificação que teria maior impacto sobre o produto ou serviço deve ser escolhida de acordo com a seguinte ordem: $O > U > A > N$ (Roos, Sartori, & Godoy, 2009).

Finalmente, a última fase consiste na análise dos resultados obtidos. Nesta fase é importante considerar duas áreas: uma correspondente ao perfil dos inquiridos e outra às necessidades dos consumidores. Na etapa de definição das necessidades dos clientes, é importante respeitar a hierarquia entre requisitos, na hora de estabelecer prioridades entre eles. Assim, em primeiro lugar devem ser colocados os requisitos obrigatórios, pois sem eles não se consegue alcançar a satisfação do cliente. De seguida, vêm os requisitos atrativos e unidimensionais. Estes últimos permitem diferenciar de outros produtos ou serviços concorrentes. Tem importância realçar que, apesar de os requisitos obrigatórios serem fundamentais para garantir a satisfação dos clientes, não é vantajoso investir na sua melhoria.

De facto, estes requisitos, como referido anteriormente, nunca alcançarão um nível de satisfação superior à neutralidade. Assim, na hora de dirigir investimentos para inovação e melhoria de requisitos de produto, é mais relevante fazê-lo nos requisitos unidimensionais e atrativos. Estes, quanto maior o seu rendimento, maior é a satisfação do cliente (Matzler & Hinterhuber, 1998)

Em 1993, Berger propôs o coeficiente de satisfação do cliente (CS). Este coeficiente indica-nos qual a percentagem de consumidores que fica satisfeito com a existência ou suficiência de um atributo. Por outro lado, também foi proposto o coeficiente de insatisfação do cliente (CI). Este coeficiente apresenta a percentagem de clientes que ficam insatisfeitos com a inexistência ou insuficiência de um atributo. Após determinação destes dois coeficientes, os resultados são apresentados num diagrama como a apresentado na Figura 2-17:

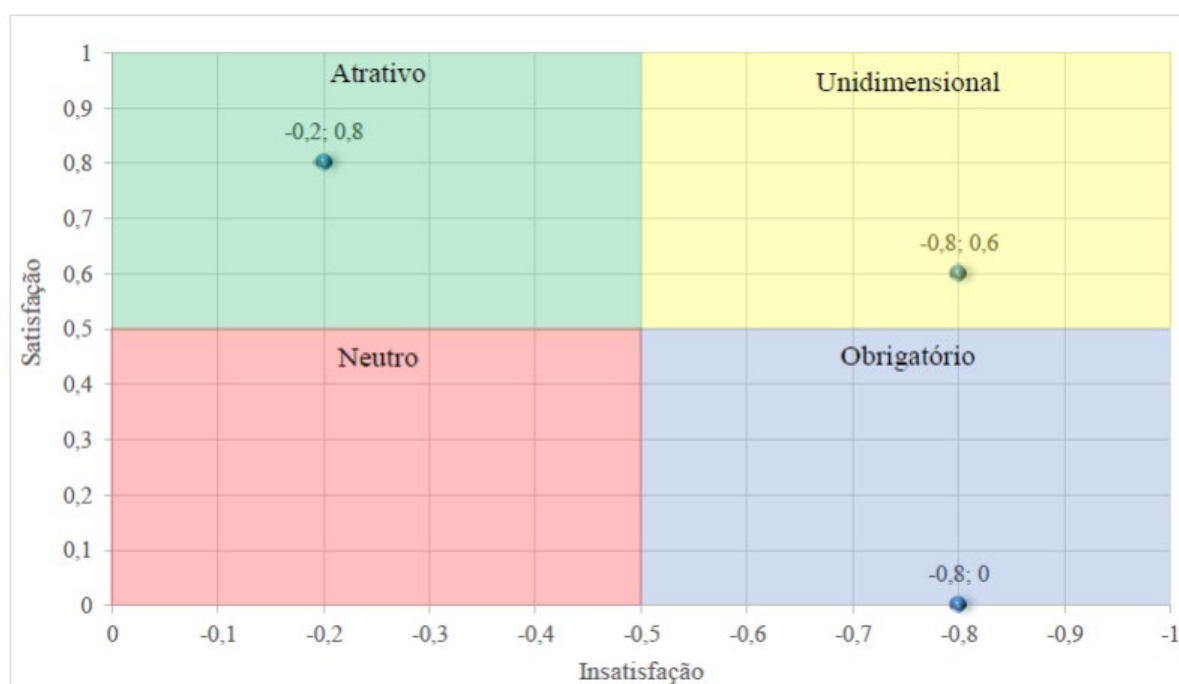


Figura 2-17: Diagrama de satisfação do cliente (Navas, 2021).

Os coeficientes referidos acima são calculados da seguinte forma:

$$CS = \frac{A\% + U\%}{A\% + U\% + O\% + N\%} \quad (3)$$

$$CI = \frac{-1 \times (O\% + U\%)}{A\% + U\% + O\% + N\%} \quad (4)$$

As percentagens apresentadas acima referem-se às percentagens dos requisitos de produto, recolhidas no estudo.

Estes coeficientes permitem prever quão forte será o impacto na satisfação dos clientes, após atuar sobre um determinado requisito. Tratando-se de parâmetros que variam entre a unidade (negativa ou positiva) e zero, quanto maior for o resultado (em módulo) do coeficiente, maior é o impacto na satisfação/insatisfação do cliente.

ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso.

Será abordada a história, área de atividade, práticas das atividades de projeto, organização e características da empresa. De seguida, serão apresentadas as oportunidades de melhoria detetadas e as soluções propostas. Finalmente, será feita uma análise de dados relativos à implementação das soluções, bem como projeções quanto ao impacto destas alterações.

3.1 Empresa MIME

A empresa MIME - Manutenção Industrial, Montagens e Engenharia, Lda. é, de acordo com a classificação do Instituto Nacional de Estatística, uma PME inserida no setor industrial e metalúrgico. Trata-se de uma empresa de engenharia que projeta, fornece e instala soluções customizadas de movimentação, armazenamento e despoeiramento de matérias-primas e produtos acabados. Na Figura 3-1, pode-se ver o logótipo da empresa MIME:



Figura 3-1: Logótipo da empresa MIME (MIME, 2022).

Os principais setores para os quais a empresa MIME atua são:

- Agropecuária;
- Agroalimentar;
- Biodiesel;
- Extrativa e pedra;
- Química e de cimentos;
- Biomassa e madeira;
- Lixo e resíduos.

Nas suas soluções, além de sistemas convencionais, fornecem também soluções inovadoras, procurando sempre estabelecer parcerias estratégicas com prestigiadas universidades de engenharia. Estas relações permitem uma inovação contínua e uma flexibilidade a pedidos diferentes única, destacando a MIME da concorrência.

Para a realização dos serviços de manutenção industrial e de montagem, a empresa MIME conta com uma equipa de técnicos experientes e certificados, para além de engenheiros especialistas.

No seu portfólio, é possível encontrar um leque de projetos chave-na-mão, fruto do acumular de experiência que a equipa que compõe a empresa MIME tem. Estes projetos destacam-se na área dos sistemas de movimentação, armazenamento e despoeiramento de matérias-primas e produtos acabados a granel como cereais, sementes oleaginosas, gesso, cinzas, limalhas de aço, entre outros.

A MIME, tem dois polos nos quais exerce as suas atividades. Por um lado, tem as suas instalações fabris na Castanheira do Ribatejo, onde a sua oficina metalomecânica produz os equipamentos. Por outro lado, em São Marcos, Oeiras, tem os seus escritórios onde atividades normalmente de cariz administrativo se realizam. As atividades de projeto são distribuídas entre as instalações da Castanheira do Ribatejo e de São Marcos. As atividades realizadas no âmbito deste estudo foram maioritariamente realizadas nas instalações da Castanheira do Ribatejo.

De forma a ilustrar alguma da oferta que a empresa MIME apresenta, na Figura 3-2, pode-se ver uma maquete de uma instalação que a empresa projetou:

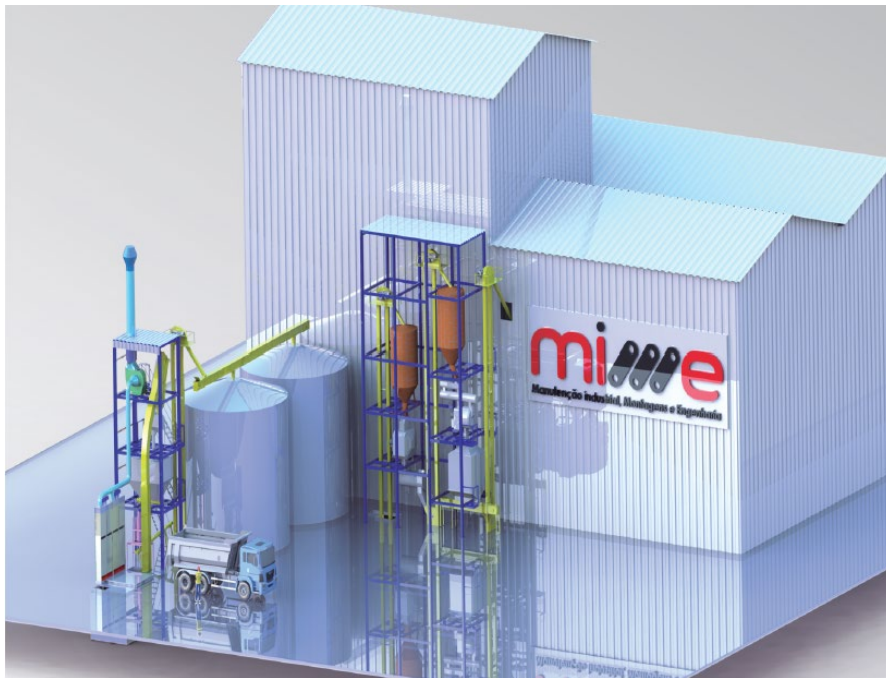


Figura 3-2: Instalação fabril desenvolvida pela MIMe (MIMe, 2022).

3.2 Caracterização das Atividades de Projeto na Empresa

Após se ter analisado durante cerca de seis meses as atividades da empresa, foi possível compreender o funcionamento da mesma e a sua forma de projeto. É uma sequência de processos que corresponde à que está apresentada no site da empresa, com o diagrama apresentado na Figura 3-3:

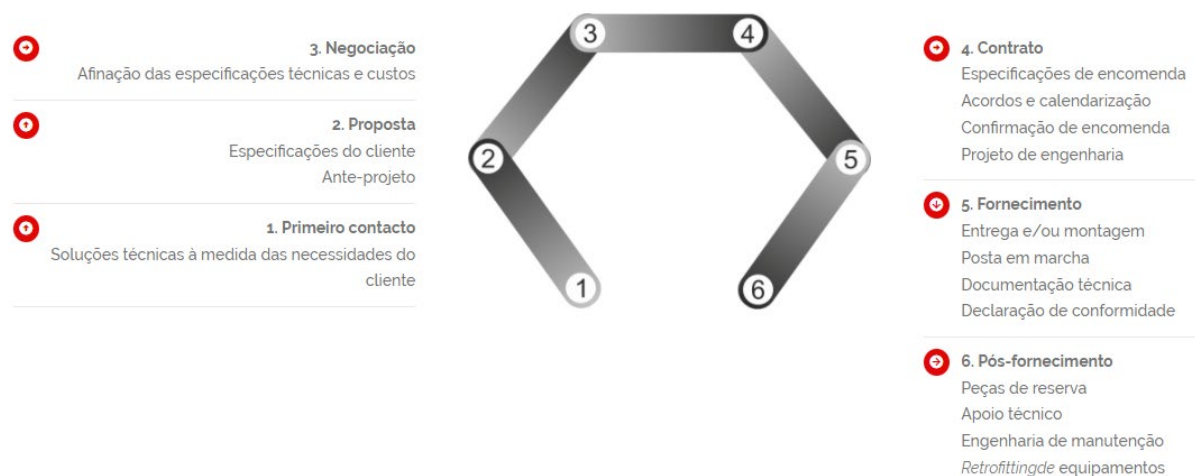


Figura 3-3: Princípio de funcionamento da empresa MIMe (MIMe, 2022).

O modelo atual adotado pela empresa MIME faz com que a sua atividade com os clientes tenha um princípio de funcionamento circular. Ao ser uma empresa capaz de conceber uma solução de origem, de a instalar e de realizar a sua manutenção, estabelece uma relação duradora com o cliente. Este modelo é significativamente vantajoso pois a confiança é estabelecida de forma mais consistente e é possível personalizar melhor o serviço a cada cliente. Este sistema consegue garantir que existe sempre alguma necessidade por parte do cliente em manter contacto com a MIME

Para a realização de tarefas na empresa, são utilizadas ferramentas como o *software AutoCAD* e *SolidWorks*, para o projeto e modulação de equipamentos, e vários programas *Microsoft Office*.

Tratando-se de uma empresa de dimensões reduzidas, não existe uma distinção clara e objetiva entre departamentos da empresa. É possível observar que o mesmo funcionário está envolvido em várias atividades diferentes, pertencentes a departamentos diferentes. Por exemplo, o mesmo funcionário pode estar envolvido em atividades de projeto de equipamentos, estando ao mesmo tempo a organizar entrevistas para novos funcionários. No entanto, foi possível construir uma estrutura empresarial, com base nos departamentos em que cada funcionário se envolve com mais frequência.

Assim, o organograma da empresa pode ser consultado na Figura 3-4:

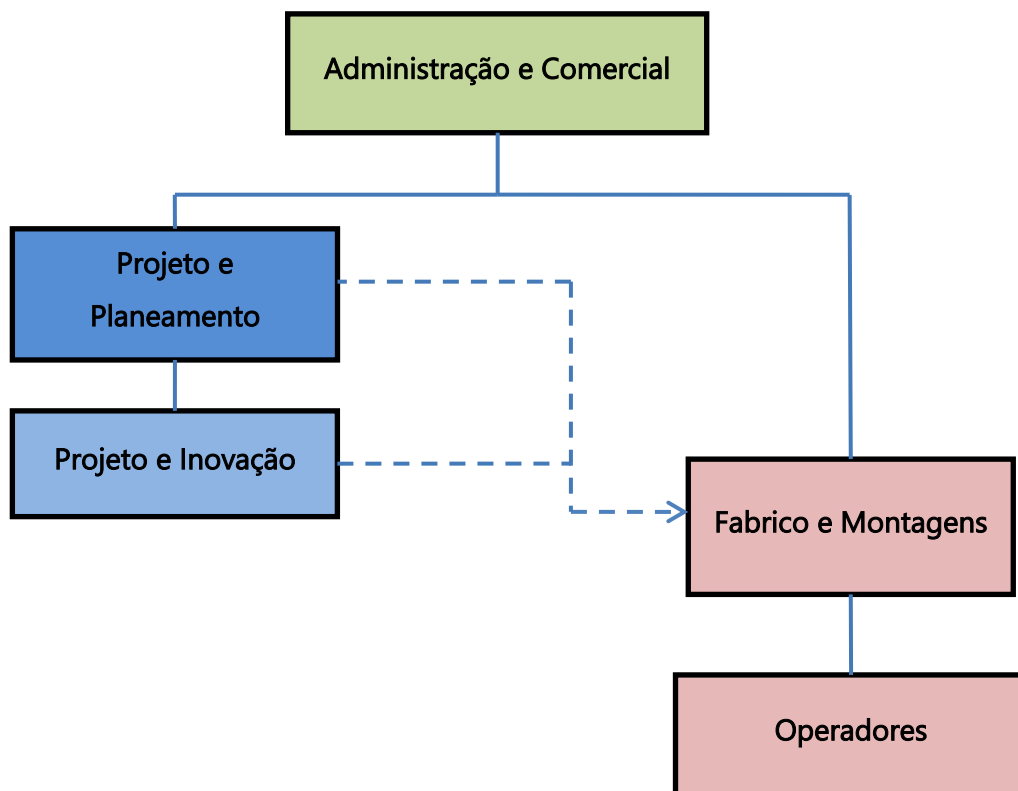


Figura 3-4: Organograma da empresa MIME.

3.3 Identificação de Problemas e Oportunidades de Melhoria

A presença e envolvimento nas atividades da empresa MIME permitiu a tomada de consciência que na empresa existem problemas e oportunidades de melhoria. O levantamento destas situações está relacionado com a ambição da empresa de crescer e de se tornar mais competitiva, aumentando a sua capacidade de resposta e o seu portfólio de clientes.

A recolha dos problemas e oportunidades de melhoria na empresa foi feita tendo em conta as necessidades expressas pela chefia e tendo em conta o *feedback* dos vários funcionários. Estes elementos que manifestaram as suas preocupações, tanto pertenciam ao departamento de engenharia como ao departamento de produção. Desta forma, a decisão relativamente às propostas a serem feitas permitiu responder de forma mais ampla às necessidades dos diferentes departamentos.

Os problemas mais urgentes foram detetados relativamente aos prazos de projeto de equipamentos, ao planeamento da produção, aos prazos de entrega dos equipamentos e à utilização de material. Estas dificuldades passam, em parte, pela frequência com que se dão alterações de projeto a meio da produção dos equipamentos, levando a perdas de material já trabalhado. Isto faz perder rendimento, tanto em material, como em horas de operador. Para além destes problemas, também foram detetadas outras situações que não serão abordadas, por não representarem um impacto significativo nas operações da empresa.

Para além de situações operacionais, também se fez uma análise aos equipamentos projetados, fabricados e montados pela empresa.

3.3.1 Tempo de Resposta ao Cliente e de Anteprojecto

As atividades de projeto na empresa MIME não são feitas de acordo com uma metodologia em concreto. Em vez disso, o projeto dos equipamentos segue o gosto individual de cada projetista, sendo apenas verificado no fim pela mesma pessoa, o gerente da empresa.

O projeto dos equipamentos segue uma lógica de replicação dos equipamentos previamente produzidos, adaptando-os às novas necessidades do cliente. Nestes casos, o erro na conceção dos equipamentos e a probabilidade de dificuldades na produção é baixa. Isto acontece porque, como o equipamento já tinha sido produzido no passado, todos os erros ou complicações já foram resolvidos anteriormente e existe memória destas soluções. No entanto, isto só é possível, uma vez que a empresa é pequena e a quantidade de pedidos feitos é reduzida. Uma vez que a empresa quer aumentar os clientes em carteira e a quantidade de pedidos realizados, tem de ser feita uma alteração na forma como os projetos são realizados.

Além disso, para os casos em que o pedido do cliente é um equipamento novo, o tempo de projeto aumenta consideravelmente. Que o tempo de projeto aumente consideravelmente para equipamentos nunca feitos, não é preocupante. Porém, a situação que levanta fortes preocupações é a quantidade de erros e correções que têm de ser feitos ao longo do projeto e produção do equipamento.

Estes erros são provenientes, em parte, do departamento de projeto, com furações mal indicadas, tolerâncias impossíveis de conseguir ou inclusive geometrias demasiado complexas para a capacidade da oficina. Além disso, muitas vezes são provenientes do departamento de

produção, onde se verificam tentativas de tentar encurtar o tempo de produção por meio de atalhos, sem idealizar a produção como um todo. Para ilustrar esta situação, pode-se considerar uma situação na qual era necessário produzir dez filtros de mangas para um cliente. Como muitos dos componentes eram comuns aos vários filtros, por estes serem semelhantes, um dos trabalhadores decidiu começar a produzir em série estes componentes. O problema surgiu quando os planos para produção dos filtros foram entregues na totalidade à produção. Ao analisar os planos de produção percebeu-se que, apesar dos filtros serem praticamente iguais, alguns dos filtros tinham uma das extremidades mais curtas. Esta diferença de cotas surgiu no projeto, após se ter feito um estudo de implantação dos equipamentos, que revelou ser necessário alterar a geometria de algumas unidades. Como estas extremidades já tinham sido produzidas por iniciativa do operário e já não era possível desfazer as quinagens e cortes para fabricar os componentes certos, estas extremidades acabaram por ficar armazenadas na oficina à espera de que algum cliente peça um filtro que leve aquelas peças. Esta situação não só trouxe prejuízo, devido ao material desperdiçado e à nova compra de material para substituir os componentes defeituosos, como também se teve de voltar a investir tempo de produção para refazer os componentes.

Este episódio negativo descrito acima, surgiu no seguimento da forte pressão que é constantemente aplicada nos trabalhadores para conseguirem cumprir os prazos apertados estabelecidos. Não havendo um planeamento global da produção de um equipamento (desde o projeto à entrega), surgem situações como esta em que a produção está a fabricar equipamentos antes de receber os planos do equipamento na totalidade. Esta sobreposição de atividades de departamentos diferentes (projeto com a implantação dos equipamentos e produção com o fabrico), levou a uma situação irremediável de desperdício de recursos e a uma situação em que o prazo de entrega da encomenda ao cliente se atrasou.

Desta forma, detetou-se claramente uma necessidade de estabelecer um sistema que forçasse a estruturação do projeto de equipamentos, desde as atividades de projeto, à entrega ao cliente.

3.3.2 Aproveitamento de Material

Dentro da temática do aproveitamento de material, abordou-se o aproveitamento de chapa e de perfis.

No mercado, a oferta destes materiais para a produção dos equipamentos é feita de acordo com tamanhos normalizados. Por exemplo, as chapas são vendidas, normalmente, em chapas com 3x1.5m, 2.5x1.25m ou 2x1m. Existem mais tamanhos normalizados, mas estes são os tamanhos mais comuns para produção de equipamentos na empresa. O problema de ter chapas vendidas em tamanhos normalizados é que, na grande maioria das vezes, os componentes dos equipamentos não podem ser produzidos apenas a partir de chapas compradas. Quer isto dizer que, as chapas compradas, antes de poderem ser utilizadas, têm de passar por uma série de processos de corte, quinagem, furação, etc.

Assim, surge a problemática em questão: de que forma se podem realizar as operações de corte nas chapas compradas de forma a alcançar o aproveitamento ótimo do material?

Na Figura 3-5, aparecem esquematizadas duas formas de cortar chapas normalizadas. É um exemplo simples que serve apenas para ilustrar a temática em questão.

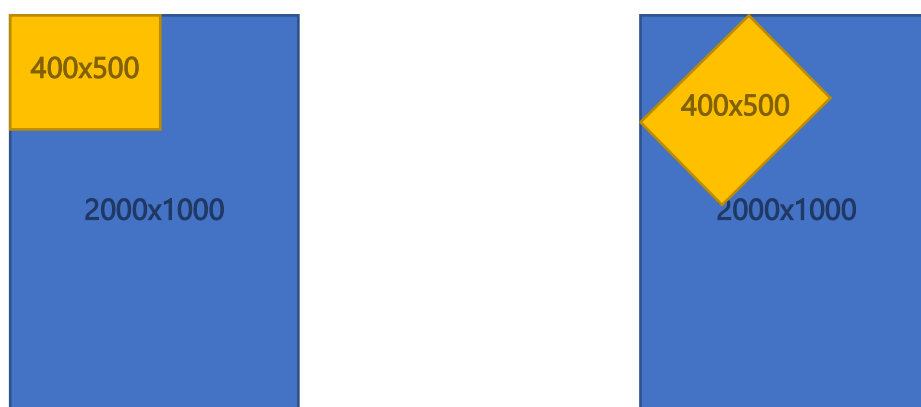


Figura 3-5: Exemplo de planeamento para corte de chapa.

A chapa, para poder ser quinada para produzir um componente tem de ter uma área de 400 x 500 mm, na sua forma planificada. Considerando que apenas é necessário um único componente quinado, e que se vai produzir este componente a partir de uma chapa normalizada com 2000 x 1000 mm, podem-se contemplar duas formas de cortar o componente:

Analisando a figura acima, é possível compreender que se trata de uma situação exagerada, mas que não se afasta muito de situações reais.

Também se pode concluir que a forma de cortar chapa da esquerda trará um maior aproveitamento da matéria-prima que no caso da direita. Isto deve-se à dificuldade que existe em poder aproveitar estes "triângulos" que sobram no caso da direita. Para poder utilizar estes triângulos, ou se dá o caso de ser necessário fabricar um componente que, planificado, caiba no triângulo, ou se dá caso de ter de soldar dois ou mais "triângulos", até obter uma chapa com área suficiente para produzir um novo componente. Esta preparação de retalhos para poder aproveitar na produção diminui o rendimento dos processos não só em termos de tempo de operador, como em gastos de material (material de adição para soldadura, gás para soldadura, eletricidade, etc.).

Para além disso, pode-se considerar que o trabalho com componentes cada vez mais pequenos exige técnicas e equipamentos mais especializados, que fogem àquilo que está disponível nas instalações da MIME ou do que são os planos para empresa.

Para o caso dos perfis a situação é semelhante, sendo que a dificuldade é ligeiramente mais baixa por se tratar de problemas unidimensionais, em vez de bidimensionais.

3.3.3 Equipamentos do Portfólio da Empresa

Estudando os equipamentos oferecidos pela empresa MIME e tendo tomado conhecimento, em várias fábricas, dos sistemas de tensionamento de correntes em transportadores e elevadores, foi detetada uma possibilidade de inovação, capaz de destacar a empresa MIME da concorrência.

Os transportadores de correntes, elevadores de alcatruzes, transportadores de tela, etc. necessitam de sistemas para garantir a tensão no componente transmissivo de potência. Esta necessidade surge no sentido de fazer com que se dê o contacto adequado entre o elemento motor e estes componentes transmissivos de potência. Além disso, valores adequados de tensão permitem uma longevidade maior destes componentes, evitando contactos indesejados com outros elementos das máquinas.

De forma a simplificar as explicações seguintes, considerou-se o termo "corrente" como generalização para todos os componentes transmissivos de potência.

As folgas são problemáticas pois permitem que o funcionamento do equipamento não se dê de forma uniforme, podendo soltar, caso algum elemento motor fique preso no material transportado. Também permitem que as correntes, quando no circuito de regresso, tenham uma flecha demasiado acentuada, podendo existir contacto indesejado com outros componentes. Além disso, o aumento de liberdade de movimento da corrente, associada a tensão insuficiente, permite que a corrente possa sair da roda dentada que a move (ou a que a mantém no lugar). Isto pode levar a uma paragem na produção para intervenção e correção da falha, podendo também causar a destruição dos outros componentes do equipamento.

Por outro lado, a aplicação de tensão excessiva na corrente pode provocar efeitos negativos na mesteira, tal como a operação do equipamento a uma tensão demasiado próxima da tensão de rotura dos componentes da corrente. Isto representa um risco porque pode ser necessário que o motor aplique uma força maior que a de funcionamento nominal na corrente. Um dos motivos para este comportamento do motor pode estar associado a material que fique preso ou encravado, nalguma parte da máquina, paralisando a corrente e provocando o esforço do motor. Além disso, quando se dá uma entrada abrupta de material no equipamento, verifica-se um aumento na força necessária gerada pelo motor, para mover este material. Também é necessário considerar que o funcionamento em regimes de tensão demasiado elevados pode sobrecarregar outros elementos do equipamento como veios, rolamentos ou rodas dentadas, danificando-os e reduzindo o seu tempo de vida útil.

Nas várias soluções disponíveis no mercado, a grande maioria dos sistemas de tensionamento são concebidos de modo a funcionar de três formas distintas:

1. **Sistema fuso-porca:** como se pode ver na Figura 3-6, corresponde a um sistema em que o aperto de uma porca num fuso faz com que o veio, onde a roda dentada motora do mecanismo está conectada, se mova, variando a tensão na corrente. Neste caso, o veio trabalha na chumaceira a verde. Existem algumas variações deste sistema, mas o princípio é o mesmo em todos.

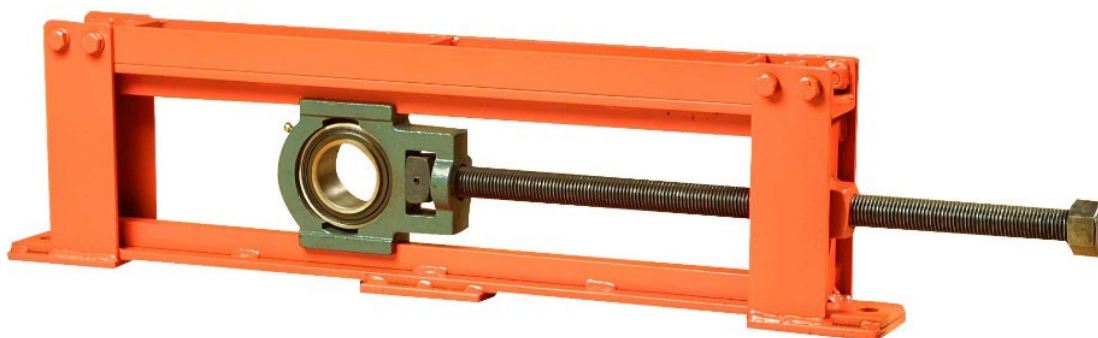


Figura 3-6: Sistema de tensionamento por sistema fuso-porca (Martin Sprocket & Gear, Inc., 2022).

2. **Sistema vertical por gravidade:** observando a Figura 3-7, é possível compreender que se trata de um sistema em que a corrente/tela está a suportar um peso. Este peso está livre, tendo a corrente como único sustento. Pelo efeito da gravidade, o peso é puxado para baixo, exercendo uma força na tela. Esta força na tela vai provocar a tensão necessária para o correto funcionamento.

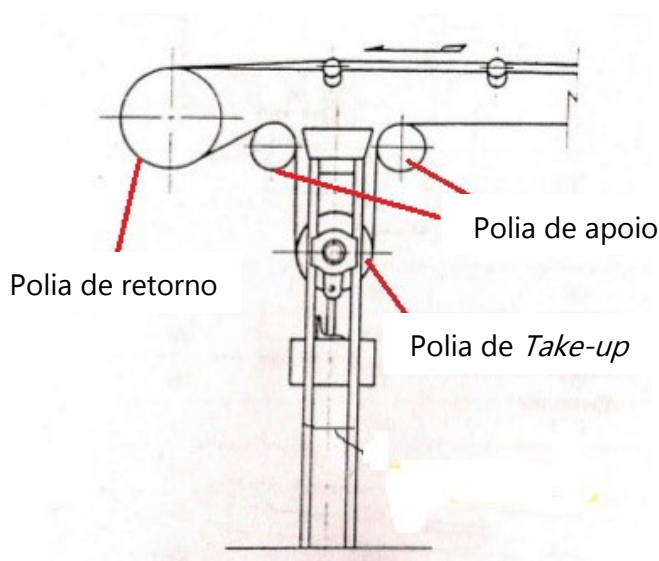


Figura 3-7: Sistema de tensionamento vertical, por efeito da gravidade (Power Plant and Calculations, 2020).

3. **Sistema horizontal por gravidade:** analisando a Figura 3-8, é possível detetar semelhanças com o segundo sistema apresentado. A grande diferença verifica-se ao nível da polia de tensionamento que, em vez de ter um movimento vertical, tem um movimento horizontal.

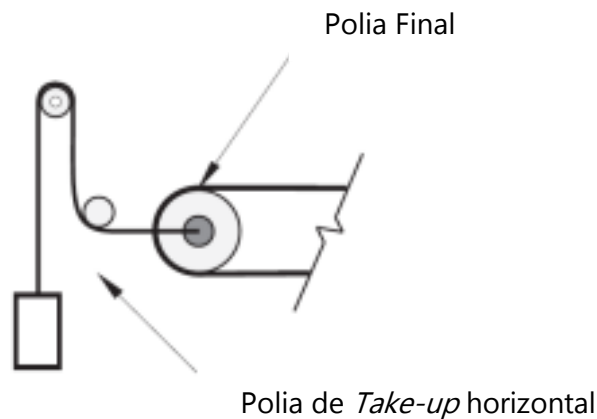


Figura 3-8: Sistema de tensionamento horizontal por efeito da gravidade (Arends, 2015).

O sistema mais utilizado, de forma global, é o tensor por sistema fuso-porca. Este sistema tem uma simplicidade de instalação e funcionamento que permite uma prestação fiável e duradoura, com uma manutenção mínima. No entanto, é um sistema que não permite acompanhar bem a elongação da corrente. Assim, ou se garante que um operador vá com frequência ao transportador verificar o estado de tensão na corrente, ou pode acontecer que a corrente trabalhe num regime de tensão insuficiente. Este problema é intensificado quando se tem em consideração que, em diversas situações, os *Redlers* estão instalados em locais de difícil acesso para um operador, como em túneis, zonas altas ou locais com muitos equipamentos próximos no mesmo local. É importante também considerar que, do ponto de vista da digitalização e automação de sistemas, é um sistema muito limitado, com pouco espaço para implementação das novas tendências industriais.

Na realização desta análise, começou-se por construir o triângulo SC. Para este modelo, considerou-se uma das substâncias como sendo o transportador de corrente (S_1), e a outra das substâncias como sendo a corrente do equipamento (S_2). O campo considerado foi o tensor do equipamento por sistema fuso-porca (C_1). Este campo atua sobre a corrente (elemento do transportador de corrente), aplicando uma determinada tensão. A natureza desta ação é mecânica.

Na formulação deste modelo, a questão principal considerada foi a aplicação de tensão sub-ótima na corrente, pelo sistema de fuso-porca. A razão pela qual a aplicação de tensão na corrente é considerada como não ótima é porque o sistema de fuso-porca não é capaz de acompanhar em tempo real a elongação da corrente. Assim, à medida que a corrente se vai deformando, por ação das forças que atuam nela, o aperto inicial aplicado no tensor vai

deixando de ser adequado para assegurar as condições de funcionamento corretas para o transportador de corrente.

O triângulo SC que traduz este problema, segundo a ferramenta ASC do TRIZ pode ser consultado na Figura 3-9:

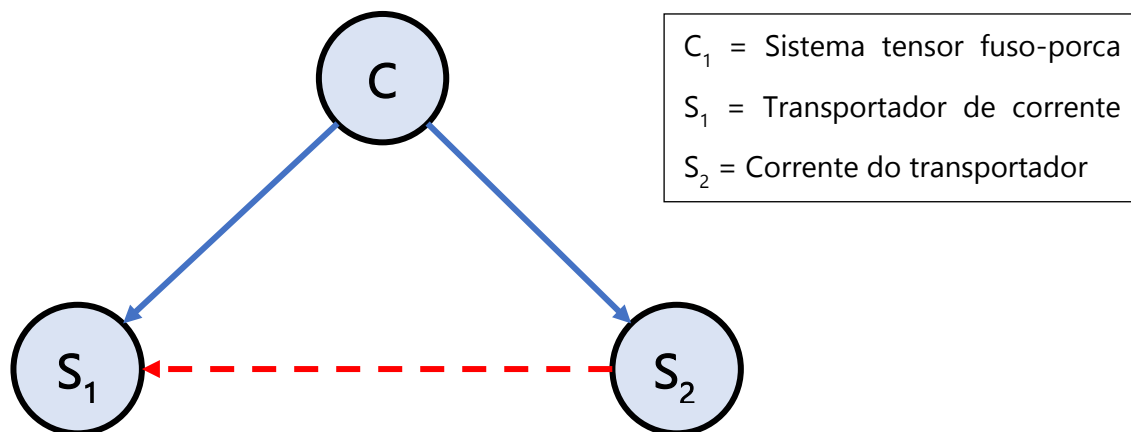


Figura 3-9: Modelo SC insuficiente.

3.4 Propostas de Melhoria

Tendo em consideração que o principal objetivo definido para este trabalho foi ter uma contribuição positiva e ativa para a empresa, apresentam-se de seguida as contribuições que permitiram alcançar dito objetivo.

3.4.1 Inovação de Processos

A proposta deste sistema de orçamento, visa incorporar na rotina operacional da empresa os seguintes conceitos: projeto com vista para a produção; gestão da produção; otimização da utilização de recursos e catalogação da oferta. Neste caso em particular, o equipamento ao qual se dedicou o mecanismo de orçamentação é o *Redler*.

A forma como se idealizou este sistema e a direção que se tomou para a sua realização foram consideradas com o intuito de estabelecer um sistema fácil de replicar para outros equipamentos da empresa.

De maneira a agilizar o processo e reduzir a quantidade de variáveis a considerar, evitando entrar em situações complexas de casuística nas considerações iniciais para o sistema, optou-se por recorrer à metodologia TRIZ para idealizar o mecanismo de orçamentação.

Em particular, a principal ferramenta da metodologia TRIZ que se adotou foi a matriz de contradições e os princípios de invenção associados. Esta ferramenta permite desenvolver uma solução para o qual o projetista não tem muita prática ou conhecimento, o que se verificou ser a situação. Por se tratar de uma metodologia que apresenta de raiz os parâmetros de engenharia mais comuns para produção de soluções (e por apresentar as soluções adequadas para situações de conflito entre parâmetros de engenharia), apresentou uma boa base para início do desenvolvimento do projeto.

Os parâmetros de engenharia considerados como base para a concepção deste mecanismo de orçamentação foram os seguintes:

- 25. Perda de Tempo** - pretendeu-se reduzir os tempos mortos associados ao desenvolvimento do projeto e à produção dos equipamentos;
- 32. Manufaturabilidade** - foi considerado tornar os componentes mais fáceis de produzir;
- 33. Conveniência de uso** - ter um sistema simples, fácil de compreender e compatível com vários sistemas operativos foi um dos pilares para o desenvolvimento deste sistema;
- 34. Reparabilidade** - quis-se reduzir os tempos de intervenção aos equipamentos;
- 39. Produtividade** - propôs-se diminuir os tempos de produção dos equipamentos e acelerar a resposta ao cliente.

Tendo definido os parâmetros de engenharia que se entenderam como relevantes para a resolução do problema, criou-se uma matriz de contradições. Esta matriz permitiu estabelecer compromissos entre parâmetros, permitindo a obtenção de uma solução íntegra. Assim, na Tabela 3.1 é possível conhecer a matriz de contradições específica para o projeto apresentado em que cada um dos números apresentados na tabela corresponde a um parâmetro de engenharia.

Tabela 3.1 - Matriz de contradições.

	25	32	33	34	39
25		35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	--
32	35, 28, 34, 4		2, 5, 13, 16	35, 1, 25, 11, 9	35, 1, 10, 28
33	4, 28, 10, 34	2, 5, 13, 16		12, 26, 1, 32	15, 1, 28
34	32, 1, 10	35, 1, 25, 11, 9	12, 26, 1, 32		1, 32, 10
39	--	35, 1, 10, 28	15, 1, 28	1, 32, 10	

A cada linha e a cada coluna da matriz corresponde um parâmetro de engenharia que se quis adotar no sistema. As interseções entre parâmetros resultam em conflitos, que serão resolvidos pelos princípios de invenção. Assim, nas células em que se dão as interseções, são apresentados números que correspondem aos princípios de invenção que resolvem o conflito.

Da tabela anterior, e consultando a lista de princípios de invenção, no anexo B, junto com as suas propostas para resolução de conflitos, pode-se reunir a lista seguinte de princípios. Nesta lista, apresentam-se os princípios de invenção, seguindo-se da proposta genérica para a resolução do conflito, apresentando-se de seguida a medida adotada para este problema em particular e, finalmente contabilizam-se a quantidade de conflitos que cada princípio permitiu resolver:

1. Segmentação

- a. Tornar um objeto modular.
- b. Criar catálogo com os produtos homologados.
- c. Resolve 6 conflitos.

2. Extração

- a. Remover partes do sistema que estejam a causar conflitos.
- b. Simplificar componentes e oferta dada ao consumidor.
- c. Resolve 1 conflito.

4. Assimetria

- a. Substituir um elemento simétrico por um elemento assimétrico.
- b. Não relevante para este caso particular.
- c. Resolve 2 conflitos.

5. Combinação

- a. Combinar o tempo de operações homogêneas ou contíguas.
- b. Conhecendo bem os componentes catalogados para o equipamento, é possível realizar todas as operações de corte de uma vez, seguidas de todas as operações de soldadura, etc.
- c. Resolve 1 conflito.

9. Pré Contra-ação

- a. Produzir uma ação contrária antes de aplicar o componente.
- b. Não relevante para este caso particular.
- c. Resolve 1 conflito.

10. Ação Prévia

- a. Realizar o máximo de atividades com antecedência.
- b. Fazer o anteprojeto e projeto, com vista para a produção. Por exemplo, ordenar as operações ou definir cortes de chapa antes de iniciar a produção.
- c. Resolve 4 conflitos.

11. Amortecer com antecedência

- a. Compensar falhas no sistema, tomando contramedidas em avanço.
- b. Erro humano no cálculo do corte da chapa leva a desperdícios e prejuízos.
- c. Resolve 1 conflito

12. Equipotencial

- a. Alterar as condições de trabalho, de forma que um objeto não precise de ser baixado ou levantado.
- b. Os componentes do transportador são colocados lateralmente, de forma a poderem ser apertados, mesmo com o equipamento no chão.
- c. Resolve um conflito.

13. Inversão

- a. Trocar a parte móvel com a parte imóvel numa conceção inicial lógica.
- b. Não relevante para este caso particular.
- c. Resolve 1 conflito.

15. Dinamismo

- a. Dividir o sistema em elementos que podem intercambiar posições.
- b. Os módulos têm as ligações entre eles iguais, de forma que não haja uma ordem única definida na montagem dos corpos. Isto facilita a montagem.
- c. Resolve 1 conflito.

16. Ação parcialmente ou sobre conseguida

- a. 100% de efeito desejado é difícil. Fazer compromissos nalguns aspetos do projeto.
- b. Apesar de haver chapas com espessuras diferentes nos equipamentos, as soldaduras são todas feitas iguais, de forma a agilizar o processo.
- c. Resolve 1 conflito.

25. *Self-Service*

- a. Fazer com que o sistema se sirva a ele próprio.
- b. O *Excel* vai buscar as informações todas sozinho.
- c. Resolve 1 conflito.

26. Copiar

- a. Substituir o objeto por uma cópia ótica ou uma imagem.
- b. No catálogo, não vem o transportador, mas sim um modelo produzido com o *SolidWorks*.
- c. Resolve 1 conflito.

28. Substituição de um sistema mecânico

- a. Não se aplica.

32. Trocar cores

- a. Alterar a cor de diferentes objetos do sistema de forma a ser fáceis de distinguir e perceber.
- b. Os objetos gerados no *SolidWorks* terão cores diferentes, bem como os componentes a ser cortados a partir das chapas terão cores diferentes nos esquemas.
- c. Resolve 3 conflitos.

34. Rejeitar e regenerar componentes

- a. Após ter cumprido a sua função, eliminar ou alterar o elemento.
- b. Periodicamente é necessário substituir as correntes dos transportadores.
- c. Resolve 2 conflitos.

35. Transformação do estado físico e químico de um objeto.

- a. Não se aplica.

Analisando os conflitos e os princípios recomendados, concluiu-se que a implantação de 17 princípios, era um processo demasiado demorado e pouco eficiente. Assim, para acelerar o processo, chegando na mesma a um resultado válido, decidiu-se implantar os princípios de invenção que resolviam a maior quantidade de conflitos, e que eram mais relevantes para a situação em causa.

Com isto, chegou-se aos seguintes princípios de invenção:

- 1. **Segmentação** - este princípio é a grande base do novo sistema de orçamentação. É graças a uma catalogação da oferta, que o anteprojeto e projeto são encurtados.
- 10. **Ação Prévia** - outro grande pilar deste sistema está em procurar antecipar ao máximo o cálculo e organização de processos.
- 25. **Self-Service** - tendo como objetivo acelerar o tempo para apresentação de uma proposta ao cliente, um sistema semiautomático no *Excel* permite que a grande maioria dos valores e *inputs* sejam recolhidos de forma autónoma pelo sistema, desde o catálogo criado.

32. Trocar cores - Como forma de simplificar a compreensão dos equipamentos ofertados e dos cortes que terão de ser feitos nas chapas, serão utilizadas cores nos esquemas e desenhos apresentados tanto ao cliente como aos operários. Também haverá uma distinção por cores de tipos de células no *Excel*, como se verá mais à frente.

Apesar de se ter optado por um enfoque maior nestes princípios de invenção, todos os outros acabaram por ser indiretamente implementados. Isto deveu-se ao facto de, durante o exercício de seleccionar quais os princípios mais relevantes, ter sido necessário refletir sobre a aplicabilidade de todos os princípios de invenção no sistema. Assim, apesar de não se ter seleccionado todos os critérios, estes permaneceram no subconsciente.

Finda a realização deste exercício, chegou-se à conclusão que se deveria desenvolver um sistema informático, com o programam *Microsoft Excel* como base. Neste sistema constariam um catálogo com os equipamentos, um programa de leitura de dados, um programa de tradução de linguagem e um programa de construção de orçamentos. Desta forma, todas as necessidades foram abordadas. O catálogo de equipamentos iria reunir todas as informações técnicas, relativas aos equipamentos e os seus componentes. O programa de leitura de dados permitiria a manipulação de dados do catálogo, retirando apenas as informações relativas ao equipamento pretendido. O programa de tradução de linguagem transformaria a informação do catálogo numa linguagem própria do *Opticutter*, permitindo correr este programa. Finalmente, o programa de construção de orçamentos iria receber todos os inputs e dados necessários do catálogo, bem como do utilizador, apresentado o orçamento para aquele equipamento que foi seleccionado.

A razão pela qual se optou pelo sistema no programa *Microsoft Excel*, foi porque este conta com uma versatilidade muito grande, bem como uma elevada disponibilidade no mercado. Desta forma, garantiu-se que este sistema poderia ser utilizado em praticamente qualquer computador, sem necessidade de descarregar programas mais específicos, ou com menos disponibilidade.

Além disso, a escolha de um programa *on-line*, como o *Opticutter*, permitiu, mais uma vez, evitar a instalação de programas nos computadores antes da utilização do sistema. Além disso, o cálculo da otimização de chapa pode ser um problema complexo que requer muita

capacidade de computação. A opção de um sistema centralizado em servidores externos permitiu abrir a possibilidade de utilização deste sistema em computadores menos capazes. Também se optou por este programa uma vez que é capaz de funcionar recebendo ficheiros *Excel* ou CSV como *inputs*.

Este sistema permite acelerar o processo iterativo que procura obter a melhor solução, com menor quantidade de material usado na produção.

3.4.1.1 Programa *Opticutter*

Tendo em consideração que o programa *Opticutter* tem um papel essencial no funcionamento deste sistema de orçamentação, é relevante fazer uma breve exposição relativamente ao seu funcionamento e ao âmbito de aplicações para as quais foi projetado.

O programa *on-line Opticutter* foi desenvolvido com vista a facilitar o planeamento de corte de matéria-prima, na forma de perfil ou chapa, aproximando a sua utilização ao ótimo. Este tipo de problema, quando formalizado em teoria da complexidade computacional, entra na classe de problemas *NP-Hard*. A definição destes problemas é muito complexa e requer a abordagem de várias premissas de forma a chegar a uma conclusão. Não querendo entrar em grande profundidade no tema, até por não trazer grande contribuição ao tema do estudo, pode-se dizer que, esta classe de problemas, são problemas que, não são verificáveis em tempo polinomial e que, quanto à sua resolução, não é possível saber se são resolúveis em tempo polinomial (sugandha18bcs3001, 2023). De forma simples, são problemas muito complexos, para os quais não se consegue garantir o cálculo de uma solução ótima. Assim, o melhor que se consegue é a realização de várias iterações, de forma a aproximar a solução à solução ótima.

Dito isto, é importante ter em consideração que as soluções apresentadas pelo programa *Opticutter* não correspondem a soluções ótimas, mas sim a aproximações ao ótimo. Porém, a adoção destas soluções continua a ser vantajosa, relativamente às soluções obtidas a partir da análise humana, não só em termos de proximidade ao ótimo, como também em termos de tempo de obtenção da resposta

Passando ao funcionamento do programa, este recebe informações relativamente à matéria-prima e aos componentes que se pretende obter. Estes dados informam quanto à

geometria e quantidade de matéria-prima e de componentes. Após o processamento da informação recebida, o programa retorna a disposição dos componentes nas chapas de matéria-prima de forma a obter um corte de material rentável. Para tal, recorre a uma série de algoritmos matemáticos e a métodos de otimização dos cálculos. Tentou-se entrar em contacto com a empresa, de forma a obter mais detalhes acerca do funcionamento do sistema, sem resposta.

Visitando a plataforma *on-line*, pode-se seleccionar dois tipos de calculadoras de corte de material: calculadora para o corte de chapa (2D) e calculadora para o corte de perfis (1D). Na Figura 3-10, pode-se observar a página inicial da plataforma, onde se faz a seleção do tipo de calculadora a utilizar.

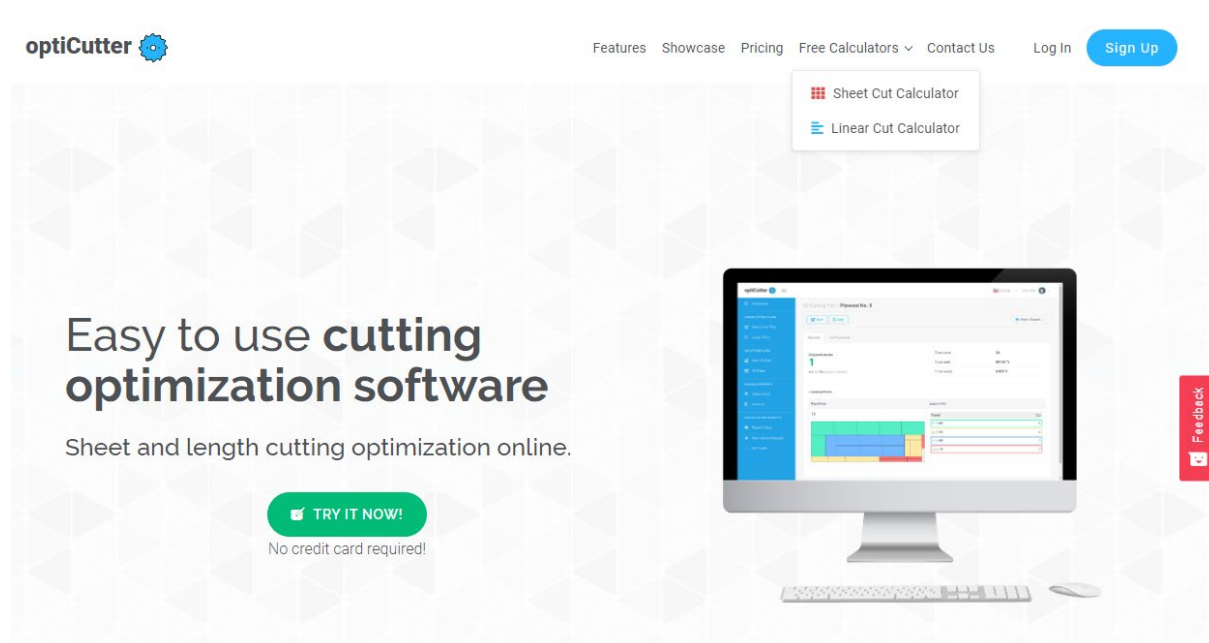


Figura 3-10: Página inicial da plataforma *Opticutter*.

Após seleção do tipo de cálculo pretendido, entra-se na interface gráfica da calculadora *on-line*, como se pode ver na Figura 3-11:

optiCutter  [Features](#) [Showcase](#) [Pricing](#) [Free Calculators](#) [Contact Us](#) [Log In](#) [Sign Up](#)

Powerful cutlist optimizer designed to find optimal cut layouts. Type the sheet length and width, cutting kerf and required panel sizes and quantities. Cutlist optimizer will generate optimal panel nesting plan in couple of seconds.

[Import](#)  Units: Generic/Metric (15.75) 

Kerf / Blade thickness 
 Labels on panels ☒ Consider grain direction ☐

Left trim  Right trim  Top trim  Bottom trim 

Available stock panels

#	Length	Width	Quantity	Actions
1				Delete

Note: Stock panels quantity is not required if you have many panels of this dimensions. [Add](#) 

Required panels

#	Length	Width	Quantity	Label	Actions
1					Delete

[Add](#) [More](#) 

[Calculate](#) [Feedback](#)

Figura 3-11: Interface gráfica da calculadora *on-line* Opticutter.

Da Figura 3-11, pode-se ver que os primeiros campos correspondem a informações relativas ao corte, como a espessura da lâmina. De seguida, aparecem os campos relativos ao *stock* de matéria-prima, onde se indica a geometria e a quantidade das chapas normalizadas compradas. Esta informação determinará se o trabalho pretendido será possível ou não, tendo de comprar mais matéria-prima. Finalmente, podem-se preencher os campos referentes à geometria dos componentes a obter, à quantidade obtida e ao nome de cada componente. A importância de atribuir nome aos componentes durante esta fase é que permitirá que, após processamento do programa, seja possível identificar cada componente nas chapas de material base.

Analisando o anexo C é possível conhecer o formato com que se apresentam as soluções calculadas pelo programa. Na Figura 3-12, pode-se ver um excerto da solução que o programa apresenta:

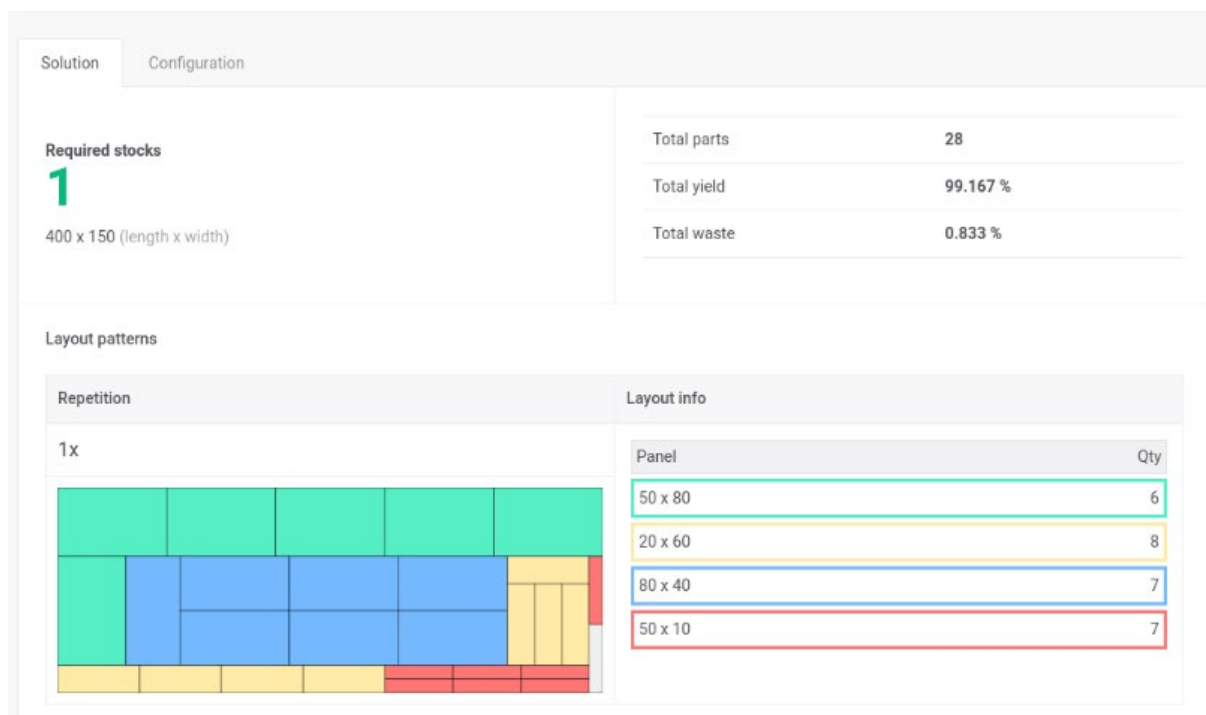


Figura 3-12: Página de resultados do programa *Opticutter*.

No início do documento, do lado esquerdo, é feito um resumo acerca das quantidades de matéria-prima necessária para a resolução do trabalho, bem como do tipo de chapa necessária. Do lado direito, apresentam-se dados acerca do cálculo realizado, nomeadamente a percentagem de material aproveitado, a percentagem de material desperdiçado e o número total de componentes que foram pedidos ao programa. Em baixo aparece um mapa de corte. Neste mapa, cada quadrado às cores corresponde a um componente, sendo que a cada cor corresponde um tipo específico de componente. Estes componentes estão todos dispostos de forma a ocupar com a menor percentagem possível a chapa inicial. Do lado direito do mapa, são apresentadas as quantidades de cada tipo de componente, bem como a sua secção. Tendo em conta que esta imagem foi tirada do *website* da empresa *Opticutter*, sendo uma imagem ilustrativa do tipo de resultados que o programa deles oferece, não aparecem os nomes dos componentes. Porém, no anexo C, é possível analisar uma solução do problema com maior detalhe.

O resumo inicial sobre a quantidade de material necessário, que aparece no início do documento, é a informação que será utilizada para orçamentar o equipamento requerido. Também serão estes mapas de corte que serão enviados para a produção, de forma a agilizar a primeira fase da produção dos equipamentos que é o corte da matéria-prima.

Para além da utilização da interface gráfica do programa, é possível introduzir os dados no mesmo, recorrendo ao carregamento de um ficheiro *EXCEL* ou *CSV*. É com base nesta possibilidade que se realizou o desenvolvimento deste sistema utilizando o programa *Microsoft Excel*. Desta forma, toda a informação está reunida na mesma plataforma. No anexo D, pode-se consultar o manual do programa *Opticutter* relativo ao carregamento de dados.

3.4.1.2 O Novo Sistema de Orçamentação

Como já foi referido anteriormente, este sistema de orçamentação tem várias fases distintas, com finalidades diferentes, mas interdependentes.

No livro *Exce/* que serve de plataforma para este sistema, pode-se encontrar cinco folhas: a primeira é o catálogo de equipamentos; a segunda é um levantamento de materiais para um determinado modelo; a terceira é a tradução de dados para o programa *Opticutter*, a quarta é semelhante à terceira, mas para perfis e a quinta folha é onde se apresenta o orçamento para determinado equipamento.

Analisando os conteúdos da primeira folha, chamada "Catálogo", pode-se observar que os modelos são apresentados em forma de lista. Relativamente a cada equipamento, é apresentado um cabeçalho com informações gerais, informando o utilizador da secção interior do equipamento, da velocidade de funcionamento da corrente e da capacidade de transporte de material, para uma densidade de material genérica. Também é dado o comprimento total de cordão de soldadura para aquele equipamento, por razões que se apresentam mais à frente.

Cada equipamento é composto pelos mesmos três módulos:

1. **Módulo Motor** - onde se instala o motor e o sistema de transmissão de potência;
2. **Módulo Tensor** - onde se instala o sistema de tensionamento da corrente e por onde se descarrega o material;
3. **Módulo Corpo** - que dá o comprimento do transportador e onde ocorre a admissão do material.

Para cada um destes módulos são apresentados, de forma discriminada, os componentes que os constituem. Relativamente a cada componente, apresentam-se as suas cotas gerais e a quantidade necessária. Estas cotas são as cotas da planificação dos componentes, que serão usadas para o cálculo de necessidades de materiais. Esta apresentação de cotas das

planificações permite que seja possível iniciar a produção dos equipamentos, antes de ter os desenhos do equipamento. Desta forma, desacopla-se a produção do departamento de projeto. Na Figura 3-13, pode-se consultar um excerto do catálogo da primeira página:



Modelo do Redler				Secção Interior L (m)	Secção Interior H (m)	Velocidade (m/min)	Capacidade (T/h) $\rho = 500 \text{ kg/m}^3$
TC-290				0.290	0.470	30	98
	Motor	Componente	Tipo	Largura	Espessura	Comprimento	Quantidade/Módulo
		Aro Inferior	BARRA	50	5	464	2
		Aro Lateral	BARRA	50	5	400	4
		Base Chumaceira	CHAPA	220	8	220	2
		Chapa Motor 1	CHAPA	400	12	400	1
		Chapa Motor 2	CHAPA	400	12	400	1
		Chumaceira					2
		Fundo	CHAPA	400	5	800	1
		Lado	CHAPA	570	3	800	2
		Pernos	V ROSCADO	M20		100	4
		Reforço Cutelo	BARRA	50	5	460	4
		Roda Dentada	R DENTADA	371			1
		Tampa	CHAPA	400	5	525	1
		Topo	CHAPA	445	2	800	1
		Veio	VEIO			600	1
		Viga Motor	UPN	80		400	2

Figura 3-13: Excerto de catálogo do sistema de orçamentação.

Um pormenor importante nesta listagem de material é a coluna com o cabeçalho "Tipo". A informação apresentada nesta coluna é o que vai permitir, mais à frente, fazer a separação de dados (entre barras e chapas), para introdução no programa *Opticutter*. Esta separação de dados também se vai fazer com recurso à espessura das chapas ou perfis.

Na segunda página do sistema, chamada "Lista de Materiais", é feito um levantamento dos componentes e materiais necessários para o fabrico do equipamento selecionado. Para isso, o utilizador seleciona o modelo do equipamento que pretende produzir e o sistema vai buscar os dados ao catálogo. Nesta fase, todas as informações dos componentes são selecionadas, independentemente do tipo de componente. Na Figura 3-14, é possível observar uma captura da segunda página do sistema:

									
Componente									
Módulo/Peça	Nome	Largura (mm)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Nº Módulos	Materiais	Quantidade/Módulo	Quantidade Total	Observações
TENSOR									
Aba Tensor	CHAPA	100	8	300	1		2	2	
Aro Inferior	BARRA	50	5	464			2	2	
Aro Lateral	BARRA	50	5	400			4	4	
Base Chumaceira	CHAPA	220	8	550			2	2	
Chumaceira	CHUMACEIRA	0	0	0			2	2	
Fundo	CHAPA	400	5	1010			1	1	
Guias Exteriores	BARRA	30	8	750			4	4	
Guias Interiores	BARRA	20	8	750			4	4	
Lado	CHAPA	570	3	1010			2	2	
Pernos Tensor	V ROSCADO	M20	0	700			2	2	
Roda Dentada	R DENTADA	371	0	0			1	1	
Tampa	CHAPA	400	5	525			1	1	
Topo	CHAPA	445	2	1010			1	1	
Veio	VEIO	0	0	500			1	1	
Viga Tensor	UPN	80	0	500			1	1	

Figura 3-14: Levantamento de materiais do modelo a produzir.

Na figura anterior, o quadrado verde indica a célula onde se introduz o modelo pretendido.

O funcionamento do levantamento de componentes faz-se com recurso à função seguinte:

= *OFFSET*(*INDIRECT*(*CELL*("address", *INDEX*(Catálogo! B1: H121, *MATCH*(T(N2), Catálogo! B1: B2000, 0), 1)), *TRUE*), 18, 3, 15, 4)

Esta função é uma sequência de funções pré-definidas do *Excel*. O seu funcionamento inicia-se com a leitura da célula N2, onde o utilizador introduz o modelo do equipamento pretendido. De seguida, o sistema vai à página "Catálogo", e procura na coluna B pelo modelo correspondente ao indicado pelo utilizador. Quando encontra o modelo, o programa retira a localização da célula do catálogo, gravando a folha em que se encontra, a linha e a coluna desta. Esta informação é importante, pois é usando esta localização como referência que o programa vai copiar os dados dos componentes para a folha "Lista de Materiais". Finalmente, a função copia os dados do catálogo para a nova lista de materiais. Esta escrita é direta, pois a ordem com que os componentes são listados no catálogo é igual à ordem na lista de materiais, bem como a ordem dos dados.

É possível reparar que existe uma coluna a azul. No sistema, todas as células a azul são colocadas com o intuito de serem preenchidas pelo utilizador. São células que vão conter informações que não constam no sistema. Neste caso, as células são referentes ao material dos componentes (no caso do módulo motor e do módulo tensor), e também ao número de módulos e respetivo comprimento (no caso do módulo do corpo).

A razão pela qual o comprimento dos equipamentos é definido manualmente pelo utilizador, ao invés de ser automática, é porque este sistema de orçamento permite o cálculo de custos para comprimentos que não sejam múltiplos de 1, 2 ou 3 metros.

Veja-se o seguinte exemplo:

O cliente XPTO necessita de um *Redler* com 5300mm de comprimento, com a capacidade XYZ.

Este equipamento, certamente será composto por um módulo motor de 800mm de comprimento (normalizado), e por um módulo tensor de 1000mm de comprimento (normalizado). Esta configuração das extremidades do equipamento corresponde à prática comum da empresa. Assim, ficam a sobrar $5300 - (800 + 1000) = 3500\text{mm}$.

Sabe-se que, como referido anteriormente, o maior tamanho de chapa disponível no mercado tem o tamanho: 1500 x 3000mm. Provavelmente, de acordo com as práticas habituais da empresa, aproveitar-se-ia o comprimento da chapa de 3m para fazer o comprimento das laterais, quinando na direção transversal aos 1500mm, como se pode ver na Figura 3-15:

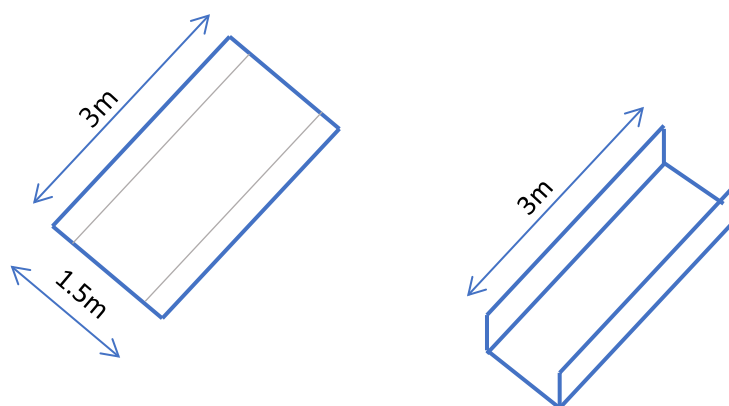


Figura 3-15: Exemplo de abordagem à produção de uma lateral para *Redler*.

Se, ao resultado anterior se subtraírem estes 3000mm, de forma a obter o comprimento em falta para as necessidades do cliente, chega-se ao seguinte valor: $3500 - 3000 = 500\text{mm}$.

Estes 500mm terão de ser fabricados a partir de uma chapa normalizada, provavelmente uma com a seguinte geometria: 2000 x 1000, de forma a minimizar o excedente. Esta chapa será cortada ao meio, ao longo dos 2000mm, com recurso à guilhotina, obtendo duas chapas 500 x 2000mm. Quinando estas chapas, da mesma forma que se fez anteriormente para as outras laterais, obtém-se os 500mm que faltavam e, assim, os 5300mm requeridos pelo projeto.

Logicamente, falta referir a construção de outros elementos do corpo do transportador, nomeadamente o fundo e o topo. Porém, o raciocínio é o mesmo que o descrito acima, sendo fácil chegar às mesmas conclusões.

Com este exemplo, foi possível compreender a necessidade de um corpo de acerto com um comprimento "à medida".

Compreendida a fase relativa ao levantamento de material, pode-se passar à fase de tratamento de dados para tradução para a linguagem do programa *Opticutter*. O funcionamento desta fase relativamente aos dados de componentes provenientes de perfis é igual, tendo, ao invés de duas dimensões dos componentes, apenas o comprimento do mesmo.

A linguagem do programa *Opticutter* é específica do programa, sendo necessário realizar a tradução referida. No anexo D, pode-se consultar na totalidade o manual de introdução de dados no programa.

Na Figura 3-16, pode-se ver a folha de manipulação de dados relativos a componentes fabricado a partir de chapa.

N	Corte de Chapa Com XXXmm				
M	Material				
K	Espessura da Lâmina				
@	Se a espessura da lâmina não for considerável, deixar a célula em branco				
@	Comprimento das Chapas Compradas(mm)	Largura das Chapas Compradas (mm)	Apenas alterar os valores nas casas a AZUL		
S	3000	1500			
S	2500	1250			
S	2000	1000			
@	Comprimento das Chapas a Obter (mm)	Largura das Chapas a Obter (mm)	Quantidade	Espessura da Chapa a Cortar -->	8
P	300	100	2		
@	0	0	0		
@	0	0	0		
P	550	220	2		
@	0	0	0		
@	0	0	0		
@	0	0	0		
@	0	0	0		
@	0	0	0		
@	0	0	0		
@	0	0	0		

Figura 3-16: Sistema de tradução de dados para sistema *Opticutter* (chapa).

A primeira parte desta página corresponde a informações gerais do trabalho, como o nome, o material e a espessura da lâmina. A importância do nome e do material do trabalho é trivial, no entanto, a espessura da lâmina nem tanto. A importância deste parâmetro prende-se com o desperdício de material, causado pelo processo de corte por arranque de apara.

Considerar este fenómeno é essencial no planeamento do aproveitamento do material, podendo vir a causar situações de produção de componentes com dimensões inferiores às projetadas. Porém, na empresa MIME, a grande maioria dos cortes de chapa é realizado com recurso a uma guilhotina, pelo que a perda de material é próxima de nula e totalmente negligível. Assim, este parâmetro é opcional, salvo para os casos de corte de perfis que se fazem usando um serrote mecânico, ou para chapas com espessuras superiores a 12mm (para aço carbono), ou 10mm (para aço INOX), que são cortadas por oxicorte.

De seguida encontram-se os parâmetros relativos às chapas disponíveis em *stock*. Dentro destes campos, os campos relativos à quantidade de chapas em *stock* são opcionais. Esta configuração existe, pois, o utilizador pode querer apenas saber quantas chapas comprar para produzir um equipamento, não tendo ainda nada em *stock*; para saber se as chapas em *stock* são suficientes para produzir um determinado equipamento; ou para saber a quantidade de chapas que serão utilizadas e quantas sobrarão do *stock* existente.

A importação de dados para esta folha do sistema inicia-se com a seguinte função:

**= IF(AND('Lista de Materiais'!C5 = "CHAPA",'Lista de Materiais'!E5
= \$F\$9),'Lista de Materiais'!F5,)**

Esta função percorre a página "Lista de Materiais", em busca de todas as células que contenham informações relativas a chapas. Quando encontra informações sobre chapas, faz uma comparação entre a espessura da chapa nos detalhes do componente, com a espessura indicada pelo utilizador na célula a azul. Quando os dois critérios são satisfeitos, a função copia as dimensões da chapa a cortar para esta nova lista, bem como o número de unidades.

Como esta função faz uma análise dos dados linha a linha, para os casos em que não se verifiquem as duas condições descritas anteriormente, a função escreve nas dimensões o valor zero. Isto provoca um problema pois programa *Opticutter* não reconhece dimensões nulas (o que faz sentido, pois não existem chapas com dimensões nulas), dando a indicação de erro. Para evitar este problema, na primeira coluna é possível indicar se uma determinada linha contém informações acerca de um componente, ou não. Desta forma, implementou-se a seguinte função, na primeira coluna desta lista de materiais:

= IF(B10 = 0, "@", "P")

O funcionamento desta função é muito simples, sendo que apenas avalia se nas células de uma determinada linha, nas colunas das dimensões dos equipamentos o valor constante é zero, ou não. Caso seja zero, escreve na primeira célula dessa linha "@" que, de acordo com a linguagem do programa, significa que essa linha corresponde a um comentário, ou a informação que não é para ser considerado nos cálculos. Caso se verifique que as dimensões não são nulas, a função escreve "P", indicando que é necessário considerar as informações nas células seguintes para o cálculo de consumo de chapa.

Após ter finalizado a importação de dados para estas duas páginas (uma para chapas e uma para perfis), o utilizador guarda essa página num novo ficheiro *Excel/CSV* e faz o *upload* para o *website* da *Opticutter*. Na Figura 3-17, mostra-se o local onde se faz a importação do ficheiro:

Figura 3-17: Importação de ficheiro *Excel/CSV* para a plataforma *Opticutter*.

É importante considerar que o utilizador terá de repetir este processo para cada espessura de chapa, pois cada espessura será fabricada a partir de chapas normalizadas com essa espessura. Ou seja, componentes com 3mm de espessura só podem ser fabricados a partir de chapas com 3mm. O mesmo se verifica para cada tipo de perfil. Esta limitação vem do programa *Opticutter*, que apenas permite considerar uma espessura de cada vez.

Após ter submetido todos os dados na calculadora *on-line*, pode-se correr o programa. Assim que os cálculos foram realizados, a plataforma abre uma página onde o utilizador pode retirar os valores pretendidos de quantidades de material, rendimentos, etc.

Nesta fase, entra-se na etapa final do processo de orçamentação do equipamento. Na última folha do livro *Excel*, aparece uma série de campos de preenchimento por parte do utilizador, relativos a quantidades de material, preços, tempos de operação. etc. Na Figura 3-18, é possível ver esta página:

Preencher todos os campos a AZUL. Quando se verificar, usar valores calculados pelo programa OPTICUTTER

Materia Prima				
Chapas (ud)	3x1.5m	2.5x1.25m	2x1m	
(Material)				
2mm	1	0	2	
3mm	3	1	0	
5mm	0	5	0	
Chapas (Preço/kg)	3x1.5m	2.5x1.25m	2x1m	
(Material)				
2mm	1.45	1.45	1.45	
3mm	1.4	1.4	1.4	
5mm	1.43	1.43	1.43	
Custo Chapas (€)	3x1.5m	2.5x1.25m	2x1m	
(Material)				
2mm	104.4	0	92.8	TOTAL CHAPA (€)
3mm	453.6	105	0	1649.55
5mm	0	893.75	0	
Perfis	x6m	Peso (kg/m)	Preço/kg (€/kg)	Custo Perfil (€)
UPN 80	1	8.64	2.6	134.784
VARÃO ROSCADO M20	-	-	-	5.6
BARRA 50x5mm	2	2	1.43	34.32
BARRA 30x8mm	1	1.92	1.52	17.5104
BARRA 20x8mm	5	1.28	1.52	58.368
BARRA 45x5mm	2	1.8	1.43	30.888
BARRA 60x5mm	3	2.4	1.33	57.456
			TOTAL PERFIS (€)	338.9264
Veios	Ø (mm)	L (mm)	Preço/kg	Custo (€)
Motor	50	800	35	1759.29
Tensor	40	600	23	554.931
Guia Corrente	4 ud			
Preço/ud	13 €/ud			
Custo Guia Corrente	52 €			
(MODELO) (COMPRIMENTO TOTAL)				
Corrente	XPTO - 35	15920 mm		
Preço/m	3.58 €/m			
Custo Corrente	56.9936 €			
Roda Dentada (Øp)	250 mm	x2		
Custo/Unidade	25 €/ud			
Custo Rodas Dentadas	50 €			
Chumaceiras	4 ud			
Preço/Unidade	15 €/ud			
Preço Chumaceiras	60 €			
(MODELO) (PREÇO)				
Motor	ABCD-33	340 €		
TOTAL MATÉRIA-PRIMA (€)	4861.6928			

Figura 3-18: Cálculo do custo de matéria-prima (preços desatualizados).

Os primeiros campos que se apresentam para preenchimento, do lado esquerdo, são referentes à quantidade de chapa que é necessário comprar, de acordo com o programa *Opticutter*. Nestas células, o utilizador coloca para cada chapa e para cada espessura o número de unidades a adquirir. No grupo de células com uma estrutura semelhante, o utilizador preenche a tabela com os valores dos preços de matéria-prima, consultados no mercado. Finalmente, o programa calcula o custo associado à compra deste material. O raciocínio é semelhante para a secção dos perfis.

Do lado direito, faz-se o cálculo dos custos associados aos restantes componentes dos equipamentos. A lógica é a mesma à apresentada acima, salvo algumas exceções que requerem uma disponibilização de dados diferente.

Finalmente, em baixo, apresenta-se o custo associado à aquisição de "matéria-prima" para produção do equipamento.

A este custo ainda se acrescenta alguma margem para gastos, tais como aparafusaria ou material de adição para soldadura. Este valor é estimado pelo gestor do projeto, de acordo com experiência da empresa e costumes. A vantagem de arbitrar este valor prende-se com a possibilidade de criar alguma margem para eventuais imprevistos de produção ou faltas inesperadas no orçamento.

Nesta folha, para além dos campos relativos ao material necessário, também existem campos relativos à mão de obra. Pode-se ver esta secção na Figura 3-19:

Mão de Obra		
Introduzir modelo		Em maiúsculas, sem espaços
Nº Módulos Equipamento		(Contando com Motor e Tensor)
ΔL Soldadura		m
Velocidade de Soldadura (Média)	0.2	m/min
Tempo de Soldadura	0	min
Preço de Soldador	30	€/h
Preço da Soldadura	0	€
Área Pintura		m2
Velocidade de Pintura (Média)		m2/min
Tempo de Pintura	#DIV/0!	min
Preço de Pintor	30	€/h
Preço da Pintura	#DIV/0!	€
Nº Cortes		
Tempo médio/corte	0.5	min/corte
Tempo de Corte	0	s/corte
Preço de Operador	30	€/h
Preço Total do Corte	0	€
Nº Furos		
Velocidade de Furação (Média)		min/furo
Tempo de Furação	0	min
Preço de Operador	30	€/h
Preço Total da Furação	0	€

Figura 3-19: Cálculo do custo de mão de obra.

Em particular, é apresentado o cálculo do custo das operações de soldadura. Sendo um equipamento conhecido pela empresa e fabricado utilizando sempre a mesma metodologia, é fácil proceder ao cálculo do comprimento de cordão de soldadura total do equipamento. Este valor é apresentado no catálogo, junto das informações gerais do equipamento.

Para os *Redlers*, as únicas aplicações de soldadura são para soldar as barras furadas nas extremidades das laterais e fundo para unir os módulos entre si. Assim, o cálculo do cordão de soldadura total está diretamente relacionado com a secção do equipamento a produzir. Por exemplo, para o equipamento TC-290, o cordão de soldadura total faz-se da seguinte forma:

Sendo:

$$L = 290mm \text{ e } H = 470mm$$

Tem-se:

$$P_{soldadura} = 2 \times (2 \times H + L) = 2 \times (2 \times 470 + 290) = 2 \times 1230 = 2460mm$$

Donde H corresponde à altura do equipamento e L à largura do mesmo. A fixação entre dois módulos faz-se aparafusando as extremidades das laterais do equipamento e do fundo. Todos os módulos têm dois aros de fixação (um em cada extremidade), inclusive o módulo do motor e do tensor. Para estes dois últimos, um dos aros serve para fixar o módulo ao corpo do equipamento, e o outro aro serve para receber uma chapa que serve de tampo para fechar o equipamento. Os topos não são aparafusados entre módulos, de forma a permitir a abertura fácil para inspeção do equipamento ou intervenção no equipamento. Na Figura 3-20, mostra-se uma secção de um módulo do equipamento, com o aro de fixação:

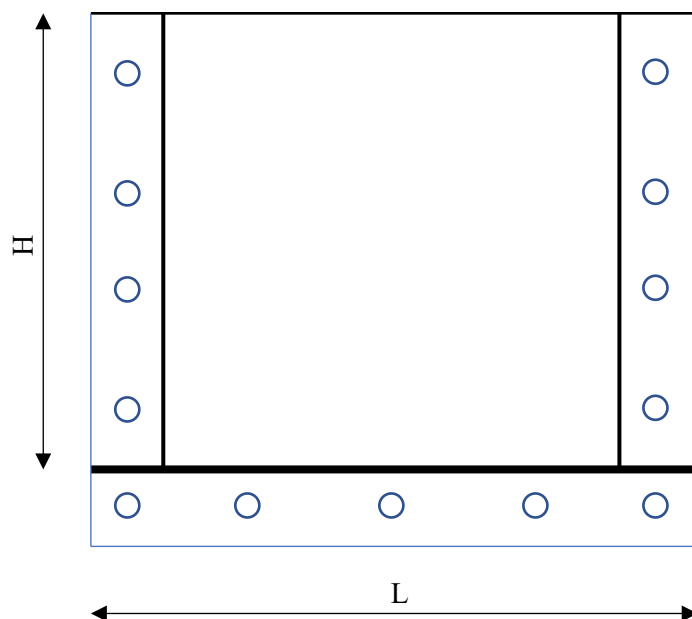


Figura 3-20: Esquema da secção transversal de um transportador de corrente

Na imagem acima, a relação geométrica entre a altura e a largura do equipamento não responde a nenhuma norma em particular. No entanto, a diferença de espessura entre as linhas pretas do fundo, das laterais e do topo serve para ilustrar as várias espessuras de chapa utilizadas no equipamento (5mm para o fundo, 3mm para as paredes e 2mm para o topo). A furação também foi arbitrada.

Para obtenção do comprimento total, o programa vai buscar o valor correspondente ao cordão de soldadura (de determinado módulo e modelo), e multiplica-o pela quantidade de módulos de cada tipo. Tendo o resultado do cálculo do comprimento de cordão total do

equipamento, pode-se proceder ao cálculo do custo associado a esta operação. Para tal, determinou-se a velocidade média de soldadura dos operários da fábrica, chegando ao valor de 200mm/min. Com isto, basta dividir o comprimento total do cordão de soldadura do equipamento pela velocidade média de soldadura para obter o tempo de soldadura. Após obtenção do tempo de soldadura, pode-se calcular o custo de soldador associado a este equipamento. Claro está que a este valor se multiplica um fator de segurança de forma que não se verifiquem situações de cálculo insuficiente de tempo de soldadura. Este coeficiente é interno da empresa, não podendo ter sido apresentado.

O mesmo raciocínio pode ser considerado para o custo associado ao corte de chapa ou de perfis. Neste caso, a principal variável é o número de cortes necessários na chapa. O comprimento das chapas a cortar não é determinante, uma vez que a guilhotina da fábrica tem capacidade para cortar de uma só vez as chapas maiores, com 3 metros de comprimento. Neste caso, o utilizador faz uma contagem do número de cortes necessários. Tendo sido calculado um tempo médio de 30s para cada corte na guilhotina, o cálculo do custo associado ao corte da matéria-prima é feito, multiplicando o número de cortes pelo tempo de cada corte. Este resultado é multiplicado pelo custo de operador.

Para além destes dois custos, também se podiam incluir os custos de pintura, de retificação, de furação, etc. Não tendo sido possível calcular tempos médios para estas operações, não se apresentou no sistema estes valores, disponibilizando apenas as células para preenchimento.

Findo todo este processo de orçamentação, o utilizador pode formalizar a proposta num documento oficial da empresa e apresentar a proposta ao cliente. É importante considerar que o valor do custo de produção apresentado por este sistema não é o mesmo que será proposto ao cliente. Isto deve-se ao facto de não se incluir margens de lucro, transporte ou outras considerações, que são responsabilidade do departamento de vendas e do gestor do projeto.

3.4.2 Inovação de Equipamentos

Como referido no início deste trabalho, um dos objetivos definidos para o estudo realizado na empresa foi a proposta de uma inovação a um equipamento. Em particular, decidiu-se fazer uma proposta no equipamento que foi mais trabalhado durante o tempo de atividade na empresa. Assim sendo, o objetivo concretizou-se numa proposta para um novo sistema de tensionamento em transportadores de corrente.

O sistema em questão, à semelhança do sistema de orçamento, foi desenvolvido com vista a ser fácil de replicar para outros equipamentos. Tendo analisado o portfólio de equipamentos comercializados pela empresa MIME, foi possível observar que existem vários equipamentos que requerem um sistema de tensionamento para elementos transmissores de potência. Alguns destes equipamentos são, por exemplo, elevadores de alcatruzes e transportadores de mesa (mais conhecidos como tapetes das caixas registadoras dos supermercados). Todos estes equipamentos necessitam que uma corrente, correia ou tapete seja tensionada de forma que se possa colocar em movimento o equipamento.

Como referido anteriormente, o desenvolvimento desta solução foi feito com recurso à ferramenta analítica do TRIZ análise "Substância - Campo" (SC).

Tendo em consideração a situação descrita anteriormente, chegou-se à conclusão de que se está perante uma situação problemática 3, segundo a análise SC. Na Figura 3-21, é possível observar o modelo SC, com efeito insuficiente, descrito anteriormente:

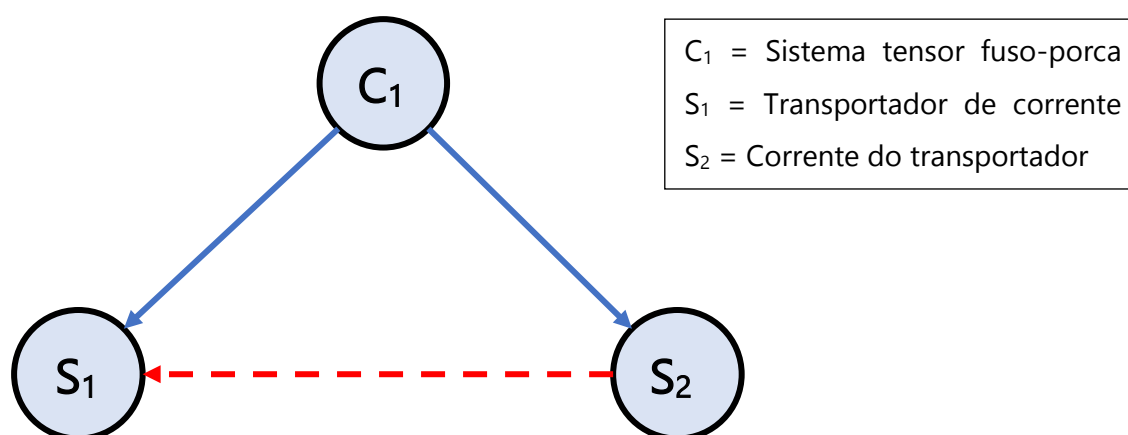


Figura 3-21: Modelo SC ineficiente.

Tendo em consideração o tipo de problema apresentado e as soluções-padrão definidas na metodologia TRIZ, considerou-se que a opção mais adequada para responder a esta situação é a solução-padrão 4. Nesta solução, aquilo que se propõe é a substituição do campo C_1 , que se verificou insuficiente, por um novo campo (C_2), que apresente melhores condições para garantir o alto rendimento desejado no transportador. Esta evolução no sistema pode ser consultada na Figura 3-22:

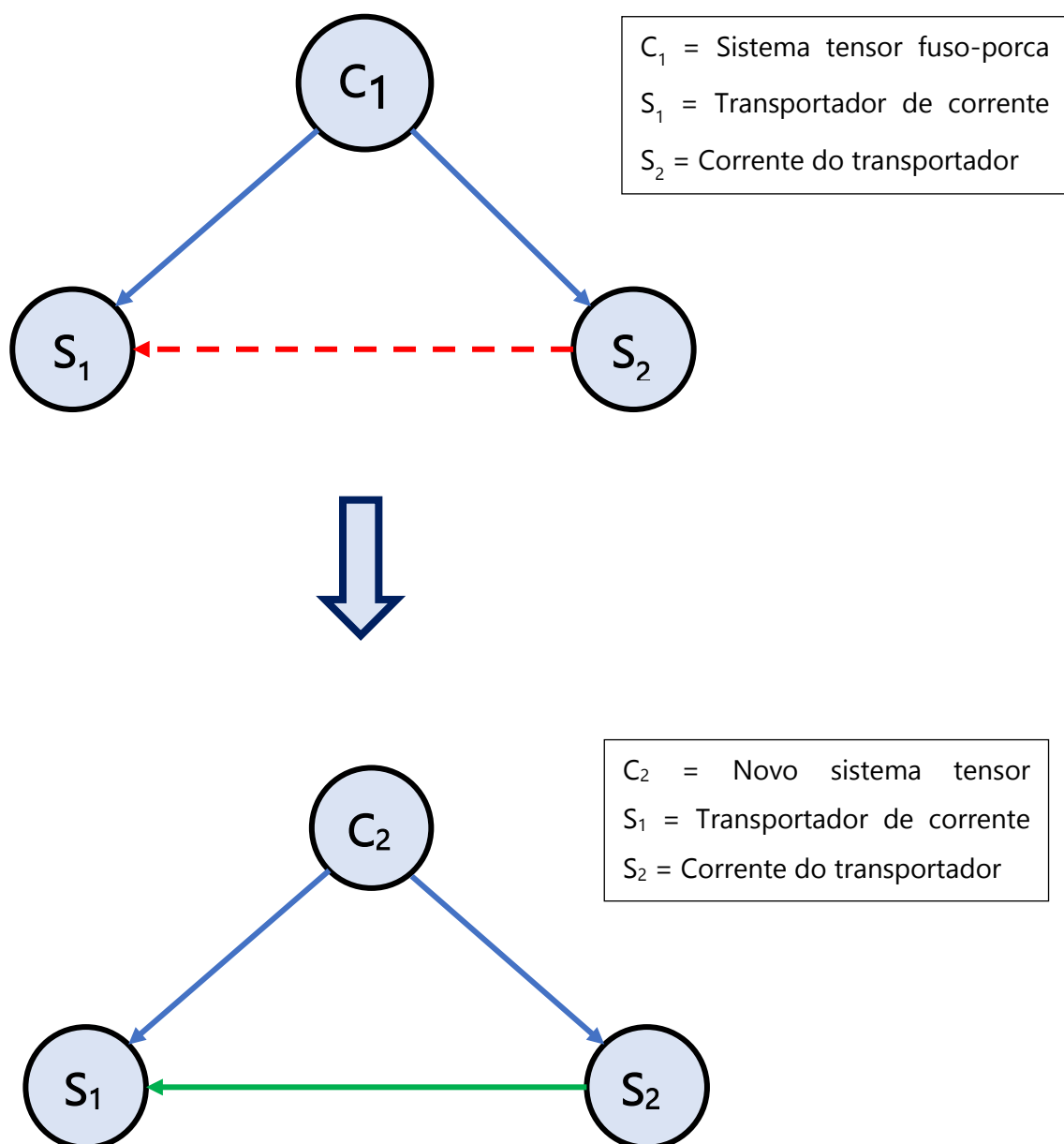


Figura 3-22: Evolução do modelo SC do problema.

A resposta ao problema apresentado consistiu num sistema capaz de acompanhar a alongação da corrente, com o decorrer do tempo. Para tal, teria de ser um sistema

independente, que também ele apresentasse uma determinada capacidade para se alterar e evoluir. Também foi importante considerar que teria de ser um sistema capaz de se mostrar rígido perante as forças que atuam na corrente do equipamento. Este novo sistema teria de ser capaz de garantir a robustez que um sistema fuso-porca garante. Isto porque não convém permitir que a corrente, quando os elementos que transportam o material fiquem presos, ou sejam sujeitos a cargas maiores, trabalhe soluçando, ainda que com a tensão adequada aplicada.

Com isto, considerou-se que uma solução poderia ser um sistema tensionado por uma mola à compressão. A vantagem da mola é que poderia aplicar força no tensor de forma constante, por ser capaz de se alongar. Uma das melhores qualidades que esta proposta apresentou foi o facto de ser um sistema muito simples e barato. Porém, o grande problema que esta solução apresenta está no facto que a mola, à medida que se deforma, aplica diferentes valores de força no sistema. Isto quer dizer que, ao princípio, quando está na posição de maior aperto, a força que realiza é maior. O contrário é verificado na posição de maior alongação da mola. Outro problema que se previu no sistema tensionado por uma mola é que, qualquer variação de esforços na corrente, associados ao funcionamento do equipamento, vão provocar alterações na alongação da mola. Este fenómeno permitiria que a corrente funcionasse com pouca estabilidade, podendo mover-se em demasia dentro do equipamento e podendo haver contacto indesejado com outros equipamentos dentro da máquina. Inclusive, um dos acidentes poderia ser o salto da corrente da roda que a tensiona. Para contrariar este efeito, teria de se optar por uma mola com um valor de rigidez muito alto, sendo necessário também considerar uma corrente com uma rigidez mais alta, para suportar os novos valores de esforço aplicado unicamente pelo tensor. Além disso, também os elementos estruturais teriam de ser mais robustos para aguentar estas tensões mais altas. Todo este reforço no equipamento para acomodar a adoção deste novo sistema iria aumentar o valor de produção do equipamento. Este aumento de custo sentir-se-ia não só na compra da mola e dos materiais, mas também nos tempos de operação que seriam necessários para a produção do equipamento. A principal razão disto prende-se com a dificuldade acrescida que existe no trabalho de chapas mais espessas. A produção sente estas dificuldades principalmente no corte da chapa, uma vez que a guilhotina pode não tem capacidade para trabalhar com chapas

muito espessas. Isto iria obrigar a operações de corte por oxicorte, que é uma operação consideravelmente mais dispendiosa. Também nas operações de quinagem se verificariam estes problemas, pelas mesmas razões. Todas estas limitações fizeram com que o foco para o novo sistema tensor se afastasse de uma abordagem com molas.

A outra solução que se idealizou foi um sistema com cilindros hidráulicos. A lógica para o funcionamento deste sistema foi definir a pressão hidráulica que permita aplicar uma tensão perto da ótima na corrente. Definindo esta pressão, o cilindro pode estar sempre a aplicar o valor de força definido, ainda que em diferentes posições de avanço. A determinação deste valor de tensão seria um exercício que recorreria a dados experimentais e a conhecimentos provenientes da experiência. Além disso, pelo facto de se recorrer a um fluido incompressível, a variação das forças na corrente não iria resultar numa alteração na posição do cilindro, preservando também a elongação da corrente.

Para garantir que o veio onde trabalha a roda louca do tensor do transportador está equilibrado, i. e. com a mesma força aplicada em ambas extremidades, os dois cilindros que trabalham neste veio estarão ligados ao mesmo compressor. Com isto, também se garante alguma redução de custos, na aquisição de componentes (nomeadamente compressores, tubagens, válvulas, etc.).

O desenvolvimento contemporâneo das indústrias, implementado seguindo tendências maioritariamente ligadas à *internet* das coisas e inteligência artificial, para melhoria de rendimentos e monitorização preventiva de equipamentos, fomentou a implementação de soluções que acompanhem estas novas necessidades do cliente. Assim, viu-se nesta iniciativa de inovação em equipamentos da empresa uma oportunidade única para desenvolver um equipamento capaz de acompanhar e incorporar estas novas tendências. Esta proposta, como se verá mais à frente, permitirá não só o controlo remoto do equipamento, como também a obtenção de dados em tempo real do funcionamento da máquina.

A implementação desta funcionalidade no novo sistema começou com uma análise acerca da sua relevância, quando comparado com outros equipamentos oferecidos pela empresa ou pela concorrência. Para tal, recorreu-se à matriz de decisão, onde se comparou o novo sistema não só com os sistemas mais comuns na atualidade, mas também com outra possível nova solução. Desta forma, garante-se a viabilidade da solução e a sua

competitividade, antes de se ter feito um investimento significativo. O sistema de tensionamento com mola não foi incluído neste exercício, uma vez que foi imediatamente descartado, como explicado anteriormente.

Do *brainstorming* feito para implementação da matriz de decisão, surgiram os critérios de projeto seguintes:

- Custo dos materiais;
- Custo de fabrico
- Durabilidade;
- Fiabilidade;
- Conetividade;
- Reparabilidade;
- Automatização.

Estes critérios de engenharia foram classificados em três áreas:

1. Custo:

- a. Custo dos materiais;
- b. Custo de fabrico;

2. Qualidade em serviço:

- a. Durabilidade;
- b. Conetividade;
- c. Fiabilidade.

3. Operabilidade:

- a. Reparabilidade;
- b. Automatização.

Para a construção da árvore de critérios deste estudo, foi necessário atribuir um fator de ponderação aos vários critérios de engenharia. A atribuição destes valores foi feita dentro de cada área de engenharia descrita acima. A regra para atribuição destas ponderações foi estabelecida de forma a compreender o equipamento com os olhos do cliente e com vista às suas necessidades. Além disso, a soma dos fatores de ponderação dos critérios de uma determinada área de engenharia tem de ser igual à unidade (Navas, 2021). Também a avaliação

das áreas de engenharia deve responder a esta última regra. Assim sendo, na Figura 3-23, é possível consultar os fatores de ponderação atribuídos a cada critério de engenharia.

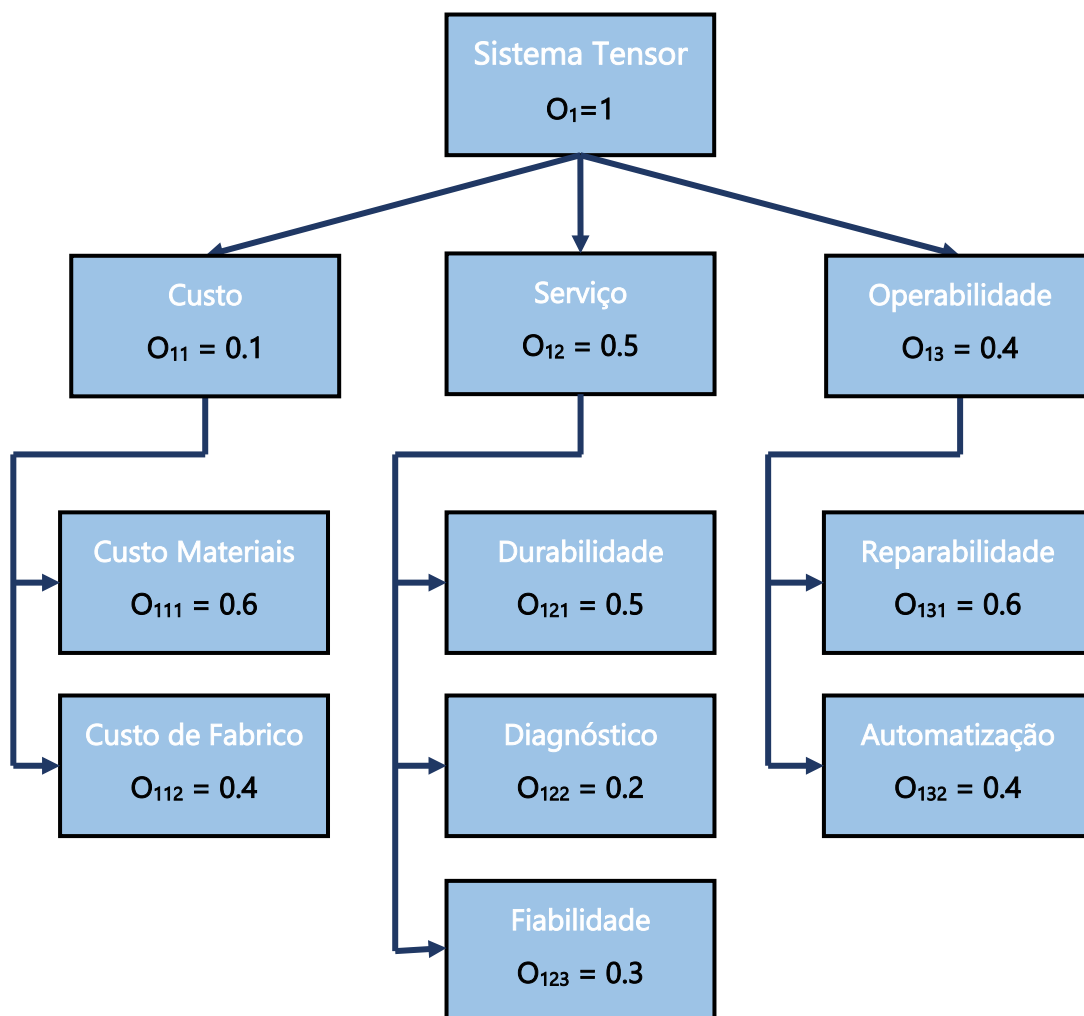


Figura 3-23: Árvore de critérios de engenharia para o problema apresentado.

Dentro das áreas de engenharia, aquela que se considerou como sendo a mais determinante foi a área relativa ao serviço do equipamento, seguida por perto pela operabilidade do equipamento. Assim foi, uma vez que a principal funcionalidade do equipamento é funcionar. Ou seja, um equipamento apenas é tão útil, quanto a sua capacidade de realizar aquilo que se espera dele. Este tipo de raciocínio é suportado pelo modelo de Kano, nomeadamente pela definição apresentada anteriormente, para os requisitos obrigatórios dos

produtos. O funcionamento do equipamento é esperado pelo consumidor, e é tomado como garantido que as suas necessidades serão satisfeitas com um bom rendimento.

Em segundo plano, foi considerada a operabilidade uma vez que, neste caso, a forma como o equipamento funciona não é tão importante como a sua capacidade de realizar aquilo para que foi projetado.

Finalmente, a área relativa ao custo é a com menor impacto para o projeto uma vez que, este tipo de sistema tensor é oferecido como uma opção para o equipamento, não sendo obrigatório para o cliente optar por ela. Assim, ser um equipamento com um custo superior, não é necessariamente impeditivo para o seu desenvolvimento, porque a versão mais simples continuará a ser oferecida. Este equipamento pode ser desenvolvido do mesmo modo, uma vez que não representa um entrave à existência dos sistemas mais antigos e simples.

Dentro da área de custos, considerou-se o custo de materiais como mais condicionante, uma vez que a implementação deste novo sistema implica a utilização de equipamento mais dispendioso, não tendo grande impacto no custo de fabrico. O custo de fabrico mantém-se de certa forma semelhante, pois a quantidade de componentes a produzir na empresa para instalação de qualquer sistema tensor é aproximadamente o mesmo. Porém, o tipo de equipamento a instalar no transportador já difere bastante, passando de um sistema fuso-porca para um sistema de cilindro hidráulico.

Quanto à qualidade em serviço, a característica com maior peso na decisão foi a durabilidade do equipamento. De facto, não faz sentido apresentar uma versão "superior" e com um custo maior que tenha um tempo de vida útil inferior ao da solução convencional, mesmo sendo mais barata. De seguida, considerou-se a conectividade do equipamento como a segunda mais significativa, uma vez que esta é uma das principais características que vai distinguir esta opção do equipamento das outras mais simples. Finalmente, a razão por se ter considerado a fiabilidade do sistema como o critério menos relevante foi porque o tipo de equipamento que se quis implementar como solução é um sistema de cilindros hidráulicos. Estes são equipamentos amplamente utilizados e têm elevada fiabilidade.

No que toca à operabilidade, considerou-se que a reparabilidade do equipamento é mais determinante que a automatização do equipamento. Desenvolver um equipamento, num ambiente industrial, que implique uma dificuldade de manutenção considerável ou implique

um conhecimento altamente especializado poderá representar um entrave para o cliente. Na maior parte dos casos que foram observados durante o decorrer do estudo, o cliente pretendia um equipamento que funcionasse sem problemas e que fosse fácil para qualquer operário da fábrica realizar trabalhos nele. Assim, apesar de que a possibilidade de automatizar o equipamento fosse a grande novidade no equipamento, foi necessário considerar que a brevidade na manutenção (em termos de disponibilidade de peças/ferramentas, facilidade de acesso e simplicidade de funcionamento) continuava a ser um pilar essencial na conceção do equipamento.

Após definição dos fatores de ponderação na árvore de critérios de engenharia, procedeu-se à classificação destes critérios. Para tal, construiu-se a tabela apresentada na Figura 3-24. Para melhor poder consultar a tabela apresentada, recomenda-se a consulta do anexo E:

Critério de Projeto	Fator de Ponderação	Unidade	Tensor por Fuso			Tensor Hidráulico Manual			Tensor Hidráulico Automático		
			Valor do nível	Classificação Simples	Classificação Ponderada	Valor do Nível	Classificação Simples	Classificação Ponderada	Valor do Nível	Classificação Simples	Classificação Ponderada
Custo dos Materiais	0.06	€	Baixo	9	0.54	Médio	6	0.36	Alto	4	0.24
Custo de Fabrico	0.04	€	Médio	6	0.24	Baixo	8	0.32	Baixo	9	0.36
Durabilidade	0.25	Experiência	Alta	9	2.25	Alta	9	2.25	Alta	9	2.25
Fiabilidade	0.15	Experiência	Alta	10	1.5	Média	7	1.05	Média	7	1.05
Diagnóstico	0.10	Experiência	Baixa	2	0.2	Baixa	2	0.2	Alta	8	0.8
Reparabilidade	0.24	Experiência	Média	6	0.144	Alta	8	0.192	Alta	9	2.16
Automatismo	0.16	Experiência	Baixa	2	0.32	Baixa	2	0.32	Alta	10	1.6
TOTAL					5.194			4.692			8.46

Figura 3-24: Matriz de decisão do problema.

Os três equipamentos que foram utilizados para este exercício foram: um tensor por fuso (solução mais comum e a principal escolha por parte dos clientes), um tensor hidráulico manual e um tensor hidráulico automático. Esta seleção de equipamentos procurou estabelecer uma comparação entre dois aspetos relevantes: manter o sistema por fuso vs. adotar o hidráulico; e ser um sistema 100% manual vs. automático.

Em relação ao critério do custo dos materiais, o equipamento mais vantajoso é o tensor por fuso, uma vez que todos os componentes são muito simples e há grande disponibilidade. No caso dos sistemas hidráulicos, a procura por componentes hidráulicos é mais complicada e a sua aquisição acarreta custos maiores.

Em relação ao critério do custo de fabrico, o equipamento que lidera é o sistema por tensor hidráulico automático. Isto deve-se ao facto de que todos os componentes entre os

vários equipamentos são idênticos à exceção dos componentes específicos para o tensor que, por serem cilindros hidráulicos, bombas e reservatórios, apenas requerem a instalação no equipamento. Por outro lado, o sistema de tensor por fuso requer a produção própria dos componentes, o que representa um investimento de recursos maior no fabrico do equipamento.

Relativamente ao critério da durabilidade, todos os sistemas estão igualmente cotados, uma vez que todos são produzidos utilizando sistemas e componentes com durabilidades altas e conhecidas.

Quanto ao critério da fiabilidade, o sistema que se destaca é o sistema de tensor por fuso, uma vez que a probabilidade de falha deste sistema é muito baixa, sendo praticamente inexistente. Em parte, esta característica deve-se ao facto da simplicidade dos componentes envolvidos e do largo conhecimento que existe na sua operação e fabrico.

No caso do critério da conectividade, nesta tabela chamado diagnóstico, o único equipamento que apresenta uma vantagem grande é o sistema de tensor hidráulico automático. Isto deve-se ao facto de, por ser um sistema que requer sistemas digitais para o seu funcionamento, já tem incorporados, desde o princípio, componentes que permitem extrair dados sobre o seu funcionamento. Estes dados são obtidos principalmente acerca de esforços no sistema tensor, permitindo conhecer as condições de trabalho do equipamento. Além disso, a possibilidade de ter um sistema com alta conectividade permite que o sistema possa funcionar de forma remota e com respostas em tempo real.

Quanto à reparabilidade, o sistema que se destaca é o sistema por tensor hidráulico automático. A razão de se ter considerado esta classificação prende-se com a facilidade de obtenção de componentes para reparar o equipamento. Apesar de se tratar de componentes mais específicos que não são fabricados internamente, trata-se de componentes comerciais e normalizados com fácil acesso, como válvulas, uniões, casquilhos, depósitos, cilindros hidráulicos, etc. A possibilidade de operar com componentes rapidamente disponíveis e substituíveis permite que a reparabilidade deste equipamento seja muito rápida. A razão pela qual o sistema tensor por fuso não é tão competitivo nesta área é que os componentes utilizados são fabricados à medida e especificamente para aquele equipamento. Assim, a substituição dos componentes não será necessariamente feita com componentes disponíveis

no mercado, mas sim produzidos internamente pela empresa MIME, para aquele determinado equipamento.

Finalmente, o critério do automatismo do equipamento é aquele que destaca mais o sistema por cilindro hidráulico automático, uma vez que como o nome indica, tem a possibilidade de ser operado de forma automática. A possibilidade de autocontrolo do sistema de tensionamento permite que a corrente esteja sempre a funcionar nas condições mais adequadas para garantir a sua longevidade, graças à capacidade de ajuste em tempo real do equipamento.

Consultado a tabela com os resultados desta análise, é possível verificar que o sistema que se destaca, de acordo com os critérios definidos é o sistema de tensor automático por cilindro hidráulico.

Também é curioso observar que o resultado calculado para o tensor por fuso, na escala de 0 a 10 é um valor que se encontra a meio da escala. Isto permite concluir que se trata de um equipamento simples feito à medida da sua atividade. É um equipamento desenvolvido apenas para cumprir a sua função de forma eficaz. Não é um equipamento que esteja abaixo do que é esperado para o seu funcionamento, nem um equipamento que exceda as características para as quais foi projetado.

3.5 Análise e Triagem das Propostas

Tendo tomado consciência que o tempo de duração do estudo seria insuficiente para a implementação de todas as propostas apresentadas, fez-se um exercício de priorização relativamente às medidas a implementar. Para tal, recorreu-se ao modelo de Kano. Esta decisão foi tomada em conjunto com a gerência da empresa.

Seguindo o modelo de Kano, fez-se um inquérito aos sete trabalhadores da empresa. Como referido anteriormente, o objetivo deste inquérito foi determinar que medidas eram mais urgentes de implementar ou que trariam o maior ganho. Este inquérito foi dirigido a todos os trabalhadores da empresa. A razão pela qual se procurou obter a opinião de todos os trabalhadores da empresa foi porque cada área da empresa é afetada de forma diferente pelas propostas apresentadas. Assim, as medidas tomadas teriam um impacto significativo a curto prazo, na generalidade das atividades da empresa.

Outra das razões para realizar este exercício, para além da questão temporal como referida acima, foi a escassez de recursos que a empresa tem. Tratando-se de uma empresa com uma escala muito reduzida e com pouca distinção entre departamentos, o funcionamento da empresa está quase sempre a decorrer na capacidade máxima. Assim, fica pouco espaço para o investimento de meios para atividades de inovação.

O inquérito feito aos trabalhadores foi um inquérito anónimo. Desta forma, as respostas dos trabalhadores não são influenciadas e existe total liberdade para se obter uma resposta verdadeira.

No anexo F, pode-se consultar o questionário realizado. O questionário é composto por quatro tópicos, cada um sendo direccionado para um objetivo em particular. Além disso, por ter sido construído de acordo com o modelo de Kano, apresenta duas questões para cada tópico: uma funcional e outra disfuncional. Na Figura 3-25, pode-se ver a primeira questão:

1ª Questão: Sistema de orçamentação e catalogação de produtos.	
Qual a sua opinião relativamente à implementação de um sistema de orçamento automático, com todos os produtos da empresa catalogados?	1. Gosto desta maneira.
	2. Obrigatório desta maneira.
	3. Neutro.
	4. Aceito desta maneira.
	5. Não gosto desta maneira.
Qual a sua opinião se o atual processo de orçamentação e se mantiver?	1. Gosto desta maneira.
	2. Obrigatório desta maneira.
	3. Neutro.
	4. Aceito desta maneira.
	5. Não gosto desta maneira.

Figura 3-25: Excerto do questionário aos trabalhadores.

Na Tabela 3.2, apresenta-se os resultados do inquérito feito aos trabalhadores. O critério seguido para a classificação dos requisitos, em caso de empate foi $O > U > A > N$, como definido no modelo de Kano.

Tabela 3.2 - Resultados do inquérito aos trabalhadores.

Questão	A (%)	N (%)	O (%)	U (%)	R (%)	Q (%)	Total (%)	Classificação Final
Q1 - Sistema de Orçamentação	30	40	10	5	10	5	100	N
Q2 - Projeto para a Produção	30	30	10	10	20	0	100	A

Q3 - Otimização de Material	20	10	60	0	5	5	100	O
Q4 - Novo Sistema Tensor	35	30	5	20	0	10	100	A

De seguida, calcularam-se os níveis de satisfação dos usuários, utilizando as equações (3) e (4) do modelo de Kano. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Níveis de satisfação

Medida Considerada	CS	CI
1 - Sistema de Orçamentação	0,41	-0,18
2 - Projeto para Produção	0,5	-0,25
3 - Otimização de Material	0,22	-0,67
4 - Novo Sistema Tensor	0,61	-0,28

Ao colocar as coordenadas destes resultados na Figura 2-17, podem-se tirar as seguintes conclusões deste questionário:

- Quanto ao novo sistema de orçamentação, tem-se um requisito neutro.
- Quanto ao projeto virado para a produção, tem-se um requisito neutro-atrativo.
- Quanto à otimização de material, tem-se um requisito obrigatório.
- Quanto ao novo sistema tensor, tem-se um requisito atrativo.

Os resultados obtidos dos inquéritos são coerentes com a amostra de pessoal entrevistado. De facto, se se analisarem as pessoas que trabalham na empresa MIME será possível ver que a grande maioria trabalha em departamentos direccionados para a produção e montagem. Assim, requisitos que estejam mais relacionados com este departamento terão vantagem sobre os outros, que recaem mais sobre departamentos administrativos, por exemplo.

No final desta análise, pôde-se concluir que a sequência de implementação de inovações deveria seguir a ordem seguinte:

1. Otimização de material, por planeamento antecipado de corte de material.
2. Desenvolvimento do novo sistema de tensionamento.
3. Implementação de medidas de projeto virado para a produção.
4. Adoção de um novo sistema de orçamentação.

3.6 Análise e Discussão de Resultados

Tratando-se de uma empresa jovem, com apenas dez anos, a busca pelo crescimento é constante. Assim, mecanismos que permitem responder mais rapidamente à procura são vistos como muito vantajosos, ainda que nem sempre haja capacidade para implementação destes. Respostas mais rápidas ao cliente permitem que a empresa MIME se destaque dos concorrentes no tempo de projeto com o cliente e nos prazos de produção e entrega de equipamentos. Isto atrai os clientes, aumenta o seu nível de satisfação e permite incrementar a carteira de clientes.

Desenvolver o sistema de orçamentação para a empresa MIME foi uma tarefa desafiante. Principalmente porque a empresa tem uma escala pequena, não tendo departamentos ou sistemas para cálculo de orçamento definidos de base, existindo muita variedade de práticas. Também não existiu uma disponibilidade muito alta por parte da gerência para refletir sobre este assunto. A estes problemas somou-se o facto de ter havido já muitas pessoas que integraram a empresa, cada uma trabalhando de um modo diferente e deixando documentos diferentes. Apesar da existência de todas estas complicações, foi possível analisar os vários documentos, classificando as abordagens mais comuns e uniformizando as práticas utilizadas.

Além disso, por ser uma empresa que já realizou muitos transportadores de correntes com muitas capacidades diferentes e, portanto, geometrias diferentes, foi complicado definir os modelos que seriam colocados à disposição do cliente no catálogo. Foi um exercício que requereu o estudo de vários desenhos técnicos e pedidos de clientes. Com algum apoio da chefia, foi possível traçar quais os modelos mais vantajosos para o catálogo.

Se, por um lado, a implementação de metodologias na filosofia de trabalho de uma empresa restringe a criatividade dos trabalhadores, por outro, previne muitas situações de desperdício de recursos. Neste sentido, e no contexto em que este estudo foi realizado, a implementação de um sistema de orçamentação foi considerada muito relevante. A normalização dos equipamentos, permite a familiarização da produção com os produtos, permitindo aumentar o rendimento da produção e a redução de desperdício de material.

Apesar dos frutos resultantes da implementação do sistema de orçamentação não serem perceptíveis a curto prazo (fator que levantou alguma inércia para o seu desenvolvimento),

devido ao tempo investido para conceção do sistema, a longo prazo a resposta às necessidades do cliente acaba por compensar o investimento. Dedicar tempo no planeamento, principalmente numa altura em que se verifique um decréscimo de procura por equipamentos da empresa (seja por altura de férias de verão ou por situações económicas e políticas do momento, como a guerra na Ucrânia que fez aumentar se forma significativa os preços da matéria-prima e, por isso, limitar o poder de compra dos clientes), permite que no futuro a dinâmica da empresa seja mais eficiente, alcançando melhores resultados quando os níveis de procura se reestabelecerem.

O aproveitamento de material da empresa é um fator chave na avaliação do rendimento da atividade de uma empresa metalomecânica. Seja em termos de financeiros ou de sustentabilidade, é uma temática que deve ter um peso considerável no planeamento da empresa. Mais uma vez, sendo a MIME uma empresa que procura o crescimento e o destaque perante outras empresas, todos os processos que possam ser desenvolvidos no sentido de aumentar os ganhos, enquanto se mostra uma filosofia sustentável, são bem-vindos.

Durante as semanas nas quais se realizou o ensaio da aplicação deste sistema, foi possível observar uma redução na quantidade de sucata produzida, havendo menos retalhos a sair das operações de corte e tendo cada retalho dimensões mais favoráveis para reaproveitamento. Esta observação foi possível de se realizar uma vez que a secção onde se armazena a sucata, teve uma evolução muito mais baixa que a zona onde se guardam as chapas para fabrico. De facto, após uma semana, foi preciso repensar a disposição das chapas para acomodar estas sobras úteis.

Também se pode considerar uma situação em que o sistema de cálculo do aproveitamento de matéria-prima permitiu evitar uma paragem na produção. Para um projeto, foi necessário construir uma estrutura tubular metálica. Como não havia material suficiente na fábrica para realizar o trabalho, foi necessário encomendar. O cálculo de material dessa encomenda foi realizado de forma rápida de cabeça pelo engenheiro responsável, chegando a um determinado valor, com o qual se procedeu à encomenda dos tubos. No entanto, apesar de já ter sido feita a encomenda do material, decidiu-se fazer um cálculo com o *Opticutter*, para averiguar se aquela quantidade era suficiente para o projeto. De facto, do resultado produzido pelo programa, foi possível verificar que as quantidades encomendadas tinham

ficado abaixo das necessárias. Esta solução veio em boa hora, uma vez que se pôde corrigir a encomenda a tempo e que se corrigiu também a cotação do projeto entregue ao cliente, evitando um prejuízo considerável.

A implementação desta solução para a orçamentação, com um catálogo que contempla todos os modelos dos equipamentos da empresa permitiu dar espaço para a implementação de filosofias de projeto orientado para a produção. A apresentação dos componentes dos equipamentos no catálogo surge apresentado as suas dimensões. Estas dimensões, podem ser apresentadas numa tabela que acompanhe o desenho dos componentes. Assim, para cada desenho, vários modelos de equipamentos podem ser apresentados. Por exemplo, em vez de se indicar no desenho que o componente tem uma largura de 30mm, pode-se indicar que tem uma largura de "A"mm. Desta forma, o projetista ou o operador apenas têm de ir à tabela com as dimensões dos vários modelos do componente e ver qual o valor de "A" para aquele modelo. É nestes desenhos que surge a oportunidade de conceber uma filosofia de projeto orientado para a produção, por meio da inserção de informações sobre os métodos de produção mais adequados para aquela dimensão de componente, indicando de determinadas tolerâncias e rugosidades para os componentes, de acordo com as suas dimensões. Também se pode melhorar o fabrico dos equipamentos, adaptando os processos ao equipamento que se dispõe na fábrica

Da implementação do programa para cálculo de material e planeamento de corte, pôde-se ver algum entusiasmo por parte dos operários. Neste assunto é importante distinguir entre os trabalhadores que têm mais experiência e os que têm menos experiência. No caso dos trabalhadores que têm mais experiência, a implementação desta medida não trouxe tanto benefício, uma vez que estes, por já estarem muito familiarizados com este tipo de operações, já apresentavam alguma facilidade para a leitura e cálculo do material. No entanto, para os trabalhadores mais inexperientes este sistema foi uma grande novidade.

Citando um dos trabalhadores, que trabalha na empresa há cerca de três anos: "Isto assim é muito melhor! Escuso de estar metade da tarde a fazer contas e a ver se a chapa chega".

Esta constatação permite não só entender a importância da implementação deste sistema, como também os resultados no inquérito aos trabalhadores. A medida com maior consenso para implementação imediata foi a relativa ao planeamento do material, pois representava a solução para uma dificuldade comum dos trabalhadores da empresa. Esta redução na carga do pessoal permitiu também uma melhoria geral no estado de motivação laboral.

O sistema de tensionamento proposto para a empresa é mais caro. No entanto, a possibilidade de incorporação de soluções de conectividade no equipamento ultrapassa o custo inicial pedido. Este tipo de sistema permitiria que a empresa MIME entrasse em fábricas com tecnologia mais avançada. Normalmente, clientes que optem por de soluções com conectividade têm orçamentos maiores para contemplar gastos associados à automação (regra geral, trata-se de uma das partes mais dispendiosas na construção de instalações fabris). Assim, o preço mais alto não representaria um entrave à encomenda dos equipamentos.

A obtenção de dados em tempo real do equipamento pode ser realizada utilizando um manómetro digital que mede a pressão nos cilindros. Estas medições permitem determinar a variação de força que está a ser aplicada na corrente por efeito do trabalho do equipamento. De facto, quando se solta material para a entrada do equipamento e este começa a trabalhar, este aumento súbito de massa fará com que o motor necessite de aplicar mais força na corrente, para a colocar em movimento. Outra situação que se pode considerar é no caso de monitorização para prevenção de avarias. Tendo em tempo real medições do esforço do equipamento em funcionamento, permite detetar anomalias, que podem estar associadas a material preso, falha da corrente, etc. Inclusive, pode-se saber se o esforço que o equipamento faz para funcionar é adequado para o dimensionamento da corrente feito na fase de projeto.

Por exemplo, houve uma situação em que foi necessário fornecer um sem-fim para uma fábrica. Este sem fim era composto por vários fusos unidos entre si por ligações aparafusadas. Ora, nas interfaces entre fusos foram instaladas flanges para realizar as uniões. Estas flanges estavam ligadas ao fuso por soldadura, a qual foi determinada na fase de projeto e realizada na produção contando com um determinado esforço. O problema surgiu quando se iniciou o funcionamento do transportador sem-fim, nas instalações do cliente. Passadas algumas horas de funcionamento, a soldadura de uma das flanges partiu, obrigando a uma paragem da linha da fábrica e uma intervenção no equipamento. Nesta situação, caso houvesse alguma monitorização em tempo real do esforço do equipamento, em vez de apenas uma indicação

se o motor está ligado ou desligado, tinha sido possível parar a produção a tempo, corrigido o equipamento e evitando o prejuízo que existiu.

Apesar de não ter sido possível implementar diretamente todas as propostas feitas à empresa ao longo deste estudo, seja por falta de recursos, seja por falta de abertura da empresa para realizar alterações profundas no seu funcionamento, a proposta destas medidas e a reflexão feita sobre a empresa e a sua dinâmica representa um primeiro passo importante na abertura para a inovação e a disponibilidade de evolução da organização.

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

A realização deste estudo culminou na implementação de algumas das propostas apresentadas, tendo sido possível detetar uma melhoria generalizada no rendimento do pessoal.

Em particular, a implementação do cálculo de material com recurso ao programa *Opticutter* fez com que o tempo de operações diminuísse, uma vez que os serralheiros da empresa já não têm necessidade de fazer o planeamento do corte por eles próprios. Assim, também se pôde reduzir o esforço mental dos trabalhadores, para além dos tempos de processo.

O desenvolvimento deste sistema de orçamentação, com o catálogo geral dos *Redlers* também permitiu abrir a possibilidade de implementação de filosofias de projeto orientado para a produção, permitindo fazer uma previsão prévia mais aprofundada de todos os processos de fabrico associados à produção dos equipamentos, bem como dos materiais necessários. Além disso, pode-se concluir que a implementação deste sistema permite reduzir, em grande quantidade, a carga sobre o projetista, abrindo portas a uma maior quantidade de clientes em simultâneo.

Este sistema de orçamentação, fácil de implementar a qualquer equipamento e passível de ser utilizado em qualquer computador com uma ligação à *internet*. Esta característica, tornou a receção a esta proposta mais fácil e houve algum interesse em começar a implementá-lo imediatamente.

Relativamente ao novo sistema de tensionamento, seria necessário realizar alguns ensaios para determinar a sua viabilidade, situação que não foi possível face à indisponibilidade de recursos na empresa MIME para este tipo de atividades.

Com isto, os objetivos do estudo foram cumpridos na sua totalidade, tendo-se garantido que a empresa MIME ficou numa posição melhor, comparativamente àquela em que estava aquando do início do estudo.

A empresa MIME é uma empresa pequena, mas com muita capacidade de ser bem-sucedida, por contar com excelentes profissionais com uma qualidade alta e uma experiência difícil de encontrar nos tempos que correm. No entanto, é necessária uma profunda alteração de mentalidade e de priorização de forma a tornar a visão para a inovação e evolução da empresa uma prioridade, em vez de simplesmente corresponder aos pedidos do cliente. Como foi dito uma vez:

"A grande descoberta de todos os tempos é que uma pessoa pode mudar o seu futuro, simplesmente por alterar a sua atitude." - Oprah Winfrey.

4.2 Propostas para Trabalhos Futuros

Com a realização deste estudo, surgiram alguns temas relevantes de serem abordados, de forma a complementar e enriquecer o mesmo. De seguida apresentam-se alguns destes temas:

- Como forma de complemento para o sistema de orçamentação, existe a necessidade de desenvolver desenhos técnicos genéricos, nos quais o equipamento é apresentado com dimensões gerais. Ou seja, em vez de se colocar que a largura do componente é 30mm, indica-se que a largura do componente é D. De seguida, o operador vai ver a uma tabela que acompanha o desenho (por norma é o catálogo do equipamento, já desenvolvido), a que valor corresponde esta dimensão "D". Concluído o desenvolvimento destes desenhos, a empresa pode desenvolver, no *SolidWorks*, uma base de dados com as dimensões de vários modelos dos equipamentos. Com esta base de dados, o projetista, ao realizar desenhos 3D do equipamento pode simplesmente escolher qual o

modelo. e o programa vai buscar a essa base de dados as dimensões dos componentes e mostra diretamente o equipamento completo em 3D.

- Realização de um estudo para determinação da tensão ótima para a corrente dos transportadores de corrente.

BIBLIOGRAFIA

- Arends, A. T. (2015). *Design of a dynamic weigh system for conveyors*. Enschede, Netherlands: University of Twente.
- Boogaard, K. (2021). *How To Write SMART Goals*. Acedido em WorkLife: <https://www.atlassian.com/blog/productivity/how-to-write-smart-goals#:~:text=What%20are%20SMART%20goals%3F,within%20a%20certain%20time%20frame>.
- Bregman, R. (2019). *Humankind: A Hopeful History*. London: Bloomsbury.
- Dahan, E., & Hauser, J. (2001). Product Development - Managing a Dispersed Process. *Handbook of*, pp. 179-222.
- Doyle, D. (2019). *Conheça o modelo de Kano e os 3 atributos essenciais para analisar a satisfação de seus clientes*. Acedido em Siteware: <https://www.siteware.com.br/qualidade/modelo-de-kano/>
- Ferreira, M. (2019). *Aprenda o que é dDagrama de Kano e como essa metodologia pode contribuir para resultados promissores*. Acedido em Voitto: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-kano>
- Frevvoblog. (2021). *Why are Business Processes Important? (and How to Optimize Yours)*. Acedido em frevvo a DOCUOHASE company: <https://www.frevvo.com/blog/importance-of-business-process/#:~:text=The%20importance%20of%20business%20processes%20cannot%20be%20overstated,supplier%20relationships%2C%20and%20customer%20satisfaction>.
- Hsieh, H. T., & Chen, L. (2010). Using TRIZ methods in friction stir welding design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1085-1102.

- Jacobs, R. (1999). *Evaluating Satisfaction with Media Products and Services: An Attribute Based Approach*. European Media Management Review.
- Levinson, M. (2012). *Benefits of using a consistent methodology in business*. Acedido em My Management Guide: <https://mymanagementguide.com/benefits-using-consistent-methodology-business/#:~:text=A%20business%20methodology%20increases%20chances,ensures%20consistent%20reporting%20and%20analysis>.
- Martin Sprocket & Gear, Inc. (2022). *Martin*. Acedido em Martin: <http://www.martinsprocket.com>
- Matzler, K., & Hinterhuber, H. H. (1998). How to make product development projects more successful by integrating Kanos' model of customer into quality function deployment. *Technovation*, 25-38.
- Nascimento, M. L., Nogueira, R. J., & Souza Júnior, A. A. (2017). *Proposição de uma Matriz Ponderada para Suporte na Tomada de Decisão Aplicada a uma Fábrica do Setor Automobilístico na Cidade de Manaus-AM*. Sergipe: Universidade Federal de Sergipe.
- Navas, H. V. (2021). *Metodologia TRIZ*.
- Navas, H. V. (2021). *Modelo de Kano*.
- Navas, H. V. (2014 de Dezembro). Fundamentos do TRIZ: Parte VIII - Modelo Substância Campo. *Inovação & Empreendedorismo*, p. 3.
- Nicolau, D. C. (2019). *Estudo de Melhoria dos Processos de uma Empresa de Serviços de Engenharia*. Almada: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Power Plant and Calculations. (2020). *40 important questions & answers on belt conveyor for power plant engineers & operators*. Acedido de Power Plants and Calculations.
- 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*, 13.
- Siemens. (2015). *5 Benefícios da Digitalização*. Obtido de Siemens: <https://www.siemens.com/br/pt/empresa/stories/tecnologia/5-beneficios-digitalizacao.html>
- Siemens. (2020). *Siemens*. Retrieved from Siemens.com: <https://www.siemens.com/vision2020plus/en.html>
- Stevick, D. (2021). *Setting SMART Training Goals*. Acedido em Fossil Consulting Services, inc.: <https://www.fossilconsulting.com/2021/10/11/setting-smart-training-goals/>

- sugandha18bcs3001. (2023). *Difference between NP Hard and NP Complete problem*. Acedido em Geeks For Geeks: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-np-hard-and-np-complete-problem/>
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading Digital: Turning Technology Into Business Transformation. Em *Leading Digital: Turning Technology Into Business Transformation* (pp. 9-11). Boston: Harvar Businee Review Press.

ANEXOS

ANEXO A - MATRIZ DE CONTRADIÇÕES

Characteristics		Characteristic that is getting worse												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Characteristic to be improved	1 Weight of a mobile object	-	-	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
	2 Weight of a stationary object	-	-	-	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 Length of a mobile object	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
	4 Length of a stationary object	-	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 Area of a mobile object	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
	6 Area of a stationary object	-	30, 2 14, 18	-	26, 7 9, 39	-	-	-	-	-	1, 18 35, 36	10, 15 36, 37	-	2, 38
	7 Volume of a mobile object	2, 26 29, 40	-	1, 7 4, 35	-	1, 7 4, 17	-	-	-	29, 4 38, 34	15, 35 36, 37	6, 35 36, 37	1, 15 29, 4	28, 10 1, 39
	8 Volume of a stationary object	-	35, 10 19, 14	19, 14	35, 8 2, 14	-	-	-	-	-	2, 18 37	24, 35	7, 2 35	34, 28 35, 40
	9 Speed	2, 28 13, 38	-	13, 14 8	-	29, 30 34	-	7, 29 34	-	-	13, 28 15, 19	6, 18 38, 40	35, 15 18, 34	28, 33 1, 18
	10 Force	8, 1 37, 18	18, 13 1, 28	17, 19 9, 36	28, 10	19, 10 15	1, 18 36, 37	15, 9 12, 37	2, 36 18, 37	13, 28 15, 12	-	18, 21 11	10, 35 40, 34	35, 10 21
	11 Tension/Pressure	10, 36 37, 40	13, 29 10, 18	35, 10 36	35, 1 14, 16	10, 15 36, 28	10, 15 36, 37	6, 35 10	35, 24	6, 35 36	36, 35 21	-	35, 4 15, 10	35, 33 2, 40
	12 Shape	8, 10 29, 40	15, 10 26, 3	29, 34 5, 4	13, 14 10, 7	5, 34 4, 10	-	14, 4 15, 22	7, 2 35	35, 15 34, 18	35, 10 37, 40	34, 15 10, 14	-	33, 1 18, 4
	13 Stability of composition	21, 35 2, 39	26, 39 1, 40	13, 15 1, 28	37	2, 11 13	39	28, 10 19, 39	34, 28 35, 40	33, 15 28, 18	10, 35 21, 16	2, 35 40	22, 1 18, 4	-
	14 Strength	1, 8, 40 15	40, 26 27, 1	1, 15 8, 35	15, 14 28, 26	3, 34 40, 29	9, 40 28	10, 15 14, 7	9, 14 17, 15	8, 13 26, 14	10, 18 3, 14	10, 3 18, 40	10, 30 35, 40	13, 17 35
	15 Time of action of a moving object	19, 5 34, 31	-	2, 19 9	-	3, 17 19	-	10, 2 19, 30	-	3, 35 5	19, 2 16	19, 3 27	14, 26 28, 25	13, 3 35
	16 Time of action of a stationary object	-	6, 27 19, 16	-	1, 40 35	-	-	-	35, 34 38	-	-	-	-	39, 3 35, 23
	17 Temperature	36, 22 6, 38	22, 35 32	15, 19 9	15, 19 9	3, 35 39, 18	35, 38	34, 39 40, 18	35, 6 4	2, 28 36, 30	35, 10 3, 21	35, 39 19, 2	14, 22 19, 32	1, 35 32
	18 Brightness	19, 1 32	2, 35 32	19, 32 16	-	19, 32 26	-	2, 13 10	-	10, 13 19	26, 19 6	-	32, 30	32, 3 27
	19 Energy spent by a moving object	12, 18 28, 31	-	12, 28	-	15, 19 25	-	35, 13 18	-	8, 35	16, 26 21, 2	23, 14 25	12, 2 29	19, 13 17, 24
	20 Energy spent by a stationary object	-	19, 9 6, 27	-	-	-	-	-	-	-	36, 37	-	-	27, 4 29, 18

Characteristics			Characteristic that is getting worse												
			14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Characteristic to be improved	1	Weight of a mobile object	28, 27 18, 40	5, 34 31, 35	-	6, 29 4, 38	19, 1 32	35, 12 34, 31	-	12, 36 18, 31	6, 2 34, 19	5, 35 3, 31	10, 24 35	10, 35 20, 28	3, 26 18, 31
	2	Weight of a stationary object	28, 2 10, 27	-	2, 27 19, 6	28, 19 32, 22	19, 32 35	-	18, 19 28, 1	15, 19 18, 22	18, 19 28, 15	5, 8 13, 30	10, 15 35	10, 20 35, 26	19, 6 18, 26
	3	Length of a mobile object	8, 35 29, 34	19	-	10, 15 19	32	8, 35 24	-	1, 35 35, 39	7, 2 23, 10	4, 29 1, 24	15, 2 29	29, 35	
	4	Length of a stationary object	15, 14 28, 26	-	1, 40 35	3, 35 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28 24, 35	24, 26	30, 29 14	-
	5	Area of a mobile object	3, 15 40, 14	6, 3	-	2, 15 16	15, 32 19, 13	19, 32	-	19, 10 32, 18	15, 17 30, 26	10, 35 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30 6, 13
	6	Area of a stationary object	40	-	2, 10 19, 30	35, 39 38	-	-	-	17, 32	17, 7 30	10, 14 18, 39	30, 16	10, 35 4, 18	2, 18 40, 4
	7	Volume of a mobile object	9, 14 15, 7	6, 35 4	-	34, 39 10, 18	2, 13 10	35	-	35, 6 13, 18	7, 15 13, 16	36, 39 34, 10	2, 22	2, 6 34, 10	29, 30 7
	8	Volume of a stationary object	9, 14 17, 15	-	35, 34 38	35, 6 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39 35, 34	-	35, 16 32, 18	35, 3
	9	Speed	8, 3 26, 14	3, 19 35, 5	-	28, 30 36, 2	10, 13 19	8, 15 35, 38	-	19, 35 38, 2	14, 20 19, 35	10, 13 28, 38	13, 26	-	10, 19 29, 38
	10	Force	35, 10 14, 27	19, 2	-	35, 10 21	-	19, 17 10	1, 16 36, 37	19, 35 18, 37	14, 15	8, 35 40, 5	-	10, 37 36	14, 29 18, 36
	11	Tension/Pressure	9, 18 3, 40	19, 3 27	-	35, 39 19, 2	-	14, 24 10, 37	-	10, 35 14	2, 36 25	10, 36 3, 37	-	37, 36 4	10, 14 36
	12	Shape	30, 14 10, 40	14, 26 9, 25	-	22, 14 19, 32	13, 15 32	2, 6 34, 14	-	4, 6 2	14	35, 29 3, 5	-	14, 10 34, 17	36, 22
	13	Stability of composition	17, 9 15	13, 27 10, 35	39, 3 35, 23	35, 1 32	32, 3 27, 15	13, 19	27, 4 29, 18	32, 35 27, 31	14, 2 39, 6	2, 14 30, 40	-	35, 27	15, 32 35
	14	Strength		27, 3 26	-	30, 10 40	35, 19	19, 35 10	35	10, 26 35, 28	35	35, 28 31, 40	-	29, 3 28, 10	29, 10 27
	15	Time of action of a moving object	27, 3 10		-	19, 35 39	2, 19 4, 35	28, 6 35, 18	-	19, 10 35, 38	-	28, 27 3, 18	10	20, 10 28, 18	3, 35 10, 40
	16	Time of action of a stationary object	-	-		19, 18 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16 18, 38	10	28, 20 10, 16	3, 35 31
	17	Temperature	10, 30 22, 40	19, 13 39	19, 18 36, 40		32, 30 21, 16	19, 15 3, 17	-	2, 14 17, 25	21, 17 35, 38	21, 36 29, 31	-	35, 28 21, 18	3, 17 30, 39
	18	Brightness	35, 19	2, 19 6	-	32, 35 19		32, 1 19	32, 35 1, 15	32	13, 16 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1 26, 17	1, 19
	19	Energy spent by a moving object	5, 19 9, 35	28, 35 6, 18	-	19, 24 3, 14	2, 15 19		-	6, 19 37, 18	12, 22 15, 24	35, 24 18, 5	-	35, 38 19, 18	34, 23 16, 18
	20	Energy spent by a stationary object	35	-	-	-	19, 2 35, 32	-		-	-	28, 27 18, 31	-	-	3, 35 31

Characteristics		Characteristic that is getting worse												
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Characteristic to be improved	1 Weight of a mobile object	3, 11 1, 27	28, 27 35, 26	28, 35 26, 18	22, 21 18, 27	22, 35 31, 39	27, 28 1, 36	35, 3 2, 24	2, 27 28, 11	29, 5 15, 8	26, 30 36, 34	28, 29 26, 32	26, 35 18, 19	35, 3 24, 37
	2 Weight of a stationary object	10, 28 8, 3	18, 26 28	10, 1 35, 17	2, 19 22, 37	35, 22 1, 39	28, 1 9	6, 13 1, 32	2, 27 28, 11	19, 15 29	1, 10 26, 39	25, 28 17, 15	2, 26 35	1, 28 15, 35
	3 Length of a mobile object	10, 14 29, 40	28, 32 4	10, 28 29, 37	1, 15 17, 24	17, 15	1, 29 17	15, 29 35, 4, 7	1, 28 10	14, 15 1, 16	1, 19 26, 24	35, 1 26, 24	17, 24 26, 16	14, 4 28, 29
	4 Length of a stationary object	15, 29 28	32, 28 3	2, 32 10	1, 18	-	15, 17 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14 7, 26
	5 Area of a mobile object	29, 9	26, 28 32, 3	2, 32	22, 33 28, 1	17, 2 18, 39	13, 1 26, 24	15, 17 13, 16	15, 13 10, 1	15, 30	14, 1 13	2, 36 26, 18	14, 30 28, 23	10, 26 34, 2
	6 Area of a stationary object	32, 35 40, 4	26, 28 32, 3	2, 29 18, 36	27, 2 39, 35	22, 1 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18 36	2, 35 30, 18	23	10, 15 17, 7
	7 Volume of a mobile object	14, 1 40, 11	26, 28	25, 28 2, 16	22, 21 27, 35	17, 2 40, 1	29, 1 40	15, 13 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26 4	35, 34 16, 24	10, 6 2, 34
	8 Volume of a stationary object	2, 35 16	-	35, 10 25	34, 39 19, 27	30, 18 35, 4	35	-	1	-	1, 31	2, 17 26	-	35, 37 10, 2
	9 Speed	11, 35 27, 28	28, 32 1, 24	10, 28 32, 35	1, 28 35, 23	2, 24 35, 21	35, 13 8, 1	32, 28 13, 12	34, 2 28, 27	15, 10 26	10, 28 4, 34	3, 34 27, 16	10, 18	-
	10 Force	3, 35 13, 21	35, 10 23, 24	28, 29 37, 36	1, 35 40, 18	13, 3 36, 24	15, 37 18, 1	1, 28 3, 25	15, 1 11	15, 17 18, 20	26, 35 10, 18	36, 37 10, 19	2, 35	3, 28 35, 37
	11 Tension/Pressure	10, 13 19, 35	6, 28 25	3, 35	22, 2 37	2, 33 27, 18	1, 35 16	11	2	35	19, 1 35	2, 36 37	35, 24	10, 14 35, 37
	12 Shape	10, 40 16	28, 32 1	32, 30 40	22, 1 2, 35	35, 1	1, 32 17, 28	32, 15 26	2, 13 1	1, 15 29	16, 29 1, 28	15, 13 39	15, 1 32	17, 26 34, 10
	13 Stability of composition	-	13	18	35, 24 30, 18	35, 40 27, 39	35, 19	32, 35 30	2, 35 10, 16	35, 30 34, 2	2, 35 22, 26	35, 22 39, 23	1, 8 35	23, 35 40, 3
	14 Strength	11, 3	3, 27 16	3, 27	18, 35 37, 1	15, 35 22, 2	11, 3 10, 32	32, 40 28, 2	27, 11 3	15, 3 32	2, 13 25, 28	27, 3 15, 40	15	29, 35 10, 14
	15 Time of action of a moving object	11, 2 13	3	3, 27 16, 40	22, 15 33, 28	21, 39 16, 22	27, 1 4	12, 27	29, 10 27	1, 35 13	10, 4 29, 15	19, 29 39, 35	6, 10	35, 17 14, 19
	16 Time of action of a stationary object	34, 27 6, 40	10, 26 24	-	17, 1 40, 33	22	35, 10	1	1	2	-	25, 34 6, 35	1	20, 10 16, 38
	17 Temperature	19, 35 3, 10	32, 19 24	24	22, 33 35, 2	22, 35 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10 16	2, 18 27	2, 17 16	3, 27 35, 31	26, 2 19, 16	15, 28 35
	18 Brightness	-	11, 15 32	3, 32	15, 19	35, 19 32, 39	19, 35 28, 26	28, 26 19	15, 17 13, 16	15, 1 19	6, 32 13	32, 15	2, 26 10	2, 25 16
	19 Energy spent by a moving object	19, 21 11, 27	3, 1 32	-	1, 35 6, 27	2, 35 6	28, 26 30	19, 35	1, 15 17, 28	15, 17 13, 16	2, 29 27, 28	35, 36	32, 2	12, 28 35
	20 Energy spent by a stationary object	10, 36 23	-	-	10, 2 22, 37	19, 22 18	1, 4	-	-	-	-	19, 35 16, 25	-	1, 6

Characteristics		Characteristic that is getting worse												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Characteristic to be improved	21 Power	8, 36 38, 31	19, 26 17, 27	1, 10 35, 37	-	19, 38	17, 32 13, 38	35, 6 38	30, 6 25	15, 35 2	26, 2 36, 35	22, 10 35	29, 14 2, 40	35, 32 15, 31
	22 Waste of energy	15, 6 19, 28	19, 6 18, 9	7, 2 6, 13	6, 38 7	15, 26 17, 30	17, 7 30, 18	7, 18 23	7	16, 35 38	36, 38	-	-	14, 2 39, 6
	23 Waste of substance	35, 6 23, 40	35, 6 22, 32	14, 29 10, 39	10, 28 24	35, 2 10, 31	10, 18 39, 31	1, 29 30, 36	3, 39 18, 31	10, 13 28, 38	14, 15 18, 40	3, 36 37, 10	29, 35 3, 5	2, 14 30, 40
	24 Loss of information	10, 24 35	10, 35 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	26, 32	-	-	-	-
	25 Waste of time	10, 20 37, 35	10, 20 26, 5	15, 2 29	30, 24 14, 5	26, 4 5, 16	10, 35 17, 4	2, 5 34, 10	35, 16 32, 18	-	10, 37 36, 5	37, 36 4	4, 10 34, 17	35, 3 22, 5
	26 Amount of substance	35, 6 18, 31	27, 26 18, 35	29, 14 35, 18	-	15, 14 29	2, 18 40, 4	15, 20 29	-	35, 29 34, 28	35, 14 3	10, 36 14, 3	35, 14	15, 2 17, 40
	27 Reliability	3, 8 10, 40	3, 10 8, 28	15, 9 14, 4	15, 29 28, 11	17, 10 14, 16	32, 35 40, 4	3, 10 14, 24	2, 35 24	21, 35 11, 28	8, 28 10, 3	10, 24 35, 19	35, 1 16, 11	-
	28 Accuracy of measurement	32, 35 26, 28	28, 35 25, 26	28, 26 5, 16	32, 28 3, 16	26, 28 32, 3	26, 28 32, 3	32, 13 6	-	28, 13 32, 24	32, 2	6, 28 32	6, 28 32	32, 35 13
	29 Accuracy of manufacturing	28, 32 13, 18	28, 35 27, 9	10, 28 29, 37	2, 32 10	28, 33 29, 32	2, 29 18, 36	32, 28 2	25, 10 35	10, 28 32	28, 19 34, 36	3, 35 40	32, 30 30, 18	
	30 Harmful factors acting on object	22, 21 27, 39	2, 22 13, 24	17, 1 39, 4	1, 18	22, 1 33, 28	27, 2 39, 35	22, 23 37, 35	34, 39 19, 27	21, 22 35, 28	13, 35 39, 18	22, 2 37	22, 1 3, 35	35, 24 30, 18
	31 Harmful side effects	19, 22 15, 39	35, 22 1, 39	17, 15 16, 22	-	17, 2 18, 39	22, 1 40	17, 2 40	30, 18 35, 4	35, 28 3, 23	35, 28 1, 40	2, 33 27, 18	35, 1	35, 40 27, 39
	32 Manufacturability	28, 29 15, 16	1, 27 36, 13	1, 29 13, 17	15, 17 27	13, 1 26, 12	16, 40	13, 29 1, 40	35	35, 13 8, 1	35, 12	35, 19 1, 37	1, 28 13, 27	11, 13 1
	33 Convenience of use	25, 2 13, 15	6, 13 1, 25	1, 17 13, 12	-	1, 17 13, 16	18, 16 15, 39	1, 16 35, 15	4, 18 39, 31	18, 13 34	28, 13 35	2, 32 12	15, 34 29, 28	32, 35 30
	34 Repairability	2, 27 35, 11	2, 27 35, 11	1, 28 10, 25	3, 18 31	15, 13 32	16, 25	25, 2 35, 11	1	34, 9	1, 11 10	13	1, 13 2, 4	2, 35
	35 Adaptability	1, 6 15, 8	19, 15 29, 16	35, 1 29, 2	1, 35 16	35, 30 29, 7	15, 16	15, 35 29	-	35, 10 14	15, 17 20	35, 16	15, 37 1, 8	35, 30 14
	36 Complexity of device	26, 30 34, 36	2, 26 35, 39	1, 19 26, 24	26	14, 1 13, 16	6, 36	34, 26 6	1, 16	34, 10 28	26, 16	19, 1 35	29, 13 28, 15	2, 22 17, 19
	37 Complexity of control	27, 26 28, 13	6, 13 28, 1	16, 17 26, 24	26	2, 13 18, 17	2, 39 30, 16	29, 1 4, 16	2, 18 26, 31	3, 4 16, 35	36, 28 40, 19	35, 36 37, 32	27, 13 1, 39	11, 22 39, 30
	38 Level of automation	28, 26 18, 35	28, 26 35, 10	14, 13 17, 28	23	17, 14 13	-	35, 13 16	-	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32 11, 13	18, 1
	39 Productivity	35, 26 24, 37	28, 27 15, 3	18, 4 28, 38	30, 7 14, 26	10, 26 34, 31	10, 35 17, 7	2, 6 34, 10	35, 37 10, 2	-	28, 15 10, 36	10, 37 14	14, 10 34, 40	35, 3 22, 39

Characteristics		Characteristic that is getting worse												
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Characteristic to be improved	21 Power	26, 10 28	19, 35 10, 38	16	2, 14 17, 25	16, 6 19	16, 6 19, 37	-	-	10, 35 38	28, 27 18, 38	10, 19	35, 20 10, 6	4, 34 19
	22 Waste of energy	26	-	-	19, 38 7	1, 13 32, 15	-	-	3, 38	-	35, 27 2, 37	19, 10	10, 18 32, 7	7, 18 25
	23 Waste of substance	35, 28 31, 40	28, 27 3, 18	27, 16 18, 38	21, 36 39, 31	1, 6 13	35, 18 24, 5	28, 27 12, 31	28, 27 18, 38	35, 27 2, 31	-	-	15, 18 35, 10	6, 3 10, 24
	24 Loss of information	-	10	10	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	-	24, 26 28, 32	24, 28 35
	25 Waste of time	29, 3 28, 18	20, 10 28, 18	28, 20 10, 16	35, 29 21, 18	1, 19 26, 17	35, 38 19, 18	1	35, 20 10, 6	10, 5 18, 32	35, 18 10, 39	24, 26 28, 32	-	35, 38 18, 16
	26 Amount of substance	14, 35 34, 10	3, 35 10, 40	3, 35 31	3, 17 39	-	34, 29 16, 18	3, 35 31	35	7, 18 25	6, 3 10, 24	24, 28 35	35, 38 18, 16	-
	27 Reliability	11, 28	2, 35 3, 25	34, 27 6, 40	3, 35 10	11, 32 13	21, 11 27, 19	36, 23	21, 11 26, 31	10, 11 35	10, 35 29, 39	10, 28	10, 30 4	21, 28 40, 3
	28 Accuracy of measurement	28, 6 32	28, 6 32	10, 26 24	6, 19 28, 24	6, 1 32	3, 6 32	-	3, 6 32	26, 32 27	10, 16 31, 28	-	24, 34 28, 32	2, 6 32
	29 Accuracy of manufacturing	3, 27	3, 27 40	-	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32 2	35, 31 10, 24	-	32, 26 28, 18	32, 30
	30 Harmful factors acting on object	18, 35 37, 1	22, 15 33, 28	17, 1 40, 33	22, 33 35, 2	1, 19 32, 13	1, 24 6, 27	10, 2 22, 37	19, 22 31, 2	21, 22 35, 2	33, 22 19, 40	22, 10 2	35, 18 34	35, 33 29, 31
	31 Harmful side effects	15, 35 22, 2	15, 22 33, 31	21, 39 16, 22	22, 35 2, 24	19, 24 39, 32	2, 35 6	19, 22 18	2, 35 18	21, 35 2, 22	10, 1 34	10, 21 29	1, 22	3, 24 39, 1
	32 Manufacturability	1, 3 10, 32	27, 1 4	35, 16	27, 26 18	28, 24 27, 1	28, 26 27, 1	1, 4	27, 1 12, 24	19, 35	15, 34 33	32, 24 18, 16	35, 28 34, 4	35, 23 1, 24
	33 Convenience of use	32, 40 3, 28	29, 3 8, 25	1, 16 25	26, 27 13	13, 17 1, 24	1, 13 24	-	35, 34 2, 10	2, 19 13	28, 32 2, 24	4, 10 27, 22	4, 28 10, 34	12, 35
	34 Repairability	11, 1 2, 9	11, 29 28, 27	1	4, 10	15, 1 13	15, 1 28, 16	-	15, 10 32, 2	15, 1 32, 19	2, 35 34, 27	-	32, 1 10, 25	2, 28 10, 25
	35 Adaptability	35, 3 32, 6	13, 1 35	2, 16	27, 2 3, 35	6, 22 26, 1	19, 35 29, 13	-	19, 1 29	18, 15 1	15, 10 2, 13	-	35, 28	3, 35 15
	36 Complexity of device	2, 13 28	10, 4 28, 15	-	2, 17 13	24, 17 13	27, 2 29, 28	-	20, 19 30, 34	10, 35 13, 2	35, 10 28, 29	-	6, 29	13, 3 27, 10
	37 Complexity of control	27, 3 15, 28	19, 29 39, 25	25, 34 6, 35	3, 27 35, 16	2, 24 26	35, 38	19, 35 16	19, 1 16, 10	35, 3 15, 19	1, 18 10, 24	35, 33 27, 22	18, 28 32, 9	3, 27 29, 18
	38 Level of automation	25, 13	6, 9	-	26, 2 19	8, 32 19	2, 32 13	-	28, 2 27	23, 28	35, 10 18, 5	35, 33	24, 28 35, 30	35, 13
	39 Productivity	29, 28 10, 18	35, 10 2, 18	20, 10 16, 38	35, 21 28, 10	26, 17 19, 1	35, 10 38, 19	1	35, 20 10	28, 10 29, 35	28, 10 35, 23	13, 15 23	-	35, 38

Characteristics			Characteristic that is getting worse												
			27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Characteristic to be improved	21	Power	19, 24 26, 31	32, 15 2	32, 2	19, 22 31, 2	2, 35 18	26, 10 34	26, 35 10	35, 2 10, 34	19, 17 34	20, 19 30, 34	19, 35 16	28, 2 17	28, 35 34
	22	Waste of energy	11, 10 35	32	-	21, 22 35, 2	21, 35 2, 22	-	35, 32 1	2, 19	-	7, 33	35, 3 15, 23	2	28, 10 29, 35
	23	Waste of substance	10, 29 39, 35	16, 34 31, 18	35, 10 24, 31	33, 22 30, 40	10, 1 34, 29	15, 34 33	32, 28 2, 24	2, 35 34, 27	15, 10 2	35, 10 28, 24	35, 18 10, 13	35, 10 18	28, 35 10, 23
	24	Loss of information	10, 28 23	-	-	22, 10 1	10, 21 22	32	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23 15
	25	Waste of time	10, 30 4	24, 34 28, 32	24, 26 28, 18	35, 18 34	35, 22 18, 39	35, 28 34, 4	4, 28 10, 34	32, 1 10	35, 28	6, 29	18, 28 32, 10	24, 28 35, 30	-
	26	Amount of substance	18, 3 28, 40	13, 2 28	33, 30	35, 33 29, 31	3, 35 40, 39	29, 1 35, 27	35, 29 25, 10	2, 32 10, 25	15, 3 29	3, 13 27, 10	3, 27 29, 18	8, 35	13, 29 3, 27
	27	Reliability		32, 3 11, 23	11, 32 1	27, 35 2, 40	35, 2 40, 26	-	27, 17 40	1, 11	13, 35 8, 24	13, 35 1	27, 40 28	11, 13 27	1, 35 29, 38
	28	Accuracy of measurement	5, 11 1, 23		-	28, 24 22, 26	3, 33 39, 10	6, 35 25, 18	1, 13 17, 34	1, 32 13, 11	13, 35 2	27, 35 10, 34	26, 24 32, 28	28, 2 10, 34	10, 34 28, 32
	29	Accuracy of manufacturing	11, 32 1	-		26, 28 10, 36	4, 17 34, 26	-	1, 32 35, 23	25, 10	-	26, 2 18	-	26, 28 18, 23	10, 18 32, 39
	30	Harmful factors acting on object	27, 24 2, 40	28, 33 23, 26	26, 28 10, 18		-	24, 35 2	2, 25 28, 39	35, 10 2	35, 11 22, 31	22, 19 29, 40	22, 19 29, 40	33, 3 34	22, 35 13, 24
	31	Harmful side effects	24, 2 40, 39	3, 33 26	4, 17 34, 26	-		-	-	-	-	19, 1 31	2, 21 27, 1	2	22, 35 18, 39
	32	Manufacturability	-	1, 35 12, 18	-	24, 2	-		2, 5 13, 16	35, 1, 25 11, 9	2, 13 15	27, 26 1	6, 28 11, 1	8, 28 1	35, 1 10, 28
	33	Convenience of use	17, 27 8, 40	25, 13 2, 34	1, 32 35, 23	2, 25 28, 39	-	2, 5 12		12, 26 1, 32	15, 34 1, 16	32, 26 12, 17	-	1, 34 12, 3	15, 1 28
	34	Repairability	11, 10 1, 16	10, 2 13	25, 10	35, 10 2, 16	-	1, 35 11, 10	1, 12 26, 15		7, 1 4, 16	35, 1, 25 13, 11	-	34, 35 7, 13	1, 32 10
	35	Adaptability	35, 13 8, 24	35, 5 1, 10	-	35, 11 32, 31	-	1, 13 31	15, 34 1, 16, 7	1, 16 7, 4		15, 29 37, 28	1	27, 34 35	35, 28 6, 37
	36	Complexity of device	13, 35 1	2, 26 10, 34	26, 24 32	22, 19 29, 40	19, 1	27, 26 1, 13	27, 9 26, 24	1, 13	29, 15 28, 37		15, 10 37, 28	15, 1 24	12, 17 28
	37	Complexity of control	27, 40 28, 8	26, 24 32, 28	-	22, 19 29, 28	2, 21	5, 28 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10 37, 28		34, 21	35, 18
	38	Level of automation	11, 27 32	28, 26 10, 34	28, 26 18, 23	2, 33	2	1, 26 13	1, 12 34, 3	1, 35 13	27, 4 1, 35	15, 24 10	34, 27 25		5, 12 35, 26
	39	Productivity	1, 35 10, 38	1, 10 34, 28	18, 10 32, 1	22, 35 13, 24	35, 22 18, 39	35, 28 2, 24	1, 28 7, 19	1, 32 10, 25	1, 35 28, 37	12, 17 28, 24	35, 18 27, 2	5, 12 35, 26	

ANEXO B - Os 40 Princípios de Invenção

Anexo 1

The 40 Inventive Principles.

1. Segmentation

- Divide an object into independent parts
- Make an object sectional
- Increase the degree of an object's segmentation

Examples:

- Sectional furniture, modular computer components, folding wooden ruler
- Garden hoses can be joined together to form any length needed

2. Extraction

- Extract (remove or separate) a "disturbing" part or property from an object, or
- Extract only the necessary part or property

Example:

- To frighten birds away from the airport, use a tape recorder to reproduce the sound known to excite birds. (The sound is thus separated from the birds.)

Helena V. G. Navas

76

3. Local Quality

- Transition from a homogeneous structure of an object or outside environment/action to a heterogeneous structure
- Have different parts of the object carry out different functions
- Place each part of the object under conditions most favorable for its operation

Examples:

- To combat dust in coal mines, a fine mist of water in a conical form is applied to working parts of the drilling and loading machinery. The smaller the droplets, the greater the effect in combating dust, but fine mist hinders the work. The solution is to develop a layer of coarse mist around the cone of fine mist.
- A pencil and eraser in one unit.

Helena V. G. Navas

77

4. Asymmetry

- a. Replace a symmetrical form with an asymmetrical form.
- b. If an object is already asymmetrical, increase the degree of asymmetry

Examples:

- Make one side of a tire stronger than the other to withstand impact with the curb
- While discharging wet sand through a symmetrical funnel, the sand forms an arch above the opening, causing irregular flow. A funnel of asymmetrical shape eliminates the arching effect. [add picture here]

5. Combining

- a. Combine in space homogeneous objects or objects destined for contiguous operations
- b. Combine in time homogeneous or contiguous operations

Example:

The working element of a rotary excavator has special steam nozzles to defrost and soften the frozen ground

Helena V. G. Navas

78

6. Universality

Have the object perform multiple functions, thereby eliminating the need for some other object(s)

Examples:

- Sofa which converts into a bed
- Minivan seat which adjusts to accommodate seating, sleeping or carrying cargo

7. Nesting

- a. Contain the object inside another which, in turn, is placed inside a third object
- b. Pass an object through a cavity of another object

Examples:

- Telescoping antenna
- Chairs which stack on top of each other for storage

Mechanical pencil with lead stored inside

Helena V. G. Navas

79

8. Counterweight

- a. Compensate for the object's weight by joining with another object that has a lifting force
- b. Compensate for the weight of an object by interaction with an environment providing aerodynamic or hydrodynamic forces

Examples:

- Boat with hydrofoils
- A rear wing in racing cars which increases pressure from the car to the ground

9. Prior counter-action

- a. Perform a counter-action in advance
- b. If the object is (or will be) under tension, provide anti-tension in advance

Examples:

- Reinforced concrete column or floor
- Reinforced shaft made from several pipes which have been previously twisted to some specified angle

Helena V. G. Navas

80

10. Prior action

- a. Carry out all or part of the required action in advance
- b. Arrange objects so they can go into action in a timely matter and from a convenient position

Examples:

- Utility knife blade made with a groove allowing the dull part of the blade to be broken off, restoring sharpness
- Rubber cement in a bottle is difficult to apply neatly and uniformly. Instead, it is formed into a tape so that the proper amount can be more easily applied.

11. Cushion in advance

Compensate for the relatively low reliability of an object by countermeasures taken in advance

Example:

- Merchandise is magnetized to deter shoplifting.

Helena V. G. Navas

81

12. Equipotentiality

Change the working conditions so that an object need not be raised or lowered.

Example:

- Automobile engine oil is changed by workers in a pit to avoid using expensive lifting equipment

13. Inversion

- a. Instead of an action dictated by the specifications of the problem, implement an opposite action
- b. Make a moving part of the object or the outside environment immovable and the non-moving part movable
- c. Turn the object upside-down

Example:

- Abrasively cleaning parts by vibrating the parts instead of the abrasive

Helena V. G. Navas

82

14. Spheroidality

- a. Replace linear parts or flat surfaces with curved ones; replace cubical shapes with spherical shapes
- b. Use rollers, balls spirals
- c. Replace a linear motion with rotating movement; utilize a centrifugal force

Example:

- Computer mouse utilized ball construction to transfer linear two-axis motion into vector motion

15. Dynamicity

- a. Make an object, or its environment automatically adjust for optimal performance at each stage of operation
- b. Divide an object into elements which can change position relative to each other
- c. If an object is immovable, make it movable or interchangeable

Examples:

- A flashlight with a flexible gooseneck between the body and the lamp head
- A transport vessel with a cylindrical-shaped body. To reduce the draft or a vessel under full load, the body is comprised of two hinged, half-cylindrical parts which can be opened.

Helena V. G. Navas

83

16. Partial or overdone action

If it is difficult to obtain 100% of a desired effect, achieve somewhat more or less to greatly simplify the problem

Examples:

- A cylinder is painted by dipping into paint but contains more paint than desired. Excess paint is then removed by rapidly rotating the cylinder.
- To obtain uniform discharge of a metallic powder from a bin, the hopper has a special internal funnel which is continually overfilled to provide nearly constant pressure.

17. Moving to a new dimension

- a. Remove problems with moving an object in a line by two-dimensional movement (i.e. along a plane)
- b. Use a multi-layered assembly of objects instead of a single layer
- c. Incline the object or turn it on its side

Example:

A greenhouse which has a concave reflector on the northern part of the house to improve illumination of that part of the house by reflecting sunlight during the day

Helena V. G. Navas

84

18. Mechanical vibration

- a. Set an object into oscillation
- b. If oscillation exists, increase its frequency, even as far as ultrasonic
- c. Use the resonant frequency
- d. Instead of mechanical vibrations, use piezovibrators
- e. Use ultrasonic vibrations in conjunction with an electromagnetic field

Examples:

- To remove a cast from the body without injuring the skin, a conventional hand saw was replaced with a vibrating knife
- Vibrate a casting mold while it is being filled to improve flow and structural properties

19. Periodic action

- a. Replace a continuous action with a periodic (pulsed) one
- b. If an action is already periodic, change its frequency
- c. Use pulsed between impulses to provide additional action

Examples:

- An impact wrench loosens corroded nuts using impulses rather than continuous force
- A warning lamp flashes so that it is even more noticeable than when continuously lit

Helena V. G. Navas

85

20. Continuity of a useful action

- a. Carry out an action continuously (i.e. without pauses), where all parts of an object operate at full capacity
- b. Remove idle and intermediate motions

Example:

- A drill with cutting edges which permit cutting in forward and reverse directions

21. Rushing through

Perform harmful or hazardous operations at very high speed

Example:

- A cutter for thin-walled plastic tubes prevents tube deformation during cutting by running at a very high speed (i.e. cuts before the tube has a chance to deform)

22. Convert harm into benefit

- a. Utilize harmful factors or environmental effects to obtain a positive effect
- b. Remove a harmful factor by combining it with another harmful factor
- c. Increase the amount of harmful action until it ceases to be harmful

Examples:

- Sand or gravel freezes solid when transported through cold climates. Over-freezing (using liquid nitrogen) makes the ice brittle, permitting pouring.
- When using high frequency current to heat metal, only the outer layer became hot. This negative effect was later used for surface heat-treating.

Helena V. G. Navas

86

23. Feedback

- a. Introduce feedback
- b. If feedback already exists, reverse it

Examples:

- Water pressure from a well is maintained by sensing output pressure and turning on a pump if pressure is too low
- Ice and water are measured separately but must combine to total a specific weight. Because ice is difficult to dispense precisely, it is measured first. The weight is then fed to the water control device, which precisely dispenses the needed amount.

24. Mediator

- a. Use an intermediary object to transfer or carry out an action
- b. Temporarily connect an object to another one that is easy to remove

Example:

- To reduce energy loss when applying current to a liquid metal, cooled electrodes and intermediate liquid metal with a lower melting temperature are used.

Helena V. G. Navas

87

25. Self-service

- a. Make the object service itself and carry out supplementary and repair operations
- b. Make use of wasted material and energy

Examples:

- To prevent wear in a feeder which distributes an abrasive material, its surface is made from the abrasive material
- In an electric welding gun, the rod is advanced by a special device. To simplify the system, the rod is advanced by a solenoid controlled by the welding current.

26. Copying

- a. Use a simple and inexpensive copy instead of an object which is complex, expensive, fragile or inconvenient to operate.
- b. Replace an object by its optical copy or image. A scale can be used to reduce or enlarge the image.
- c. If visible optical copies are used, replace them with infrared or ultraviolet copies

Example:

- The height of tall objects can be determined by measuring their shadows.

Helena V. G. Navas

88

27. Inexpensive, short-lived object for expensive, durable one

Replace an expensive object by a collection of inexpensive ones, forgoing properties (e.g. longevity)

Examples:

- Disposable diapers

28. Replacement of a mechanical system

- a. Replace a mechanical system by an optical, acoustical or olfactory (odor) system
- b. Use an electrical, magnetic or electromagnetic field for interaction with the object
- c. Replace fields
 1. Stationary fields with moving fields
 2. Fixed fields with those which change in time
 3. Random fields with structured fields
- d. Use a field in conjunction with ferromagnetic particles

Example:

- To increase the bond between metal coating and a thermoplastic material, the process is carried out inside an electromagnetic field which applies force to the metal

Helena V. G. Navas

89

29. Pneumatic or hydraulic construction

Replace solid parts of an object by gas or liquid. These parts can use air or water for inflation, or use air or hydrostatic cushions

Examples:

- To increase the draft of an industrial chimney, a spiral pipe with nozzles was installed. When air flows through the nozzles, it creates an air-like wall, reducing drag.
- For shipping fragile products, air bubble envelopes or foam-like materials are used.

30. Flexible membranes or thin film

a. Replace traditional constructions with those made from flexible membranes or thin film

b. Isolate an object from its environment using flexible membranes or thin film

Example:

- To prevent water evaporation from plant leaves, polyethylene spray was applied. After a while, the polyethylene hardened and plant growth improved, because polyethylene film passes oxygen better than water vapor.

Helena V. G. Navas

90

31. Use of porous material

a. Make an object porous or add porous elements (inserts, covers, etc.)

b. If an object is already porous, fill the pores in advance with some substance

Example:

- To avoid pumping coolant to a machine, some of its parts are filled with a porous material soaked in coolant liquid. The coolant evaporates when the machine is working, providing short-term uniform cooling.

32. Changing the color

a. Change the color of an object or its surroundings

b. Change the degree of translucency of an object or processes which are difficult to see

c. Use colored additives to observe objects or processes which are difficult to see

d. If such additives are already used, employ luminescent traces or tracer elements

Examples:

- A transparent bandage enabling a wound to be inspected without removing the dressing
- A water curtain used to protect steel mill workers from overheating blocked infrared rays but not the bright light from the melted steel. A coloring was added to the water to create a filter effect while preserving the transparency of the water.

Helena V. G. Navas

91

33. Homogeneity

Make those objects which interact with a primary object out of the same material or material that is close to it in behavior.

Example:

- The surface of a feeder for abrasive grain is made of the same material that runs through the feeder, allowing a continuous restoration of the surface.

34. Rejecting and regenerating parts

- a. After it has completed its function or become useless, reject or modify (e.g. discard, dissolve, evaporate) an element of an object
- b. Immediately restore any part of an object which is exhausted or depleted

Examples:

- Bullet casings are ejected after the gun fires
- Rocket boosters separate after serving their function

Helena V. G. Navas

92

35. Transformation of the physical and chemical states of an object

Change an object's aggregate state, density distribution, degree of flexibility, temperature

Example:

- In a system for brittle friable materials, the surface of the spiral feedscrew was made from an elastic material with two spiral springs. To control the process, the pitch of the screw could be changed remotely.

36. Phase transformation

Implement an effect developed during the phase transition of a substance. For instance, during the change of volume, liberation or absorption of heat.

Example:

- To control the expansion of ribbed pipes, they are filled with water and cooled to a freezing temperature

Helena V. G. Navas

93

37. Thermal expansion

- a. Use a material which expands or contracts with heat
- b. Use various materials with different coefficients of heat expansion

Example:

To control the opening of roof windows in a greenhouse, bimetallic plates are connected to the windows. A change in temperature bends the plates, causing the window to open or close

38. Use strong oxidizers

- a. Replace normal air with enriched air
- b. Replace enriched air with oxygen
- c. Treat an object in air or in oxygen with ionizing radiation
- d. Use ionized oxygen

Example:

To obtain more heat from a torch, oxygen is fed to the torch instead of atmospheric air

Helena V. G. Navas

94

39. Inert environment

- a. Replace the normal environment with an inert one
- b. Carry out the process in a vacuum

Example:

- To prevent cotton from catching fire in a warehouse, it is treated with inert gas while being transported to the storage area.

40. Composite materials

Replace a homogeneous material with a composite one

Example:

- Military aircraft wings are made of composites of plastics and carbon fibers for high strength and low weight

Helena V. G. Navas

95

ANEXO C - Solução do Programa *OPTICUTTER*

Required stocks

Stock length	Quantity
6,000	6
Total	6

Kerf / Blade thickness	2
Total parts	32
Total parts length	33,684
Used stocks total length	36,000
Total yield	93.567 %

Layout patterns

	Layout details					
Repetition 1x	Stock length 6,000	Part length / Label		Qty		
		1,195 / F		2	Waste	
		1,159 / M		2	Material 22	
		1,260 / P		1	Cut 10	
1,195 / F		1,195 / F		1,159 / M	1,159 / M	1,260 / P

	Layout details				
Repetition 1x	Stock length 6,000	Part length / Label		Qty	
		944 / B		2	Waste
		988 / C		2	Material 127
		1,003 / J		1	Cut 12
		994 / O		1	
944 / B 944 / B 988 / C 988 / C 1,003 / J 994 / O					

	Layout details				
Repetition 1x	Stock length 6,000	Part length / Label		Qty	
		1,113 / G		1	Waste
		1,158 / H		2	Material 289
		1,136 / K		2	Cut 10
1,113 / G 1,158 / H 1,158 / H 1,136 / K 1,136 / K					

	Layout details				
Repetition 1x	Stock length 6,000	Part length / Label		Qty	
		1,113 / G		3	Waste
		1,113 / N		2	Material 425
					Cut 10
1,113 / G 1,113 / G 1,113 / G 1,113 / N 1,113 / N					

	Layout details											
Repetition 1x	Stock length 6,000	Part length / LabelQty				Waste						
		886 / A2				Material650						
		930 / D2				Cut12						
		853 / I2										
886 / A		886 / A		930 / D		930 / D		853 / I		853 / I		

	Layout details					
Repetition 1x	Stock length 6,000	Part length / Label		Qty	Waste	
		1,061 / E		2	Material739	
		1,003 / J		1	Cut10	
		1,063 / L		2		
1,061 / E		1,061 / E	1,003 / J	1,063 / L	1,063 / L	

ANEXO D - Manual de Importação de Dados do Programa *Opticutter*

Import manual

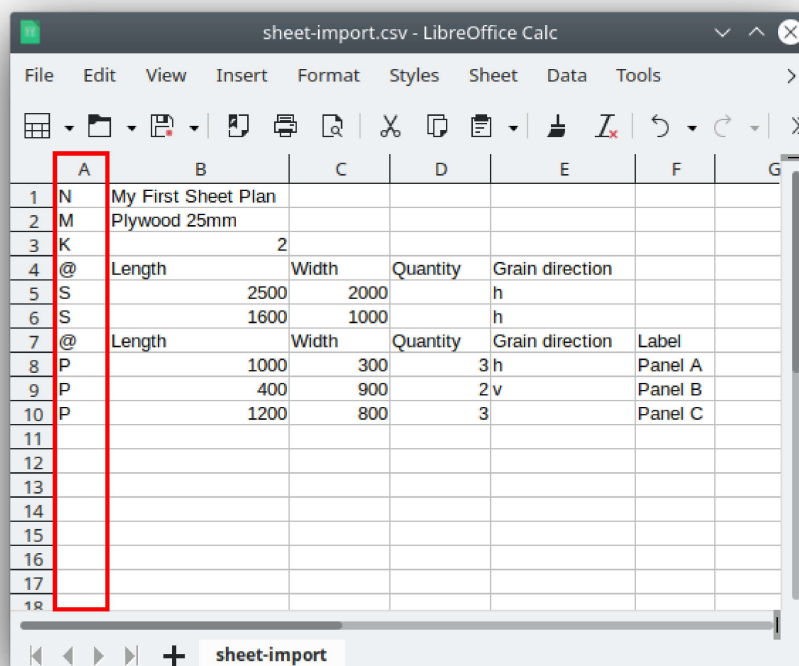
Introduction

optiCutter provides powerful data import/export features. Data can be loaded into the application using plain text **CSV** (*.csv) files or from **Microsoft Excel**® sheet files (*.xls, *.xlsx). Usually, similar applications have to load stocks data and parts/panels from two different files which is uncomfortable. optiCutter uses more sophisticated data import process and can load all data (not only stocks or parts) from a **single file**.

Hint! The simplest way to prepare data file for import is to export configuration from an existing cutting plan and then edit it in Microsoft Excel®.

Key column

One of the most important part of our CSV a Microsoft Excel® sheet file format is the **first column**, called `Key column`. Value in this column identifies, what type of data are stored in corresponding row and its cells. `Key column` is marked red on the following image. As you can see, data file looks very similar as our input forms for linear and sheet cutting plans.

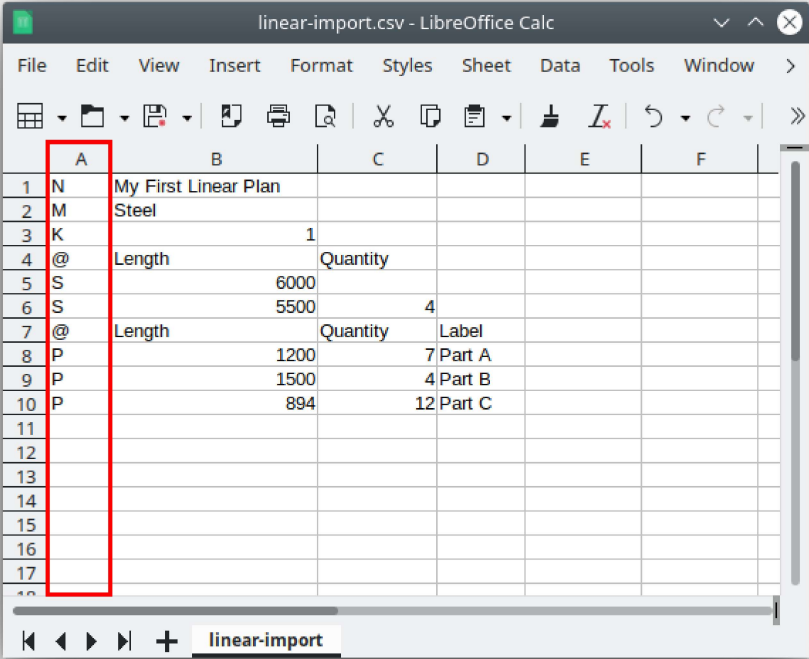


	A	B	C	D	E	F	G
1	N	My First Sheet Plan					
2	M	Plywood 25mm					
3	K		2				
4	@	Length	Width	Quantity	Grain direction		
5	S		2500	2000	h		
6	S		1600	1000	h		
7	@	Length	Width	Quantity	Grain direction	Label	
8	P		1000	300	3 h	Panel A	
9	P		400	900	2 v	Panel B	
10	P		1200	800	3	Panel C	
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

Data files description

Linear data file format

Data file examples: [CSV format](#) and [MS Excel format](#).



Key	Description	Example
N	next cell contains cutting plan N ame	My First Linear Plan
M	next cell contains M aterial description	Steel
K	next cell contains K erf thickness	1
LT	next cell contains Left T rim cut	2
RT	next cell contains Right T rim cut	2
S	next 2 cells contain linear S tock data (length, quantity) Note: 'quantity' cell can be empty, similarly as in form-based user interface.	5500, 4
P	next 3 cells contain linear P arts data (length, quantity, label) Note: 'label' cell can be empty, similarly as in form-based user interface.	1200, 7, Part A
@	(at sign) identifies row with comments. You can use this rows for any comments or hints, for example: column names for the next rows. Data file may contain multiple comment rows (with the @ in the key column) and all are ignored during import process.	Length, Quantity

Sheet/panel data file format

Data file examples: [CSV format](#) and [MS Excel format](#).

sheet-import.csv - LibreOffice Calc						
File Edit View Insert Format Styles Sheet Data Tools						
A B C D E F G						
1	N	My First Sheet Plan				
2	M	Plywood 25mm				
3	K	2				
4	@	Length	Width	Quantity	Grain direction	
5	S	2500	2000		h	
6	S	1600	1000		h	
7	@	Length	Width	Quantity	Grain direction	Label
8	P	1000	300	3	h	Panel A
9	P	400	900	2	v	Panel B
10	P	1200	800	3		Panel C
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

Key	Description	Example
N	next cell contains cutting plan Name	My First Sheet Plan
M	next cell contains Material description	Plywood 25mm
K	next cell contains Kerf thickness	2
LT	next cell contains Left Trim cut	2
RT	next cell contains Right Trim cut	2
TT	next cell contains Top Trim cut	3
BT	next cell contains Bottom Trim cut	3
S	next 4 cells contain sheet Stock data (length, width, quantity, grain orientation)	2500, 2000, ,h
Notes: 'quantity' and 'grain orientation' cells can be empty, similarly as in form-based user interface. Valid data for 'grain orientation' column are: h for horizontal grain orientation and v for vertical grain orientation.		
P	next 5 cells contain sheet Panel data (length, width, quantity, grain orientation, label)	1000, 300, 3, h, Panel A
Notes: 'grain orientation' an 'label' cells can be empty, similarly as in form-based user interface. Again, valid data for 'grain orientation' column are: h for horizontal grain orientation and v for vertical grain orientation.		
@	(at sign) identifies row with comments. You can use this rows for any comments or hints, for example: column names for the next rows. Data file may contain multiple comment rows (with the @ in the key column) and all are ignored during import process	Length, Width, Quantity

ANEXO E - Matriz de Decisão Ponderada de Pugh

Critério de Projeto	Fator de Ponderação	Unidade	Tensor por Fuso			Tensor Hidráulico Manual			Tensor Hidráulico Automático		
			Valor do nível	Classificação Simples	Classificação Ponderada	Valor do Nível	Classificação Simples	Classificação Ponderada	Valor do Nível	Classificação Simples	Classificação Ponderada
Custo dos Materiais	0.06	€	Baixo	9	0.54	Médio	6	0.36	Alto	4	0.24
Custo de Fabrico	0.04	€	Médio	6	0.24	Baixo	8	0.32	Baixo	9	0.36
Durabilidade	0.25	Experiência	Alta	9	2.25	Alta	9	2.25	Alta	9	2.25
Fiabilidade	0.15	Experiência	Alta	10	1.5	Média	7	1.05	Média	7	1.05
Diagnóstico	0.10	Experiência	Baixa	2	0.2	Baixa	2	0.2	Alta	8	0.8
Reparabilidade	0.24	Experiência	Média	6	0.144	Alta	8	0.192	Alta	9	2.16
Automatismo	0.16	Experiência	Baixa	2	0.32	Baixa	2	0.32	Alta	10	1.6
TOTAL					5.194			4.692			8.46

ANEXO F - Inquérito do Modelo de Kano

Questionário para Implementação de Novas Práticas

O seguinte questionário tem como objetivo determinar que inovações nos processos da empresa e equipamentos são mais urgentes e quais poderão trazer mais resultados.

A resposta é **totalmente anónima** e os questionários serão guardados pela empresa para registo histórico.

Após preenchimento, deixar no escritório o questionário, ao lado da impressora.

Por favor, responda assinalando com uma cruz (X), nos quadrados em branco.

1ª Questão: Sistema de orçamentação e catalogação de produtos.

Qual a sua opinião relativamente à implementação de um sistema de orçamento automático, com todos os produtos da empresa catalogados?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.
Qual a sua opinião se o atual processo de orçamentação e se mantiver?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.

2ª Questão: Projeto orientado para a produção.

Qual a sua opinião em relação à implementação de metodologias de projeto orientadas para a produção?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.
Qual a sua opinião se a atual metodologia de projeto se mantiver?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.

3ª Questão: Aproveitamento de matéria-prima.

Qual a sua opinião se o corte de material for planeado ainda na fase de projeto?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.
Qual a sua opinião se o planeamento de corte continuar a ser realizado na produção?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.

4ª Questão: Inovação no sistema de tensionamento de transportadores de corrente.

Qual a sua opinião se o sistema tensor dos transportadores de corrente passar a funcionar com sistema hidráulico?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.
Qual a sua opinião se o sistema de tensão dos transportadores de corrente continuar a ser por sistema fuso-porca?		1. Gosto desta maneira.
		2. Obrigatório desta maneira.
		3. Neutro.
		4. Aceito desta maneira.
		5. Não gosto desta maneira.

Agradecemos desde já a sua colaboração!

A gerência,

Quarta-feira, 25 de maio de 2022.



2023

FRANCISCO FORERO

MELHORIA DE PROCESOS NUMA PME METALOMECÂNICA