



**Francisco Serra e Moura Matalonga**  
Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial

## **Design de Ferramenta para Melhoria de Processo: Projeto Teroson**

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Doutora Alexandra Maria Batista Ramos Tenera,  
Prof<sup>a</sup>. Auxiliar, UNL - FCT

Júri:

Presidente: Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Vogais: Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas  
Doutora Alexandra Maria Baptista dos Ramos Tenera



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março, 2016



**Francisco Serra e Moura Matalonga**

Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial

**Design de Ferramenta para Melhoria de Processo:  
Projeto Teroson**

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Doutora Alexandra Maria Batista Ramos Tenera,  
Prof<sup>a</sup>. Auxiliar, UNL - FCT

Júri:

Presidente: Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Vogais: Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas  
Doutora Alexandra Maria Baptista dos Ramos Tenera

Março, 2016



## **Design de Ferramenta para Melhoria de Processo: Projeto Teroson**

Copyright © Francisco Serra e Moura Matalonga, 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**

Quero agradecer em primeiro lugar à Professora Alexandra Tenera pelo acompanhamento e orientação do presente trabalho e pela disponibilidade e conhecimento que transmitiu ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Em segundo lugar quero agradecer a todos aqueles que me acompanharam ao longo destes últimos anos e que contribuíram direta ou indiretamente de forma positiva no meu percurso acadêmico.

Por fim, um especial obrigado a minha Mãe, Pai e Tio que, com toda a paciência, sempre me apoiaram e transmitiram valores fundamentais para definirem o que sou hoje.



## Resumo

---

As vantagens competitivas alcançadas pelas empresas derivaram, não só da agilização dos seus processos, mas também da capacidade de inovação dos mesmos. Já que, pequenas alterações inovadoras, quer a nível do produto, processo, métodos trabalho etc., podem gerar benefícios significativos. Pequenas melhorias em economias de escala podem levar a lucros ou poupanças significativas.

O estudo pretende demonstrar que a utilização das ferramentas ou métodos da Gestão das Operações podem ser integrados com a utilização de outras metodologias, neste caso a TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) para inovação e seleção das tecnologias de produção. Enquanto, que a Gestão das Operações foi essencial para análise e deteção de limitações do processo, a TRIZ foi útil para resolução das limitações de forma inovadora.

A presente dissertação passa pela estudo e melhoria de um processo produtivo de revestimento de Quadros Elétricos de Baixa Tensão com a integração de CAD/CAM, para preparação prévia de alguns troços de revestimentos dos barramentos de cobre, e ainda pelo desenvolvimento de uma nova ferramenta tecnológica que consiga diminuir o tempo de operação em determinada atividade, mas que aumente também o conforto de utilização comparativamente às ferramentas utilizadas. Para conceção do novo produto/ferramenta utilizou-se a ferramenta da TRIZ, a Matriz de Idealidade, e por fim a Matriz de Decisão para avaliar as alternativas propostas, de acordo com os critérios definidos e as suas ponderações.

O estudo foi realizado numa fábrica de produção de quadros elétricos, de uma empresa multinacional.

Com a implantação das propostas prevê-se uma redução de 23% no tempo total da operação de revestimento que representa pelo um menos um dia inteiro de trabalho, desta forma prevê-se uma redução do custo de mão-de-obra e operação na mesma percentagem.

**Palavras-chave:** Gestão das Operações; TRIZ, Inovação, Design do Produto, Engenharia do Produto



# Abstract

---

The enterprises can reach competitive advantage, optimizing its processes, but also innovating them. Since as, little innovative changes, either the product level, either the process level, either in methods work etc., they can easily generate significant benefits. Thus, little changes in economies of scale can easily generate an increase of profits or in the enterprises savings.

The study pretends demonstrate the using of methods and tools of Operation Management can be integrated with other methodologies, in this case the TRIZ (Theory of Inventive Problems Resolution) for innovation and selection of the technologies of production. While the operation management was essential for the analysis e detection of process constrains, the TRIZ was really helpful for the constraints resolution, innovatively.

The present dissertation goes by the study of a production of Electric Board process improvement, with a CAD/CAM integration, for previous preparation of some coating sections of the copper bars, and it still goes by of development of a new technologic tool which can reduce the work time of a certain operation, but also a tool which can increase the user comfort. For the conception of the new product/tool was used the tool of TRIZ, Ideality Matrix, and at the end the Decision Matrix for evaluate alternative proposals, according with defined criteria and its ponderations.

The study were realized in a Factory of Electric Boards production, of multinational company.

With the implementation of this proposal is expected a total time reduction of 23% in the coating operation which means more less, a full day work, this way is expected a costs labor and operation costs reduction in same percentage value.

**Keywords:** Operation Management, TRIZ, Inovation, Product Design, Product Engineering



# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 ENQUADRAMENTO, ÂMBITO E OBJETIVOS DO ESTUDO .....	1
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	2
2. GESTÃO DAS OPERAÇÕES .....	3
2.1 ESTRATÉGIAS COMPETITIVAS E ATIVIDADES DE VALOR ACRESCENTADO .....	3
2.2 ANÁLISE DE VALOR .....	4
2.3 GESTÃO DAS OPERAÇÕES .....	5
2.3.1 Identificação de problemas .....	6
2.3.2 Selecionar problemas .....	6
2.3.3 Gráfico de barras .....	6
2.3.4 Diagrama de Pareto e método da curva ABC .....	7
2.3.5 Flexibilidade em produto .....	8
2.3.6 Processos e tecnologias .....	9
2.3.7 Análise do fluxo do processo .....	11
2.3.8 Seleção de Equipamentos / Tecnologia .....	13
3. METODOLOGIA DE APOIO E DESIGN DE FERRAMENTAS	15
3.1 METODOLOGIA TRIZ .....	15
3.1.1 Principais conceitos da TRIZ .....	16
3.1.2 Aplicações da TRIZ com outras metodologias .....	17
3.1.3 Avaliação da TRIZ .....	17
3.2 AS FERRAMENTAS .....	19
3.2.1 Matriz de Idealidade .....	20
3.2.2 Método de Pugh e Matriz de Decisão .....	21
4. ANÁLISE DA PROBLEMÁTICA E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTUDO - PROJETO TEROSON .....	25
4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....	25
4.1.1 Descrição do produto .....	26
4.1.2 Descrição do revestimento .....	26
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE REVESTIMENTO .....	28
4.3 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS .....	30
4.4 METODOLOGIA DE ESTUDO PROPOSTA .....	31
4.5 RECOLHA DE DADOS .....	34
4.6 ANÁLISE FUNCIONAL .....	37
4.7 APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS .....	38
4.8 SELEÇÃO DAS PROPOSTAS .....	42
4.9 CARATERIZAÇÃO DAS PROPOSTAS SELECIONADAS .....	47

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	49
5.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PROPOSTA 1 .....	49
5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PROPOSTA 2 .....	50
5.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS PROPOSTAS .....	52
6. CONCLUSÕES DO ESTUDO E DESENVOLVIMENTOS	
FUTUROS .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
ANEXO .....	57

## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Exemplo de Gráfico de Barras.....	7
Figura 2.2 - Exemplo de Diagrama de Pareto.....	7
Figura 2.3 - Ambientes de produção em função da ligação da ligação com o cliente.....	10
Figura 2.4 - Exemplo ilustrativo de um gráfico do processo de um martelo.....	12
Figura 2.5 - Gráfico de Análise.....	13
Figura 3.1 - Número (e percentagem) de respostas que indicam em que áreas aplicaram a TRIZ.....	18
Figura 3.2 - Grau de utilização das ferramentas da TRIZ (resultados do inquérito).....	18
Figura 4.1 - Amostra 1 de material de revestimento dos barramentos de cobre num QEBT.....	26
Figura 4.2 - Amostra 2 da face do material de revestimento dos barramentos de cobre num QEBT...	27
Figura 4.3 - Diferentes métodos de aplicação do <i>Teroson</i> : 1 e 2 barras de cobre .....	27
Figura 4.4 - Regras de aplicação do <i>Teroson</i> : 4 e 6 barras de cobre .....	28
Figura 4.5 - Diagrama do processo da operação de revestimento num QEBT.....	29
Figura 4.6 - Atividades principais do processo de revestimento.....	30
Figura 4.7 - Atividades secundárias do processo de revestimento.....	30
Figura 4.8 - Diagrama da metodologia proposta.....	31
Figura 4.9 - Gráfico com percentagem de tempos das atividades do processo de revestimento.....	35
Figura 4.10 - Gráfico de análise de Pareto das atividades do processo de revestimento.....	35
Figura 4.11 - Fluxograma de processo da atividade de retoque (fusão).....	37
Figura 4.12 - Aquecedor industrial (esquerda) e chave de fendas (direita).....	38
Figura 4.13 - Configuração com 4 barras e 40 mm de largura, de barramentos de cobre.....	39
Figura 4.14 - Revestimento para as 4 barras da e 40 mm de largura e a respetiva TAM.....	39
Figura 4.15 - Revestimento projetado em 3D para barramentos com 6 barras de cobre.....	39
Figura 4.16 - Fatores de ponderação dos parâmetros para seleção da ferramenta.....	44
Figura 4.17 - Nova ferramenta com regulador de temperatura e ponta de retoque.....	45
Figura 4.18 - Configuração de retoque alternativa.....	46
Figura 4.19 - Fluxograma de processo da atividade de retoque (fusão) com nova ferramenta.....	46
Figura 5.1 - Gráfico de avaliação da proposta 1.....	50
Figura 5.2 - Gráfico de avaliação da proposta 2.....	51
Figura 5.3 - Gráfico de avaliação da proposta 1 e 2.....	52
Figura A.1 - Fluxograma do processo de revestimento.....	59
Figura A.2 - Ferramenta proposta para retoque de fusão (desenho técnico).....	70



## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Simbologia do gráfico de processo.....	11
Tabela 3.1 - Classificação das ferramentas da TRIZ de acordo com o campo de aplicação.....	20
Tabela 3.2 - Matriz de Idealidade de um chapéu-de-chuva.....	21
Tabela 3.3 - Exemplo de construção de matriz de Pugh para avaliação das características de um guarda-chuva.....	22
Tabela 3.4 - Exemplo genérico de uma matriz de decisão.....	23
Tabela 4.1 - Plano de trabalho do projeto de melhoria da operação de revestimento.....	32
Tabela 4.2 - Objetivos, requisitos e pressupostos do projeto de melhoria da operação de revestimento	33
Tabela 4.3 - Atividades do Processo de Revestimento.....	34
Tabela 4.4 - Classificação de classes de atividade (Análise de Pareto).....	36
Tabela 4.5 - Classificação de valor acrescentado das atividades.....	36
Tabela 4.6 - Matriz da idealidade da ferramenta de retoque.....	41
Tabela 4.7 - Tabela de pontuações face à soma obtida.....	43
Tabela 4.8 - Matriz de Pugh para decisão dos fatores de ponderação dos parâmetros.....	44
Tabela 4.9 - Matriz de decisão para seleção da ferramenta.....	45
Tabela 4.10 - Descrição das propostas.....	48
Tabela A.1 - Folha de registo operatório das atividades do processo de revestimento.....	61
Tabela A.2 - Gráfico de análise do processo de revestimento.....	65
Tabela A.3 - Medidas de corte [mm] para revestir várias configurações de barramentos.....	69



## **Lista de Abreviaturas**

AV – Análise de Valor

CAD – *Computer Aided Design*

CAM – *Computer Aided Manufacturing*

CIM – *Computer Integrated Manufacturing*

FA – Fabrico para Armazém

FE – Fabrico por Encomenda

FMS – *Flexible Manufacturing Systems*

IFR – *Ideal Final Result*

IEC – *International Electrotechnical Comission*

ME – Montagem por Encomenda

PE – Produção por Encomenda

PT – Plano de Trabalho

QEBT – Quadro Elétrico de Baixo Tensão

QEMT – Quadro Elétrico de Media Tensão Introdução





# Introdução

## 1.1 Enquadramento, âmbito e objetivos do estudo

O reconhecimento e identificação, pelas empresas, de limitações nos seus processos, produtos ou serviços é um princípio fundamental de evolução. As empresas que não tenham um espírito de inovação e um controlo permanente sobre os seus processos, não conseguirão alcançar ou manter qualquer vantagem competitiva face aos seus competidores.

Após o reconhecimento, por parte de uma fábrica que produz quadros elétricos de média e baixa tensão, de limitações numa operação de montagem dos quadros de baixa tensão, mais concretamente, no processo de revestimento dos barramentos de cobre, levantou-se a necessidade de melhorias.

O processo de revestimento faz parte das operações de montagem dos quadros de baixa tensão. O revestimento dos barramentos acrescenta valor ao produto no sentido que permite maior segurança no funcionamento e em funções de manutenção. No entanto é um processo manual bastante demorado, o revestimento total de um encomenda pode exceder cinco dias de trabalho, com um turno de oito horas.

A metodologia presente neste estudo tem como base a Gestão das Operações no entanto apoiou-se de forma reativa também na metodologia TRIZ para desenvolvimento de uma ferramenta de trabalho de uma das operações do processo de revestimento dos quadros electreticos de baixa tensão.

Face ao tempo elevado despendido no processo de revestimento pretende-se com este estudo apresentar propostas que possam levar à redução dos tempos de operação deste processo, utilizando-se técnicas e metodologias de Gestão das Operações e da TRIZ, e respeitando sempre os requisitos e pressupostos impostos pela organização.

Pretende-se também justificar ou exemplificar como é possível integrara a metodologia TRIZ com a Gestão das Operações para seleção de equipamentos ou tecnologias num posto de trabalho.

Através de uma análise de valor acrescentado das atividades pretende-se com este estudo apresentar propostas que reduzam ou eliminem o tempo de operação das atividades que não acrescentem valor. Mas também, se por um lado é importante apresentar propostas que reduzam os tempos de operação das atividades sem valor acrescentado, também é importante apresentar propostas que visem reduzir as atividades com maior tempo de operação, mesmo que estas acrescentem valor ao produto final, pois são estas as responsáveis pelos custos de produção mais elevados.

## 1.2 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos:

- No Capítulo 1, **Introdução**, é apresentado o enquadramento e motivações do estudo, o âmbito de aplicação bem como a abordagem utilizada, os objectivos do estudo e a estrutura do presente trabalho.
- No Capítulo 2, **Gestão das operações**, apresenta-se um enquadramento da metodologia e ferramentas utilizadas no tema das gestão das operações, para análise das atividades.
- No Capítulo 3, **Metodologia de apoio e design de Ferramentas**, é apresentada a metodologia de apoio, a TRIZ, bem como as suas as ferramentas de aplicação da metodologia para melhoria e inovação das ferramentas dos processos.
- No Capítulo 4, **Análise da problemática e aplicação da metodologia - Projeto Teroson**, é feita uma descrição da empresa, dos seus produtos e processos e identificação das principais limitações do processo de montagem de um dos produtos. Apresentadas as metodologias utilizadas, Gestão das Operações e TRIZ, são analisadas as operações/atividades do processo onde foram identificadas limitações, apresentadas propostas de melhoria e seleção das mesmas, bem como uma avaliação de cenários entre as propostas e situação atual.
- No Capítulo 5, **Análise e discussão dos resultados**, são sintetizados os resultados previstos das propostas selecionadas e dos seus impactos de melhoria previstos, no processo de revestimento.
- No Capítulo 6, **Conclusões**, é feita uma análise final do estudo e fundamentalmente da mais-valia da utilização metodologias.



## Gestão das operações

### 2.1 Estratégias competitivas e atividades de valor acrescentado

Existem três estratégias genéricas competitivas para atingir o sucesso, segundo Porter (1980):

1. A Liderança global através do custo
2. A Diferenciação
3. A Focalização

A Liderança do custo global passa muito, nos dias de hoje, por conseguir alcançar uma economia, digamos, de escala, em que os custos são reduzidos e as despesas gerais são controladas. A vantagem competitiva face aos concorrentes está realmente no preço líder de mercado do produto ou serviço.

Segundo Porter em 1980, a diferenciação do produto existe quando as empresas obtêm reconhecimento das suas marcas ou fidelização dos clientes, que resultou da publicidade passada, serviços aos clientes, **diferenças no produto** ou simplesmente sendo a primeira empresa na indústria. A diferenciação cria barreiras para a entrada de novas empresas no ramo devido à forte fidelização dos clientes.

A última estratégia genérica foca-se num grupo restrito de clientes ou consumidores, a estratégia de focalização pode passar pela diferenciação mas também pela liderança do custo global. Mas fundamentalmente a estratégia de foco passa por satisfazer por completo as necessidades de um determinado target. Uma situação comum de uma estratégia de foco é fornecer um serviço ou produto de elevada qualidade com preço elevado, no entanto, que preenche por completo as necessidades do target, por sua vez bastante exigente.

*“É difícil uma empresa concorrer oferecendo um desempenho superior em todas as dimensões competitivas: custo, qualidade, flexibilidade, inovação, pelo que, em cada empresa deve proceder-se à definição de prioridades competitivas”*

(Roldão, et al., 2007, p.25)

As combinações são inúmeras, por exemplo, uma empresa que produz “por encomenda” tem tendência a privilegiar a flexibilidade dos produtos ou flexibilidade em capacidade, ao passo que uma empresa que procura distinguir-se claramente em relação à concorrência tende a privilegiar a qualidade. Já uma empresa com uma linha de produção contínua está fortemente limitada na sua capacidade de melhorar a flexibilidade e, eventualmente terá a sua vantagem competitiva na liderança do custo global.

O tempo é um recurso fundamental para todas as empresas, essencial para melhorar a produtividade e responsável por grande parcela dos custos fixos. Apesar disso, estudos mostram que atualmente na indústria de transformação passaram mais de 100 anos, ainda cerca de 90% do tempo é desperdiçado em atividades que não acrescentam valor. Apenas os 10% restantes, é gasto a adicionar valor ao produto final. Estes dados mostram o quanto os “processos produtivos” são realmente “processos improdutivo” (Neumann, 2013).

Com a diminuição do desperdício existe um aumento do valor das atividades do processo produtivo e reflete-se nas medidas de desempenho, ou seja maior produtividade, tempos de fabricação mais curtos, melhor qualidade, redução dos *stocks*, redução de custos.

Através da análise do processo de produção pode-se identificar, analisar e implementar ações para reduzir ou eliminar qualquer uma que não adicione valor, isto é, que gere desperdício (perda) aumentando os custos de operação.

Para a engenharia de produção, são classificados como desperdícios todas as atividades que consomem recursos, sejam estes: materiais, tempo, energia, etc., mas não agregam valor ao produto em relação aos requisitos do cliente. As esperas, as falhas, as inspeções são exemplos de algumas atividades que não acrescentam valor. As atividades que acrescentam valor são aquelas em que o produto sofre alterações (físicas ou químicas) e montagens e que vão de encontro aos requisitos dos clientes.

## **2.2 Análise de valor**

Lawrence Miles, da GE, em 1947 nos EUA, criou a Análise de Valor (AV), esta baseava-se em avaliar um produto, não por aquilo que este era, mas pelas funções que desempenhava. O objetivo foi procurar soluções alternativas para igualar ou aumentar a satisfação de desempenho do produto. A solução encontrada foi, em grande parte das vezes, melhor que original. Desta forma a AV ganhou alguma expressão como **método que permite melhorar soluções e promover a inovação.**

Define-se Análise de valor como:

*“Método de competitividade, organizado e criativo, visando a satisfação da necessidade do utilizador, baseado num processo específico de conceção, ao mesmo tempo, funcional, económico e multidisciplinar.”*

(Roldão, et al., 2007, p.188)

A equação 2.1 representa a Função Valor e a relação entre desempenho das funções do produto e os recursos utilizados, e define-se por Valor do produto e encontra-se representada pela seguinte expressão:

$$Valor = \frac{Satisfação\ das\ Necessidades}{Recursos\ Utilizados} \quad [2.1]$$

Sendo objetivo aumentar a função valor do produto nunca prejudicando a satisfação das necessidades atuais, o projeto passará por diminuir os recursos utilizados como:

- Tempos de atividade
- Energia
- Materiais

### 2.3 Gestão das operações

*Gestão de Operações é designada como o processo de tomada de decisões referentes à transformação de inputs em outputs que envolve os seguintes aspectos: concepção do produto, escolha do processo e da tecnologia organização do trabalho, dimensionamento da capacidade, planeamento, programação e controlo, gestão de stocks, gestão e melhoria da qualidade, avaliação do desempenho* (Roldão, et al., 2007, p.1).

Face à grande competitividade entre as empresas nos dias de hoje é fundamental a gestão controlada e adequada das operações necessárias para garantir o produto ou serviço que os clientes procuram, no local certo, à hora certa e na quantidade certa. O cliente encontra-se cada vez mais exigente. A **personalização, inovação e qualidade** são algumas das características que o cliente tem vindo a dar mais importância. Para responder a estas exigências é necessário que as empresas controlem constantemente e de forma inovadora a Função Gestão de Operações.

*O Gestor de Operações sem haver um claro entendimento do impacto da produção e das operações nas restantes funções da organização e vice-versa* (Roldão, et al., 2007, p.1).

A função Operações é considerada em muitos negócios como uma vantagem/desvantagem competitiva para as empresas. A agilização correta das operações e o grau de inovação das

mesmas pode determinar o sucesso ou fracasso de todo o negócio. É importante perceber qual o impacto desta gestão na qualidade, disponibilidade, desempenho e valor do produto final. A utilização de métricas adequadas permite avaliar o estado actual da função operações e comparar com estados futuros após serem criadas mudanças na função. Para melhorar ou otimizar qualquer processo produtivo, é necessário primeiro identificar os problemas, analisar e seleccionar os problemas principais, de seguida apresentar propostas, seleccionar soluções, implementar e por fim avaliar resultados.

### 2.3.1 Identificação de problemas

Uma das técnicas mais utilizadas para identificação de problemas é o *Brainstorming*. Passa por um grupo com conhecimento do caso em estudo, elaborar uma lista das áreas do problema da qual se fará a seleção do problema a solucionar. A elaboração dessa lista é flexível e estabelecida de acordo com o grupo de *brainstorming*.

### 2.3.2 Selecionar problemas

Após a identificação dos problemas é necessário proceder a uma seleção dos problemas a solucionar, para tal devem ser definidos filtro baseados em critérios, como por exemplo, o Grau de importância; Urgência, Tempo, Recursos, Vantagens, a Qualidade, as Vendas (Roldão, et al., 2007, p.3)

Na seleção dos problemas são utilizados, essencialmente as seguintes técnicas:

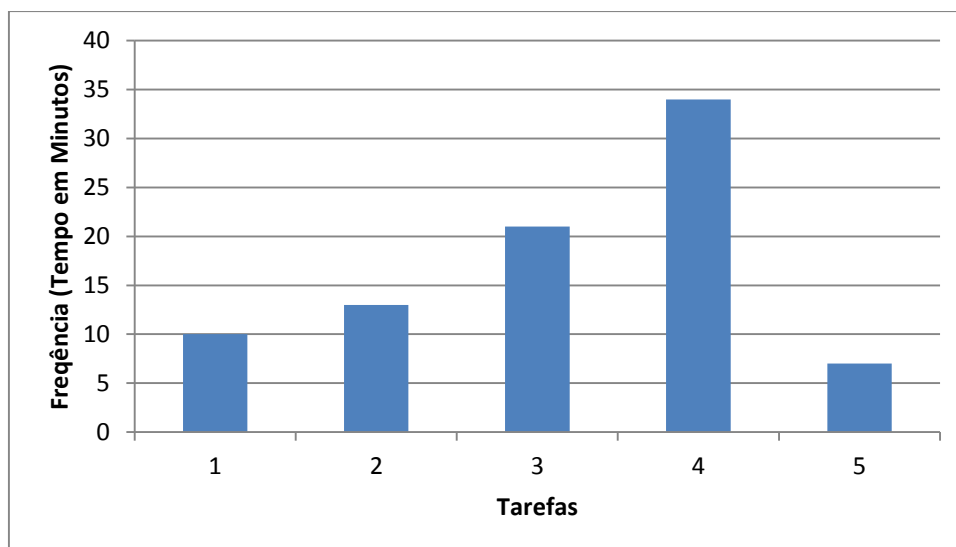
- Gráfico de barras
- Diagrama de Pareto
- Análise Multicritério
- Fluxograma

### 2.3.3 Gráfico de barras

O gráfico de barras acaba por ser uma das técnicas, ou ferramentas, mais utilizadas para efetuar análises em diversas áreas de estudo. A visualização gráfica da frequência dos acontecimentos permite uma rápida identificação dos problemas quando se conhecem os critérios para seleção dos mesmos.

Na Figura 2.1 temos um exemplo de um gráfico de barras, em que foram registados a frequência de tempo de cada tarefa durante um determinado período.

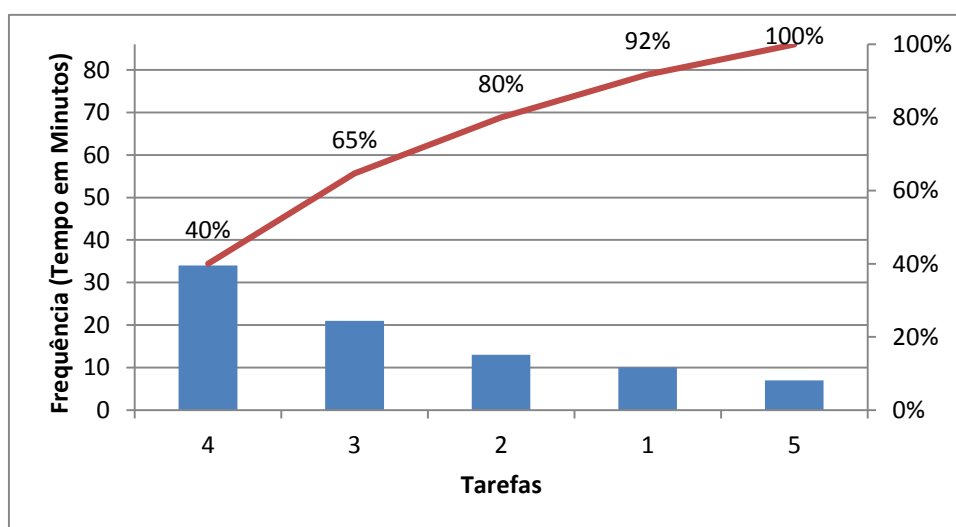
A tarefa número quatro é aquela que ocupa mais tempo, já a tarefa cinco é aquela que leva menos tempo entre todas as outras.



**Figura 2.1** - Exemplo de Gráfico de Barras (adaptado Roldão, et al., 2007, p.71)

### 2.3.4 Diagrama de Pareto e método da curva ABC

O diagrama de Pareto, Figura 2.2, acaba por ser um gráfico semelhante ao da Figura 2.1, no entanto as barras encontram-se ordenadas por ordem decrescente de frequência, da esquerda para a direita, em que permite uma análise fácil do princípio de princípio ou lei de Pareto, criado pelo economista italiano Vilfredo Pareto, durante o século XX. Pode ainda existir uma linha cumulativa que regista o valor acumulado das frequências das barras. A análise de Pareto destaca os problemas que necessitam de mais atenção, prioritariamente.



**Figura 2.2** - Exemplo de Diagrama de Pareto (adaptado Roldão, et al., 2007, p.73)

O facto de as barras estarem ordenadas por ordem de frequência facilita percepção de análise gráfica.

O método da curva ABC, baseado no princípio de Pareto deriva de um estudo ainda do economista italiano, que diz que cerca de uma pequena parcela da população, 20%, concentrava

cerca de 80% da riqueza. Esta situação no entanto verifica-se em muitas outras situações, sendo comum a sua aplicação para classificar e priorizar os problemas, ou seja, seguindo o princípio de Pareto cerca de 80% dos problemas serão gerados por 20% das causas. Será então nestas causas que os esforços de melhoria devem incidir de forma a obter resultados com impactos significativos.

Por exemplo a análise ABC pode ter um papel importante na gestão estratégica dos materiais. A abordagem ABC, às vezes também chamada de regra 20:80, fornecendo uma informação rápida sobre o custo dos materiais para um produto completo, mas também a quantidade de materiais usados de cada item, que constituem o produto, para além do custo unitário. Estes dois fatores, custo unitário e taxa de utilização, são fundamentais para a gestão dos materiais. (Brown, 1996).

### 2.3.5 Flexibilidade em produto

A capacidade de um empresa competir, ou de fazer melhor, assenta essencialmente na capacidade de antecipação e/ou na capacidade de adaptação. Uma empresa que visa fornecer diversos segmentos de mercado ou que oferece produtos muito customizados ou personalizados, tem maior dificuldade de adaptação dos seus recursos, que outra que está especializada em segmentos específicos de mercado ou produto standard (fábrica focada).

A escolha entre um sistema focado ou flexível depende:

- Estado do mercado (volume e concorrência)
- Tipo de produtos e processos da empresa
- Da prioridade competitiva que se prefere

As empresas devem adaptar os seus sistemas de forma a obter o maior lucro possível de acordo com target de mercado que pretendem satisfazer. Para satisfazer os mercados mais exigentes, muitas das vezes, é necessário oferecer um produto mais personalizado e com níveis de qualidade elevados, e desta forma torna-se difícil conseguir agilizar os sistemas produtivos, comparativamente a uma produção de um produto standard com padrões de qualidade aceitáveis.

*“É difícil operacionalizar o conceito de flexibilidade global, pois não existe nenhum método à priori, para estabelecer as dimensões relevantes que determinam e assim estabelecer uma medida global apropriada, que reflita a combinação de fatores que a originam”*

(Roldão, et al., 2007, p.121)

No entanto, tendo em conta o objetivo e situação específica em causa, a flexibilidade deve ser majorado podendo depender de diversos fatores, tais como: conhecimento, processo de gestão, forma de organização, força de trabalho, **produto** e **sistema de produção**. (Roldão, et al., 2007, p.121)

### 2.3.6 Processos e tecnologias

É fundamental que as empresas ajustem os seus processos produtivos e tecnologias face às quantidades e tipos de produtos que estão a produzir. A seleção de um ambiente de produção adequado pode ter levar ao sucesso ou fracasso da estratégia adotada pela empresa. Em casos em que a empresa já disponha de tecnologias e equipamentos, deve analisar constantemente, a adequação aos produtos produzidos. O estudo do processo deve ser feito de forma contínua e inovadora, com a concorrência entre empresas cada vez mais feroz, é essencial uma adaptação constante das tecnologias e processos. Os níveis de produtividade e qualidade são dois indicadores que refletem se realmente a os processos e tecnologias estão adequados para alcançar os objetivos da empresa.

Para um estudo completo de um processo produtivo é necessário perceber estudar e analisar:

- 1 Ambiente de Produção
- 2 Tecnologia Utilizada
- 3 Fluxo do Processo
- 4 Seleção de Equipamentos

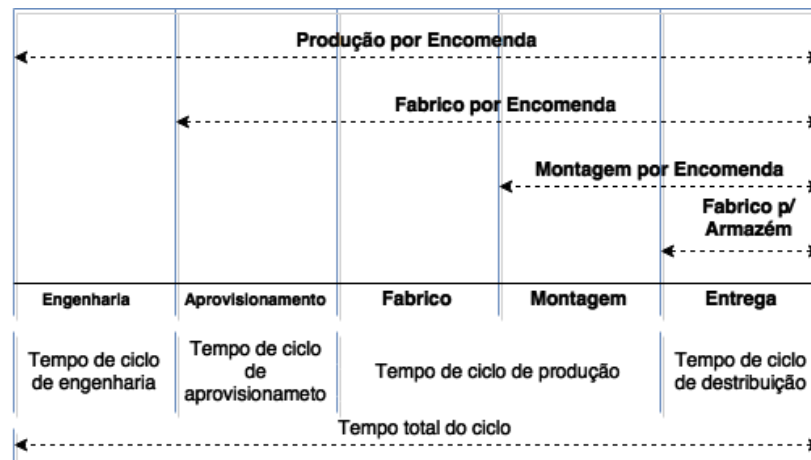
#### Ambientes de Produção

A procura e tipo de ligação entre a empresa e o cliente definem ou influenciam muitas das vezes a tipologia ou tipo de processo de um Ambiente Produtivo. A ligação entre o cliente e a empresa acaba sempre definir a estratégia competitiva da empresa a longo prazo, ou vice-versa.

Podem ser definidos 4 tipos de ambientes de produção distintos

- **Produção por Encomenda (PE)** – O cliente fornece especificações, e a empresa concebe, aprovisiona, fabrica, monta e entrega. Geralmente são produtos com preço/custo elevado, elevada qualidade e com tempos de ciclo longos.
- **Fabrico por Encomenda (FE)** – A empresa no seguimento da encomenda pelo cliente, aprovisiona, fabrica monta e entrega. Geralmente são produtos com um preço também elevado, mas com tempos de ciclos inferiores aos de EE, pois não existe a fase de conceção e número de especificações do produto é inferior.
- **Montagem por Encomenda (ME)** - A empresa produz um número básico de modelos e fornece um catálogo com a uma variedade de opções. A montagem só é realizada quando chega a encomenda. Aqui o preço é mais competitivo pois as especificações do produto são limitadas.
- **Fabrico para Armazém (FA)** – os produtos são produzidos para armazém e fornecidos quando solicitados. Nesta situação o preço acaba por ser bastante competitivo e são produtos standards, ainda assim é possível o fabrico para armazém com uma gama de produtos elevada. Não se deve confundir gama de produtos com produtos personalizados.

Na figura seguinte (2.3) podemos observar identificar o tempo de ciclo para cada ambiente de produção. A engenharia por encomenda é então o ambiente de produção com tempo de ciclo maior, já o fabrico para armazém, o AP com o tempo de ciclo menor.



**Figura 2.3** - Ambientes de produção em função da ligação da ligação com o cliente (adaptado Roldão, et al., 2007, p.210)

### Tecnologias de Processo

Ao longo do último século as tecnologias têm evoluído de forma exponencial. No passado os processos eram **manuais** e existia pouca mecanização. Com aparecimento da eletricidade, e do motor de combustão interna no final do século XIX, as tecnologias desenvolveram-se e tornam as indústrias mais **mecanizadas**, e nas últimas década cada vez mais **automatizadas**. Assim, grande parte do esforço humano foi reduzido e a produtividade e qualidade dos produtos aumentou.

Com a invenção do computador, a informática ganhou um papel preponderante nas mais diversas áreas. Foram criadas máquinas de controlo numérico, passou a ser possível um fabrico assistido por computador (CAM), a robótica, Sistemas flexíveis de Produção (FMS) (utilização simultânea de CAD/CAM e Robótica), e por fim a Produção integrada por computador (CIM).

O Desenho Assistido por Computador, ou em inglês *Computer Aided Design CAD* e o Fabrico Assistido por Computador, em inglês *Computer Aided Manufacturing CAM*, são duas tecnologias de produção que revolucionaram os processos de produção, a primeira, para projetar os produtos num software, em 2D ou 3D, e a segunda para conseguir produzir o produto de forma integrada com o computador, a partir do produto projetado no CAD. Consegue-se através das duas tecnologias integradas obter as seguintes vantagens:

- Otimização do processo de produção, redução de tempos de operação,
- Redução dos custos em testes e protótipos,
- Detecção prévia de erros ou falhas no produto,
- Aumento da Flexibilidade,
- Aumento da capacidade produtiva.

### 2.3.7 Análise do fluxo do processo

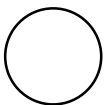

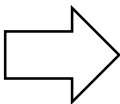
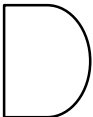
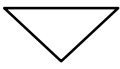
O estudo e definição do fluxo de um processo, é tão importante como a definição das tecnologias ou dos equipamentos usados, a definição das operações e sequência adequadas das mesmas, deve ser analisada e testada para que o processo produtivo atinja os objetivos propostos.

Para analisar um fluxo de um processo produtivo deve-se utilizar uma Folha de Registo Operatório e dois gráficos. Um que descreva, de forma simples e concisa, as operações e materiais utilizados, chamado Gráfico do Processo e outro, criado a partir da Folha de Registo Operatório onde foram registados as operações, tempos de operação, materiais e ferramentas utilizadas, chamado Gráfico de Análise. É possível após a análise apresentarem-se propostas de melhoria do fluxo do processo produtivo.

#### Gráfico do Processo

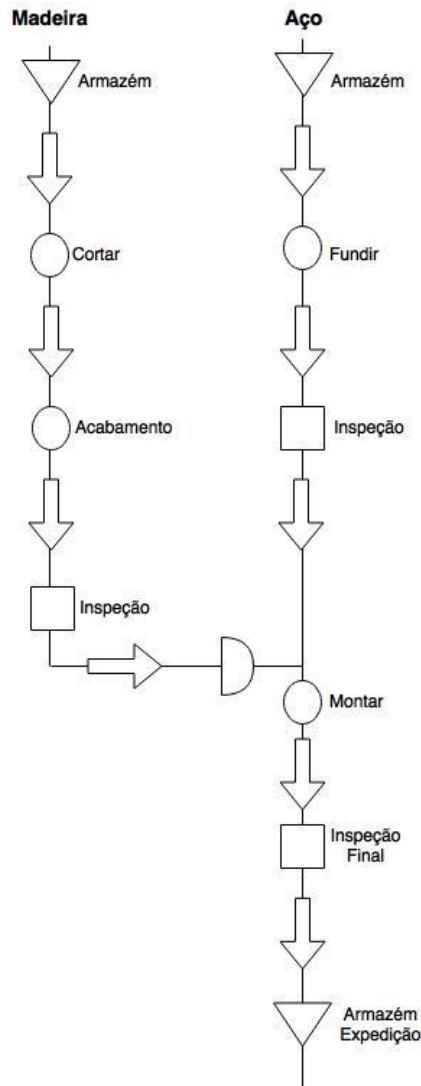
O gráfico do processo é composto por símbolos que representam atividades específicas, a simbologia usualmente utilizada encontra-se na Tabela 2.1

**Tabela 2.1** – Simbologia do gráfico de processo (adaptado Roldão, et al., 2007, p.223)

Atividade	Definição	Símbolo
Operação	Verifica-se uma operação quando um objecto é intencionalmente modificado em qualquer das suas características físicas ou químicas, quando é montado ou desmontado doutro objecto e disposto ou preparado para outra operação, transporte, controle ou armazenagem. Também se considera como operação um cálculo, uma reflexão ou um trabalho de planeamento.	
Inspeção	Verifica-se um controle quando um objecto é examinado com vista à sua identificação, ou é verificado em quantidade ou qualidade numa qualquer das suas características.	
Transporte	Verifica-se um transporte quando se move um objecto de um lugar para outro, salvo quando o movimento faz parte de uma operação ou é efectuado pelo operário no posto de trabalho durante uma inspeção ou operação.	
Espera	Verifica-se uma espera quando as circunstâncias, com excepção das inerentes ao processo que trazem uma modificação intencional das características físicas ou químicas do objecto, não permitem a execução imediata da actividade seguinte que está prevista. A espera é por vezes denominada armazenagem temporária.	
Armazenagem	Verifica-se quando um objecto é guardado e protegido contra todo o deslocamento não justificado, não podendo ser retirado sem a correspondente autorização.	

Na Figura 2.4 encontra-se representado um gráfico de um processo produtivo de um martelo<sup>1</sup> com um cabo de madeira e uma cabeça de aço.

<sup>1</sup> O gráfico de processo da figura 2.4 é um exemplo simples e apenas ilustrativo do formato de um gráfico de processo. O gráfico do processo de um martelo pode estar sujeitos a operações, movimentações transportes ou esperas não representados na figura.



**Figura 2.4** - Exemplo ilustrativo de um gráfico do processo de um martelo (adaptado Roldão, et al., 2007, p.222)

### Gráfico de Análise

Como instrumento complementar que permite traçar o perfil de operações e realizar uma análise crítica do processo utiliza-se o gráfico de análise (Roldão, et al., 2007). Podemos fazer um diagnóstico das movimentações mais frequentes e esperas demasiadas e analisar as atividades e perceber se estão ou não acrescentar valor ao produto final. O exemplo de uma análise padrão será, reduzir ou eliminar as movimentações e esperas, mas identificar as atividades que acrescentam ou não valor ao produto. De seguida deve-se selecionar as tecnologias adequadas para diminuir o tempo de operação das atividades de valor acrescentado e eliminar sempre que possível as que não estão a acrescentar valor. O objetivo final do gráfico do processo é apresentar uma proposta na redução dos tempos de operação ou eliminação das atividades, se possível.

Na Figura 2.5 podemos observar um exemplo de um gráfico de análise, as colunas da tabela do gráfico são configuráveis e devem ser adaptadas consoante o processo em análise. No entanto as colunas devem apresentar a informação necessária para que a análise do processo seja perceptível por quem a interpreta.

**GRÁFICO DE ANÁLISE**

	MÉTODO		DIFER.
	ACT.	PROP.	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
DISTA.			
TEMPO			

FOLHA Nº: \_\_\_\_\_  
 LOCAL DE TRABALHO: \_\_\_\_\_  
 DESIGNAÇÃO DO TRABALHO: \_\_\_\_\_  
 POSTO: \_\_\_\_\_  
 ASSUNTO ESTUDADO: \_\_\_\_\_  
 NOME: \_\_\_\_\_

Operação Nº	MÉTODO		Operação	Transporte	Controlo	Espera	Armazenamento	Distância (m)	Tempo (min)	Quantidade	Porquê?				OBSERVAÇÕES	Eliminar	Completar	Redistribuir	Simplificar
	Actual	Proposto									O quê?	Quem?	Quando?	Como?					
1			⊙	⇄	□	D	▽												
2			⊙	⇄	□	D	▽												
3			⊙	⇄	□	D	▽												
4			⊙	⇄	□	D	▽												
5			⊙	⇄	□	D	▽												
6			⊙	⇄	□	D	▽												
7			⊙	⇄	□	D	▽												

**Figura 2.5** - Gráfico de Análise adaptado (adaptado Roldão, et al., 2007, p.223)

### 2.3.8 Seleção de Equipamentos / Tecnologia

A seleção dos equipamentos ou tecnologias de produção pode depender de um série de fatores, tais como, a taxa de produção, a qualidade de produção, o custo de aquisição, o custo de operação, a mão-de-obra necessária, a flexibilidade, o espaço, o peso, a facilidade e conforto de utilização, entre muitos outros. No entanto deve-se selecionar o equipamento ou tecnologia consoante as prioridades estabelecidas. A seleção em caso de substituição de equipamentos deve, em princípio, melhorar os índices operacionais, como a produtividade ou qualidade etc., no entanto a avaliação financeira do investimento é um passo essencial para determinar se o equipamento selecionado deve então ser adquirido.

Para avaliação da seleção dos equipamentos pode-se utilizar ferramentas como:

- Matriz de Idealidade
- Matriz de Decisão

A primeira matriz permite avaliar a idealidade de uma ferramenta entre os seus parâmetros positivos como negativos. A matriz de decisão permite avaliar a escolha entre duas ou mais alternativas de equipamentos.

## Metodologia de apoio e *design* de ferramentas

### 3.1 Metodologia TRIZ

A *Teoriya Resheniy Izobreatateskikh Zadatch* TRIZ, “Teoria de Resolução Inventiva de Problemas” teve origem na Rússia e foi desenvolvida por Genrich Saulovich Altshuller (1926-1998), era um engenheiro e investigador da marinha russa que analisou cerca de 400 000 patentes tecnológicas. A partir desta análise apercebeu-se que existiam padrões de resolução dos problema e de inovação que levavam à criação de novas ideias, comuns a várias patentes (Ilevbare, et al., 2013). Cerca de 99,7% das ideias eram melhorias de produtos já criados, e apenas 0,3% eram ideias pioneiras (Eversheim, 2009)

Descobriu ainda que mais de 90% dos problemas que os engenheiros enfrentavam já tinham sido solucionados, previamente noutra área, verificando-se que muitas soluções podem derivar do conhecimento já existente na empresa, indústria ou noutra indústria (Casto, 2015).

A TRIZ apoia que a evolução tecnológica e o caminho de invenção não são processos aleatórios, mas previsíveis e que seguem certas regras de evolução. (Souchkov, 1997); (Eversheim, 2009)

Apesar de a TRIZ já ter sido descrita de várias maneiras, ou como metodologia, ou como conjunto de ferramentas, ou como ciência (Barry, et al., 2006) como filosofia (Nakagawa, 2001) a realidade é que esta fornece uma abordagem sistemática para encontrar soluções para problemas técnicos e inovar os sistemas. (Ilevbare, et al., 2013).

### 3.1.1 Principais conceitos da TRIZ

O conceito de contradição, idealidade ou padrões evolutivos, apresentados por Alshuller são centrais à TRIZ. Pelo menos um destes conceitos é aplicado em qualquer processo de resolução de problemas da TRIZ (Ilevbare, et al., 2013). E são estudados com mais detalhe nas próximas secções

#### Contradição da TRIZ

As contradições indicam do aparecimento de um problema inventivo, com aparecimento de características indesejadas dentro do sistema. A resolução da contradição resolve o problema. Existem dois tipos principais de contradições: as contradições técnicas e as contradições físicas. (Ilevbare, et al., 2013).

Contradição Técnica - resulta quando na tentativa de melhorar um certo atributo ou função do sistema leva a deterioração de outro atributo do sistema. Por exemplo, com o objetivo de aumentar a velocidade máxima de um carro, quanto maior for o motor do carro, mais rápido será a velocidade máxima, no entanto quanto maior for o motor mais pesado fica o peso total do veículo, que por sua vez prejudica a velocidade máxima do carro.

Contradição Física – resulta quando existem requisitos inconsistentes para a condição física do mesmo sistema. O estado físico do sistema não satisfazer dois atributos simultaneamente. Por exemplo um chapéu-de-chuva convém ser grande para proteger da chuva, no entanto é mais confortável para transportar um chapéu pequeno, é um exemplo de uma contradição física.

#### Idealidade da TRIZ

A idealidade é uma medida que avalia quão perto o sistema está do seu melhor estado possível. Pode-se através desta medida avaliar e perceber se as propostas são melhores ou pior que a idealidade atual do sistema, e se está próxima de uma solução ideal.

A idealidade pode ser expressa pelas seguintes expressões matemáticas:

$$Idealidade = \frac{\Sigma Benefícios}{\Sigma Despesas + \Sigma Efeitos Prejudiciais} \quad [3.1]$$

ou;

$$Idealidade = \frac{\Sigma Funções Benéfica}{\Sigma Funções Prejudiciais} \quad [3.2]$$

Os benefícios são as funções úteis do sistema, enquanto os efeitos prejudiciais são as funções prejudiciais ou indesejadas do sistema, como desperdícios do produto. Um dos objetivos da TRIZ é aumentar a idealidade dos sistemas, reduzindo as despesas ou efeitos prejudiciais, que representam as funções prejudiciais, ou aumentando os benefícios que representam as funções benéficas.

Segundo Altshuller, em inovação, o Resultado Final de Idealidade (*Ideal Final Result IFR*) é importante ser definido pois é este que nos dá a direção certa para qual o sistema deve evoluir (Ilevbare, et al., 2013).

### Padrões evolutivos dos sistemas

Altshuller (1946) observou que os sistemas técnicos geralmente seguiam certas regularidades nos seus desenvolvimentos. Segundo Rantanen & Domb (2008), estas regularidades foram traduzidas para padrões evolutivos e são uteis para desenvolver boas soluções para os problemas e para prever como os sistemas podem evoluir. Existem oito tendências distintas que levam ao desenvolvimento, e cada uma divide-se em linhas de evolução (Ilevbare, et al., 2013).

#### 3.1.2 Aplicações da TRIZ com outras metodologias

A TRIZ está espalhada por mais de 35 países e tem vindo a ser uma área de ensino em várias universidades. Várias empresas internacionais como a Ford Motors, Procter & Gamble, and Mitsubishi têm usado a TRIZ para desenvolver produtos melhores e de forma mais rápida. (Rantanen, et al., 2008).

A TRIZ tem sido aplicada em combinação com outras metodologias de planeamento e de melhoria, para aumentar a eficiência dos sistemas. Por exemplo a combinação da TRIZ e QFD (Domb, 1998), Seis Sigma (Slocum, et al., 2006) e Modelo Kano (Ungvari, 1998) (Ilevbare, et al., 2013).

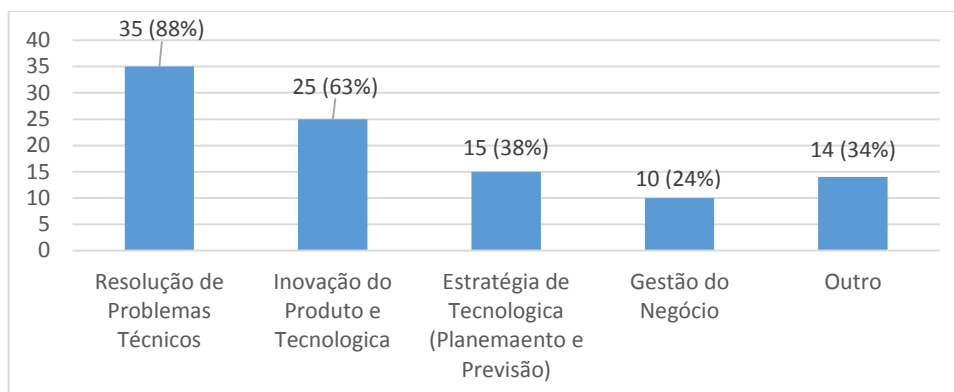
#### 3.1.3 Avaliação da TRIZ

Foi realizado um questionário a um grupo de entusiastas e utilizadores da TRIZ, de diferentes indústrias e diferentes partes do mundo. O questionário pretende avaliar quatro assuntos da TRIZ, com base na experiência de utilização da metodologia dos questionados (Ilevbare, et al., 2013):

- Áreas de aplicação
- Aplicação das ferramentas
- Benefícios de desafios
- Desafios associados

#### Áreas de Aplicação

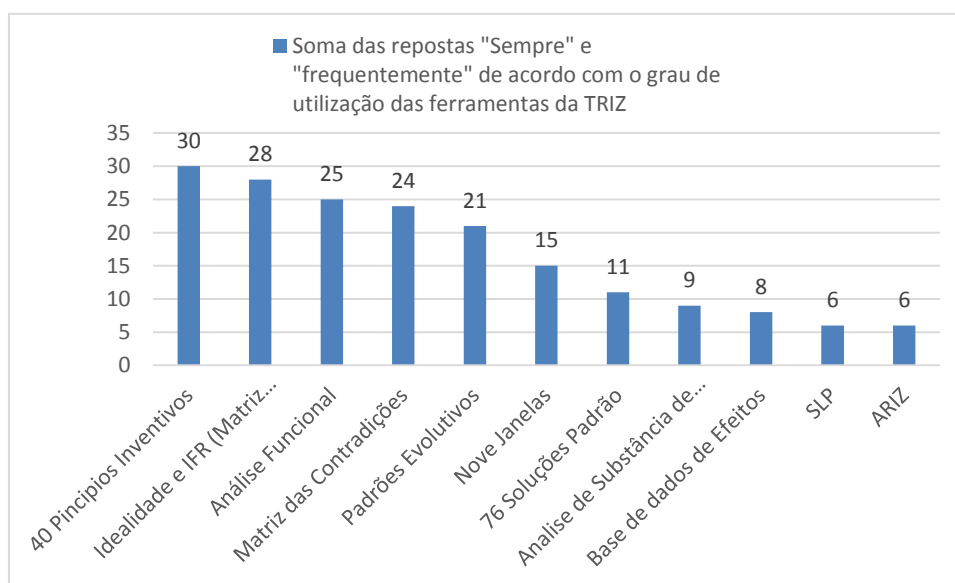
Grande parte dos questionados (88%), responderam que já aplicaram ferramentas da TRIZ, para resolução de problemas técnicos, e ainda 63% dos questionados também aplicaram para Inovação do Produto e da Tecnologia, como se pode observar na Figura 3.1.



**Figura 3.1** - Número (e percentagem) de respostas que indicam em que áreas aplicaram a TRIZ, (adaptado de Ilevbare, et al., 2013, p.34)

### Aplicação das Ferramentas

As ferramentas que são usadas mais usadas são os 40 Princípios Inventivos e Idealidade/IFR (Matriz de Idealidade), enquanto a ARIZ e SLP são as menos utilizadas pelos questionados, como se pode observar na Figura 3.2.



**Figura 3.2** - Grau de utilização das ferramentas da TRIZ (Resultados do inquérito) (adaptado de Ilevbare, et al., 2013, p.34)

### Benefícios Associados à TRIZ

Os questionados identificaram mais de 100 benefícios que foram agrupados nas seguintes categorias:

- **Abordagem aos Problemas:** Os questionados dizem que a TRIZ permite uma abordagem estruturada para a resolução dos problemas, que previne ainda *Brainstorming* confusos/errados na procura de soluções, mas também a identificar e a clarificar os problemas e ainda fornece algumas pistas para boas soluções.

- **Geração de Ideias:** O questionário indicou também que a TRIZ permite frequentemente e com sucesso gerar novas soluções. À parte da qualidade das ideias, a TRIZ permite gerar ideias mais inovadoras de qualquer outra metodologia.
- **Inovação e Novas Soluções:** a TRIZ permite um avanço da inovação e soluções e novos conceitos para o desenvolvimento.
- **Velocidade:** A resolução de problemas e chegada a soluções inovadoras é alcançada em menor tempo, pois é possível identificar os problemas e focar nos problemas rapidamente.

### Desafios Associados à TRIZ

Os desafios associados à aquisição e aplicação do conhecimento da TRIZ foram obtidos através dos questionários e resumido nos tópicos seguintes:

- **Natureza da Metodologia:** para alguns dos questionados a metodologia TRIZ é demasiado rígida e dificulta a sua aplicação em situações variadas. Também mencionaram o conhecimento profundo da metodologia parecem talvez estar escondido pelos peritos da matéria.
- **Dificuldade de aquisição e aplicação do conhecimento da TRIZ:** por vezes existe dificuldade em perceber a TRIZ, devido à complexidade/dificuldade da metodologia
- **Requisito de tempo excessivo:** a TRIZ requer uma compreensão profunda e requer algumas experiências práticas preliminares antes de produzir resultados efetivos. O tempo necessário para alcançar esta compreensão profunda da metodologia nem sempre está ao dispor de qualquer utilizador.
- **Falta de padrão:** alguns questionados expressaram a sua frustração face à falta de um guia padronizado das melhores práticas para a metodologia. O grande número de métodos e múltiplas abordagens possíveis à resolução do problema, tornam difícil perceber qual a melhor forma de aplicar as ferramentas.
- **Problemas Organizacionais:** a TRIZ talvez não esteja pronta para ser aceite e absorvida pelas organizações. Os questionados indicam que a adoção da metodologia TRIZ ainda enfrenta níveis substanciais de ceticismo.

## 3.2 As ferramentas

Foram desenvolvidas muitas técnicas e ferramentas por Altshuller e os seus colegas no avanço da TRIZ entre 1946 e 2008 (Souchkov, 2008). Eversheim (2009) verificou que a metodologia TRIZ não fornece uma sequência específica para aplicação das ferramentas. No entanto sugere que as ferramentas podem-se agrupar de acordo com o nível de aplicação de duas formas.

De acordo com Moehrle (2005), este organiza as ferramentas de acordo com os campos de aplicação, desde a análise do problema à resolução, os campos de aplicação são (Ilevbare, et al., 2013):

- Estado atual - Qual é a situação atual?
- Estado Pretendido – Como deve ser a situação futura?
- Objetivos – Qual o cumprimento dos objetivos e em que grau?
- Transformação – Como é que o estado atual pode ser transformado para o estado pretendido?
- Recursos – Quais são os recursos disponíveis e que podem ser usados?

Na Tabela 3.1 podemos ver algumas das ferramentas da TRIZ, e os respetivos campos de aplicação de acordo com Pannenbaecker (2001) e Moehrle (2005).

**Tabela 3.1** - Classificação das ferramentas da TRIZ de acordo com o campo de aplicação (adaptado de Pannenbaecker, 2001 e Moehrle, 2005,).

<b>Campo de Aplicação</b>	<b>Ferramenta/Técnica</b>
Estado Atual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise Funcional</li> <li>• Contradições</li> <li>• Análise de Substância de Campo</li> <li>• Análise Evolutiva</li> </ul>
Estado Pretendido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solução Forte (ou solução ideal possível alcançável)</li> </ul>
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado Final Ideal (IFR) – Matriz da Idealidade</li> </ul>
Transformação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Princípios Inventivos</li> <li>• Matriz das Contradições</li> <li>• Análise de Substância de Campo</li> <li>• Análise Evolutiva</li> <li>• Análise de Recursos</li> <li>• Base de Dados de Efeitos</li> </ul>
Análise dos Recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de Recursos</li> </ul>

### 3.2.1 Matriz de Idealidade

A matriz de idealidade é uma ferramenta que permite perceber, a partir de uma avaliação combinatória entre características ou parâmetros, a relação entre estas e identificar o número de funções benéfica e prejudiciais. Quando existe algum tipo de relação, atribui-se um sinal “+” quando a relação é positiva e um sinal de “-“ quando a relação é negativa. Por fim, contabilizadas as funções benéficas e prejudiciais pelos sinais na matriz, procede-se ao cálculo da idealidade da proposta/solução (Castro, 2015)

Consideremos, por exemplo, o cálculo do nível de idealidade de um chapéu-de-chuva.

- Boa área de resguardo
- Leve
- Pequeno
- Resistente
- Baixo Custo de aquisição

É necessário definir os atributos ou características que acrescentam valor ao produto, do ponto de vista do cliente, e podemos analisar as relações entre os atributos na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** - Matriz de Idealidade de um chapéu-de-chuva

Parâmetros	1.	2.	3.	4.	5.
1. Área de Resguardo		-	-		-
2. Peso	-		+	-	
3. Tamanho	-	+			+
4. Resistência	-	-			-
5. Preço	-		+	-	

Analisando parcialmente a matriz de idealidade Tabela 3.2 pode-se perceber quanto maior for a área de resguardo do chapéu-de-chuva, maior será o peso do mesmo. O objetivo é o chapéu ter uma boa (Grande) área de resguardo e um peso leve, sendo assim os parâmetros estabelecem uma relação negativa, pois com a melhoria de um parâmetro ocorre a deterioração do outro. Sendo assim, esta relação é contabilizada como uma função prejudicial para o cálculo da idealidade. Calculando então, de acordo com a matriz de idealidade do chapéu, a idealidade do mesmo será:

$$Idealidade = \frac{\Sigma Funções Benéficas}{\Sigma Funções Prejudiciais} = \frac{4}{9} = 0,44(4)$$

Para aumentar o nível de idealidade será então necessário aumentar as funções benéficas o número de interações positivas ou diminuir as funções prejudiciais, ou seja número de interações negativas.

### 3.2.2 Método de Pugh e Matriz de Decisão

#### Método de Pugh

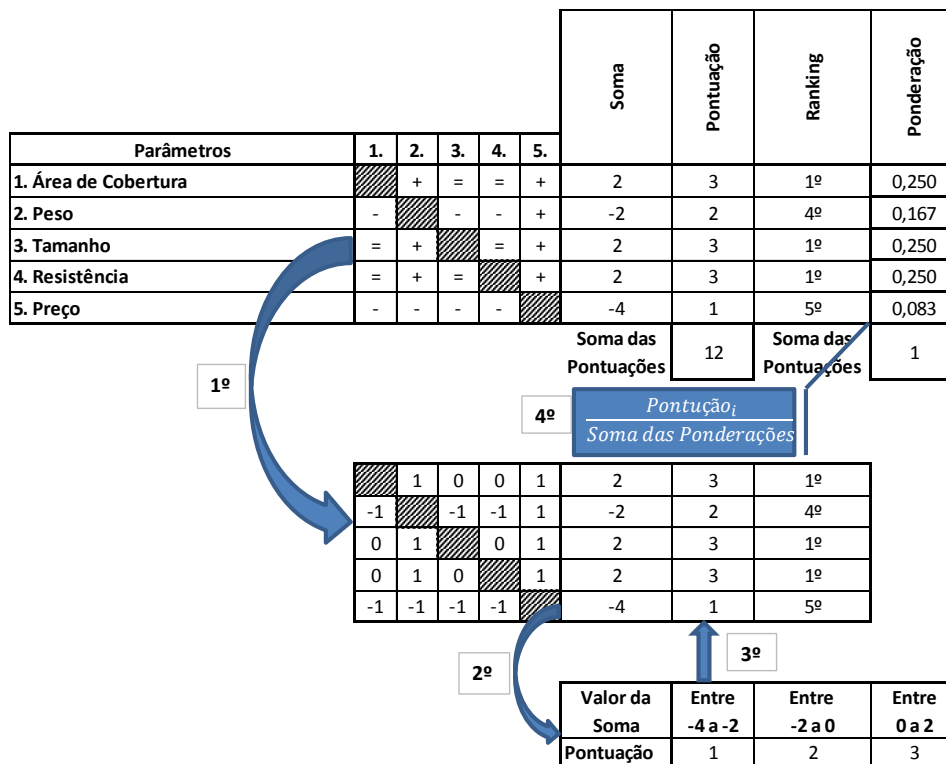
No método Pugh é preparada uma matriz de decisão onde, por exemplo, nas linhas estão presentes as características ou parâmetros do produto e nas colunas os critérios, neste caso os critérios podem ainda ser as próprias características, para perceber a relevância das mesmas para o produto.

Devem ser definidas, quer as características, quer os critérios por uma “equipa” de design. O preenchimento das células da matriz deve ser feito com “+”, = ou “-“, consoante o característica é melhor, igual ou pior. Depois pode-se avaliar quais as características ou propostas mais viáveis. (Votano et al. 2001) e

O sinal de “+” vale 1, o de “=” 0, e o de “-“ -1.

Na Tabela 3.3 podemos observar passo a passo a construção da matriz de Pugh e cálculo dos fatores de ponderação para avaliação das características mais relevantes. Como se pode observar a Área de Cobertura, Tamanho e a Resistência são as características mais importantes, enquanto o preço é considerada a menos relevante.

**Tabela 3.3** - Exemplo genérico de construção de matriz de Pugh para avaliação das características de um guarda-chuva



Pode-se concluir que, em geral, o consumidor está disposta pagar um preço mais elevado para ter um guarda-chuva mais resistente, com boa área de cobertura, mas que também tenha um tamanho pequeno. Um guarda-chuva de alta qualidade, grande área de cobertura e com possibilidade de desdobramento seria então uma boa solução.

Nota: A pontuação atribuída ao Valor da Soma pode ser definida de forma que se achar mais adequada ou lógica, por parte do criador da matriz.

### Matriz de Decisão

A Matriz de Decisão é uma ferramenta que permite avaliar e comparar soluções alternativas num projeto. A técnica da Matriz de Decisão é usada para definir atributos, o peso deles, e

a soma do peso dos atributos para conseguir-se construir um ranking entre as opções avaliadas (Eagen, et al., 2001). Definem-se 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.

As vantagens deste método são as seguintes:

- A análise pode ser feita relativamente rápida
- O método pode identificar *designs* não viáveis dos produtos e remove-los em considerações futuras.

As desvantagens do método são as seguintes:

- Os critérios podem ter interdependências.
- O risco deve ser analisado como um critério adicional.
- O peso subjetivo dos critérios por vezes reflete a opção da equipa de *design* em vez da perspectiva do cliente.
- Não é uma ferramenta de decisão rigorosa.
- Por vezes é utilizada apenas para racionalizar decisões.

A tabela 3.4 é exemplo de uma Matriz de decisão, o seu formato pode ser adaptado consoante as necessidades de utilização.

**Tabela 3.4** - Exemplo genérico de uma matriz de decisão

Critérios (Parâmetros)	Ponderação	Opções					
		Opção 1		Opção 2		Opção 3	
		Classificação	Classificação ponderada	Classificação	Classificação ponderada	Classificação	Classificação ponderada
Critério 1							
Critério 2							
Critério 3							
...							
Soma:							
Soma Ponderada:							



# 4

## **Análise da problemática e aplicação da metodologia de estudo - Projeto Teroson**

### **4.1 Descrição da empresa**

Como temos vindo a falar, é cada vez mais importante as empresas reconhecerem as suas limitações e constrangimentos dos seus processos e operações e por sua vez implementar soluções de melhoria de forma contínua.

Uma empresa, especializada em produção de quadros elétricos, apresenta um portefólio de produtos, entre eles, produtos personalizados para dar resposta aos mercados mais exigentes adotando aqui uma estratégia de diferenciação. Face a uma grande variabilidade do produto, nem sempre é fácil programar operações para que o trabalho seja feito em linhas de montagem. No entanto as operações ao longo de todos os processos são bem definidas. A gestão/produção lean está presente em alguns processos produtivos, de alguns produtos, não sendo o caso linha de montagem do processo em estudo.

Nos quadros de elétricos mais comuns podemos considerar que a produção é lean. A principal diferença entre os quadros elétricos comuns e quadros elétricos personalizáveis é o revestimento dos barramentos de cobre no processo de montagem. A linha de montagem dos segundos é complexa e variável dificultando a adoção de uma produção lean. O requisito de revestimento dos barramentos de cobre nos quadros personalizáveis de baixa tensão no processo de montagem representa um dos maiores constrangimentos de toda a empresa, não só a nível do tempo de operação mas também pelo facto de ser um processo moroso cansativo e desgastante, e fundamentado mais à frente em detalhe. No entanto, a empresa atualmente consegue dar resposta às necessidades do mercado, mas procura métodos mais ágeis e confortáveis.

#### 4.1.1 Descrição do produto

Os Quadros Elétricos de Baixa Tensão (QEBT) destacam-se por serem produtos com alto valor para o cliente. O produto é personalizável, consoante os níveis de voltagem e tensão necessários e através de características físicas<sup>2</sup> de *layout* do produto à escolha do cliente. Classificando-se como uma Produção por Encomenda.

Devido às normas de qualidade e segurança impostas pela *International Electrotechnical Commission* (IEC) é necessário que os barramentos de cobre sejam isolados com um material adequado que cumpra as normas de segurança. (Nix, et al.,2010)

#### 4.1.2 Descrição do revestimento

Na Figura 4.1 e Figura 4.2 pode-se observar uma amostra do material isolante dos barramentos de cobre. O material tem as seguintes características físicas:

1. É maleável/dúctil (classificação de materiais – ver química)
2. Contém uma face adesiva<sup>3</sup> e uma face protegida por um feltro.



**Figura 4.1** - Amostra 1 de material de revestimento dos barramentos de cobre num QEBT

---

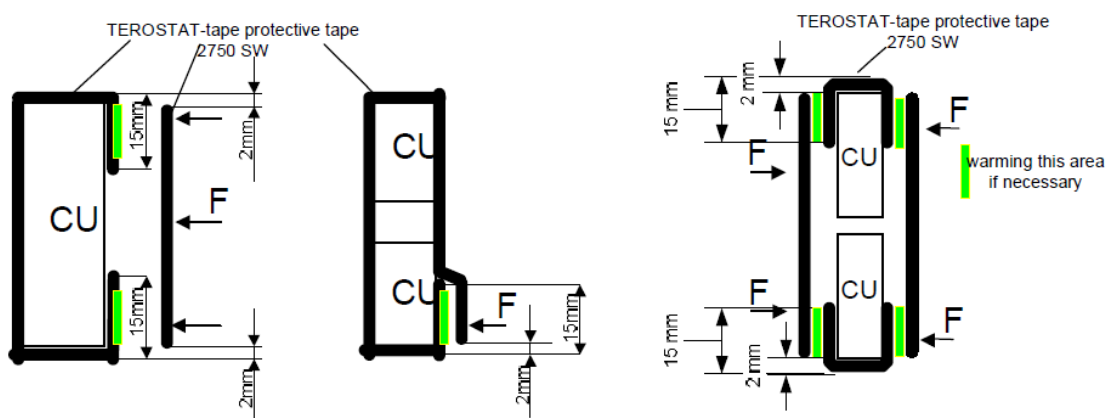
<sup>2</sup> Alguns exemplos de características são: Número de barras cobre; Espessura das barras de cobre; Configuração das barras de cobre; Dimensão da estrutura; Altura; Número de Estruturas; Posicionamento dos barramentos de cobre; Tipo de disjuntor; Posicionamento do disjuntor, etc.

<sup>3</sup> A face adesiva permite uma colagem eficaz entre o revestimento e o cobre, no entanto a colagem, nos casos sobreposição do próprio revestimento, é pouco eficaz. Neste último caso a colagem é feita de forma retocada, isto é, é fornecido calor à zona de sobreposição do material para garantir uma colagem eficaz.

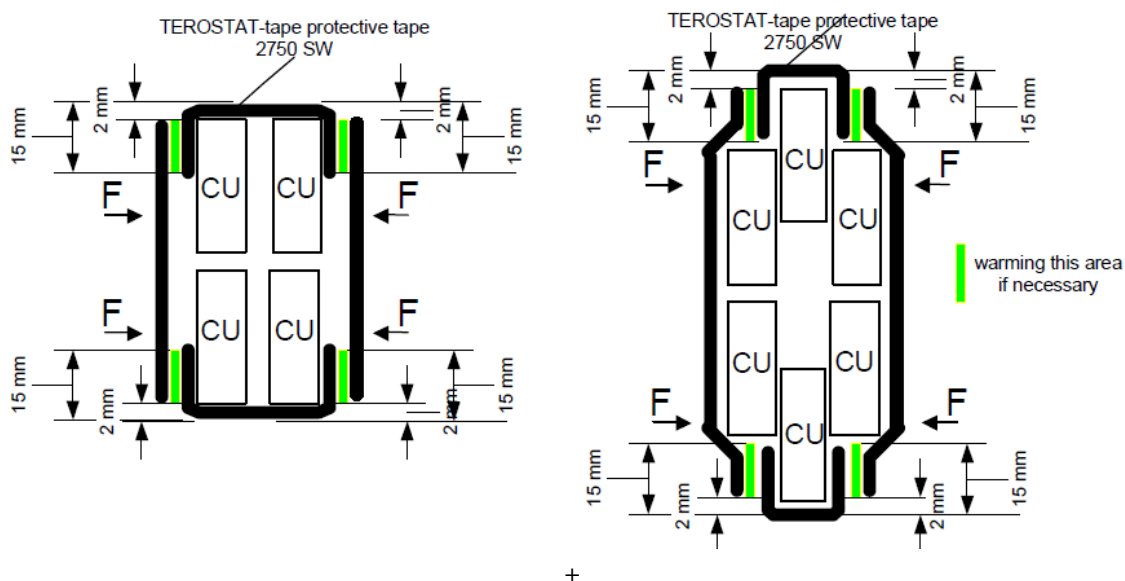


**Figura 4.2** - Amostra 2 da face do material de revestimento dos barramentos de cobre num QEBT

Para que o isolamento seja adequado e a colagem seja permanente ou duradora, foram definidas regras de revestimento/colagem designadas por TAM e estão apresentadas na Figura 4.3 e Figura 4.4 estas podem variar consoante o número de barras, espessura e altura das mesmas. Com “Cu” estão representadas as barras em perfil, com vista superior onde podemos identificar a espessura e largura das barras.



**Figura 4.3** - Diferentes métodos de aplicação do Teroson 1 e 2 barras (Fonte: ficha técnica de aplicação do revestimento disponibilizada pela empresa)



**Figura 4.4** - Regras de aplicação do *Teroson* 4 e 6 barras (Fonte: ficha técnica de aplicação do revestimento disponibilizada pela empresa)

Apesar do revestimento ser um requisito da IEC, este acrescenta valor extra ao produto final pelas seguintes razões:

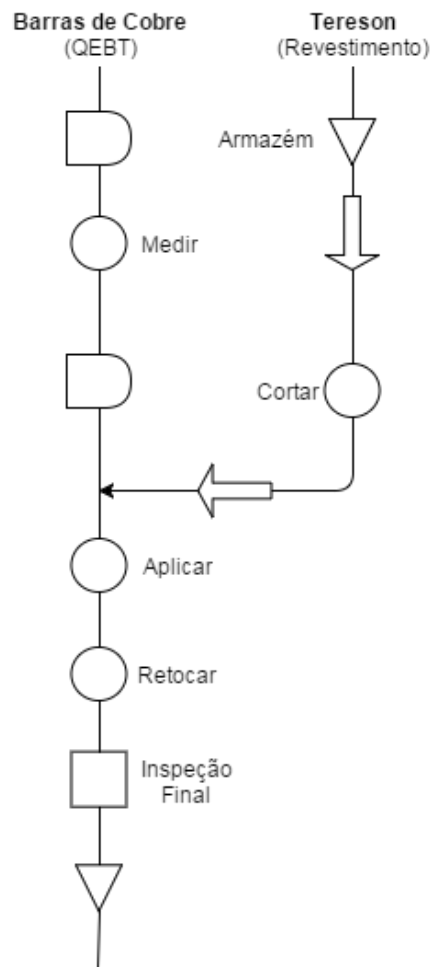
1. Permite o funcionamento com qualidade e em segurança do equipamento.
2. Assegura a proteção integral de todos os componentes do quadro e durabilidade dos mesmos.
3. Permite que funções de manutenção futuras sejam realizadas sempre em segurança<sup>4</sup>.
4. O revestimento não interfere na condução elétrica e permite uma boa libertação de calor, sendo um corpo negro.

## 4.2 Descrição do processo de revestimento

Os ambientes de produção de um QEBT e de QEMT são distintos. Enquanto, que os QEMT são produzidos num ambiente de produção de Fabrico por Encomenda, existe um linha de montagem já definida e que segue conceitos lean, os QEBT são produzidos num ambiente de produção por encomenda face à possibilidade customização. Nos QEBT Existem células de montagem mas os métodos trabalho são pouco standardizados, sendo difícil detetar práticas lean. A operação de

<sup>4</sup> Por exemplo: Em caso de o barramento de cobre não esteja isolado, numa tarefa de manutenção o contacto direto ou não de uma ferramenta metálica com o barramento de cobre pode por em causa o funcionamento do equipamento e seguranças de quem executa a tarefa.

revestimento, apenas está presente no processo produtivo dos QEBT e está representada na Figura 4.5.



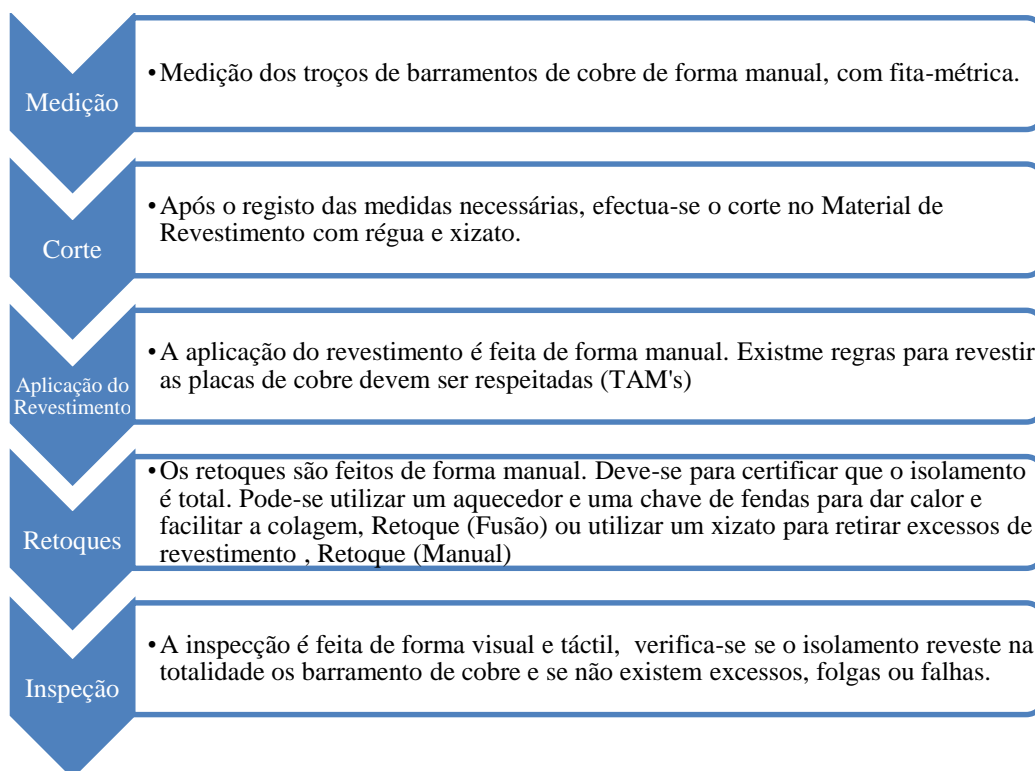
**Figura 4.5** - Diagrama do processo da operação de revestimento num QEBT

Na Figura 4.6 são apresentadas as atividades principais e uma pequena descrição das mesmas da operação de revestimento.

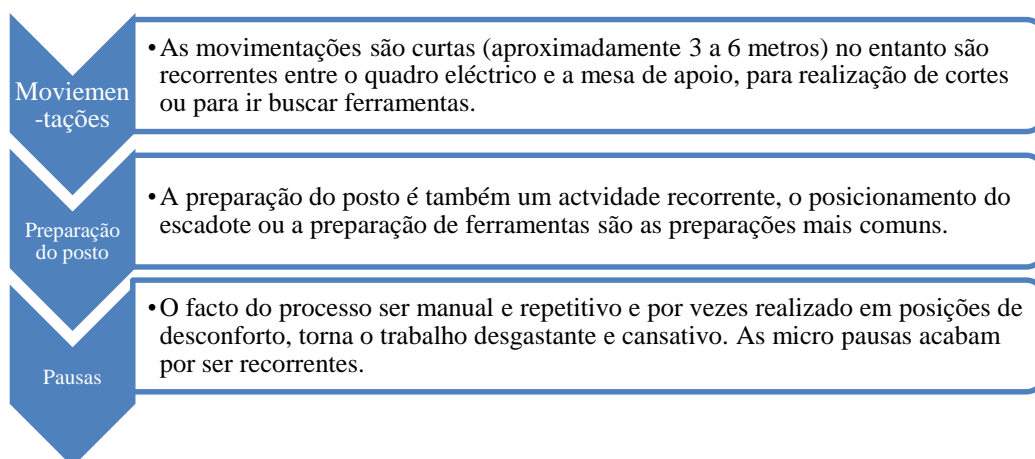
A classificação como atividade principal não implica que esta acrescente valor diretamente ao processo, por exemplo, a atividade medição, apesar de ser considerada uma atividade principal pela sua frequência, não acrescenta qualquer valor ao processo de revestimento.

Já as actividades secundárias do processo de revestimento, estão apresentadas na Figura 4.7 bem como uma pequena descrição das mesmas.

Identificamos assim inicialmente 5 atividades principais e consideramos 3 atividades secundárias.



**Figura 4.6 -** Atividades principais do processo de revestimento



**Figura 4.7 -** Atividades secundárias do processo de revestimento

### 4.3 Identificação de problemas

Através de um *brainstorming* realizado com os diretores e subdiretores de produção os problemas ou limitações do processo produtivo dos QEBT da operação de revestimentos dos barramentos dos quadros eléctrico foram enumerados e ordenados de acordo com a urgência de resolução dos mesmos e são:

1. O processo produtivo é extremamente demorado (pode demorar mais de uma semana) e de custo elevado.
2. As atividades são desgastantes para o operador, tornando-se perigosas a longo prazo.
3. Existe pouca ou nenhuma automação do processo.
4. O processo é composto por atividades muito repetitivas.
5. As atividades e as ferramentas muito são manuais (“Corte e Costura”).

Assim, o trabalho que se apresenta nos capítulos seguintes, procurar encontrar, propor e implementar soluções para “combater” os problemas apresentados, no processo de revestimento.

#### 4.4 Metodologia de estudo proposta

No diagrama da Figura 4.8, podemos observar a metodologia proposta que serviu como base ao longo de todo o estudo.

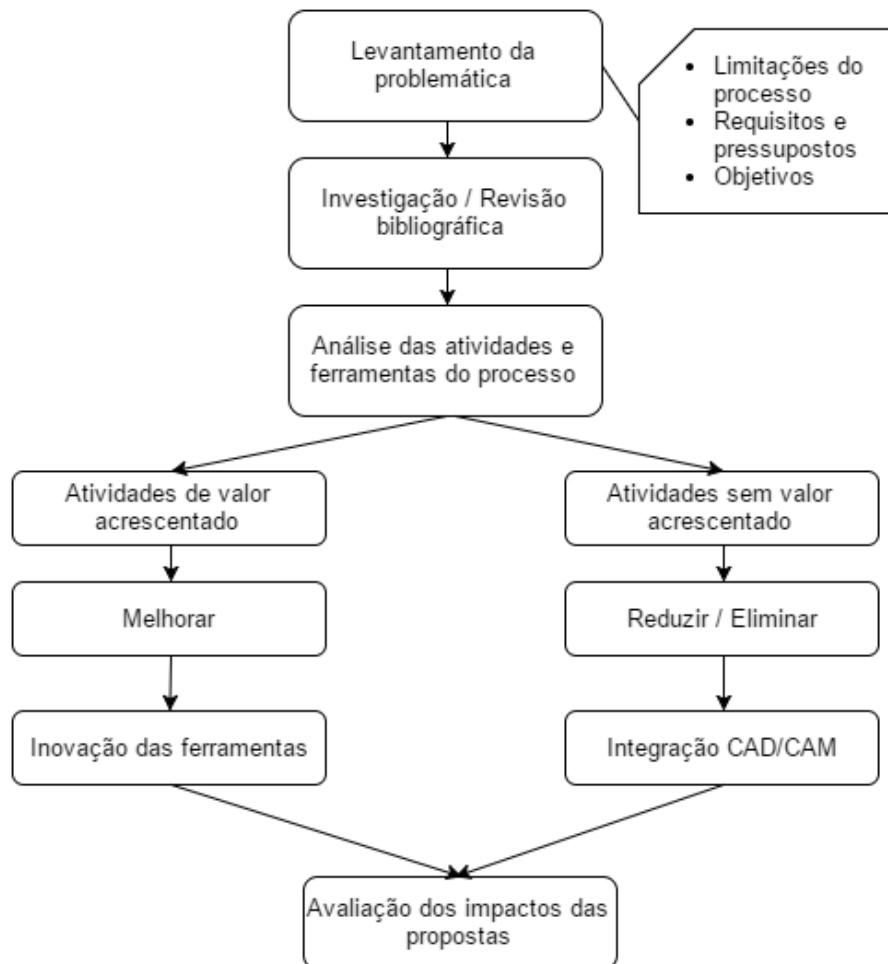


Figura 4.8 - Diagrama da metodologia proposta

Após o levantamento da problemática e tendo em conta as limitações do processo, requisitos, pressupostos e objetivos do projeto, realizou-se a investigação e de seguida analisaram-se as atividades. Procurou-se de seguida, reduzir/eliminar as atividades que não acrescentavam valor e melhor aquelas que acrescentavam, com integração CAD/CAM e inovando as ferramentas do processo, respetivamente. No final avaliaram-se os impactos das mesmas.

### Plano de trabalho

O plano de trabalho do projeto de melhoria do processo da operação de revestimento encontra-se representado na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Plano de trabalho do projeto de melhoria da operação de revestimento

<b>Fase</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pessoas em Contacto</b>	<b>Local</b>
<b>1 – Reconhecimento dos Produtos, Organização; Instalações; Processos e Colaboradores</b>	Visita guiada	Diretores de Produção, Vários colaboradores	Fábrica
<b>2 – Análise do Processo de montagem dos QEBT</b>	Observação cuidadosa do processo de montagem com especial atenção para a operação de revestimento.	Diretores de Produção, Engenheiro de Produto; Colaboradores de Montagem	Célula de Montagem dos QEBT
<b>3 – Definição do Projeto</b>	Definição dos objetivos, requisitos e pressupostos do projeto.	Diretor de Produção	Escritório
<b>4 – Plano da Ação e Métricas</b>	Definido o objetivo é apresentado o plano de trabalho aos colaboradores e são apresentadas a métricas de desempenho do mesmo.	Diretores de Produção e Colaboradores de montagem	Escritório
<b>5 – Recolha de Dados</b>	Consoante as métricas definidas é feita a recolha de dados.	Colaboradores de montagem	Escritório
<b>6 – Análise Funcional</b>	Definição da função valor do produto.		Escritório
<b>7 – Apresentação de Propostas e Seleção</b>	Apresentação de propostas de acordo com os objetivos, requisitos e pressupostos definidos.	Diretores de Produção e Colaboradores de montagem	Escritório
<b>8 - Seleção de Propostas</b>	Seleção de propostas que visem os mesmos objetivos.	Diretores de Produção e Colaboradores de montagem	Escritório
<b>9 - Descrição das Propostas Seleccionadas</b>	Apresentação das propostas de solução seleccionadas. Formação e adaptação dos colabores quando necessário.	Diretores de Produção e Colaboradores de montagem	Escritório; Célula de Montagem dos QEBT
<b>10 – Avaliação da Implementação - Conclusões</b>	De acordo com as métricas previamente definidas é feita nova recolha de dados para avaliar a nova proposta.	Colaboradores de montagem	Célula de Montagem dos QEBT

De acordo com Plano de Trabalho (PT) apresentado na Tabela 4.1, após a análise do processo, através de uma reunião com o Diretor de Produção foram definidos objetivos, requisitos e pressupostos, e são apresentados na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2** - Objetivos, requisitos e pressupostos do projeto de melhoria da operação de revestimento

Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Redução do tempo de atividade do processo de revestimento.</li> <li>2. Reconfiguração das atividades ou eliminação de algumas atividades do processo de revestimento.</li> <li>3. Automatização do processo e atividades.</li> <li>4. Tornar as atividades mais confortáveis para os trabalhadores, respeitando sempre as normas de segurança.</li> </ol>
Requisitos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utilização do material de revestimento atual;</li> <li>2. Cumprimento das regras de revestimento/colagem (TAM);</li> <li>3. As alternativas ou soluções não podem por em causa qualquer operação a montante ou jusante da operação de revestimento.</li> <li>4. As alternativas ou soluções não devem provocar alterações significativas noutras operações a montante ou jusante da operação de revestimento.</li> </ol>
Pressupostos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O balanceamento e <i>layout</i> atual da linha de montagem é o possível face à variedade das características do produto</li> <li>2. Os trabalhadores são formados e treinados para exercer as tarefas das atividades de montagem e revestimento atuais.</li> </ol>

Todas as decisões tomadas ao longo do projeto têm em consideração os objetivos, requisitos e pressupostos apresentados.

#### Plano de ação e métricas

O PT foi apresentado a todos os colaboradores envolvidos. Especificando os objetivos propostos. E a sequência de trabalhos.

As métricas utilizadas para recolha de dados e posteriormente para avaliar e comparação da situação atual com as propostas foram as seguintes:

- Métrica 1: Tempo de atividade (segundos ou percentagem do tempo total de operação)
- Métrica 2: Custo de atividade (€/hora)
- Métrica 3: Conforto da atividade (Escala Relativa)

## 4.5 Recolha de dados

A recolha de dados foi feita através de cronometragem por observação das atividades do processo de revestimento no posto de trabalho da célula de montagem dos QEBT. As atividades foram classificadas e numeradas para realização detalhada da cronometragem e são apresentadas na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3** - Atividades do Processo de Revestimento

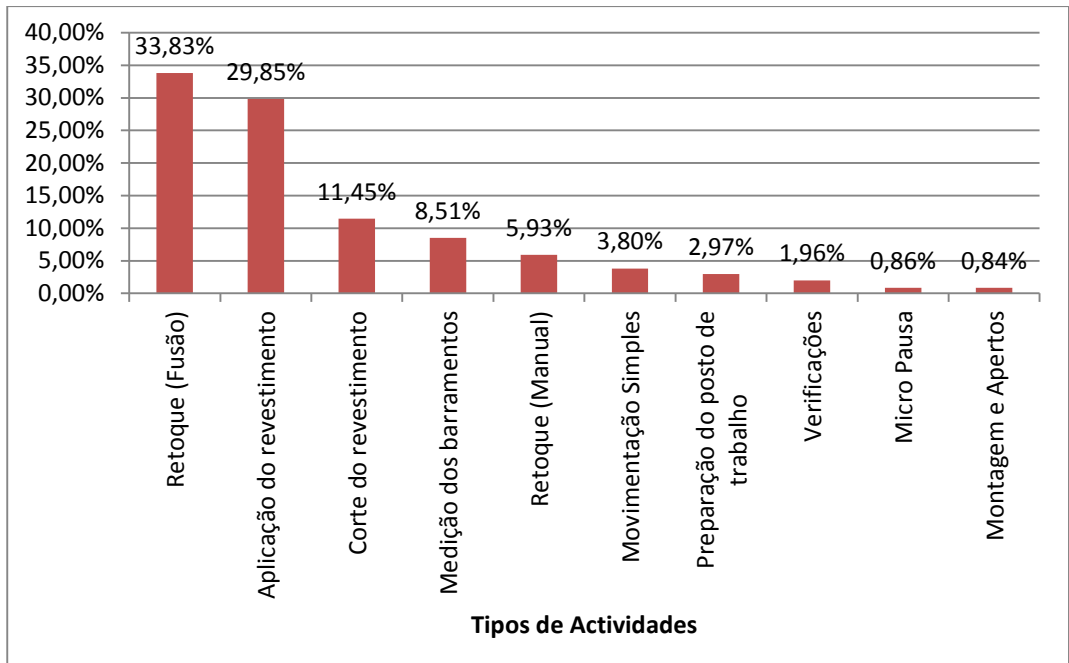
Tipo de Actividade	Nº da Activade
Aplicação do revestimento	1
Corte do revestimento	2
Medição dos barramentos	3
Micro Pausa	4
Montagem e Apertos	5
Movimentação Simples	6
Preparação do posto de trabalho	7
Retoque (Fusão)	8
Retoque (Manual)	9
Verificações	10

A cronometragem foi realizada com os seguintes objetivos:

- Avaliar o desempenho dos trabalhadores;
- Determinar a capacidade disponível;
- Determinar o preço/custo da operação;
- Comparar métodos de trabalho;
- Programar as operações.

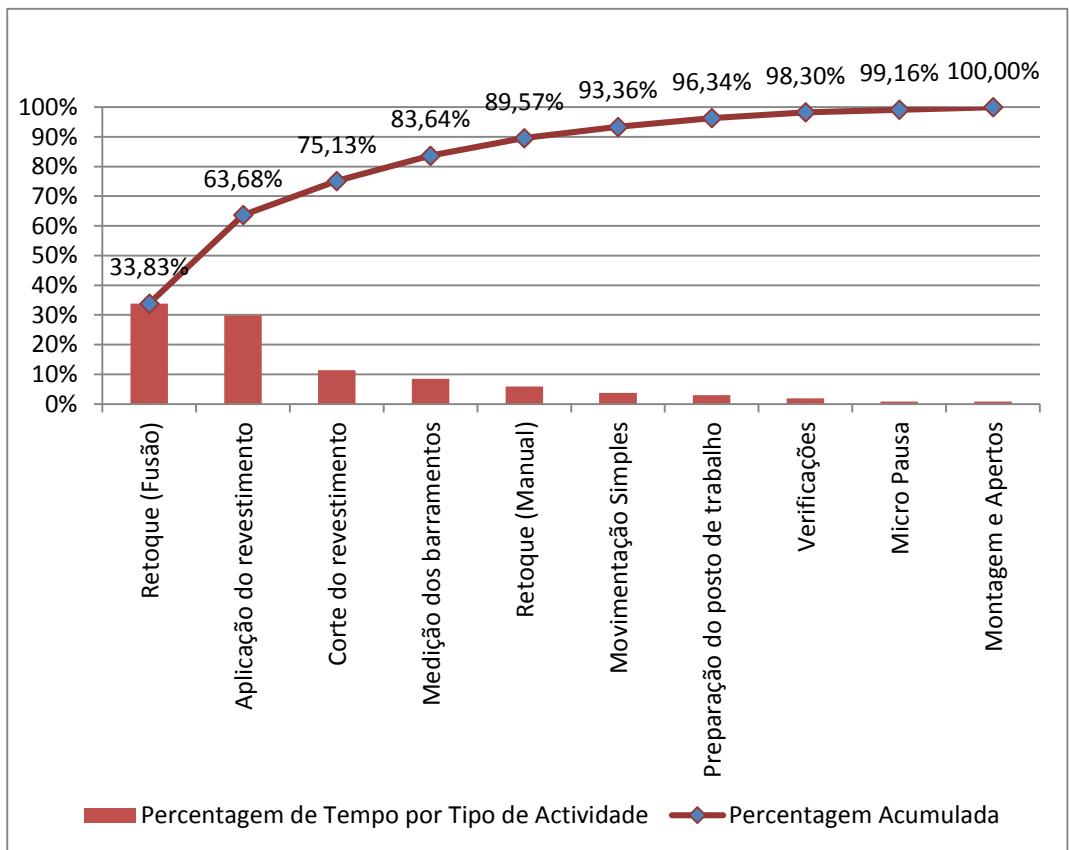
Através de um cronómetro e de uma folha de registo operatório, Tabela A.1 em anexo, foram registados os tempos das atividades da operação de revestimento, tendo em conta as atividades presentes na Tabela 4.3. De seguida com os tempos de atividade registados, foi criado um gráfico de análise do processo de revestimento e representado na Tabela A.2, em anexo. A amostra é de aproximadamente 2 horas e 7 minutos e foi utilizada para analisar o estado atual do processo de revestimento.

A Figura 4.9 traduz, de forma simples mas eficaz, a percentagem de tempo ocupada por cada tipo de atividade durante o período de tempo de amostra.



**Figura 4.9** - Gráfico com percentagem de tempos das atividades do processo de revestimento

Através dos dados do gráfico da Figura 4.9, realizou-se uma análise de Pareto, e podemos observar na Figura 4.10 respectiva curva ABC.



**Figura 4.10** - Gráfico de análise de Pareto das atividades do processo de revestimento

De seguida agruparam-se as atividades, em classes, consoante a sua frequência, Tabela 4.4 através de uma análise de Pareto. Como podemos constatar cerca de 20% a 40% das atividades ocupam 64% a 85% tempo de atividade amostral, aproximadamente.

**Tabela 4.4** - Classificação de classes de atividade (Análise de Pareto)

Atividade	Percentagem de Tempo	Percentagem Acumulada	Classe da Atividade
Retoque (Fusão)	33,83%	33,83%	A
Aplicação do revestimento	29,85%	63,68%	
Corte do revestimento	11,45%	75,13%	B
Medição dos barramentos	8,51%	83,64%	
Retoque (Manual)	5,93%	89,57%	C
Movimentação Simples	3,80%	93,36%	
Preparação do posto de trabalho	2,97%	96,34%	
Verificações	1,96%	98,30%	
Micro Pausa	0,86%	99,16%	
Montagem e Apertos	0,84%	100,00%	

As atividades de classe A, Retoque (Fusão) e Aplicação do Revestimento, são as mais demorosas e representam de cerca de 64% do tempo total das atividades. Se se agrupar as atividades da classe A com as atividades da classe B, Corte do Revestimento e Medição dos barramentos, estas passam a representar cerca de 84% do tempo total das atividades.

**Tabela 4.5** - Classificação de valor acrescentado das atividades

Actividade de Valor Acrescentado	Actividade de Valor Não Acrescentado
Retoque (Fusão)	Corte do revestimento
Aplicação do revestimento	Medição dos barramentos
Retoque (Manual)	Movimentação Simples
Montagem e Apertos	Preparação do posto de trabalho
	Verificações
	Micro Pausa

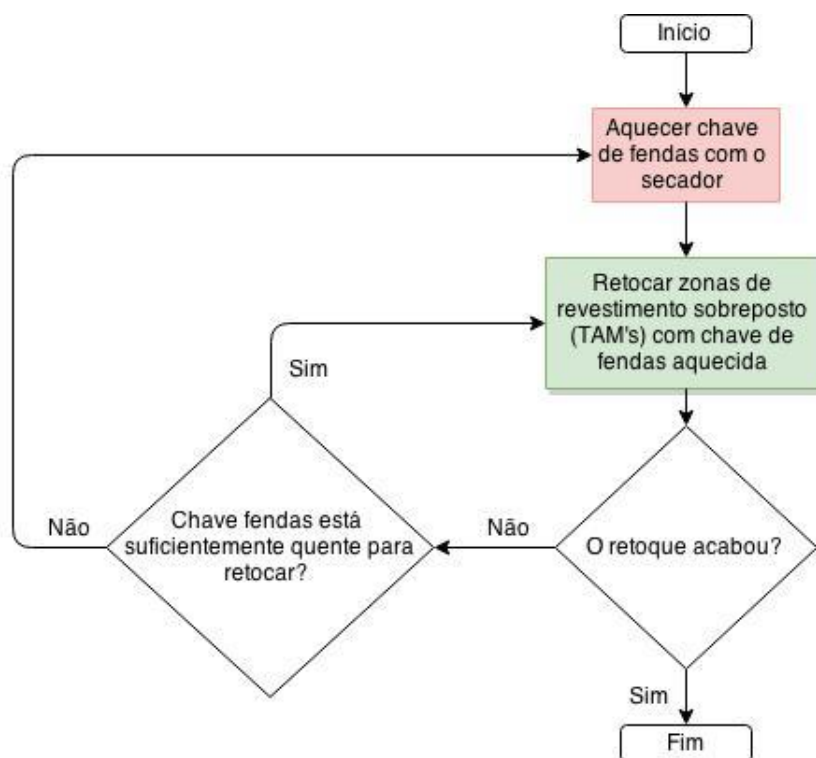
Feita a análise de Pareto faz sentido, ao longo de todo o projeto, que os esforços para melhoria do tempo total de atividade do processo de revestimento incidam principalmente nas atividades da classe A e B, com prioridade imediata para a atividade de Retoque (Fusão), a mais demora entre todas as outras. Assim, e de forma lógica, os impactos serão mais significativos na redução do tempo total de atividade. No entanto todas as atividades de valor não acrescentado, encontram-se nas classes B e C (Figura 4.4) por isso serão apresentadas propostas para reduzir o número, o tempo ou eliminar destas atividades.

## 4.6 Análise funcional

Face complexidade do produto e do processo e das variações do mesmo é difícil realizar uma análise de valor consistente, no entanto de acordo com a equação 2.1, considerou-se os recursos utilizados como custo de operação desta forma, ao reduzir o tempo de atividades do processo ou com a eliminação de algumas atividade admite-se que se está aumentar o valor do produto, no entanto o impacto previsto das propostas selecionadas será analisado ainda neste estudo.

### Análise de valor da atividade de retoque (fusão)

Na Figura 4.11 encontra-se representado o fluxograma do processo da atividade de Retoque (Fusão).



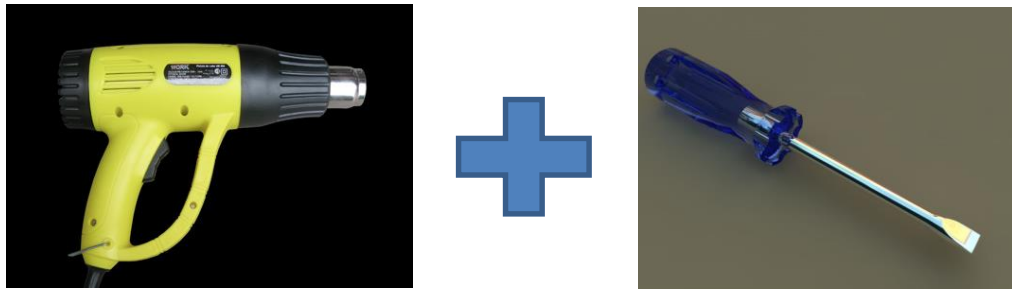
**Figura 4.11** - Fluxograma de processo da atividade de retoque (Fusão)

Esta atividade, a de Retoque, como já foi referido, é a mais demorada do processo de revestimento. Destaca-se também por ser a mais desconfortável para operador de montagem. O processo é dividido em duas subactividades, a primeira, onde é aquecida uma chave de fendas com um aquecedor industrial<sup>5</sup> (Figura 4.12), e não acrescenta valor para o produto, ocupando cerca de 50% da atividade de retoque (fusão). A segunda é o retoque do revestimento com a chave

---

<sup>5</sup> O aquecedor é do género de um berbequim pesa aproximadamente 3 kg, causa grande desconforto visto que é segurado com apenas uma mão. Na outra mão encontra-se a chave de fendas que será aquecida. Por vezes esta tarefa é realizada em cima de escadote, tornando-a mais exigente.

de fendas aquecida, esta sim, é uma subactividade que acrescenta valor ao produto final, ocupa os outros 50% do tempo total desta atividade.



**Figura 4.12** - Aquecedor industrial (esquerda) e chave de fendas (direita)

O objetivo será reduzir e se possível eliminar a subactividade que não acrescenta valor. Aumentando desta forma o valor do produto final. De seguida são apresentadas propostas e avaliados os seus impactos.

## **4.7 Apresentação de propostas**

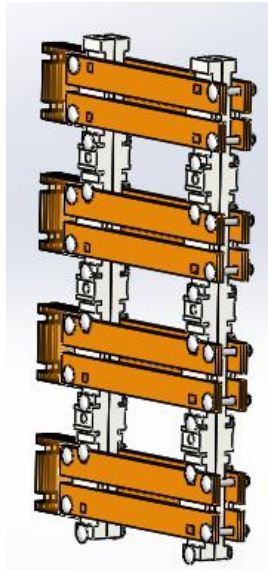
### **Apresentação da proposta para redução das atividades de valor não acrescentado**

Visto que o QEBT é um produto customizado, as variantes e alterações do produto são muitas, sendo difícil fazer uma preparação automática dos troços de revestimentos prévia para todos os produtos, que levava à possível eliminação das atividades de medição corte e muitas das movimentações e preparações do posto.

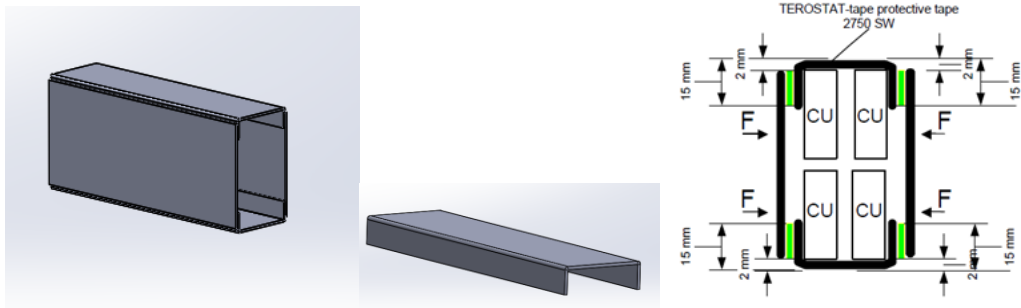
No entanto após uma análise das encomendas passadas, verificou-se que existem secções mais populares/comuns dos barramentos neste tipo de produto. A proposta passará por listar as configurações dessas secções de barramentos mais comuns, com o apoio do CAD e projetá-los no mesmo. Assim pode ser feita a integração com um CAM conseguindo a preparação prévia de alguns troços de revestimento mais populares, recorrendo-se a subcontratação de serviços para preparação dos mesmos.

Desta forma consegue-se reduzir o número de atividades de medição, corte e preparação do posto de trabalho, se considerarmos que estes barramentos representam cerca de 30% do número total dos barramentos, então conseguimos reduzir na mesma percentagem o número das atividades de corte, medição e em metade as deslocações simples, pois o operador continua a ter de se descolar, agora apenas uma vez, para ir buscar os revestimentos já cortados, na mesa de apoio.

Na Figura 4.13, imagem extraída do CAD, o tipo de uma das configurações mais comuns, já na Figura 4.14, encontra-se representado, o desenho em 3D criado a partir da Figura 4.13, e respetiva TAM, à direita.

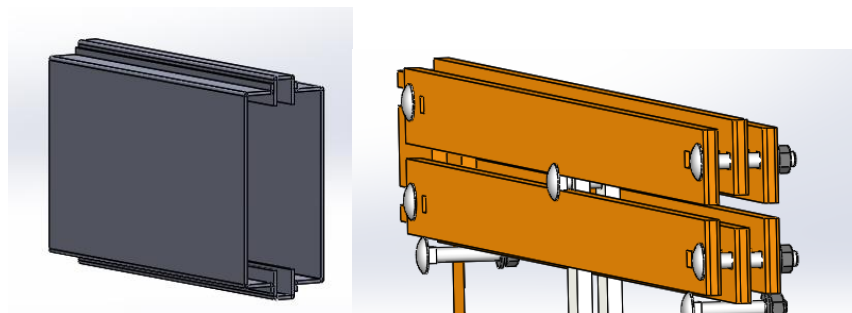


**Figura 4.13** - Configuração com 4 barras e 40 mm de largura, de barramentos de cobre



**Figura 4.14** - Revestimento para as 4 barras da e 40 mm de largura e a respetiva TAM

Na Figura 4.15 temos mais um exemplo do desenho 3D projeto para uma outra configuração de barras mais comuns (neste caso para 6 barras).



**Figura 4.15** - Revestimento projetado em 3D para barramentos com 6 barras de cobre

Em anexo, (Tabela A.3) encontra-se a listagem de todos os perfis de corte para revestir os barramentos mais comuns e que foram projetos em CAD.

## Apresentação da proposta para redução da atividade mais demorada

### Matriz de Idealidade

Como verificámos a atividade Retoque (Fusão) é aquele que ocupa mais tempo de toda a operação de revestimento, mas classificada também como a mais desgastante/desconfortável para os colaboradores de montagem.

Levantou-se a necessidade de alteração imediata das ferramentas e métodos de trabalho desta operação (Retoque) e foram definidos os parâmetros/requisitos para a nova ferramenta:

- Maior capacidade produtiva
- Menor peso das ferramentas
- Diminuir o número de ferramentas
- Diminuir o custo de operação
- Aumentar conforto de manuseamento das ferramentas
- Diminuir o tempo gasto para aquecer a ferramenta de retoque
- Possibilidade de regulação da temperatura
- Baixo custo de aquisição

Após a definição dos parâmetros, construiu-se a Matriz de Idealidade, Tabela 4.6, para verificar qual a relação entre os parâmetros definidos, ou seja, se existe alguma relação e se esta é positiva ou negativa (representadas por “+” e “-“ respetivamente). O resultado foi surpreendente.

**Tabela 4.6** - Matriz da idealidade da ferramenta de retoque

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Capacidade produtiva					+	+	+	
2. Peso das ferramentas			+		+		-	
3. Número de ferramentas		+			+			+
4. Custo de operação	+				+	+	+	
5. Conforto de Manuseamento	+	+	+					
6. Tempo gasto a aquecer a ferramenta	+			+				
7. Regulador de temperatura	+	-		+				-

As relações atribuídas na Tabela são justificadas de seguida:

1. Maior capacidade produtiva

Considerou-se que capacidade produtiva e o custo de operação são inversamente proporcionais, ou seja quanto mais se produzir mais barato é o custo de operação<sup>6</sup>. Quanto maior for o conforto de manuseamento menos pausas o operador tem de fazer para recuperar de uma situação de fadiga. Quanto menor for o tempo gasto para aquecer a ferramenta de retoque, mais tempo operador tem para retocar, aumentando assim a capacidade produtiva. O regulador de temperatura da ferramenta permite ao operador encontrar a temperatura ideal para retocar com menos falhas, aumentando assim a capacidade produtiva de produtos conforme.

2. Menor peso das ferramentas

Uma ferramenta mais leve permite um conforto de manuseamento maior. Para reduzir o peso mas ferramentas a diminuição do número da mesma é uma solução. No entanto um regulador de temperatura na ferramenta vai aumentar o peso final da ferramenta.

3. Diminuir o número de ferramentas

Com a diminuição do número de ferramentas o peso será menor, o custo de aquisição, em princípio será menor<sup>7</sup>, e o conforto de manuseamento será maior.

4. Custo de operação

Como já foi referido o custo de operação é inversamente proporcional à capacidade produtiva então a relação positiva com os parâmetros 5,6 e 7 seguem a mesma razão apresentada no parágrafo do “Aumento da capacidade produtiva”, caso o custo de operação seja menor.

5. Aumentar o conforto de manuseamento das ferramentas

Como já referido, o aumento do conforto de manuseamento permite uma maior produtividade pois a tarefa é realizada com mais qualidade e menos pausas são necessárias para recuperar de uma situação de fadiga. Com a diminuição do peso e número das ferramentas o conforto também aumenta.

---

<sup>6</sup> Os recursos utilizados não se elevaram, utilizou-se o mesmo número de RH's, a mesma energia, número de materiais. Logo pôde-se assumir proporcionalidade inversa da função capacidade com função custo de operação de forma lógica. Por exemplo, quanto mais se produzir numa hora, mais barato será o custo de operação nessa hora.

<sup>7</sup> O preço das ferramentas atuais e da ferramenta proposta será comparado mais à frente. No entanto pensa-se que a ferramenta proposta terá um custo de aquisição menor face ao preço elevado de uma das ferramentas atuais.

## 6. Regulador de temperatura

Com a possibilidade do operador regular a temperatura da ferramenta, a produção é feita com maior qualidade, aumentado assim a capacidade de produtos conformes diminuindo assim também o custo de operação. O regulador vai aumentar o peso da ferramenta e aumentar o custo de aquisição.

## 7. Custo de aquisição

Com a diminuição do número de ferramentas, o custo de aquisição, em princípio será menor. No entanto a introdução de um regulador de temperatura deve aumentar o custo de aquisição da nova ferramenta.

### **Idealidade da ferramenta**

Analisada a matriz, calculou-se a o nível de idealidade da nova ferramenta, através da equação 2.3

$$Idealidade = \frac{n^{\circ} \text{ de funções úteis}}{n^{\circ} \text{ de funções nocivas}} \quad [2.3]$$

Obtendo-se:

$$Idealidade_{com\ regulador} = \frac{10}{2} = 5$$

Obteve-se o valor 5 de idealidade para a ferramenta com regulador, no entanto se estudarmos a idealidade de uma ferramenta sem regulador de temperatura então o nível de idealidade será de composto apenas com funções úteis, sendo impossível utilizar a equação 2.3, porém seu limite de idealidade tenderia para  $\infty$ . No entanto, para comparação, considerou-se o nível e idealidade igual ao número de funções úteis.

$$Idealidade_{s/regulador} = 8$$

Numa primeira análise, através da idealidade de uma ferramenta, parece mais vantajosa a utilização de uma ferramenta sem regulador, no entanto, mais à frente, estudou-se em pormenor esta situação e comparou-se ainda com a situação das ferramentas atuais.

## **4.8 Seleção das propostas**

### **Matriz de Pugh**

Para avaliação das ferramentas atuais com as ferramentas propostas, com e sem regulador de temperatura, começou-se por definir ponderação dos fatores para os parâmetros utilizados anteriormente na Tabela 4.6. Construiu-se uma matriz de decisão a Tabela 4.8 para perceber então qual importância de cada parâmetro para escolha da ferramenta da seguinte forma:

1. De acordo com a relação de cada parâmetro foi atribuído um sinal “+”, “-“ ou “=”, caso a relação do parâmetro da linha fosse mais importante, menos importante ou de igual importância, que o parâmetro da coluna, respetivamente.
2. Para cada parâmetro foi calculado o somatório, com a correspondência dos sinais ”+”, “-“ e “=” a 1, -1 e 0, respetivamente, obtendo-se assim o valor “Soma”.
3. De seguida atribuiu-se uma pontuação, consoante o valor “soma”, apresentado na Tabela 4.7.
4. O fator de ponderação de cada parâmetro foi obtido através do cociente [4.1] entre a pontuação obtida e o somatório de todos as pontuações.

$$Fator\ de\ Ponderação_i = \frac{Ponderação_i}{\sum Ponderação} \quad [4.1]$$

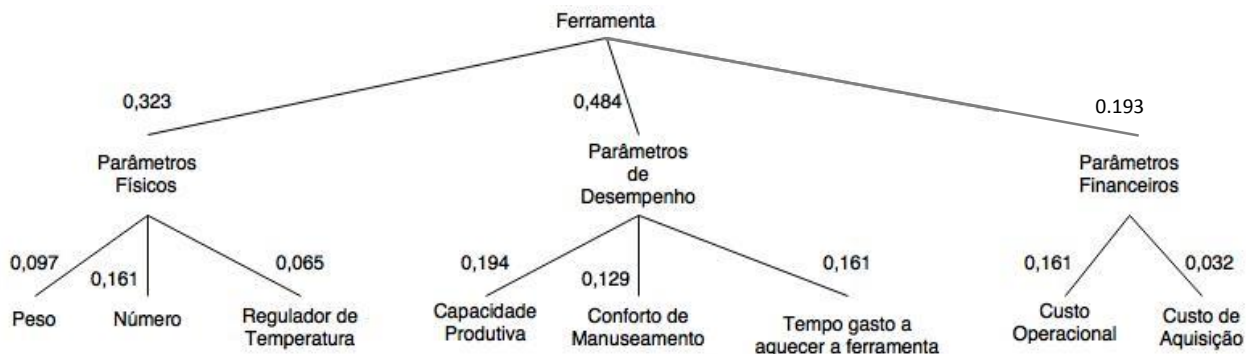
**Tabela 4.7** - Tabela de pontuações face à soma obtida

Valor da Soma	Entre -7 e -5	Entre -5 e -4	Entre -3 e -2	Entre -1 e 1	Entre 2 e 3	Entre 4 e 5
Pontuação Obtida	1	2	3	4	5	6

**Tabela 4.8** - Matriz de Pugh para decisão dos fatores de ponderação dos parâmetros

Parâmetros									Soma	Pontuação	Ranking	Ponderação
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.				
<b>1. Capacidade produtiva</b>		+	+	=	+	=	+	+	5	6	1º	0,193
<b>2. Peso das ferramentas</b>	-		=	-	=	-	=	+	-2	3	6º	0,097
<b>3. Número de ferramentas</b>	-	=		+	=	+	+	+	3	5	2º	0,161
<b>4. Custo de operação</b>	=	+	-		+	=	+	+	3	5	2º	0,161
<b>5. Conforto de Manuseamento</b>	-	=	=	-		-	+	+	-1	4	5º	0,129
<b>6. Tempo gasto a aquecer a ferramenta</b>	=	+	-	=	+		+	+	3	5	2º	0,161
<b>7. Regulador de temperatura</b>	-	=	-	-	-	-		+	-4	2	7º	0,065
<b>8. Custo de aquisição</b>	-	-	-	-	-	-	-		-7	1	8º	0,032
										31		1

Os parâmetros que tiveram maior importância, para a seleção da nova ferramenta, foram os de **Desempenho**. Estes vão de encontro com os objetivos propostos inicialmente, reduzir o tempo de atividade e tornar atividade mais confortável, como se pode verificar na árvore de fatores de ponderação da Figura 4.16.



**Figura 4.16** - Fatores de ponderação dos parâmetros para seleção da ferramenta

### Matriz de Decisão

No entanto através da Matriz de Idealidade Tabela 4.6, percebeu-se que existem relações entre os vários parâmetros. Os parâmetros físicos ou técnicos manifestam-se sempre nos parâmetros de desempenho e é preciso ter também em conta os parâmetros financeiros para avaliar o investimento. Desta forma avaliou-se através de outra matriz de decisão da Tabela 4.9 a ferramenta mais adequada. As alternativas propostas foram:

1. Manter as ferramentas atuais;
2. Adquirir nova ferramenta sem regulador de temperatura;
3. Adquirir nova ferramenta com regulador de temperatura;

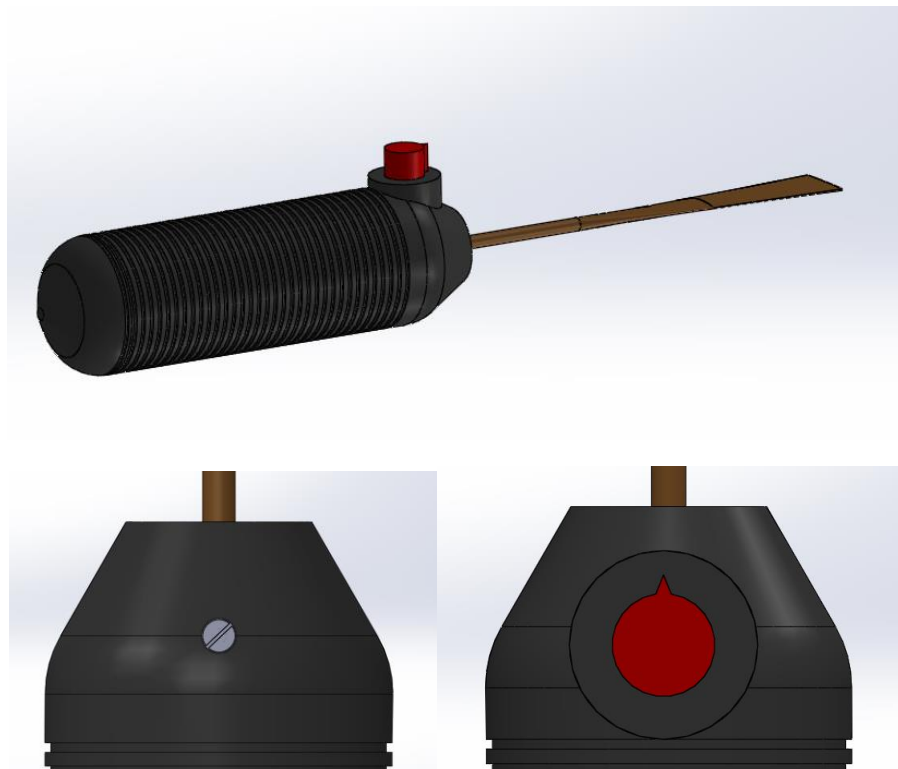
Utilizou-se sempre uma escala de 1 a 3 para classificar os parâmetros, excepto no parâmetro 7. Regulador de Temperatura, neste caso utilizou-se uma escala binária (0 ou 1), 0 se não possui-se regulador e 1 se possui-se.

Como se pode observar a proposta mais viável será a implementação de uma nova ferramenta com regulador de temperatura. Quando se calculou a idealidade, parecia que a ferramenta sem regulador podia ser mais viável. Pois não tinha funções negativas, no entanto percebemos que por vezes algumas relações negativas, neste caso, (um aumento pouco significativo no peso da ferramenta e o investimento um pouco maior no custo de aquisição da ferramenta), podem traduzir mais-valias significativas da utilidade da ferramenta. Este fenómeno acontece porque um produto não deve ser avaliado só pelas suas características físicas, mais principalmente pelas suas características de desempenho.

**Tabela 4.9** - Matriz de decisão para seleção da ferramenta

Parâmetros	Fator de Ponderação	Ferramenta Atual	Classificação Ponderada	ferramenta s/ regulador	Classificação Ponderada	ferramenta c/ regulador	Classificação Ponderada
		Classificação		Classificação		Classificação	
1. Capacidade produtiva	0,194	1	0,194	2	0,387	3	0,581
2. Peso das ferramentas	0,097	1	0,097	3	0,290	2	0,194
3. Número de ferramentas	0,161	1	0,161	2	0,323	2	0,323
4. Custo de operação	0,161	1	0,161	2	0,323	3	0,484
5. Conforto de Manuseamento	0,129	1	0,129	2	0,258	2	0,258
6. Tempo gasto a aquecer a ferramenta	0,161	1	0,161	2	0,323	2	0,323
7. Regulador de temperatura	0,065	0	0,000	0	0,000	1	0,065
8. Custo de aquisição	0,032	3	0,097	2	0,065	1	0,032
		Classificação	1,000	Classificação	1,968	Classificação	2,258

A opção escolhida foi então a ferramenta com regulador de temperatura. Na Figura 4.17, observamos a ferramenta proposta, em protótipo, e também uma ponta para retocar num formato alternativo para alcançar lugares de acesso mais difícil. A troca de pontas de retoque pode ser feita através do parafuso lateral e ainda com uma configuração alternativa para acessos mais complicados apresentada na Figura 4.18. Em anexo, na Figura A.2, encontram-se projetadas as medidas da ferramenta proposta em diferentes perspetivas.

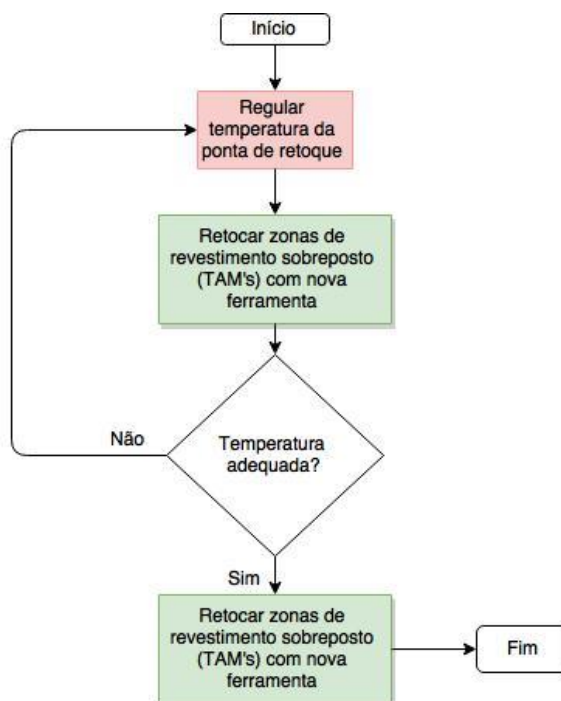


**Figura 4.17** - Nova ferramenta com regulador de temperatura e ponta de retoque alternativa



**Figura 4.18** - Configuração de retoque alternativa

Esta ferramenta está permanente ligada à corrente com um cabo suficientemente longo para que o operador de montagem se possa deslocar em toda a célula de montagem dos QEBT. A temperatura das pontas metálicas pode ser regulada permitindo ao operador escolher a temperatura ideal para efetuar um retoque conforme, ou mesmo desliga-la enquanto realiza outras atividades. No fluxograma da Figura 4.19, encontra-se representado o processo da atividade de retoque (fusão) com a utilização da nova ferramenta,



**Figura 4.19** - Fluxograma de processo da atividade de retoque (fusão) com nova ferramenta

No processo de retoque (fusão) inicial, cerca de 50% do tempo despendido na atividade – aquecer a chave de fendas, não acrescentava valor ao produto, e apenas 50% do tempo era despendido com o retoque em si. Com a utilização da nova ferramenta, são eliminados os 50% (a aquecer a chave) e considera-se 2% do tempo para a regular a temperatura e para que a ferramenta atinja a temperatura ideal. Pode-se considerar que a atividade de valor não acrescentado foi praticamente eliminada, aumentando assim valor ao produto.

## 4.9 Caracterização das propostas selecionadas

Foram definidos os seguintes objetivos/requisitos para aceitação das propostas:

1. Capacidade de resolução do problema;
2. Baixo nível de investimento;
3. Baixo risco de implementação.
4. Rapidez de implementação;
5. Redução do esforço de trabalho dos colaboradores de montagem;

Na página seguinte na Tabela 4.10, apresentam-se as duas propostas nos respectivos níveis de ação.

**Tabela 4.10** - Descrição das propostas

	<b>Proposta 1 – Projeção no CAD dos troços dos barramentos mais comuns e em subcontratação para corte preparação dos mesmos troços de revestimento.</b>	<b>Proposta 2 – Utilização da nova ferramenta de retoque, com regulador de temperatura (termostato).</b>
<b>Capacidade de resolução do problema Foco de redução ou de eliminação das atividades de valor não acrescentado</b>	Redução de cerca de 30% de atividade de valor não acrescentado (Corte, Medição) e em 15% para as Movimentações Simples e Preparação do posto de trabalho	Eliminação quase na totalidade da subatividade valor não acrescentado no processo de retoque (fusão) 50% do tempo da atividade.
<b>Baixo nível de investimento</b>	O nível de investimento é baixo no entanto é necessário verificar a viabilidade do investimento face ao processo tradicional	Investimento insignificante, pois é facilmente amortizado. Além disso permite a redução do custo operacional.
<b>Baixo risco de implementação</b>	O de implementação risco é baixo. O operador de montagem tem sempre o processo tradicional como “back-up”, no entanto pode haver alguma confusões para identificação dos troços e dos barramentos.	O risco de implementação é baixo. A ferramenta é de fácil manuseamento, bastante mais que o processo tradicional de retoque (fusão)
<b>Rapidez de implementação</b>	Fácil implementação, os troços e barramentos já foram todos projetados, basta serem encomendados sempre que necessários, no entanto a identificação dos troços aos barramentos pode ser lenta inicialmente.	Muito fácil implementação, basta formar os operadores para o funcionamento do termostato da ferramenta. O processo permanece inalterável na atividade de acrescenta valor.
<b>Redução do esforço de trabalho dos colaboradores de montagem</b>	Com a redução da carga de trabalho, existe naturalmente uma redução do esforço	Foi eliminada a tarefa mais exigente que por sua vez ocupava 50% do tempo. Sendo assim o esforço diminui significativamente, a atividade tornou-se mais curta e mais confortável.





## **Análise e discussão de resultados**

### **Avaliação das Propostas**

A prioridade ao longo deste projeto foi criar soluções que permitissem reduzir ou eliminar atividades de valor não acrescentado para o produto, e sempre que possível aumentar o conforto das atividades, em geral. Se o processo já era considerado demorado, também era composto por muitas atividades sem valor acrescentado.

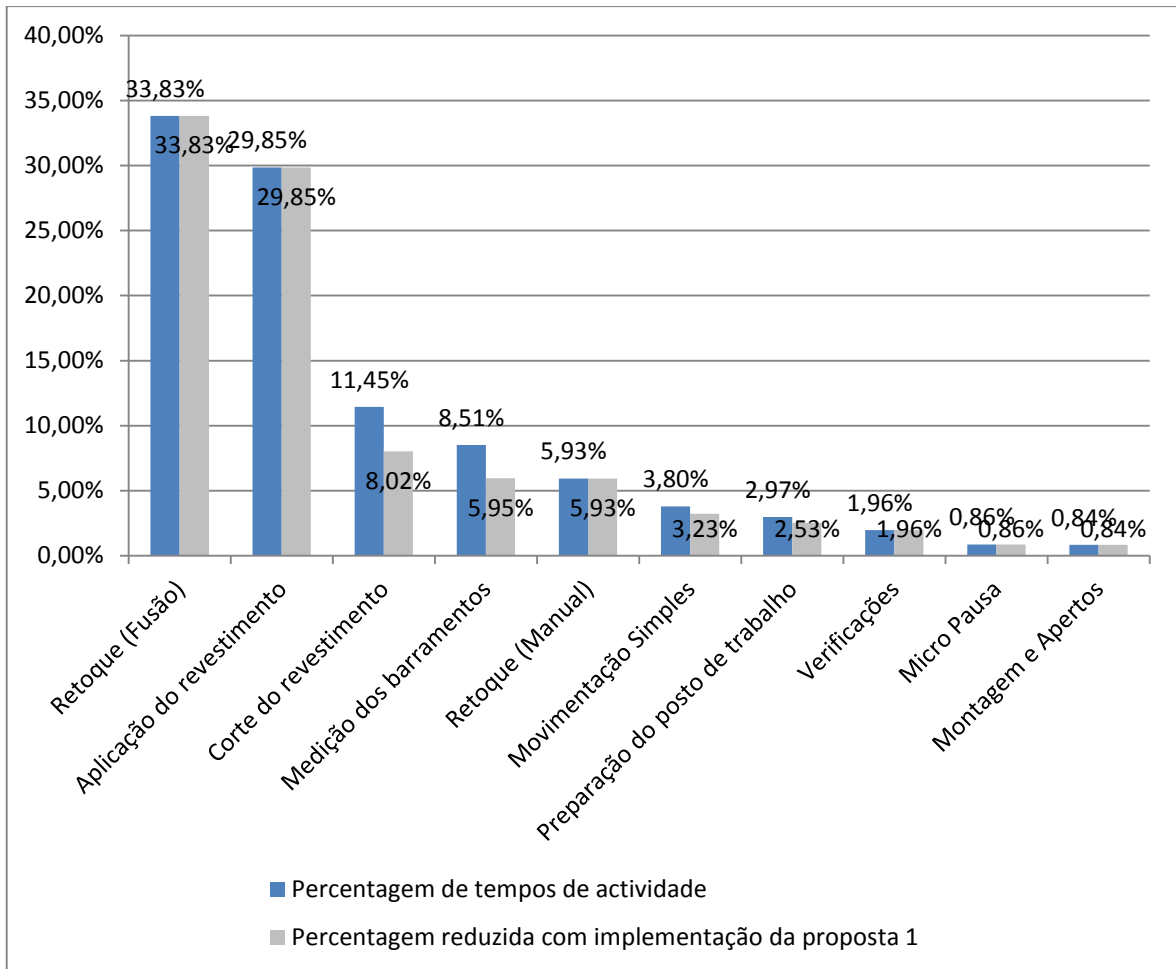
Faz-se agora uma análise para avaliar os impactos previstos das propostas selecionadas.

#### **5.1 Análise e discussão dos resultados da proposta 1**

Descrição da proposta - Projeção no CAD dos troços dos barramentos mais comuns e em subcontratação para corte preparação dos mesmos troços de revestimento.

##### **Tempo**

Os barramentos mais comuns representam entre cerca de 30% número total de barramentos de uma encomenda. Na Figura 5.1 pode-se verificar a redução percentual de algumas das atividades que não acrescentam valor como por exemplo: no corte, na medição, movimentações e preparação do posto. Prevê-se uma redução de 30% no número de atividades de corte e medição visto que o operador deixará de realizar 30% dessas tarefas pois os troços de revestimento já estarão preparados na mesa de apoio. Prevê-se ainda uma redução de metade dos 30%, ou seja 15%, nas movimentações simples e preparação do posto de trabalho, pois o operador de montagem continua a ter de se deslocar entre a mesa e o QEBT, no entanto metade das vezes, visto que agora o operador não necessita de uma duas movimentações extras para ir buscar a fita-métrica à mesa de apoio, quando os troços de revestimento já estão preparados.



**Figura 5.1** - Gráfico de avaliação da proposta 1

Conclui-se que com a implementando da proposta 1 é possível reduzir cerca de 7% do tempo de atividade do processo.

### **Conforto da atividade**

Prevê-se que a atividade de corte e medição se tornem mais confortáveis, com a redução do número das mesmas. Assim com a redução do número de cortes efetuados, reduz-se o perigo de corte para o operador.

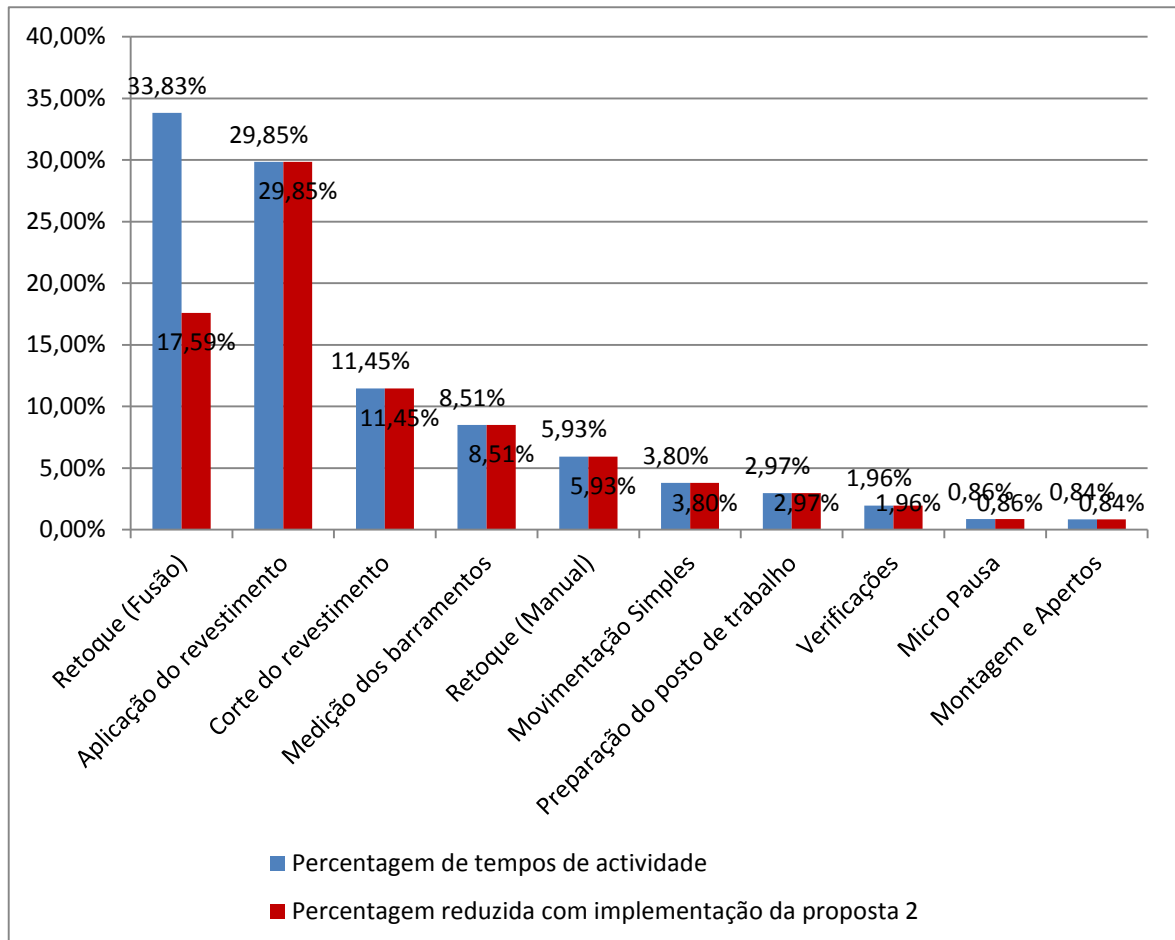
## **5.2 Análise e discussão dos resultados da proposta 2**

Descrição da proposta - Utilização de uma nova ferramenta de retoque, com regulador de temperatura (termostato) na atividade retoque (fusão), permanentemente quente.

### **Tempo**

Com a utilização das ferramentas atuais, cerca de 50% do tempo da atividade de retoque (fusão) é despendido a aquecer a chave de fendas, subactividade esta que não acrescenta valor ao produto, para só depois efetuar o retoque em si.

Sendo assim com a utilização de uma ferramenta permanentemente quente para realização dos retoques prevê-se uma redução de cerca 48% do tempo desta atividade. Eliminando-se assim, quase na totalidade, a subactividade que não acrescenta valor ao produto final. Considerou-se uma redução de 48% e não de 50% na pois prevê-se que 2% do tempo será gasto para regular a temperatura e para que ferramenta chegue à temperatura ideal. Na Figura 5.2 podemos verificar uma redução significativa no tempo de atividade de retoque (fusão).



**Figura 5.2** - Gráfico de avaliação da proposta 2

Conclui-se que com a implementação da proposta 2 é possível reduzir cerca de 16,2% do tempo de atividade do processo.

### **Financeira**

O custo de aquisição das ferramentas atuais de cerca de 100€ visto que o custo de aquisição da ferramenta proposta pode variar entre os 80€ e 160€ será viável aquisição da mesma.

Uma encomenda demora em média cerca de 6 dias a ser revestida. Se considerarmos que com a utilização da nova ferramenta existe uma redução de 16,2% do tempo de operação, um dia de trabalho tem 8 horas, e custo de operação por hora é de 18,97€, então pelos cálculos a baixo percebe-se que a ferramenta é amortizada e gera ainda poupança com apenas uma encomenda.

$$6\text{dias} * 0,162 = 0,972\text{dias}$$

$$0,972\text{dias} * 8\text{h} = 7,776\text{h}$$

$$7,778\text{h} * 18,97\text{€/h} = 147,51\text{€}$$

### Conforto da Atividade

Prevê-se como a substituição do aquecedor e da chave de fendas por uma única ferramenta que a atividade de retoque se torne bastante mais confortável e segura. O operador de montagem pode ter uma das mãos sempre livre, e não necessita de estar com o aquecedor, de peso elevado (aprox. 3kg), por longos períodos de tempo.

### 5.3 Análise e discussão dos resultados das propostas

Prevê-se, como ilustrado na Figura 5.3 que a redução dos tempos totais de atividade, com a implementação das duas propostas, seja cerca de 23,3%. Sem acelerar o ritmo de trabalho dos operadores de montagem, reduzindo algumas atividades ou subactividades que não acrescentam valor, e além disso, torna-las mais confortáveis e económicas. Visto que as propostas são de fácil implementação e de baixo custo faz sentido a implementação das mesmas.

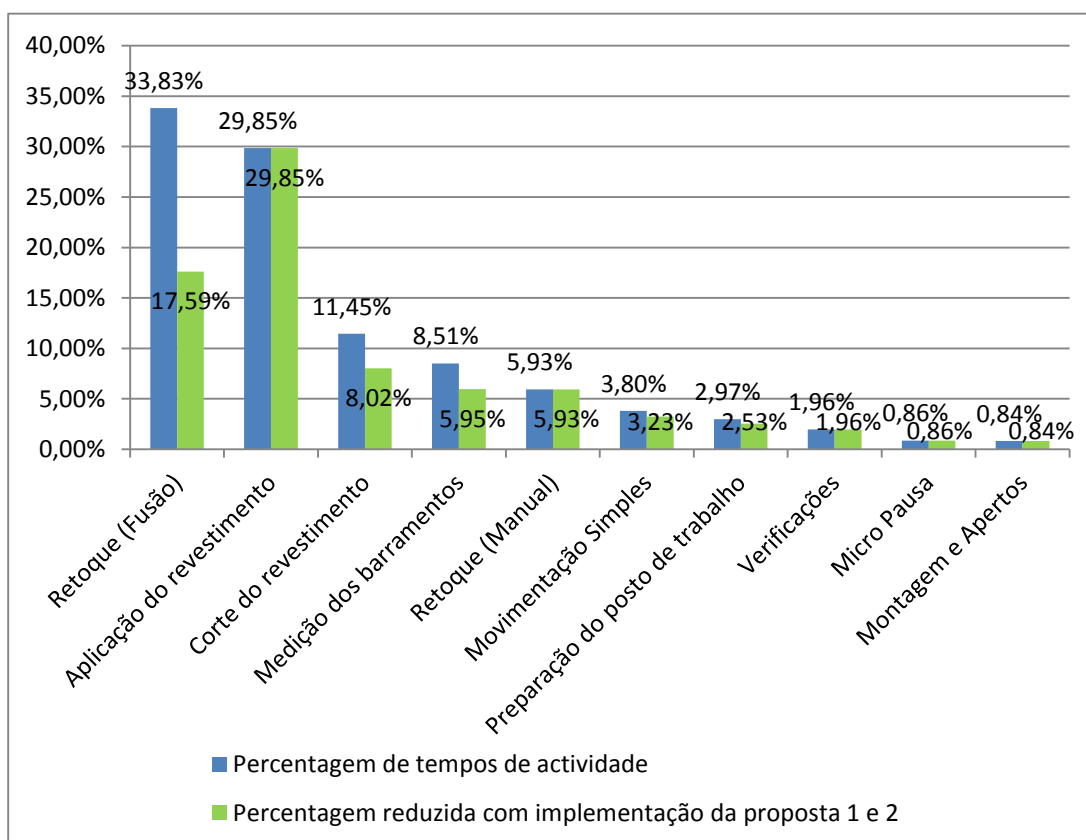


Figura 5.3 - Gráfico de avaliação da proposta 1 e 2



## **Conclusões do estudo e desenvolvimentos futuros**

O estudo desenvolvido na presente dissertação demonstra como é possível a utilização das metodologias da Gestão das Operações para estudo do processo de forma integrada com as ferramentas da metodologia TRIZ para seleção, ou neste caso mais concreto, inovação das tecnologias de processo produtivo.

Pretende-se demonstrar com este estudo que as ferramentas da Gestão das Operações, em geral de simples aplicação, ajudam a deteção rápida e eficaz de problemas ou constrangimentos nos processos, sendo um excelente ponto de partida para aplicação de outras metodologias para resolução de problemas, neste caso a TRIZ.

No entanto ao longo da aplicação das metodologias da Gestão das Operações verificou-se da mesma forma que existem poucas ferramentas inovadoras para resolução dos problemas e as soluções passam principalmente por um carácter mais estratégico de soluções padrão. Como foi o caso da integração CAD com um CAM subcontratado, para substituição de algumas de atividades mais manuais do processo. Percebe-se ao longo deste que esta integração por vezes é complicada, pode levar horas, e nem sempre trás mais-valias ao processo.

As ferramentas utilizadas da metodologia TRIZ demonstraram uma fácil e abrangente aplicação ao longo deste estudo. Com a da Matriz de Idealidade identificaram-se os tipos de relações entre os parâmetros da ferramenta tecnológica. De seguida com a utilização da Matriz de Pugh, de acordo com análise feita anteriormente com a Matriz de Idealidade, definiu-se o peso de cada parâmetro da ferramenta para poder avaliar as soluções propostas.

As ferramentas da TRIZ possuem um amplo grau de liberdade, daí os resultados ou soluções podem variar bastante face à interpretação ou análise feita por quem as aplica. No entanto a Gestão das Operações com o apoio da metodologia TRIZ trazem grandes mais-valias para qualquer indústria, não só para deteção de constrangimentos nos processos produtivos e identificação de ferramentas ou tecnologias obsoletas ou inapropriadas, como também através da TRIZ desenvolver soluções rápidas e inovadoras para substituição das mesmas ferramentas ou tecnologias.



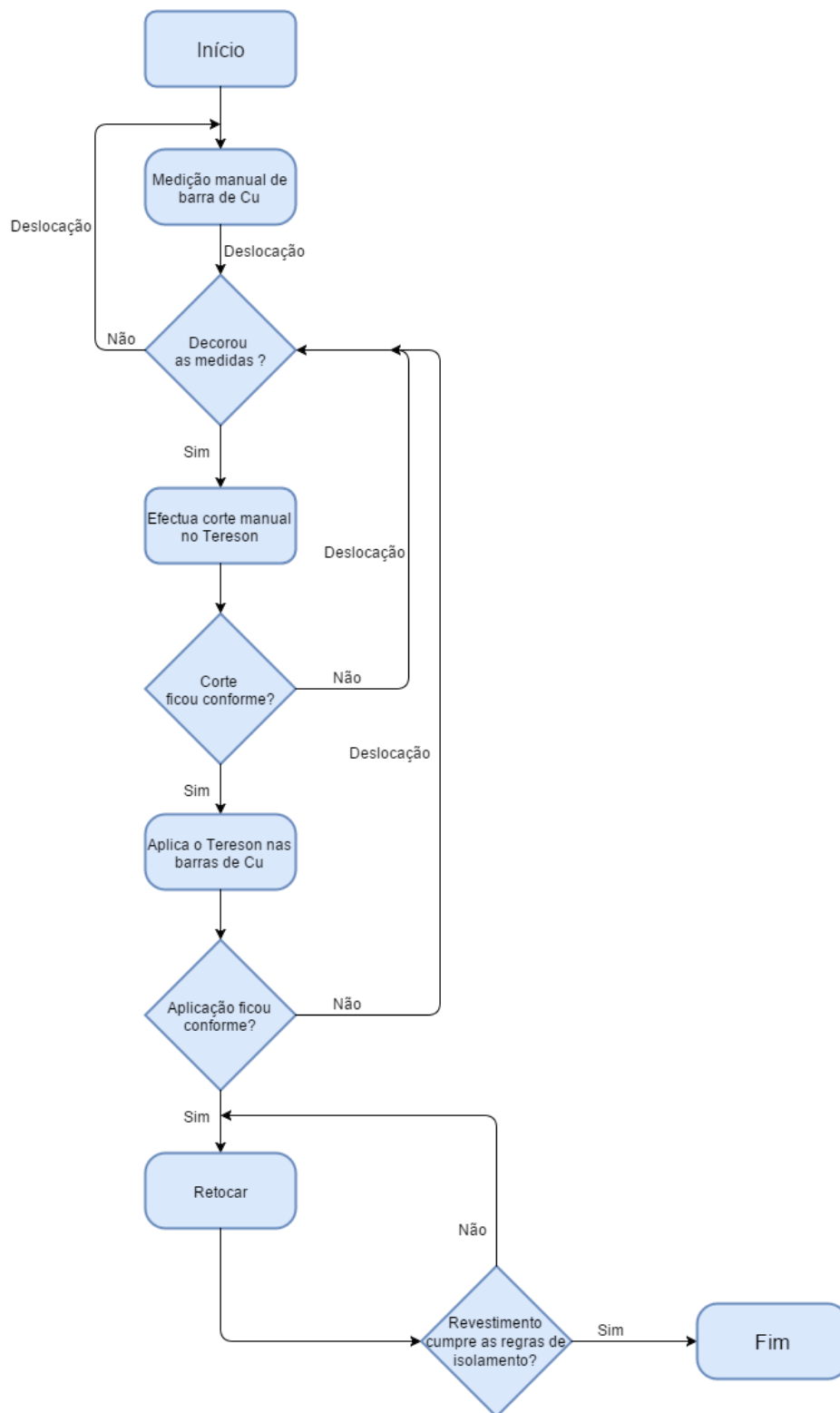
## Referências Bibliográficas

1. **Barry, K, Domb, E e Slocum, M 2006.** *What is TRIZ?* s.l. : *The TRIZ Journal*, 4(2-3), 30–37.
2. **Brown, S. 1996.** *Strategic Manufacturing for Competitive Advantage*. London: Prentice Hall.
3. **Eagen, R, Allen, J, Beth, E. Caudill, Corbert D. Howard, A Roanld. Hunter, J Stuart. Magee, Christopher L. Case, Simon Ostrach. Rouse, William B. 2001.** *Approaches to Improve Engineering Design*, Washington D.C.: The National Academies Press.
4. **Eversheim, W. 2009.** *Innovation Managment for Technical Products: Systematic and Integrated Product Development and Production Planning*. Berlin Heidelberg : Spring Verlag.
5. **Castro, H. 2015.** *Aplicação da Metodologia TRIZ em Embalagem para Logística*. Dissertação para obtenção Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
6. **Ilevbare, I.M., Probert, D., & Phaal, R. 2013.** *Technovation A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. Technovation*, 33(2-3), 30–37.
7. **Nakagawa, T. 2001.** *Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) A technological Philosophy for Creative Problem Solving. Paper presented at the Twenty third Annual Symposium of Japan Creativity Society*, 1(3–4), 2-8.
8. **Neumann, Clóvis. 2013.** *Gestão de Sistemas de Produção e Operações (Produtividade, Lucratividade e Competitividade)*. Brasília: ELSEVIER - CAMPUS.
9. **Nix, Doug 2010,** *Compliance Insight, and Order No 2010. “Technical Report” Disponível em: <http://machinerysafety101.com/2010/11/19/iso-withdraws-machinery-risk-assessment-standard/>*
10. **Porter, Michael E. 1980.** *Competitive Strategy*. New York : The Free Press.
11. **Rantanen, K., Domb, E., 2008.** *Simplified TRIZ - New problem solving applications for engineers and manufacturing professionals*. New York: Auerbach Publications.

12. **Roldão, V., Ribeiro, J. 2007.** *Gestão das Operações - Uma Abordagem Integrada*. Lisboa: Monitor.
13. **Souchkov, V. 1997.** *Accelerate innovation with TRIZ*. The TRIZ Journal, 7(2), 68-75.
14. **Votano, J.R., Parham, M., Lowell H. K., Lemont, B. 2004.** *Approaches to Improve Engineering Design, Chemistry & biodiversity*, Zurich: Verlag Helvetica Chimica Acta AG, 1(11), 1829–1840.

## **Anexo**





**Figura A.1** - Fluxograma do processo de revestimento



**Tabela A.1** - Folha de registo operatório das atividades do processo de revestimento

Opera- ção	Descrição da Atividade	Nº de Ativi- dade	Tempo da ta- refa [seg.]	Materiais	Ferramentas	Local
1	Aplicação do revestimento	1	570	Teroson	Luvas	QEBT
2	Movimentação Simples	6	25	Com ou sem Carga	Luvas	PT
3	Preparação do posto de traba- lho	7	17	Vários	Várias	PT
4	Retoque (Manual)	9	50	Teroson aplicado	Xizato e Luvas	QEBT
5	Preparação do posto de traba- lho	7	8	Vários	Várias	PT
6	Retoque (Manual)	9	41	Teroson aplicado	Xizato e Luvas	QEBT
7	Preparação do posto de traba- lho	7	10	Vários	Várias	PT
8	Retoque (Manual)	9	39	Teroson aplicado	Xizato e Luvas	QEBT
9	Preparação do posto de traba- lho	7	30	Vários	Várias	PT
10	Retoque (Fusão)	8	489	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Lu- vas	QEBT
11	Medição dos barramentos	3	41	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
12	Movimentação Simples	6	21	Com ou sem Carga	Luvas	PT
13	Corte do revestimento	2	152	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
14	Movimentação Simples	6	13	Com ou sem Carga	Luvas	PT
15	Aplicação do revestimento	1	279	Teroson	Luvas	QEBT
16	Retoque (Manual)	9	167	Teroson aplicado	Xizato e Luvas	QEBT
17	Preparação do posto de traba- lho	7	36	Vários	Várias	PT
18	Retoque (Fusão)	8	799	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Lu- vas	QEBT
19	Medição dos barramentos	3	46	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
20	Movimentação Simples	6	27	Com ou sem Carga	Luvas	PT
21	Corte do revestimento	2	151	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
22	Movimentação Simples	6	12	Com ou sem Carga	Luvas	PT
23	Aplicação do revestimento	1	514	Teroson	Luvas	QEBT
24	Preparação do posto de traba- lho	7	31	Vários	Várias	PT
25	Retoque (Fusão)	8	316	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Lu- vas	QEBT
26	Verificações	10	80	Teroson aplicado	Várias	QEBT
27	Retoque (Fusão)	8	58	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Lu- vas	QEBT
28	Verificações	10	24	Teroson aplicado	Várias	QEBT
29	Retoque (Fusão)	8	266	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Lu- vas	QEBT
30	Retoque (Manual)	9	156	Teroson aplicado	Xizato e Luvas	QEBT
31	Micro Pausa	4	24	Nenhum	Nenhuma	PT
32	Medição dos barramentos	3	24	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT

**Tabela A.1** - Folha de registo operatório das atividades do processo de revestimento (Continuação)

Opera- ção	Descrição da Atividade	Nº de Ativi- dade	Tempo de ta- refa [seg.]	Materiais	Ferramentas	Local
33	Movimentação Simples	6	20	Com ou sem Carga	Luvas	PT
34	Corte do revestimento	2	40	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
35	Movimentação Simples	6	20	Com ou sem Carga	Luvas	PT
36	Aplicação do revestimento	1	175	Teroson	Luvas	QEBT
37	Montagem e Apertos	5	64	Componentes do QEBT	Ferramentas de aperto	QE
38	Medição dos barramentos	3	37	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
39	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
40	Corte do revestimento	2	32	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
41	Movimentação Simples	6	20	Com ou sem Carga	Luvas	PT
42	Aplicação do revestimento	1	115	Teroson	Luvas	QEBT
43	Medição dos barramentos	3	58	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
44	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
45	Corte do revestimento	2	11	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
46	Movimentação Simples	6	12	Com ou sem Carga	Luvas	PT
47	Aplicação do revestimento	1	219	Teroson	Luvas	QEBT
48	Medição dos barramentos	3	114	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
49	Movimentação Simples	6	20	Com ou sem Carga	Luvas	PT
50	Corte do revestimento	2	13	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
51	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
52	Aplicação do revestimento	1	122	Teroson	Luvas	QEBT
53	Medição dos barramentos	3	55	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
54	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
55	Corte do revestimento	2	25	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
56	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
57	Aplicação do revestimento	1	161	Teroson	Luvas	QEBT
58	Medição dos barramentos	3	37	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
59	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
60	Corte do revestimento	2	4	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
61	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
62	Aplicação do revestimento	1	126	Teroson	Luvas	QEBT
63	Retoque (Fusão)	8	453	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Luvas	QEBT
64	Micro Pausa	4	42	Nenhum	Nenhuma	PT
65	Retoque (Fusão)	8	152	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Luvas	QEBT
66	Verificações	10	46	Teroson aplicado	Várias	QEBT
67	Retoque (Fusão)	8	52	Teroson aplicado	Chave de Fendas; Aquecedor e Luvas	QEBT

**Tabela A.1** - Folha de registo operatório das atividades do processo de revestimento (Continuação)

Opera-ção	Descrição da Atividade	Nº de Ativi-dade	Tempo de ta-refa [seg.]	Materiais	Ferramentas	Local
68	Preparação do posto de traba-lho	7	95	Vários	Várias	PT
69	Medição dos barramentos	3	161	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
70	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
71	Corte do revestimento	2	311	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio
72	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
73	Medição dos barramentos	3	77	Barras de Cobre	Fita métrica e Luvas	QEBT
74	Movimentação Simples	6	10	Com ou sem Carga	Luvas	PT
75	Corte do revestimento	2	136	Teroson	Xizato, Régua e Luvas	Mesa de Apoio



**Tabela A.2 - Gráfico de análise do processo de revestimentos**

**GRÁFICO DE ANÁLISE**

FOLHA Nº: 1

LOCAL DE TRABALHO: Fábrica

DESIGNAÇÃO DO TRABALHO: Célula de Montagem de QEBT

POSTO: nº 1

ASSUNTO ESTUDADO: Tempos de Atividade da Operação de Revestimento dos QEBT

NOME: Francisco Serra e Moura Matalonga

	MÉTODO		DI-FER.
	ACT.	PROP.	
1	2281	2281	0
2	875	613	263
3	650	455	195
4	66	66	0
5	64	64	0
6	290	247	44
7	227	193	34
8	2585	1344	1241
9	453	453	0
10	150	150	0
TEMPO	7641	5865	1776

Operação Nº	Aplicação do revestimento	Corte	Medição	Micro Pausa	Montagem e Apertos	Movimentação Simples	Preparação do posto de trabalho	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	Retoque (manual com chizato)	Verificações	Descrição da Atividade	Tempo [segundos]	OBSERVAÇÕES	Reduzir/Eliminar
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	570		
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	25		x
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	17		x
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (manual com xizato)	50		
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	8		x
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (manual com xizato)	41		
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	10		x
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (manual com xizato)	39		
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	30		x
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	489		x
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	41		x
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	21		x
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	152		x
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	13		x
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	279		

Tabela A.2 - Gráfico de Análise do processo de revestimentos (Continuação)

Operação N°	Aplicação do revestimento	Corte	Medição	Micro Pausa	Montagem e Apertos	Movimentação Simples	Preparação do posto de trabalho	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	Retoque (manual com chizato)	Verificações	Descrição da Atividade	Tempo [segundos]	OBSERVAÇÕES	Reduzir/Eliminar
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (manual com xizato)	167		
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	36		x
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	799		x
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	46		x
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	27		x
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	151		x
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	12		x
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	514		
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	31		x
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	316		x
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Verificações	80		
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	58		x
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Verificações	24		
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	266		x
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (manual com xizato)	156		
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Micro-Pausa	24		
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	24		x
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	20		x
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	40		x
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	20		x
37	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	175		
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Montagem e Apertos	64		
39	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	37		x
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
41	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	32		x
42	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	20		x
43	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	115		
44	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	58		x
45	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
46	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	11		x
47	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	12		x
48	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	219		
49	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	114		x

**Tabela A.2 – Gráfico de análise do processo de revestimento (continuação)**

Operação Nº	Aplicação do revestimento	Corte	Medição	Micro Pausa	Montagem e Apertos	Movimentação Simples	Preparação do posto de trabalho	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	Retoque (manual com chiato)	Verificações	Descrição da Atividade	Tempo [segundos]	OBSERVAÇÕES	Reduzir/Eliminar
50	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples			x
51	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	13		x
52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	122		
54	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	55		x
55	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
56	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	25		x
57	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
58	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	161		
59	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	37		x
60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
61	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	4		x
62	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aplicação do revestimento	126		
64	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	453		x
65	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Micro-Pausa	42		
66	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	152		x
67	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Verificações	46		
68	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Retoque (com aquecedor e chave de fendas)	52		x
69	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Preparação do posto de trabalho	95		x
70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	161		x
71	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
72	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	311		x
73	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
74	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Medição	77		x
75	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Movimentação Simples	10		x
76	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Corte	136		x



**Tabela A.3 - Medidas de corte [mm] para revestir várias configurações de barramentos**

Nº Bar ras	Lar- gura (Y)	Espes- sura das Bar- ras (Z)	Com- pri- mento (X)	Nº Tro- ços de Re- vesti- mento (X)	Nº Tro- ços de Re- vesti- mento (Y)	NºTo- tal de Peda- ços de Re- vesti- mento	Espa- çament o entre Barras (Y)	Espa- çament o entre barras (Z)	Flatten 1		Qt	Flatten 2		
									Compri- mento do Re- ves- timento 1 (X)	Largura do Re- ves- timento 1 (Y)		Compri- mento do Re- ves- timento 2 (X)	Largura do Re- ves- timento 2 (Y)	
2	20	10	400	1	4	4	10,2	0	209,83	138,76	1			0
2	20	10	600	1	4	4	10,2	0	409,83	138,76	1			0
2	20	10	800	1	4	4	10,2	0	609,83	138,76	1			0
2	20	10	1000	2	4	8	10,2	0	389,92	138,76	2			0
2	20	10	1200	2	4	8	10,2	0	489,92	138,76	2			0
2	30	10	400	1	4	4	10,2	0	209,83	158,76	1			0
2	30	10	600	1	4	4	10,2	0	409,83	158,76	1			0
2	30	10	800	1	4	4	10,2	0	609,83	158,76	1			0
2	30	10	1000	2	4	8	10,2	0	389,92	158,76	2			0
2	30	10	1200	2	4	8	10,2	0	489,92	158,76	2			0
4	20	10	400	1	4	16	10,2	30,4	209,83	46,2	2	209,83	83,66	2
4	20	10	600	1	4	16	10,2	30,4	409,83	46,2	2	409,83	83,66	2
4	20	10	800	1	4	16	10,2	30,4	609,83	46,2	2	609,83	83,66	2
4	20	10	1000	2	4	32	10,2	30,4	389,92	46,2	4	389,92	83,66	4
4	20	10	1200	2	4	32	10,2	30,4	489,92	46,2	4	489,92	83,66	4
4	30	10	400	1	4	16	10,2	30,4	209,83	66,2	2	209,83	83,66	2
4	30	10	600	1	4	16	10,2	30,4	409,83	66,2	2	409,83	83,66	2
4	30	10	800	1	4	16	10,2	30,4	609,83	66,2	2	609,83	83,66	2
4	30	10	1000	2	4	32	10,2	30,4	389,92	66,2	4	389,92	83,66	4
4	30	10	1200	2	4	32	10,2	30,4	489,92	66,2	4	489,92	83,66	4
4	40	10	400	1	4	16	10,2	30,4	209,83	86,2	2	209,83	83,66	2
4	40	10	600	1	4	16	10,2	30,4	409,83	86,2	2	409,83	83,66	2
4	40	10	800	1	4	16	10,2	30,4	609,83	86,2	2	609,83	83,66	2
4	40	10	1000	2	4	32	10,2	30,4	389,92	86,2	4	389,92	83,66	4
4	40	10	1200	2	4	32	10,2	30,4	489,92	86,2	4	489,92	83,66	4
4	50	10	400	1	4	16	10,2	30,4	209,83	106,2	2	209,83	83,66	2
4	50	10	600	1	4	16	10,2	30,4	409,83	106,2	2	409,83	83,66	2
4	50	10	800	1	4	16	10,2	30,4	609,83	106,2	2	609,83	83,66	2
4	50	10	1000	2	4	32	10,2	30,4	389,92	106,2	4	389,92	83,66	4
4	50	10	1200	2	4	32	10,2	30,4	489,92	106,2	4	489,92	83,66	4
6	50	10	400	1	4	16	10,2	10,2	209,83	157,11	2	209,83	43,26	2
6	50	10	600	1	4	16	10,2	10,2	409,83	157,11	2	409,83	43,26	2
6	50	10	800	1	4	16	10,2	10,2	609,83	157,11	2	609,83	43,26	2
6	50	10	1000	2	4	32	10,2	10,2	389,92	157,11	4	389,92	43,26	4
6	50	10	1200	2	4	32	10,2	10,2	489,92	157,11	4	489,92	43,26	4



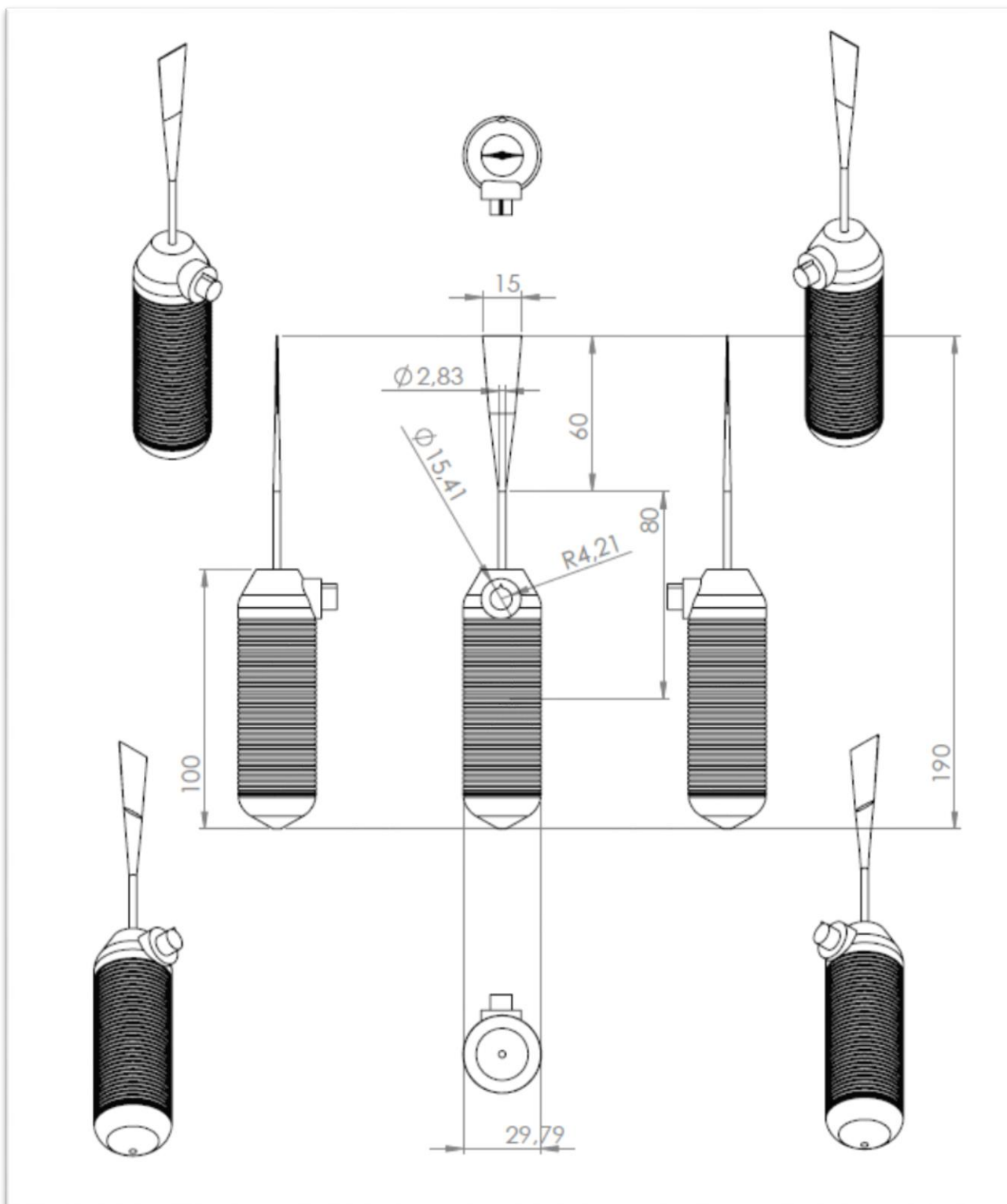


Figura A.2 - Ferramenta proposta para retoque de fusão (desenho técnico)