



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

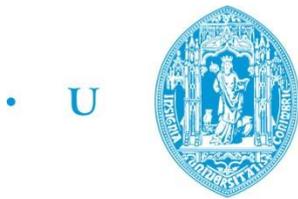
Miguel Ângelo Sousa Miranda

**AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE  
SOLDADURA NA PRODUÇÃO DE ELEVADORES**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial  
orientada pelo Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso e apresentada ao  
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.**

novembro de 2020





• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Aumento da eficiência de uma linha de soldadura na produção de elevadores**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

## **Efficiency increase in an elevator production welding line**

**Autor**

**Miguel Ângelo Sousa Miranda**

**Orientadores**

**Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso**

**Engenheiro Eládio Afonso Sarmento Pires**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra <b>Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso</b>
<b>Vogais</b>	Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra <b>Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz</b> Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu
<b>Orientador</b>	<b>Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Colaboração Institucional**

---



**Schmitt+Sohn**  
**Elevadores**

**Coimbra, novembro, 2020**

A história da humanidade ensinou-nos que se podemos imaginá-lo, podemos fazê-lo.

Suzaki, em *The New Manufacturing Challenge*, 1987.

À minha família e amigos.

## Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de agradecer e de prestar o meu reconhecimento.

Aos meus pais, em especial à minha mãe, a qual sempre me apoiou e incentivou em todos os momentos, nunca me deixando desistir e dando-me mais oportunidades do que aquelas que eu, às vezes, merecia.

À professora Lurdes, pela ajuda que me deu, e um agradecimento do tamanho do mundo à Magda, por todo o apoio, incentivo e ajuda, nos bons e nos maus momentos, desde a primeira até à última etapa. Este trabalho não seria possível sem ela, assim como nenhuma das minhas outras conquistas. Que nunca deixe de ser quem é.

A toda a minha família, em especial ao meu primo Ivo, por me ajudar nos aspetos linguísticos e gramaticais, e aos meus tios José Armando e Fátima, que muito carinhosamente me deixaram ficar na sua casa durante o estágio.

A todos os meus amigos, que sempre se preocuparam em conhecer e acompanhar o trabalho que estava a desenvolver.

Ao meu orientador, o professor José Luís Afonso, por todos os conselhos e dicas para a realização da tese, assim como pela sua frontalidade.

A toda a família da Schmitt Elevadores, em especial ao Artur Andrade, por me dar a conhecer, primeiramente, a empresa e me fornecer os primeiros contactos. À equipa de engenharia de processo, em especial ao meu orientador na empresa Eládio Pires, que sempre me transmitiu tudo o que pretendia, sejam aspetos positivos ou negativos, de uma forma calma e assertiva, e também por todo o conhecimento que adquiri com ele. A todos os membros da linha de soldadura, pela paciência e disponibilidade. À equipa da Schmitt 2, em especial ao João Cruz, pela ajuda que me deu durante e após a redação, e um agradecimento muito especial ao Sr. Fernando Carvalho, por me ensinar muitos aspetos em relação ao mundo do trabalho, por todas as suas dicas, empenho na implementação das ideias e por me ensinar a ser uma pessoa mais assertiva, determinada e menos picuinhas, como ele costumava dizer. Um abraço a ele.



## Resumo

O aumento da eficiência das linhas fabris, a melhoria contínua de processos e a eliminação de desperdícios são cada vez mais importantes para empresas que se deparam constantemente com concorrentes. O foco nestes aspetos permite que as empresas se distingam na sua área, adquiram uma vantagem competitiva e prosperem.

No caso da Schmitt Elevadores, tal é tido bastante em conta nos núcleos de engenharia, dando esta empresa ênfase à eliminação de desperdícios em todos os seus processos e, conseqüentemente, à criação de valor, ou seja, ao pensamento *lean*.

Um pensamento *lean*, aliado às suas ferramentas, permite às empresas, de uma forma bastante visual, simples e rápida, melhorar continuamente todos os seus processos.

Tendo em conta estas considerações iniciais, este trabalho aborda precisamente estes aspetos, tendo como objetivo a melhoria de eficiência através desta ideia de criação de valor e, ainda, demonstrar como é possível aplicar algumas destas importantes técnicas no ramo da engenharia de processo/*lean manufacturing*. Incidirá, especificamente, numa linha de soldadura na produção de elevadores. Pretende-se perceber como esta pode ser melhorada, bem como, as ferramentas a aplicar para aumentar a sua eficiência e as noções e aspetos a ter em conta para o futuro.

Será demonstrado como todos estes conceitos, incluindo técnicas básicas de engenharia, se coligam num projeto aplicável em campo, e também como um projeto específico pode ter importantes repercussões nos vários desafios que poderão surgir no quotidiano da vida fabril.

**Palavras-chave:** Elevador, Soldadura, *Lean*, Valor, Desperdício.



## Abstract

Increasing the efficiency of the manufacturing lines, the continuous improvement of processes and the reduction of waste are increasingly important for companies that face hard market competition. The focus on these aspects allows companies to distinguish themselves in their area, gain a competitive advantage and thrive.

In the case of Schmitt Elevators, this is considered in the engineering teams, having this company a focus on eliminating waste in all its processes and, consequently, on creating value, that is, lean thinking.

A lean thinking, combined with its tools, allows companies, in a very visual, simple, and fast way, to continuously improve all their processes.

Bearing these initial considerations in mind, this work addresses precisely these aspects, aiming to improve efficiency through the idea of creating value, and also demonstrating how it is possible to apply some important techniques in the field of process engineering/lean manufacturing. It will be analyzed specifically a welding line in the production of elevators. It is intended to understand how this line can be improved, as well as the tools to be applied to obtain a more efficient line and the notions and aspects to be considered for the future.

It will be demonstrated how all these concepts, including basic engineering techniques, come together in a project applicable in the field, and also as a specific project can have important repercussions in the various challenges that arise in the daily life of the factory.

**Keywords:** Elevator, Welding, Lean, Value, Waste.



## ÍNDICE

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Siglas .....	xv
1. Introdução .....	1
1.1. Apresentação da empresa e enquadramento .....	1
1.2. Breve descrição do projeto e da linha .....	3
1.3. Problema e objetivos .....	3
1.4. Metodologia .....	4
1.5. Estrutura .....	5
2. Revisão bibliográfica .....	7
2.1. Pensamento <i>Lean</i> .....	7
2.1.1. Valor .....	8
2.1.2. Desperdício .....	9
2.1.3. O TPS .....	11
2.2. O Sistema <i>Just-in-Time</i> .....	14
2.2.1. <i>Heijunka</i> .....	15
2.2.2. <i>Kanban</i> .....	15
2.2.3. <i>Push/pull system</i> .....	16
2.2.4. Conceito de supermercado .....	17
2.2.5. Transporte interno .....	17
2.3. Melhoria Contínua .....	18
2.3.1. Ciclo PDCA .....	19
2.3.2. Os cinco porquês .....	20
2.4. <i>Lean Manufacturing</i> .....	20
2.4.1. Métodos <i>Lean</i> .....	20
2.4.2. Ferramentas e Técnicas <i>Lean</i> .....	24
2.4.3. MTM .....	27
3. Situação Inicial .....	29
3.1. Descrição geral .....	29
3.2. Linha de soldadura .....	32
3.3. Dados obtidos .....	42
3.4. Análise dos dados .....	45
4. Soluções .....	51
4.1. Desenho de soluções .....	51
4.2. Aplicação de soluções .....	62
4.2.1. Soldadura manual .....	62
4.2.2. Posto de Inox .....	64
4.2.3. Robot .....	66
4.3. Impacto das melhorias na linha .....	69
5. Conclusão e Trabalho Futuro .....	71

Referências Bibliográficas .....	79
Anexo A .....	81
Anexo B.....	83
Anexo C.....	85

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. As partes interessadas no valor (Fonte: Pinto, 2014).....	8
Figura 2. Os três MU's (Fonte: Pinto, 2014) .....	10
Figura 3. Integração da "casa TPS" no pensamento <i>lean</i> (Fonte: Pinto, 2014).....	13
Figura 4. Comparação entre uma válvula de sistema hídrico e o transporte interno (Fonte: Suzuki, 2010).....	18
Figura 5. Melhoria contínua baseada no ciclo PDCA (Fonte: Pinto, 2014).....	19
Figura 6. Exemplo de matriz x <i>Hoshin Kanri</i> (Fonte: Pinto, 2014).....	23
Figura 7. Exemplo de base para instrução de trabalho (Fonte: Schmitt).....	24
Figura 8. Ferramenta SIPOC (Fonte: Schmitt).....	25
Figura 9. Matriz A3 (Fonte: Schmitt).....	27
Figura 10. Unidade fabril Schmitt 2 (Adaptado Schmitt) .....	29
Figura 11. Localização da linha de soldadura na Schmitt 2 (Adaptado Schmitt) .....	32
Figura 12. Quadro DIS+ da P02 .....	33
Figura 13. Sequenciador da linha de soldadura.....	33
Figura 14. Carro de pequenas peças <i>outsourcing</i> .....	34
Figura 15. Máquina de soldar por pontos .....	34
Figura 16. Braço de soldar robótico (inclui gabari na imagem).....	35
Figura 17. Layout da linha de soldadura (adaptado Schmitt).....	35
Figura 18. Localização da zona IN da linha de soldadura.....	36
Figura 19. Posto P02.01.2 (Semelhante a P02.01.1) .....	37
Figura 20. Localização de materiais fora da secção .....	37
Figura 21. Zona OUT dos postos P02.01.1 e P02.1.2 .....	38
Figura 22. Posto P02.01.4 (Semelhante a P02.01.3) .....	39
Figura 23. Localização das peças do suporte de iluminação em IN.....	39
Figura 24. Posto P02.02.2 (Com P02.01.1 em plano de fundo) .....	40
Figura 25. Carro contendo patins em inox (Transformação acabada).....	41
Figura 26. SIPOC da linha de soldadura .....	42
Figura 27. Análise de Pareto dos tipos de obra .....	43
Figura 28. Template utilizado para a análise de operações .....	45
Figura 29. Gráfico de tempos reais de processos por posto .....	46

Figura 30. Gráfico de tempos reais de VA e MUDA's por posto.....	47
Figura 31. Gráfico final de balanceamento por posto .....	49
Figura 32. Definição do problema em A3 .....	51
Figura 33. Análise aos desperdícios do posto de patins .....	52
Figura 34. Análise aos desperdícios do robot .....	52
Figura 35. Análise dos cinco porquês para os problemas do posto de inox.....	53
Figura 36. Análise dos cinco porquês para os problemas do robot.....	53
Figura 37. Primeira proposta de soluções para o posto dos patins.....	54
Figura 38. Primeira proposta de soluções para o robot .....	54
Figura 39. Primeira proposta de soluções para os postos da soldadura manual.....	55
Figura 40. Matriz impacto/esforço .....	57
Figura 41. Visão gráfico-temporal geral da solução .....	61
Figura 42. Protótipo de organização do carro logístico nº4 .....	63
Figura 43. Compensação do diâmetro do furo das arcadas .....	64
Figura 44. Mudança de localização dos suportes de iluminação .....	64
Figura 45. Adição de batente na extremidade do posto auxiliar de alinhamento.....	65
Figura 46. Eliminação do plástico envolvente do aço inox.....	65
Figura 47. Amostra visual da correta quinagem da chapa base .....	66
Figura 48. Instrução de trabalho simplificada para a troca rápida de gabari .....	67
Figura 49. Área do ponto zero do robot mecânico .....	67
Figura 50. Gráficos de balanceamento da linha no início (cima) e fim (baixo) do projeto	69
Figura 51. Gráficos de VA/MUDA da linha no início (cima) e fim (baixo) do projeto.....	70
Figura 52. Comparação entre o estado inicial e o estado atual .....	71
Figura 53. Balanceamento da linha por operador .....	72
Figura 54. Gráfico com o <i>takt time</i> de 47 elevadores semanais .....	74
Figura 55. Gráfico de previsão de tempos de processos da linha .....	75
Figura 56. Gráfico de previsão VA/MUDA dos processos da linha.....	76
Figura 57. IT criada para organização do carro nº4 .....	81
Figura 58. Nota de serviço para corrigir o ponto zero do robot.....	83
Figura 59. IT criada para manuseamento do braço robótico.....	85

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Cronograma de estágio .....	5
Tabela 2. Cálculo da proporção de redução para o posto P02.02.1.....	48
Tabela 3. Cálculo da proporção de redução para o posto P02.02.2.....	48
Tabela 4. Classificação impacto/esforço para as soluções .....	56
Tabela 5. Troca rápida de gabari – 1ª fase.....	58
Tabela 6. Troca rápida de gabari - 2ª fase .....	59
Tabela 7. Troca rápida de gabari - 3ª fase .....	60
Tabela 8. Troca rápida de gabari - 4ª fase .....	60
Tabela 9. Tabela de identificação de tarefas e respetivo responsável .....	62
Tabela 10. Resultado final da tentativa/erro do nº de elevadores possíveis .....	73
Tabela 11. Redução de tempo previsto.....	75
Tabela 12. Previsão de redução dos tempos de <i>MUDA</i> dos processos .....	76



## SIGLAS

S+ – Schmitt+Sohn

DIS+ – Daily Improvement Schmitt

TPS – Sistema de Produção Toyota

JIT – Just-in-Time

PEP – Departamento de Planeamento e Programação

NAV – Microsoft Navision

IN – zona de entrada de materiais

OUT – zona de saída de materiais

MTO – *Make-to-Order*

MTS – *Make-to-Stock*

IT – instrução de trabalho



# 1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação insere-se no âmbito da unidade curricular Estágio, do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, realizada durante o estágio curricular na Schmitt+Sohn Elevadores.

## 1.1. Apresentação da empresa e enquadramento

A Schmitt+Sohn é uma empresa multinacional alemã, fundada em 1861, com sede em Nuremberga. Dedicar-se à produção e manutenção de elevadores. Pertencendo há seis gerações à família Schmitt, tem a sua base de atuação nos seus três valores: a aprendizagem diária de todos os seus colaboradores; a qualidade (que envolve progresso e uma melhoria contínua); e a sua seriedade empresarial, proporcionando relacionamentos duradouros, tanto com os clientes, como com os colaboradores. Atua em quatro países da Europa: Alemanha, Portugal, Áustria e República Checa, mas as suas unidades fabris são em Portugal e na Alemanha. Os quatro países têm delegações que instalam e/ou realizam serviços de manutenção. Produz anualmente mais de 1500 elevadores, atingindo em 2020 cerca de 2000, tendo cerca de 40000 elevadores em manutenção, envolvendo cerca de 1600 colaboradores. Orgulha-se de trabalhar sempre com 0 euros de passivo bancário, fator propulsor de boas relações com todas as partes interessadas e/ou intervenientes na sua gestão (*stakeholders*). Detém também certificado em qualidade (ISO 9001) e proporciona um serviço ao cliente 24 horas por dia, 365 dias por ano.

A S+ Elevadores é a empresa portuguesa com sede no Porto – S. Mamede de Infesta, que pertence à multinacional alemã S+. Fundada em 1955, trabalha com 380 colaboradores. As suas delegações estão espalhadas pelo país: Porto, Lisboa, Coimbra, Braga, Castelo Branco e Faro e centros de delegação em Vila Real, Leiria e Moura. As suas certificações, para além da ISO 9001+ Módulo H, passam também pela ISO 14001, OHSAS 18001 e EN 13015. A sua carteira de manutenção em Portugal tem cerca de 10000 unidades e os seus serviços ao cliente e pós-venda funcionam também 24 horas por dia, 365 dias por ano. Funciona igualmente com um passivo bancário de 0 euros. Para os serviços de manutenção e pós-venda, detém uma frota de 200 viaturas.

A S+ é a única empresa em Portugal a conceber, fabricar, montar, manter e exportar elevadores completos. Proporciona serviços de apoio e consultoria, ainda na fase de projeto, como estudos de instalação, tráfego, anteprojetos e projetos de especialidade. Dos produtos que vende e exporta destacam-se os elevadores elétricos e hidráulicos de pessoas e carga, panorâmicos e em vidro, bem como os seus componentes, para além de escadas e tapetes rolantes, elevadores domésticos, sobe-escadas, plataformas para transporte de cargas, portões industriais e rampas niveladoras de cais. Tem um serviço pós-venda com manutenção multimarca, que inclui substituição de peças, reparações e modernizações, serviço este disponível 24 horas por dia. A Schmitt possui marca própria, distinguida com vários prémios. Zela por uma elevada flexibilidade, com rapidez na entrega, cumprimento de prazos e soluções pensadas especificamente para cada cliente. Em termos de investigação e desenvolvimento, possui centros de competências que se dedicam ao desenvolvimento de novos produtos, como portas de patamar, portas de cabina e elevadores sem casa de máquinas.

As duas unidades fabris do Porto, localizam-se no parque empresarial da Arroiteia, S. Mamede de Infesta e Leça do Balio. Na primeira, denominada Schmitt 1, funciona a sede, com os serviços administrativos e gabinetes técnicos, onde se efetua a montagem dos componentes elétricos. Na segunda, Schmitt 2, são produzidos e montados os componentes físicos e mecânicos. O fabrico está dividido em:

- P01 – Transformação mecânica
- P02 – Perfis e Soldadura
- P03 – Pintura
- P04.1 – Montagem de cabinas, portas e equipamento de caixa
- P04.2 – Montagem dos componentes elétricos
- P05 – Logística
- P06 – Planeamento e Programação (PEP)
- P07 – Manutenção

O presente trabalho incide na linha de soldadura (P02) da S+ Elevadores, tendo como foco a área de projetos internas da equipa de engenharia de processo. O projeto será explicado mais adiante, neste documento.

## **1.2. Breve descrição do projeto e da linha**

Este trabalho tem como enfoque a área de projetos internos da empresa, mais concretamente a equipa de engenharia de processo. Dentro dessa área, a secção a analisar será a linha de soldadura.

A linha de soldadura, situada na secção P02 da Schmitt 2, tem atualmente seis colaboradores, distribuídos por cinco postos de soldadura manual, um robot e uma máquina de soldar por pontos.

Os postos de soldadura são maioritariamente independentes. Um destes postos necessita, para laborar, de alguns componentes produzidos no robot, sendo, por esse motivo, considerado dependente daquele. Existem ainda dois postos que se podem considerar semi-dependentes, já que as peças por eles produzidas são colocadas no mesmo carro logístico.

Para o modelo de elevador mais produzido, o ISI4, esses dois postos produzem atualmente equipamentos de caixa, arcadas, chassis e suportes de máquina e motor. Noutro são produzidos os fundos da cabina, e noutro os tetos e suportes de iluminação. Estes últimos utilizam a máquina de soldar por pontos. O posto de inox funciona com dois operadores, sendo que um produz portas S22 e Din, e o outro patins de cabina e patamar.

Posteriormente, esta linha será analisada, de forma mais pormenorizada, assim como as peças nela produzidas.

## **1.3. Problema e objetivos**

A S+ deparou-se com uma previsão do aumento de encomendas. Para os métodos de trabalho e encomendas existentes, a produção é toda assegurada. Contudo o aumento das encomendas vai criar desequilíbrios nas linhas e, provavelmente, algumas destas linhas e/ou postos de trabalho poderão não conseguir acompanhar o ritmo da produção esperada para determinado aumento de frequência de encomendas.

Os objetivos claros impostos pela empresa são: a implementação de melhorias, de modo a que a sua produção consiga acompanhar o aumento de encomendas; e, não menos importante do que as melhorias, o modo de controlar essas medidas e os resultados. O objetivo único, tanto para esta secção como para toda a fábrica, é de 30 elevadores por semana. Para além destas, poderão ser debatidas outras medidas que a equipa considere relevantes.

## 1.4. Metodologia

A metodologia seguida neste projeto é bem clara: uma vez que a equipa de engenharia de processo se rege de uma forma bastante nítida por um pensamento *lean*, o método DMAIC será o usado para acompanhar todo o processo:

Na fase D (*Define*), os processos do projeto serão reconhecidos, de modo a compreender melhor as operações que decorrem nas células de trabalho da linha. Tem como objetivos perceber a importância daquela secção da produção e apontar oportunidades de melhoria, tornando-se, dessa forma, mais nítido o foco de primeiras atuações.

Na fase M (*Measure*), dar-se-á início ao levantamento dos dados relativos à situação atual como o fluxo de materiais, número de roturas, carros e modos de transporte, constrangimentos, entre outros, e será o início da tiragem de tempos e a realização de vídeos documentais com todos os processos e operações existentes na linha do projeto.

Em A (*Analyse*), começará a análise a todos os tempos obtidos e vídeos realizados, sendo que os vídeos constituem uma prova física, que pode ser consultada constantemente. São, também, uma arma poderosa em termos de demonstração de provas para com a equipa. A partir destas ferramentas, consegue-se mais facilmente levantar os principais problemas e desperdícios, pontos importantes para o projeto, obtendo-se, dessa forma, um desenho de soluções mais preciso e completo.

Chegando à fase I (*Improve*), as soluções resultantes da fase anterior serão implementadas em campo. Estas ações têm como objetivo a melhoria dos processos e operações que inclui a eliminação de desperdícios e medidas para controlar esses processos. Aspectos como o impacto e a duração de implementação são os fatores de priorização das propostas.

Por fim, na fase C (*Control*), o objetivo principal seria quantificar o impacto das ações pensadas e implementadas nas fases anteriores e, se necessário, a implementação de medidas de controlo, para alcançar melhorias ao longo do tempo, e não apenas noções temporalmente limitadas.

Abaixo (tabela 1) é apresentado o cronograma seguido ao longo do projeto, que se encontra dividido em diferentes etapas:

Tabela 1. Cronograma de estágio

Mês	Fevereiro			Março					Abril				Maio				Junho			
Semana estágio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Semana ano	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tarefas																				
Formação	■																			
Reconhecimento dos processos internos		■	■																	
Levantamento de dados			■	■																
Formulação de principais problemas e MUDA's				■	■	■														
Definição de KPI's					■	■	■	■												
Desenho de soluções						■	■	■	■	■										
Implementação de ação de melhoria							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Validação e controlo dessas ações								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Interpretação e comparação de resultados e conclusões																			■	■

Para além disto, também se realizaram reuniões semanais com a equipa de engenharia de processo, em que se debatiam vários aspetos:

- Balanço da semana – debatendo-se quais foram os pontos alcançados ou não, durante a semana;
- Sucessos – análise dos pontos alcançados na semana;
- Insucessos – discussão sobre os pontos não atingidos;
- Lições aprendidas – como reagir a erros cometidos durante a semana de trabalho.

## 1.5. Estrutura

Este trabalho encontra-se dividido 6 em capítulos.

No primeiro, é feita uma introdução ao projeto, bem como a apresentação da empresa na qual este se insere, assim como os problemas, objetivos e metodologia. Em relação ao projeto, é feita uma análise do problema colocado, bem como a definição dos objetivos e a metodologia encontrada para conseguir uma solução satisfatória.

No segundo capítulo, é feito todo o enquadramento teórico, onde constarão todas as bases teóricas que suportam o projeto a desenvolver.

Por sua vez, o capítulo terceiro dedicar-se-á à descrição geral, à análise da situação inicial da linha de soldadura, objeto deste projeto, e ainda ao modo de obtenção dos dados para a realização da respetiva análise.

De seguida, o quarto capítulo debruça-se sobre o desenho e soluções, ou seja, o caminho percorrido para encontrar as soluções finais, e a respetiva demonstração visual da sua aplicação em campo.

Por fim, no quinto e último capítulo, efetua-se uma comparação entre o estado inicial e o estado atual, retirando-se diversas conclusões da análise dos dados finais. São também apresentadas algumas propostas de trabalho futuro.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Pensamento *Lean*

O pensamento *Lean* é o antídoto para o desperdício. A palavra *Lean* significa ‘magro’, ou seja, neste tipo de pensamento, o objetivo é fazer mais com menos: menos esforço humano, menos equipamentos, tempo e espaço, para dar ao cliente exatamente aquilo que ele pretende, aumentando, assim o valor, reduzindo os desperdícios (Womack e Jones, 2003). Segundo Pinto (2014), o *lean thinking* é filosofia de liderança e gestão, com o objetivo claro de criar valor a todos os *stakeholders* e de desenvolver processos, sistemas e pessoas, com vista a eliminar o desperdício. Sendo assim, para pensar *lean* é necessário estar aberto a mudanças e desafios. O *lean* é aplicável em todas as áreas de atividade económica, com e sem fins lucrativos. Grandes empresas como a *Toyota*, a *General Motors*, a *Dell* ou a *Zara* obtiveram lucros significativos com a implementação de princípios *lean*. A origem do pensamento *lean* remonta aos anos 40, com aplicação, inicialmente, na indústria automóvel, mais concretamente no Sistema de Produção Toyota TPS, criado e desenvolvido por Ohno e Shingo. Juntamente com este sistema, surgiram várias técnicas e ferramentas, tendo estas sido desenvolvidas ao longo do tempo.

O ponto inicial para o pensamento *lean* é reconhecer que numa organização apenas uma parte de todo o esforço produz valor, sendo este definido pelo cliente e criado pelo produtor (Womack e Jones, 2003). Por isso é necessário identificar as atividades que não criam valor para que sejam eliminadas gradualmente (Pinto, 2014).

Womack e Jones (2003) apresentam-nos cinco princípios do pensamento *lean*:

- Definir valor
- Identificar a cadeia de valor
- Visualizar o fluxo
- O cliente puxa o sistema
- Perseguir a perfeição

### 2.1.1. Valor

Segundo Pinto (2014), valor não é apenas a compensação daquilo que recebemos em troca do que pagamos. Este autor acrescenta ao conceito a ideia de que a tudo aquilo que prende a nossa atenção e consideração individual, atribuímos valor. Quando sentimos que não tem valor, não vamos, não compramos e sobretudo, não dedicamos atenção, tempo e consideração.

Womack e Jones (2003) dizem que o valor é distorcido por organizações pré-existentes, que adicionam complexidade sem interesse para o cliente, sendo este o único que define o valor. Pinto (2014) acrescenta a esta ideia a de que não são apenas os clientes de uma organização que esperam receber valor. A sociedade, os colaboradores e os acionistas também esperam receber algo que ‘valha a pena’. Basicamente todos os *stakeholders* esperam uma certa satisfação e, se todos estiverem satisfeitos e as suas necessidades saciadas (figura 1.), o resultado é o acréscimo de valor criado pela organização.

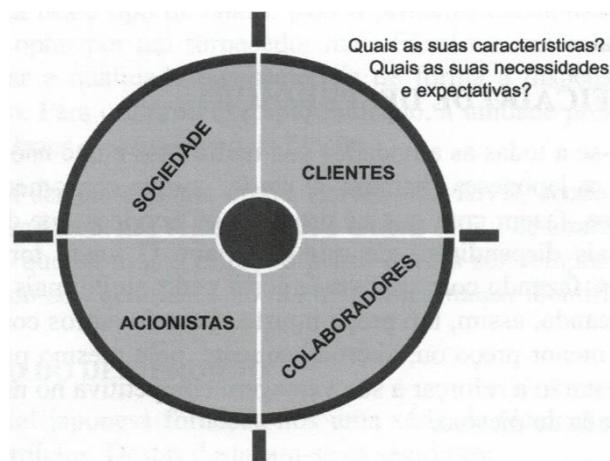


Figura 1. As partes interessadas no valor (Fonte: Pinto, 2014)

A base da criação de valor é o exercício de atividades que vão, exatamente, ao encontro das necessidades e expectativas de quem servimos, de todas as partes interessadas. Todas as atividades que não vão ao encontro dessas necessidades e expectativas, não acrescentam valor. Por incrível que pareça, apenas 5% das atividades de uma empresa vão ao encontro da produção de valor (Suzaki, 2010), mas olhando para estes valores de uma forma proativa, e com *lean* em mente, temos 95% de oportunidades para transformarmos as atividades em valor acrescentado (Pinto, 2014).

### **2.1.2. Desperdício**

Desperdício é toda a atividade humana que consome recursos, mas não cria valor (Womack e Jones, 2003; Pinto, 2014). Ou, simplesmente: se não cria valor, é desperdício (Suzaki, 2010). A estas atividades os japoneses chamam de *muda*.

Sendo que apenas 5% das atividades de uma empresa se dedicam à produção de valor, olhando de outra perspectiva, significa que 95% se dedica à produção de desperdício. Assim, temos 95% de oportunidade de reduzir desperdícios, acrescentando valor. Estamos perante um assunto importante a ser pensado, até porque o desperdício passa a tornar-se numa desvantagem competitiva. Pinto (2014) explica o porquê: os *mudas* tornam os produtos mais caros, pelo que estamos a pedir ao cliente um preço mais elevado para um mesmo valor. Se uma outra organização consegue entregar o mesmo valor por um preço mais reduzido, ou o mesmo preço com mais valor, estamos a perder a vantagem no mercado, até porque a vantagem competitiva mede-se pelo valor, por aquilo que as empresas produzem e pedem em troca.

Nas empresas, devemos ter também em conta que, tal como em todas as organizações, para além do desperdício puro, também existem desperdícios necessários. Estes, embora não acrescentem valor, são atividades que necessitam de ser realizadas, como inspeções, *setup,s* ou até mesmo um serviço de contabilidade.

Mas como proceder à eliminação do desperdício? Por vezes são usados grandes esforços em ações de remediação de problemas de *mudas*, sem ações de controlo para que estes não voltem a aparecer. Suzaki (2010) diz-nos que os primeiros passos deverão ser um planeamento cuidado e um forte entendimento do problema, começando por identificar qual o desperdício ou desperdícios com que nos deparamos.

#### **Os três MU**

Na identificação dos desperdícios é necessário ter em mente que a nossa capacidade e a carga têm de ter condições iguais. Os desequilíbrios causam perdas nas empresas (Pinto, 2014).

Taiichi Ohno (1997), na sua obra de estudo ao TPS, diz-nos que, para a gestão japonesa, as perdas por desequilíbrio de cargas são expressas em termos de *muda*, *mura* e *muri* (figura 2), três expressões que significam:

- *MUDA* (desperdício) – desperdício, tudo o que não acrescenta valor. Componentes que o cliente não está disposto a pagar;
- *MURA* (irregularidade) – o que é variável, inconsistências. Eliminado com o JIT, usado com sistema pull;
- *MURI* (excesso) – o que é irracional, excessivo ou insuficiente. Eliminado com a uniformização do trabalho.

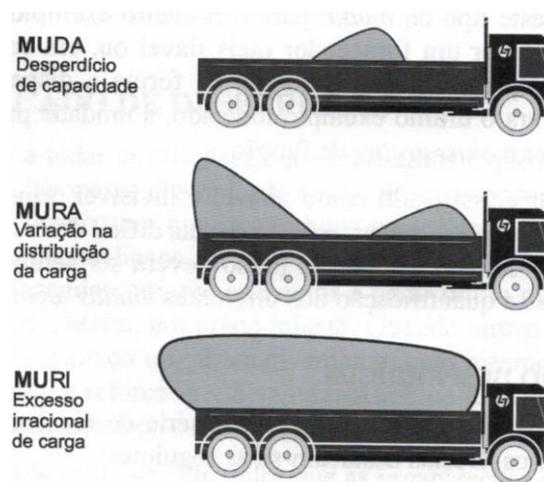


Figura 2. Os três MU's (Fonte: Pinto, 2014)

### Os desperdícios

Os sete tipos de desperdício identificados por Ohno (1997) e Shingo (1989) durante o seu estudo do TPS são:

- Excesso de produção – produzir demais e o que não é necessário, quando não necessário e em quantidades excessivas;
- Esperas – tempo que pessoas e/ou máquinas gastam sem produzir (à espera de material ou autorização)
- Movimentação – movimentos não justificáveis de operadores ou transporte de peças de um sítio para o outro;
- Desperdício do processo – refere-se a processos e operações totalmente desnecessários;

- Stock – “mãe de todos os males”. Refere-se a materiais retidos por um determinado tempo em qualquer espaço da organização;
- Defeitos – peças não conformes, com defeitos e problemas de qualidade;
- Trabalho desnecessário – movimentos desnecessários para realizar processos. Movimento lento, rápido ou excessivo.

Para além destes, outros autores acrescentaram novos exemplos de desperdícios. Por exemplo, Womack e Jones (2003) acrescentam que o design de bens ou serviços que não vão ao encontro das necessidades dos clientes é um tipo de desperdício que importa considerar. Outro exemplo é o de Suzaki (2010), que acrescenta: desperdício de competências e capacidades dos colaboradores.

### **2.1.3. O TPS**

O modelo Toyota determina os valores fundamentais e métodos de negócio a aplicar a vários aspetos, fases de trabalho e níveis da empresa. Desenvolve-se constantemente, garantindo ritmo e eficácia num mundo em permanente mudança. Está assente em dois pilares, melhoria contínua e respeito pelas pessoas. O primeiro conceito está subdividido em três. O primeiro deles é o desafio, sendo importante desafiar e superar o que conhecemos. De seguida, encontramos o *kaizen*, ou seja, uma maneira de pensar que permite a identificação de onde e como se podem operar mudanças, mesmo sendo pequenas. Por fim o *genchi genbutsu*, que consiste na verificação dos factos por si mesmos. Por sua vez, o respeito pelas pessoas pode ser decomposto em dois conceitos. O primeiro deles é o respeito, não só pelas pessoas, como também pelo seu contributo para a empresa. O segundo relaciona-se com o trabalho em equipa, essencial para perceber os objetivos e os alcançar em conjunto. Assim, cada um terá oportunidade de dar o seu melhor e alcançar os resultados pretendidos (Ohno, 1993; Shingo, 1989, Liker, 2004).

O sistema de produção da Toyota é um meio de “fazer coisas”, comumente referido como um “sistema eficiente de produção”, um “sistema *just-in-Time*”. É uma referência mundial, um sistema de Controlo de Produção estabelecido através de anos de melhoria e inovação. Tem como objetivo “fazer carros de acordo com o pedido dos clientes, no menor e mais eficiente tempo possível, tendo em vista a entrega o mais rapidamente possível”. Os conceitos que deram origem ao TPS foram dois: “*jidoka*” e “*just-in-Time*”.

“*jidoka*” (automóvel com toque humano) – ao mínimo problema, a linha de produção para imediatamente, evitando defeitos nos produtos; “*just-in-Time*” – cada processo da linha de montagem produz apenas o que é estritamente necessário, em fluxo contínuo do produto. Este sistema consegue um carro de cada vez, que satisfaz os interesses do cliente, com a maior qualidade, de forma eficiente e rápida (Ohno, 1993; Shingo, 1989; Pinto, 2014).

### ***Jidoka***

Quando um equipamento deixa de funcionar ou um artigo sai com defeito, a produção para imediatamente, e os colaboradores verificam o que se passa e solucionam o problema. A máquina para quando o processo está completo ou quando deteta um problema que afeta a qualidade. Outras máquinas podem continuar a trabalhar e o colaborador pode continuar a verificar a sua produção até o problema ser resolvido. Isto permite evitar a produção de artigos com defeito e fazer render o tempo, melhorando a qualidade e eficiência.

### ***Just-in-Time***

Melhora a qualidade – produz apenas o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária. Para isso, o produto deve ser fornecido ao cliente, com a maior qualidade possível, no mais curto espaço de tempo possível e com a máxima eficiência possível; a linha de montagem tem de se abastecer do número exato de peças necessárias para que qualquer encomenda possa ser satisfeita, seja qual for o tipo de carro; a linha de montagem deve substituir as peças usadas por “peças produtoras” relativamente ao processo anterior; o processo anterior deve ser abastecido com um pequeno número de peças de todos os tipos necessários e produzir o número de peças que for recuperado por um operário, a partir do processo seguinte.

Como complemento, na obra de Liker (2004) identificam-se 14 princípios de gestão da TPS. Estes princípios podem resumir-se em: Filosofia de longo prazo, incluindo decisões de gestão; Fluxos contínuos, trazendo os problemas à tona; Sistema pull, que evita excesso de produção; Nivelamento de carga; Interrupção de operações para resolução de problemas; Uniformização do trabalho; Controlos visuais, de modo a mostrar os problemas; Tecnologia fiável, testada e de qualidade; Desenvolvimento da liderança, com pessoas que possam ensinar os outros; Desenvolvimento das pessoas e das equipas; Extensão da filosofia aos *stakeholders*, para que estes também melhorem; “Veja por si”, desafio a entender as raízes das situações; Decisões rápidas mas consensuais; Fazer da nossa uma *learning organization*.

### 2.1.3.1. Do TPS ao pensamento *lean*

Na sua obra, Pinto (2014) diz-nos que o TPS evoluiu até à filosofia *lean thinking* através de um acréscimo de dois pilares. Primeiro, é necessário envolver toda a cadeia de fornecimento nesta forma de pensamento, não ficando restringidos à empresa em si. Os ganhos serão muito maiores, e mais partes sairão satisfeitas se toda a *supply chain* (cadeia de abastecimento) estiver em sintonia. Este pensamento leva a uma maximização do valor. Segundo, aplicar o conceito de serviço ao cliente. Este aspeto tem vindo a ganhar popularidade e por uma boa razão. Sendo o cliente a razão de as organizações existirem, a valorização do cliente é um fator crítico de diferenciação.

A integração destes dois pilares, representada na figura 3, permite às empresas serem mais organizadas, criando operações *lean* que levam mais facilmente à resolução de problemas, facilitando a carga aos seus colaboradores. Para além do desenvolvimento de equipas, o pensamento *lean* fortalece uma relação com os seus *stakeholders*, aumentando a proximidade, tanto com os fornecedores como com os clientes. Estas são algumas das características que distinguem o TPS, e mostram como evoluiu até a um pensamento *lean*.

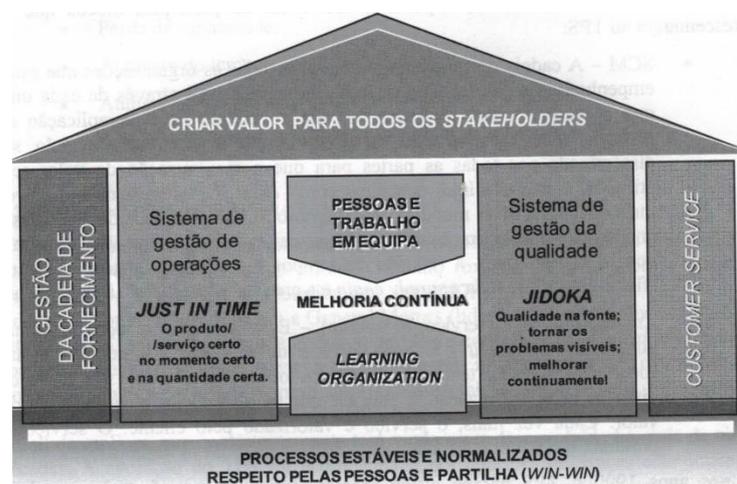


Figura 3. Integração da "casa TPS" no pensamento *lean* (Fonte: Pinto, 2014)

### 2.1.3.2. Pessoas *Lean*

É inegável pensar que todos os funcionários de uma empresa são essenciais para acrescentar valor. Se um pensamento *lean* está relacionado com melhoria, e a melhoria com a motivação dos funcionários, é necessário pensar o significado de viabilidade de negócio em função destes aspetos, pois poderão surgir algumas questões negativas, como

despedimentos e congelamento de contratações. Este pensamento não traz motivação a um funcionário (Suzaki, 2010).

Uma forma de pensar *lean* é aproveitar o máximo de positivo que cada funcionário pode trazer a uma organização, proporcionando uma abordagem de maior proximidade, de modo a também percebermos esse outro lado. Suzaki (2010) fala-nos da extrema importância do envolvimento dos funcionários e, inclusive, cria algumas abordagens para facilitar este envolvimento, como a gestão associada aos operários, programa de sugestões, prémios, círculos de qualidade, problemas individuais, etc. Pinto (2014) acrescenta que a formação e o treino são aspetos críticos na manutenção de pessoas. Estes proporcionam pessoas mais proativas, autónomas, criativas e curiosas, características próprias de um colaborador *lean*. Resumindo, os dois autores concordam que o essencial num pensamento *lean* para aumentar a viabilidade de um negócio está em investir nas pessoas, tornando-as pessoas *lean*.

## **2.2. O Sistema *Just-in-Time***

*Just-in-time* (JIT), significa “no momento certo”. Em termos *lean* JIT significa entregar ao cliente no momento certo, no local certo, a quantidade certa, tudo o que o cliente pediu. O termo, inclusive, sugere “a tempo”, e não necessariamente “no momento”, mas um pouco antes, com uma certa folga e sem geração de stock (Shingo, 1989). Num processo ou, mais propriamente, numa linha, significa que as várias peças aparecem na quantidade certa, na hora certa, no posto correto; qualquer outro processamento é *muda* (Denis, 2008). Para a produção, este seria o estado ideal, mas é muito difícil aplicar a todos os processos esta metodologia de uma forma ordenada (Ohno, 1993).

Na opinião de Denis (2008) o JIT foi implementado devido a problemas como mercados fragmentados, concorrência, variabilidade dos preços, mudança rápida na tecnologia e trabalhadores que querem maior envolvimento. O mesmo autor acrescenta ainda algumas regras básicas para o funcionamento correto desta metodologia: nivelamento da produção, para que esta seja mais tranquila e a carga de trabalho seja equitativa; conexão do pedido do cliente ao processo com ferramentas simples; não produzir o que o cliente não pediu e promoção da flexibilidade das pessoas e das máquinas.

### **2.2.1. Heijunka**

*Heijunka* é uma palavra japonesa que significa “nivelamento”. Por vezes, nas empresas, pode ser difícil controlar as constantes mudanças e flutuações na produção e na variedade de produtos existentes (Suzaki, 2010).

Uma forma de lidar com este problema é através do método *Heijunka*. Este, por sua vez, pode ser acompanhado por uma produção em mix, ou seja, a produção de diferentes produtos de uma forma combinada, resultando em stock, em tempos de produção mais reduzidos e em fácil adaptação às alterações. O nivelamento da produção distribui de uma forma mais racional e equitativa o trabalho no chão de fábrica, ficando este menos confuso e com os problemas mais visíveis. O *Heijunka* considera o volume total da procura e não o fluxo de encomendas, resultando daí um output que distribui igualmente uma carga de trabalho diária, semanal ou mensal, por todo o chão de fábrica, de acordo com o *mix* e volume considerado (Pinto, 2014; Suzaki, 2010).

### **2.2.2. Kanban**

É sabido que o JIT com a sua metodologia de só produzir o essencial, no instante e quantidade necessária, leva a um melhor fluxo de produção, mas também é necessário considerar que existe um certo distanciamento físico de procedimentos e tempos de produção, maiores em processos a montante. Torna-se claro que um ‘transportador invisível’ facilitaria o seu funcionamento, surgindo assim o *kanban* (Suzaki, 2010).

*Kanban* é uma palavra japonesa que significa ‘cartão’, ‘etiqueta’ ou ‘marca’, uma ferramenta de controlo da produção que se baseia numa circulação de cartões que, num contexto fabril, podem fazer referência a uma peça, quantidade, origem, destino, entre outros (Suzaki, 2010; Pinto, 2014).

Tanto Pinto (2014), como Suzaki (2010), assim como Courtois et al. (2011) descrevem o funcionamento do sistema *kanban* do mesmo modo: em termos de produção, significa que nenhum posto a montante vai produzir mais do que aquilo que é pedido a jusante, e assim sucessivamente, até ao posto mais a jusante, que dará a resposta ao cliente. Toda a informação é transmitida, pelos cartões *kanban*, ao posto a montante. Em termos de reposição, temos, por exemplo, um posto que utiliza peças, sendo que cada uma delas tem um número ou cartão *kanban* associado. A logística interna vai sempre repor as peças em falta associadas ao número *kanban*, através dos cartões associados a cada uma, conforme

vão sendo usadas. Ou seja, a produção é que ‘puxa’ os materiais em armazém e, dessa forma, a informação das peças *kanban* em falta é dada pelas compras, garantindo que nada falta no sistema. Todo este processo funciona quase como um sistema de supermercado (Suzaki, 2010), em que, à medida que se vão usando peças, elas vão sendo repostas com a partilha de informação dos cartões.

Todo este sistema e a respetiva partilha de informação constante permitem que empresas com tendência a produzir stock possam produzir apenas o que o cliente quer, iniciando a produção no exato momento em que é feita a encomenda, e na quantidade certa. (Courtois et al., 2011).

Denis (2008) elabora seis regras para um correto funcionamento *kanban*: não aceitar defeitos; o cliente retirar apenas o que necessita; produzir somente o que o cliente pediu; nivelar a produção; utilizar o *kanban* sem grandes variabilidades de produção; estabilizar e melhorar o processo. Estas regras são essenciais para um correto uso deste sistema.

### **2.2.3. Push/pull system**

O sistema ‘puxado’ está diretamente ligado a uma produção por encomenda, ‘*make-to-order*’ (MTO), em que só se inicia a produção com o compromisso do cliente (Courtois et al., 2011).

Alguns sistemas tradicionais usam um *push system*, em que se ‘empurra’ os materiais e produtos para o cliente na expectativa de, mais tarde ou mais cedo, serem comprados; o chamado *just-in-case* (JIC). Contudo, este pensamento tem tendência a criar stock, elevando a um tipo de produção *make-to-stock* (MTS), que contraria os princípios do JIT, para além de ser um sistema incapaz de responder a flutuações da procura e provocar um efeito chicote ao longo da cadeia. Um sistema que se rege sob a forma de produção puxada produz somente o que é pedido, evitando excesso de produção e, conseqüentemente, outros problemas associados (Pinto, 2014; Courtois et al., 2011), estando ligado também ao sistema *kanban*.

Apesar das vantagens e desvantagens de cada um, Pinto (2014) apresenta um sistema em que ambas as ideologias funcionam. Neste caso, teríamos de pensar em toda a cadeia de abastecimento. Um sistema *push* seria usado só até ao ponto de encomenda do cliente, sendo que a restante cadeia se regeria por um sistema *pull*. Este sistema é bastante

eficaz se as previsões da organização tendem a estar erradas, considerando as previsões agregadas mais exatas.

#### **2.2.4. Conceito de supermercado**

No *lean* o conceito de supermercado é exatamente igual ao de um supermercado comum, mas adaptado a um sistema fabril. O processo a jusante (cliente) é que se dirige ao processo a montante (supermercado) para fazer o *picking* do que necessita (mercadoria). O processo a jusante repõe as peças para que o processo seguinte (cliente) recolha outra vez mais tarde. Toda a informação é passada por um conjunto de cartões com todas as informações necessárias (*kanban*) (Pinto, 2014; Suzaki, 2010).

Este sistema ajudou a concretizar a ideologia JIT. Contudo, a ideia de vários processos a montante ou a jusante levarem mais ou muito menos peças de uma só vez parecia um problema. O conceito de nivelamento de produção ajudou a um conceito de supermercado com *kanban* possível (Suzaki, 2010).

Para além deste supermercado depender de um correto *layout*, o número e variedade de materiais a colocar no supermercado depende também da proximidade com os fornecedores, taxa de consumo de materiais e o valor dos componentes em questão (Pinto, 2014).

#### **2.2.5. Transporte interno**

O transporte ao nível da fábrica nas organizações, apesar de transporte como desperdício, é um mal necessário ao funcionamento destas e ao fluxo de materiais e informação. O correto transporte só é possível com: entregas frequentes, feedback de informação, inexistência de armazenamento entre processos, comboios logísticos e esforços para reduzir os custos com o transporte (Suzaki, 2010).

Para conseguir o tão desejável eficiente transporte, Pinto (2014) e Suzaki (2010) dizem que toda a logística deve ter em conta um JIT, ou seja, o transporte só é feito com base nas necessidades dos processos a jusante, dando a estes a responsabilidade de garantir o transporte. Para além disso, deve-se garantir que só a quantidade necessária é transportada, mas, ao mesmo tempo, ter em mente que o tamanho dos lotes deve ser o menor possível, com recurso, por exemplo, a um comboio logístico. Este transporte pode ser facilmente equiparado a uma válvula de um sistema hídrico, representado na figura 4.

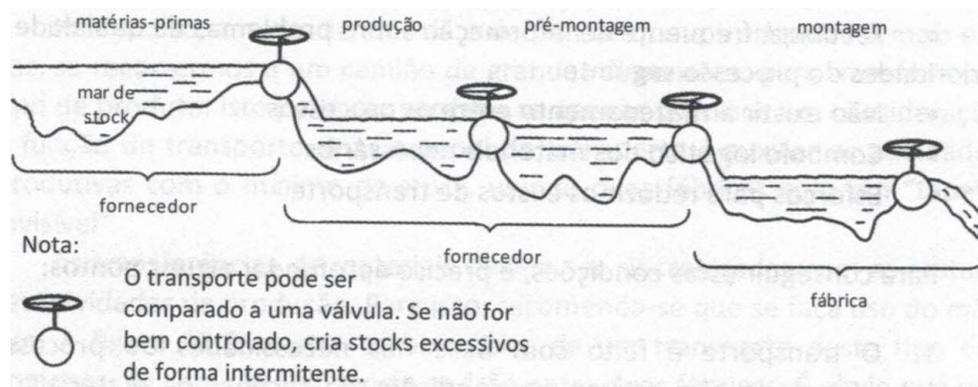


Figura 4. Comparação entre uma válvula de sistema hídrico e o transporte interno  
(Fonte: Suzaki, 2010)

## 2.3. Melhoria Contínua

Melhoria contínua, *kaizen* em japonês, é um dos ensinamentos *lean* que incita as organizações a melhorarem todos os dias, desde os altos líderes até ao chão de fábrica. Esta filosofia busca a perfeição, reduzir custos, aumento da qualidade dos produtos e serviços, e satisfazer não só o cliente como todas as partes interessadas (Ohno, 1993; Shingo, 1989; Pinto, 2014).

Pinto (2014), evocando trabalhos de Ohno, Shingo e principalmente Covey, diz-nos que este pensamento tem três componentes. A primeira, encoraja as pessoas a arriscarem e a cometerem erros, pois só assim poderão aprender; e perder o medo de fazer o que não sabem. A segunda, incentiva e recompensa as pessoas por identificarem e, se possível, solucionarem os problemas com que se deparam, até porque um gestor de topo não vai ter a mesma visão de uma máquina e dos seus problemas que o próprio operador terá. A terceira, pede aos colaboradores que identifiquem formas de, não só solucionar problemas, mas também melhorar processos, de modo a que esses problemas não voltem a surgir.

A melhoria contínua assenta numa evolução gradual, com melhorias também graduais, para as pessoas se conseguirem ajustar e poderem aprender (Ohno, 1993). Os pequenos incrementos são apoiados num ciclo repetitivo designado por PDCA (Pinto, 2014).

### 2.3.1. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta muito simples, servindo de guia ao *kaizen*, por forma a analisar situações e realizar mudanças necessárias.

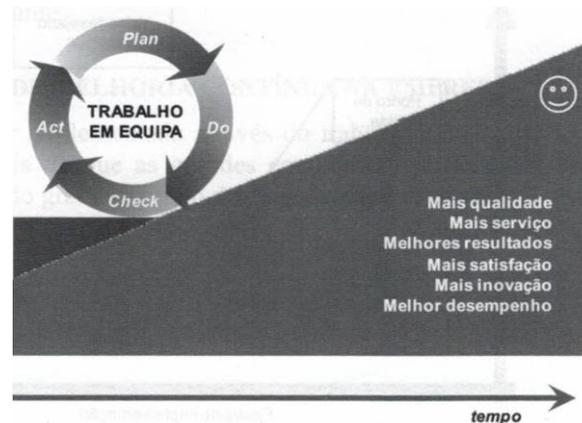


Figura 5. Melhoria contínua baseada no ciclo PDCA (Fonte: Pinto, 2014)

Como se verifica na figura 5, o ciclo é dividido em quatro partes, sendo elas:

- *PLAN* – o objetivo desta fase é definir claramente os problemas e entender todas as causas destes;
- *DO* – aplicar em campo as hipóteses pensadas divididas em *quick wins* e reunir factos e dados na observação;
- *CHECK* – comparar resultados e perceber o que correu bem e mal e enfrentar os factos;
- *ACT* – criar um padrão para o que melhorou e, em caso de não melhoria, recolher informação do que correu menos mal, iniciando um novo ciclo com base nessa informação.

Todo este ciclo só funciona fundado em respeito, focalização, orientação e humildade. É algo de tão simples, que acaba por estar acessível a todos, independentemente da sua formação, o que estimula a que qualquer colaborado da organização contribua para a melhoria contínua (Pinto, 2014).

### **2.3.2. Os cinco porquês**

Lidar com os problemas com soluções rápidas e imediatamente aparentes pode levar a sua ocorrência inúmeras vezes, pois apenas os efeitos foram tratados. É necessário resolvê-los, procurando a sua verdadeira causa-raiz (Pinto, 2014; Suzaki, 2010). Uma ferramenta muito prática para descobrir estas causas-raiz é a análise 5W *five whys* (cinco porquês). Segundo Pinto (2014) e George et al. (2005), a aplicação desta ferramenta começa por identificar o problema, sendo que, de seguida, devemos perguntar-nos o porquê do seu surgimento, identificando todas as causas possíveis. Para cada causa, perguntar de novo o porquê de ela surgir, identificando a causa seguinte. Devemos repetir este processo até cinco vezes, para identificar a causa-raiz.

## **2.4. Lean Manufacturing**

Para Wilson (2010), o *lean manufacturing* é um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas incorporados do TPS, com o objetivo de reduzir desperdícios e aumentar a eficiência, sendo que está em constante evolução e a acolher novos métodos, até aos dias de hoje. Estas técnicas *lean* podem ser usadas em muitas das áreas da organização, e mostram-se bastante facilitadoras, pelas condições que criam (Pinto, 2014).

### **2.4.1. Métodos Lean**

#### **2.4.1.1. DMAIC**

O DMAIC é um método seis sigma estruturado de resolução de problemas. Tem como objetivo reduzir a variabilidade de processos e eliminar desperdícios. Inicialmente usado em projetos seis sigma, tem vindo a ser incorporado na metodologia kaizen de melhoria contínua (George et al., 2005).

Segundo George et al. (2005) e Sander (2019) esta metodologia ajuda as equipas *lean* de uma forma lógica e estruturada, desde a definição do problema até às estratégias de controlo de soluções, trazendo melhorias sem demasiadas experiências envolvidas. Estes autores definem ainda cada uma das cinco fases:

- *DEFINE* (definir) – o objetivo principal desta fase é a correta definição do problema. Só depois do problema ser claro é que se começam a definir metas e os recursos disponíveis para criar e apoiar o plano;
- *MEASURE* (medir) – a fase de medição começa com um *process observation* (George et al., 2005). Depois, há necessidade de verificar o que está conforme ou não, medir tempos de processos e começar a descobrir maneiras de combater pequenos problemas. Um plano de medição pode ser útil nesta fase;
- *ANALYSE* (analisar) – aqui, analisam-se e trabalham-se os dados recolhidos na fase anterior. Ao analisar, poderemos começar a entender a causa de alguns desperdícios e erros, sendo que estes também devem estar explícitos nesta fase;
- *IMPROVE* (melhorar) – nesta fase, o problema deve estar totalmente entendido, e as soluções começam a aparecer. É ainda possível, aqui, implementar e testar as soluções, de modo a conseguir fazer os ajustes necessários;
- *CONTROL* (controlar) – esta fase final envolve estratégias que mantenham a eficácia, no futuro, das soluções propostas. Um plano de controlo é um exemplo útil para controlar processos.

Sander (2019) apresenta-nos, de uma forma muito simples, os pontos comuns desta fase com um PDCA (*Plan-Do-Check-Act*): as fases D, M e A estão incutidos na fase ‘*Plan*’. As fases A e I no ‘*Do*’ e a C pertence ao ‘*Check*’ e ‘*Act*’.

Um DMAIC estruturado e eficaz permite às empresas obterem maior receita, reduzir os seus custos, aumentar a produtividade, e ajuda a atingir a excelência (George et al., 2005; Sander, 2019).

#### **2.4.1.2. TPM**

O *total productive maintenance* (TPM) é uma metodologia que envolve todos os funcionários nas atividades de manutenção e tem ênfase no respeito individual, com o objetivo de melhorar toda a eficiência do sistema produtivo (Suzaki, 2010). Sendo assim, a TPM procura maximizar a produtividade dos equipamentos, melhorando a sua fiabilidade e qualidade, numa economia de custos reduzidos, sendo que a criatividade de todo o pessoal

é essencial. Imprevistos, como avarias e problemas de qualidade, são da responsabilidade do departamento de manutenção e/ou de qualidade. Para manter uma máquina em funcionamento, tudo depende de cada funcionário envolvido (Courtois et al., 2011).

Segundo Pinto (2014) e Courtois et al. (2011), o TPM assenta em cinco pilares: eliminar desperdícios (paragens), instalar manutenção planeada realizada por técnicos, instalar manutenção autónoma realizada pelos operadores, treinar e formar operadores e garantir um design TPM.

Pinto (2014) diz também que o TPM é o conceito dos cinco zeros: zero stocks, zero defeitos, zero avarias, zero papeis e zero tempo.

#### **2.4.1.3. Matriz X (*Hoshin Kanri*)**

Segundo Pinto (2014), Wilson (2010) e Denis (2008), o *Hoshin Kanri* é essencial para a identificação das necessidades do negócio e para o desenvolvimento das aptidões dos colaboradores, alinhando os recursos a todos os níveis. *Hoshin* diz respeito aos modos de estabelecer uma direção ou orientação, ao passo que *Kanri* relaciona-se com a gestão ou controlo. *Hoshin Kanri* associa-se à gestão, planeamento e estabelecimento da política da empresa. Comporta cinco fases: planeamento estratégico do *Hoshin*, *Hoshin* e desenvolvimento da política, monitorização do *Hoshin*, verificação e atuação, e diagnóstico da gestão de topo. Dos vários procedimentos utilizados para formalizar o planeamento e o estabelecimento de políticas e objetivos, salienta-se o alinhamento das ações dos colaboradores com as metas estabelecidas e o seu envolvimento no processo de planeamento.

O planeamento *Hoshin Kanri*, por vezes, é acompanhado por um documento visual, que inclui objetivos, estratégias, projetos e proprietários. O funcionamento do documento é muito simples. É composto por uma matriz dividida em quatro quadrantes, (figura 6), sendo que o primeiro é preenchido com objetivos a longo prazo, de seguida os anuais, as principais prioridades e táticas e os processos a serem melhorados. Nos cantos desta matriz, estão exibidos pontos de dependência entre atividades, ou seja, quais os objetivos a longo prazo dependentes dos anuais, os objetivos anuais dependentes das principais prioridades táticas, e as táticas que estão dependentes das métricas ou processos. Do lado direito, representam-se os responsáveis de cada secção que têm responsabilidades para com os planos a serem implementados. De referir que esta matriz tem de ir ao encontro de um planeamento global *Hoshin Kanri* (Pinto, 2014).

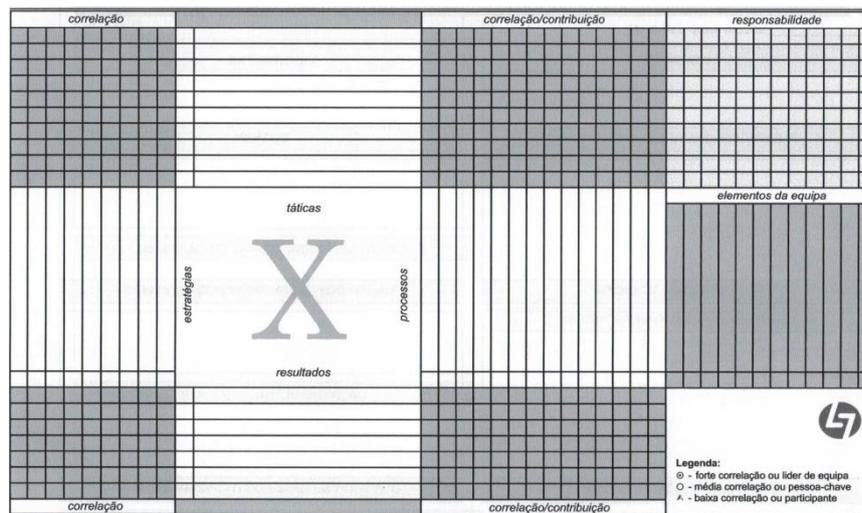


Figura 6. Exemplo de matriz x Hoshin Kanri (Fonte: Pinto, 2014)

#### 2.4.1.4. SMED

No mundo empresarial atual, as exigências e complexidades do mercado trazem cada vez mais pressão às empresas, fazendo aumentar o seu leque de produtos disponíveis, de modo a satisfazer os diferentes gostos. Devido a estas exigências, as fábricas tendem, por consequência, a utilizar as suas máquinas para um maior número de produtos, logo, a troca de *setups* nelas vai verificar-se cada vez mais (Pinto, 2014; Suzaki, 2010).

Torna-se claro que a diminuição dos tempos de *setup* é um aspeto cada vez mais crucial. O método *lean* para solucionar este problema é o SMED. Este método, dentro das operações de mudança de série, começa por distinguir operações internas (realizadas com a máquina parada) de operações externas (realizada com a máquina em funcionamento). O segundo passo passa por tentar transformar as operações internas em operações externas, através de, por exemplo, melhor preparação do trabalho ou operações em paralelo. O terceiro passo passa por eliminar desperdícios, planificar tarefas e funções, de modo a reduzir ao máximo os tempos de *setup* interno. Por fim, e não menos importante, normalizar e sincronizar tarefas com recurso, por exemplo, à automação, de modo a reduzir os dois tipos de operações, no caso de processos que englobem os dois tipos (Pinto, 2014; Suzaki, 2010; Courtois et al., 2011).

Suzaki (2010) e Courtois et al. (2011) acrescentam que o SMED é uma ferramenta bastante poderosa nos tempos que correm. Ela permite não só diminuir os desperdícios associados aos *setups* mas também aumentar a moral dos operadores e engenheiros. É indispensável em empresas com longas e numerosas mudanças de série.

## 2.4.2. Ferramentas e Técnicas *Lean*

### 2.4.2.1. *Standard Work*

Após toda a produção estar nivelada, e todos os tempos pretendidos estabelecidos, temos uma oportunidade para uniformizar os processos (Suzaki, 2010). Com este objetivo, surge a ferramenta *lean standard work*. A uniformização de processos começa pela documentação de todos os procedimentos, através, por exemplo, de instruções de trabalho (figura 7), garantindo assim que todos seguem o mesmo procedimento, da mesma forma, com as mesmas ferramentas, e saber o que fazer nas diversas situações. Para além de o trabalho standard garantir a continuação do trabalho nas mais diversas operações, ajuda a reduzir os desvios da produtividade e os custos. A formalização do *standard work* é fundamental para o pensamento *lean* (Pinto, 2014).

**Instrução de Trabalho**  
IT07.071/v1.0

SCHMITT+SOHN  
F I F V A D O R F S

1. Objetivo

2. Âmbito

3. Documentos associados

4. Definições

5. Responsabilidades

6. Modo operatório

Sequência de Operação	Imagem	Descrição da operação	Comentários

Figura 7. Exemplo de base para instrução de trabalho (Fonte: Schmitt)

Para além de todas estas vantagens, Suzaki (2010) diz-nos que esta ferramenta pode, inclusive, ser um método de melhoria contínua, na medida em que, o aparecimento de novos produtos e novos procedimentos leva a uma revisão total da uniformização do trabalho e, dessa forma, conforme novas formas de atuação vão surgindo, o *standard work* adapta-se também a estas novas situações.

#### 2.4.2.2. SIPOC

Segundo George et al. (2005), o SIPOC é uma ferramenta que permite, a quem a usa, ter a informação visual crítica mas simples das fronteiras do projeto, e todos os inputs e outputs que o processo em questão recebe e produz, respetivamente, bem como de que forma eles estão relacionados e se conectam. A figura 8 apresenta esta ferramenta de uma forma visual.

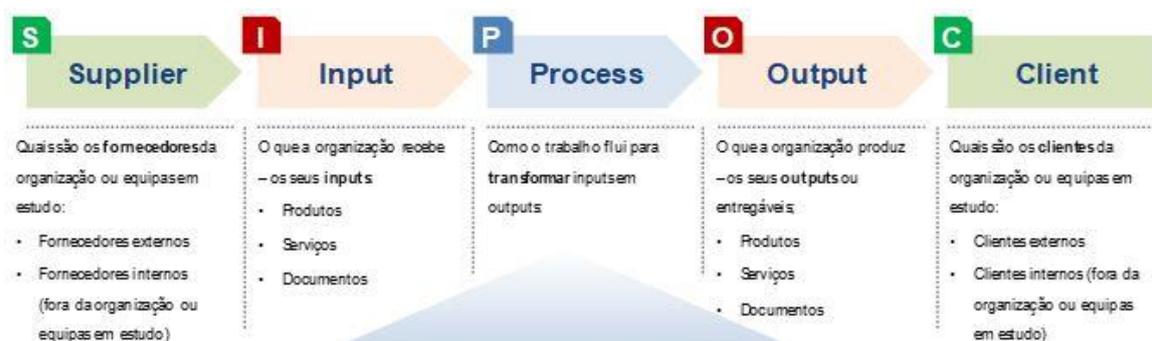


Figura 8. Ferramenta SIPOC (Fonte: Schmitt)

- **SUPPLIERS** – quais são os principais fornecedores dos inputs
- **INPUT** – materiais que entram no sistema
- **PROCESS** – processos de transformação que ocorrem
- **OUTPUT** – resultantes dos processos
- **CLIENT/COSTUMER** – qual o destino das resultantes dos processos

Apesar de esta ferramenta seguir uma linha clara, George et al. (2005) interpelam em relação à sua construção. Segundo estes autores o pensamento deve começar com a definição dos outputs e clientes e, só depois, os inputs, fornecedores e processos. Esta forma de pensamento ajuda a um SIPOC muito mais robusto e completo.

### 2.4.2.3. Métricas

Assim como noutras áreas, no mundo fabril, as decisões têm de ser baseadas em factos ou números. Sendo assim, Pinto (2014) identifica alguns indicadores de desempenho fundamentais ao *lean*:

#### **Eficiência (E)**

Capacidade de um sistema alcançar objetivos.

$$E = \frac{\text{resultados alcançados}}{\text{resultados esperados}}$$

#### **Disponibilidade (D)**

De homens e máquinas.

$$D = \frac{\text{tempo útil}}{\text{tempo disponível}}$$

#### **Ocupação (O)**

Relação entre carga e capacidade.

$$O = \frac{L}{C}$$

#### ***Takt time***

Tempo de ciclo, ou disponível, em função da procura. Dá-nos o ritmo a que se deve produzir, mediante a procura.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{procura}}$$

### 2.4.2.4. A3

Segundo Pinto (2014), o relatório A3 é uma ferramenta *lean* de resolução de problemas. Este é um documento simples de uma página, que deve conter, no mínimo, estes elementos: tema, caracterização do problema, estado pretendido, procedimento ou abordagem, análise sistemática ao problema, soluções possíveis, caracterização da implementação, ilustrações gráficas, data e responsáveis. Uma possível organização encontra-se representada na figura 9.

**Figura 9. Matriz A3 (Fonte: Schmitt)**

Esta ferramenta para além de facilitar a comunicação e agilizar o pensamento, permite a todos os envolvidos do projeto, de uma forma visual, gráfica e simples, perceber todos os processos e informações retidas e usadas na resolução do problema em causa.

### 2.4.3. MTM

#### Estudo dos Métodos

Assenta em 4 atividades: observação; recolha e registo de dados e informações; análise crítica; finalmente, proposta de novos métodos ou oportunidades de melhoria. A observação pode ser feita através da visualização, entrevista ou por experimentação da tarefa ou operação, existindo um conjunto de informações que devem obrigatoriamente ser observadas e recolhidas. Sugerem-se as filmagens, como métodos de recolha, já que permitem uma análise cuidada. A recolha de dados deve ser feita o mais perto possível da fonte, devendo o tratamento e a sistematização recorrer a folhas de registo de observações e também gráficos ou sinaléticas. Por sua vez, a esquematização possibilita o registo do método de análise, de modo gráfico e compacto. Em simultâneo, ou após o registo do levantamento e divisão do trabalho em diversos elementos, é imperativo proceder à determinação dos tempos correspondentes. Após o estabelecimento do método de trabalho, segue-se a análise, atendendo a critérios de Estudo dos Métodos. Deverá incluir toda a informação necessária, como a descrição das diferentes tarefas ou a duração de cada uma delas. Com esta informação, é possível passar à conceção de um novo método. Existem diversos gráficos de análise, como gráficos de processo, fluxogramas e gráficos de movimentos (Exertus, 2003).

### **Estudo de tempos**

Consiste numa medida de trabalho, que possibilita o registo dos tempos e fatores de atividade para uma determinada operação ou tarefa e respetiva análise, permitindo obter o tempo necessário para executar a tarefa. A primeira fase do estudo de tempos consiste na escolha do trabalho a estudar. De seguida, é essencial proceder ao registo de todos os dados relativos às condições em que o trabalho é efetuado, aos métodos e elementos da atividade. É ainda imperativo proceder à decomposição da operação em diversos elementos, o que traz inúmeras vantagens, tais como o distinguir o trabalho produtivo de uma tarefa improdutivo. Existe um conjunto de materiais de base indispensáveis, tais como, um cronómetro, uma máquina de filmar e um gravador vídeo, uma prancheta de cronometragem e folhas de observação. A próxima fase consiste na avaliação da velocidade efetiva do trabalho executado e sua comparação com uma atividade de referência. Existem diversas técnicas de avaliação de desempenho do executante, como a avaliação subjetiva sem referências ou a avaliação objetiva (Exertus, 2003).

### 3. SITUAÇÃO INICIAL

Neste capítulo, após uma descrição geral, é feita uma análise da situação inicial da linha do projeto: a linha de soldadura da secção P02 da Schmitt 2. Para além dessa análise, são ainda estudados os principais problemas e outros aspetos importantes, do ponto de vista da engenharia de processo.

#### 3.1. Descrição geral

A Schmitt 2, representada na figura 10, é o local onde se produz todo o elevador até à montagem de componentes não elétricos.

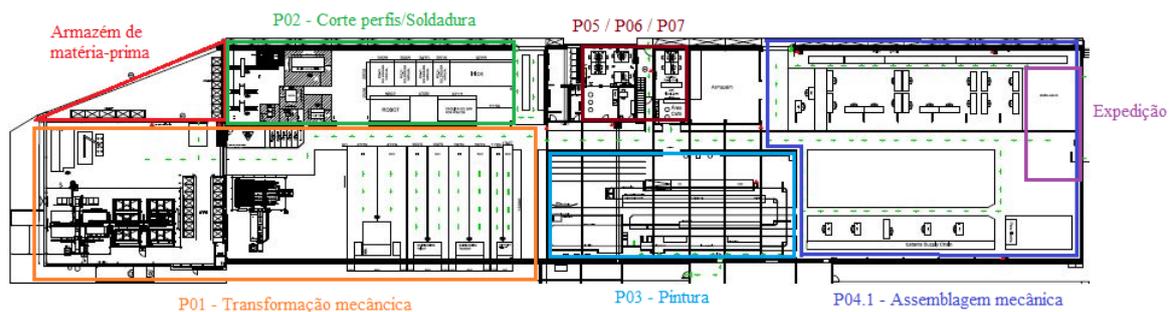


Figura 10. Unidade fabril Schmitt 2 (Adaptado Schmitt)

A empresa possui um ERP (*enterprise resource planning*), denominado *Navision* (NAV), que é partilhado por todo o universo S+, e de extrema importância para o fluxo de informação. Cada peça de um elevador tem a si associado um código único de produto.

Uma encomenda é desencadeada por um pedido de um cliente (Sistema *pull*). Este pedido, para além de poder ser um elevador completo, também pode dizer respeito a modernizações de equipamentos, portas que saem maioritariamente para a Alemanha, para completarem os elevadores aí fabricados, e produção de componentes específicos para um elevador. Os pedidos podem vir de qualquer uma das delegações, daí a importância do NAV.

Após a venda, o pedido segue para os departamentos de engenharia, e só depois a ordem é libertada para o sistema. É este o momento em que intervém o departamento de planeamento e programação (PEP) que introduz a ordem no plano de produção.

O PEP, estabelece a sucessão de produções e obras a seguir, ou seja, realiza todo o planeamento da produção. Para além disso, ainda se dedica à programação das máquinas de corte existentes na linha de transformação mecânica, de modo a aproveitar ao máximo a área da chapa virgem, entre outras pequenas ações de planeamento.

A linha de produção segue um quadro geral que, por sua vez, segue uma determinada sequência. Quanto mais a montante da sequência de produção está determinada secção, mais dias adiantados tem a mesma de estar, antes de a obra seguir para uma secção seguinte. Por exemplo, se uma obra tem de estar pronta no dia 4, esta começa o seu fabrico no dia 1, de forma a estar pronta atempadamente.

O processo fabril de peças começa na secção P01 (transformação mecânica) e/ou no armazém de matéria-prima, localizado no exterior, no caso dos tubos e perfis. A S+ também importa alguns componentes, como peças específicas e perfis/tubos (por falta de capacidade instalada dos equipamentos).

Em P01 localizam-se duas máquinas de corte: uma punctionadora e uma de corte a laser, que fazem o corte inicial da chapa virgem. Esta secção tem um pequeno espaço, onde são colocadas as chapas que serão cortadas já no interior da fábrica. Deste corte, uma percentagem das peças irá para outro local da secção, de forma a serem quinadas numa das quatro quinadeiras existentes até ao momento, seguindo o percurso. A outra percentagem, segue diretamente para outra secção da S+, sem passar nas quinadeiras, dependendo do tipo de peça.

A secção P02 divide-se em duas linhas. Uma, de corte de perfis, onde são cortados rodapés e outros tubos e perfis, vindos diretamente do exterior onde se localizam os materiais, seguindo para outras secções. Outra, de soldadura, onde são unidas várias peças importantes na caixa e no motor/suporte, assim como os fundos e tetos. Para além disso, tem um posto inteiramente dedicado ao material em inox, como patins e portas específicas fora do *standard*. Esta será a linha analisada neste trabalho.

Na secção P03 é feito o tratamento das superfícies e pintura das peças que necessitem. Os materiais são pendurados num suporte e entram num túnel, onde passam por um tratamento químico que fará a tinta em pó colar nas superfícies das peças mais

uniformemente, com menos prejuízo para o ambiente. As peças são retiradas do túnel quando saem a jusante e colocadas em carros logísticos para a secção seguinte.

O processo produtivo termina na secção P04, onde se realiza a montagem. Esta secção divide-se em duas. Na P04.1, realiza-se a montagem mecânica do equipamento de caixa e cabina e a montagem de portas S23, que são as portas com mais procura em todo o universo S+. Esta é a única unidade fabril dedicada ao fabrico das mesmas, sendo esta a secção com um maior número de trabalhadores. A P04.2 localiza-se na Schmitt 1 e dedica-se à parte da montagem elétrica.

A secção P05 de logística dedica-se à organização dos armazéns e ao fluxo de materiais e informação de logística interna e externa.

A P06 (PEP), como já referimos, dedica-se ao planeamento de todas as unidades de produção, bem como à programação das máquinas de corte da transformação mecânica (P01).

A P07 é o departamento de manutenção e dedica-se maioritariamente a garantir que todas as máquinas seguem corretamente os respetivos planos de manutenção, garantindo, em caso de eventuais falhas nestes planos, a maior qualidade de serviço a todos os robots da fábrica e, desta forma, evitar desperdícios desnecessários.

A equipa de engenharia de processo iniciou um projeto de melhorias disruptivas, com vista a aumentar a rentabilidade de toda a fábrica, denominado de *Change S+*. Este projeto tem como base a ferramenta *lean Hoshin Kanri* e envolve a maioria das secções da empresa. Uma das linhas abrangidas por este projeto é a linha de soldadura e o *Hoshin Kanri* definiu que o objetivo seria tirar a maior rentabilidade desta. Este trabalho tem como foco as ações desenvolvidas de modo a que a linha atinja o máximo de rendimento que o projeto propôs.

Além deste, um projeto de gestão operacional do dia a dia e melhoria contínua, o *Daily Improvement Schmitt* (DIS+), foi implementado com vista ao aumento da produtividade. Uma das ações deste projeto foi a criação de quadros para cada secção, com o objetivo de facilitar a gestão por parte de cada chefe e tornar os objetivos mais clarificados e visualmente acessíveis a todos os colaboradores.

### 3.2. Linha de soldadura

A linha de soldadura, objetivo deste projeto, encontra-se num espaço da fábrica dentro da secção P02, assinalada na figura 11.

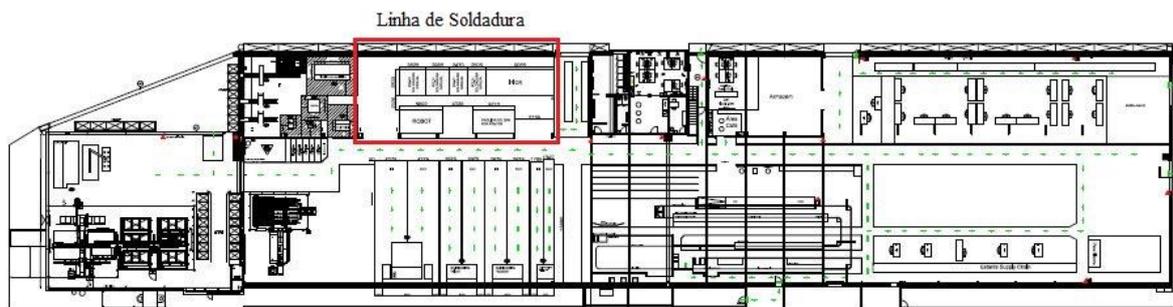


Figura 11. Localização da linha de soldadura na Schmitt 2 (Adaptado Schmitt)

Esta linha encontra-se nesta localização há relativamente pouco tempo, (relativamente ao início deste projeto), sendo que alguns dos seus elementos ainda se encontram fora da secção.

Como explicado anteriormente, a P02, assim como outras secções da fábrica, insere-se num projeto de melhoria contínua desenvolvido pela S+: o DIS+. Este projeto proporciona a cada chefe de secção uma forma bastante visual de controlar e melhorar a linha que lidera. Proporciona, também, a melhoria autónoma de cada indivíduo, com o objetivo de organizar a equipa e os espaços, normalizar o trabalho e melhorar processos. Cada secção tem o seu quadro DIS+, com informações importantes tanto para o chefe como para os operadores. O quadro DIS+ é composto por: um mapa de presenças, importante nas reuniões diárias; uma matriz de competências (de extrema importância face a uma necessidade de rotatividade nos postos de trabalho para ajudar a colmatar faltas); um PDCA, para toda a equipa estar orientada em termos de atividades planeadas, feitas, verificadas, etc.; um plano de trabalho semanal; e, não menos importante, vários gráficos com indicadores (KPI), indicadores esses distintos por secção, importantes para aferir os vários desempenhos, não só em termos de produtividade, mas também em termos de acumulação de desperdício e necessidades de *outsourcing*. O quadro da linha encontra-se representado na figura 12.



Figura 12. Quadro DIS+ da P02

Este quadro ainda se encontra no antigo espaço da linha, assim como as bases de trabalho para o braço robótico.

Na linha, encontra-se um sequenciador (figura 13) que informa todos os operadores/integrantes da linha, das tarefas que competem a cada um. Este quadro, contém as obras a produzir na semana em questão e na seguinte. Por norma, os operadores desta linha dão baixa da obra finalizada, quando a terminam, ou têm a opção de o fazer quando as obras do dia acabam. Escrevem, à frente de cada obra, na coluna do seu posto, o seu número de trabalhador e o dia em que finalizaram a respetiva obra. O sequenciador está representado na figura seguinte.



Figura 13. Sequenciador da linha de soldadura

A linha possui um carro de pequenas peças (parafusos, porcas, fixações, etc.), em que o material de cada caixa do carro é renovado (com recurso a *outsourcing*), quando a caixa se encontra vazia, como um sistema de supermercado. As peças deste carro são usadas por todos os colaboradores da linha, quando assim o necessitem (figura 14).



**Figura 14. Carro de pequenas peças *outsourcing***

Em frente ao sequenciador, junto à saída da linha, encontra-se uma máquina de soldar por pontos (figura 15), maioritariamente usada pelos operadores responsáveis pela soldadura dos tetos e dos fundos.



**Figura 15. Máquina de soldar por pontos**

Junto à entrada da linha encontra-se um braço robótico (figura 16), usado para soldar peças essenciais para o chassi máquina, e pequenas peças necessárias para obras mais específicas.

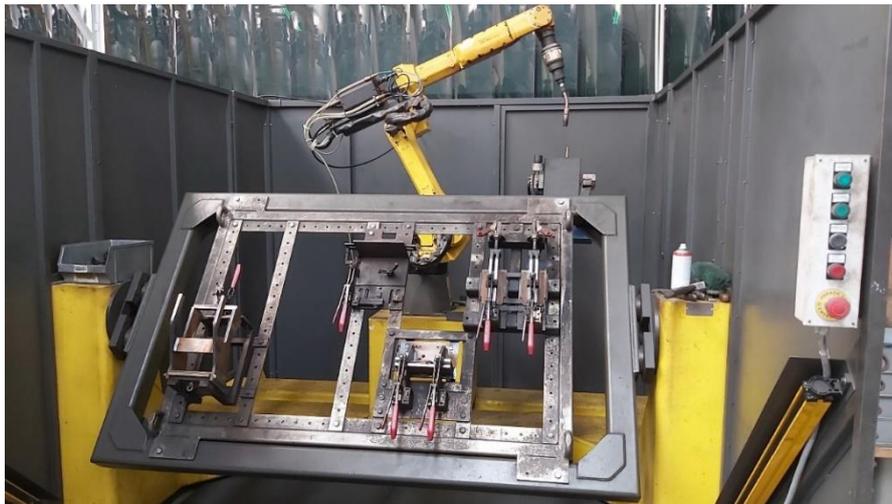


Figura 16. Braço de soldar robótico (inclui gabari na imagem)

Todos os postos de soldadura manual encontram-se num mesmo lado da linha. Do lado oposto, localizam-se as máquinas e o armazenamento de materiais. Os fluxos de carros de transporte, suas respetivas peças, e o movimento de colaboradores são inteiramente feitos por um corredor central. Na figura seguinte, é representada a linha de uma forma esquemática. A linha, inicialmente, apenas tinha definido que os postos de soldadura manual (exceto o posto de inox) seriam a denominados de P02.01. Assim sendo, e de modo a ficar um esquema mais completo, deu-se outras nomenclaturas ao resto dos postos, incluindo o robot, que também foi considerado um posto de trabalho. A figura 17 representa o layout da linha, adaptado com as novas nomenclaturas.

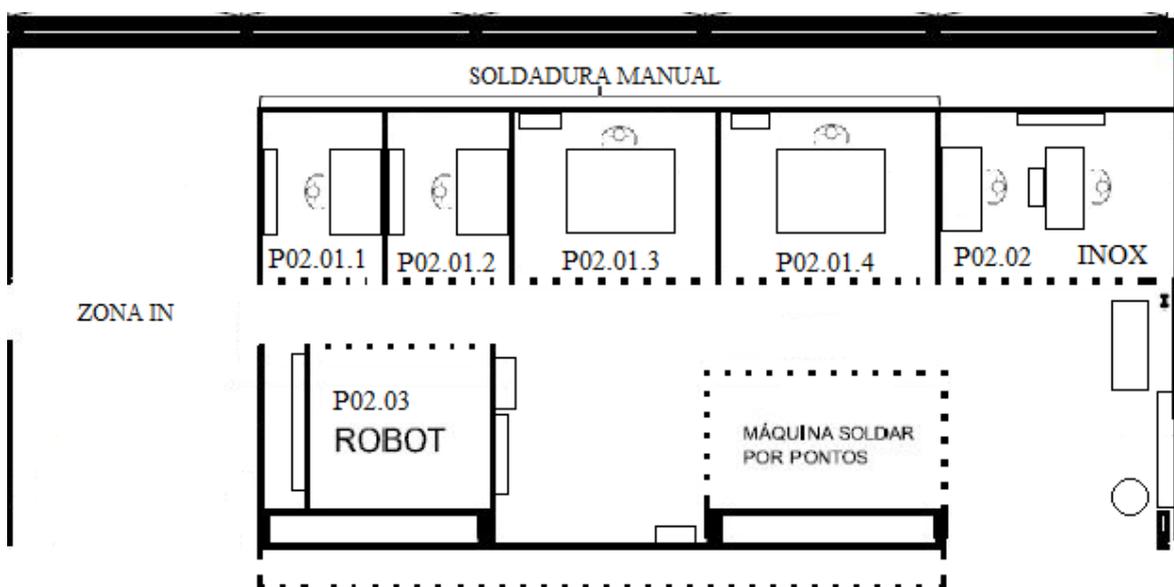


Figura 17. Layout da linha de soldadura (adaptado Schmitt)

Os fornecedores (*supliers*) internos da linha de soldadura são a secção de transformação mecânica (P01) e a linha de corte de perfis e enroscamento. Os materiais após saírem do seu posto são colocados por um estafeta à entrada da linha, denominada zona IN (figura 18).



**Figura 18. Localização da zona IN da linha de soldadura**

São os próprios colaboradores que vão buscar o carro de materiais para junto do seu posto, e é aí que os processos de soldadura começam. Cada carro logístico traz consigo uma lista de peças e instruções de trabalho (IT) para o tipo de obra pretendido, com todas as peças necessárias à soldadura e todos os pontos de solda.

O primeiro posto, considerando que é este o posto manual mais perto da área IN, foi denominado por P02.01.1. Produz peças do equipamento de caixa, arcadas superiores e inferiores. O operador vai buscar o carro com as peças a serem soldadas e leva-o para junto da sua banca. Como algumas peças não se encontram aí para serem soldadas, o operador tem de separar as que são para soldar e as que não são. Também tem de se deslocar a IN para trazer em cima da banca e solda conjunto a conjunto. Terminado este processo, cada conjunto é colocado no carro, de forma a seguir para o posto seguinte.

As arcadas superiores e inferiores são soldadas separadamente e seguem no mesmo carro para a pintura. A arcada superior sofre um processo ligeiramente mais simples do que a inferior. Para a superior, o operador apenas solda quatro pequenas peças nas quatro extremidades, peças estas que deve ir buscar a IN. A arcada inferior, após a soldadura de duas peças nas extremidades, segue para a roscagem, para ser corrigido o diâmetro, voltando depois para receber as outras peças. Além disso, o operador tem de procurar também a chapa oposta, pertencente à obra (existem duas: L – *left* – e R – *right*). As arcadas seguem para a pintura. Todos os conjuntos aqui soldados são peças feitas por encomenda, ou seja, MTO (*Make-to-Order*).



Figura 19. Posto P02.01.2 (Semelhante a P02.01.1)

Em P02.01.2 (figura 19), semelhante ao posto anterior, são soldados os chassis máquina e os suportes/apoios do motor. O chassi é constituído por peças previamente soldadas no robot, um perfil e calhas *halfen*. Devido à falta de espaço desta zona, algumas peças localizam-se fora da secção, como se verifica na figura 20. Após soldados, os chassis são colocados no carro logístico que é transportado pelo operador para uma zona entre o robot e a máquina por pontos. Só após todos os chassis do dia estarem soldados e os carros colocados no seu sítio, é que se dá início ao segundo conjunto de peças deste posto, os suportes/apoios do motor.



Figura 20. Localização de materiais fora da secção

O operador assume ele próprio o papel da logística e desloca-se com um carro de apoio, recolhendo as peças necessárias, com o apoio das folhas técnicas. Quando todas as peças estão no carro, transporta-o para o seu posto e inicia o processo de soldadura dos suportes. Só após todos estarem soldados é que o operador distribui, à mão e um por um, os conjuntos correspondentes a cada carro (obra). Tanto os chassis como os suportes/apoios de motor são peças MTO. As obras completas por estes dois postos representam-se na figura 21.



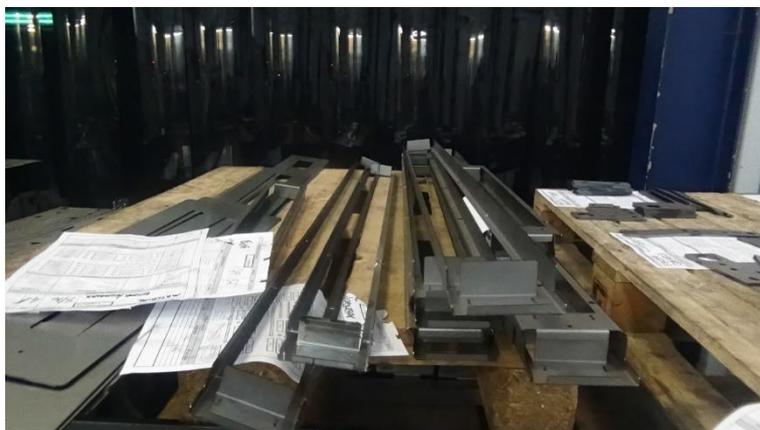
**Figura 21. Zona OUT dos postos P02.01.1 e P02.1.2**

O posto P02.01.3 dedica-se essencialmente à produção de fundos de cabine. Um carro logístico com todos os materiais necessários encontra-se no IN, carro esse que o operador transporta para junto do seu posto no início do dia. O processo é dividido em duas fases. Na primeira, o operador utiliza a máquina por pontos para soldar as calhas laterais. Por norma, na primeira fase solda todas as obras do dia. Depois de todas as calhas soldadas, o operador dedica o resto do seu dia apenas a fazer os fundos, que contam com acabamentos nas chapas principais. No final do dia, com o carro logístico cheio de obras completas, o sprinter interno recolhe o carro e leva-o para a secção P04.1, onde recebe tratamento e revestimento. Os fundos são peças MTO.



**Figura 22. Posto P02.01.4 (Semelhante a P02.01.3)**

Em P02.01.4 (figura 22), semelhante ao posto anterior, para além dos tetos, realiza-se a soldadura do conjunto de iluminação, caixas e bases balaustradas. Assim como nos fundos, os tetos recebem um carro igual ao do posto ao lado, mas com todo o material necessário para fazer o conjunto superior de uma cabine. Os tetos e os suportes de iluminação são peças MTO. O processo de soldadura de um teto também começa na máquina por pontos, mas, neste caso, é feita uma obra de cada vez. Após uma primeira passagem na máquina para fixar as principais peças e as calhas *halfen*, todo o resto do processo dá-se na banca de trabalho, que também conta com lixamento e acabamento na chapa principal. Quando todos os tetos estão prontos, o operador dedica-se à soldadura dos suportes de iluminação que se encontram na IN da linha, como se pode verificar na figura 23.

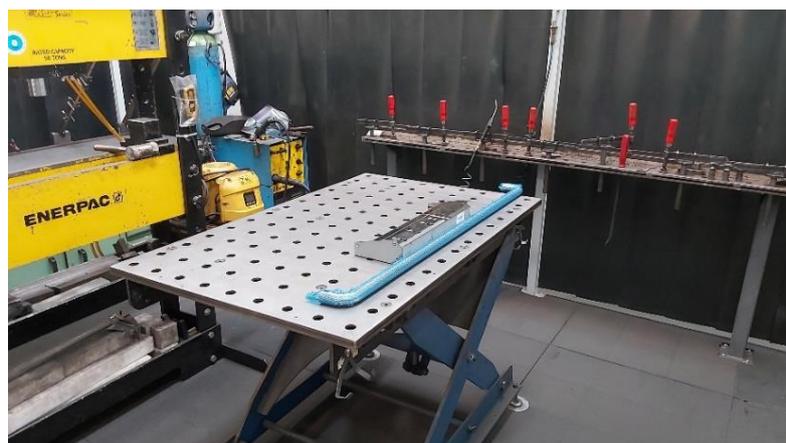


**Figura 23. Localização das peças do suporte de iluminação em IN**

O operador solda todos os suportes e coloca todas as peças finais no mesmo carro dos tetos, e seguem para a pintura através do sprinter no final do dia.

Quando tem tempo disponível e houver peças em espera, o operador deste posto efetua a soldadura de várias bases balaustradas em série. O mesmo se verifica com as caixas, sendo que a única diferença está na banca de trabalho, em que estas são inteiramente soldadas na máquina por pontos. Como o operador faz grandes quantidades destes conjuntos em série, considera-se que estes são feitos para stock (MTS – *Make-to-Stock*) e utilizados pelas secções a jusante, quando forem necessários.

O posto P02.02, mais conhecido por posto de inox, uma vez que aqui apenas são soldadas peças em inox, funciona com dois colaboradores e dedica-se essencialmente à soldadura das portas S22 e Din (diferente de DIN, que representa norma), vulgarmente denominadas de modelo antigo e portas ‘corta-fogo’, respetivamente, e dos patins de cabine e patamar. Este posto não funciona a um ritmo igual aos restantes, já que os pedidos de obras para estes postos são mais reduzidos e variáveis. As portas S22 assim como das Din têm exatamente o mesmo processo. Um dos dois operadores vai buscar ao exterior o carro com todas as peças e todas elas são soldadas em série. O procedimento é o mesmo, sendo a única diferença, das S22 para as Din, o tempo de soldadura e o número de peças a soldar. No fim, estas seguem para a P04.1.



**Figura 24. Posto P02.02.2 (Com P02.01.1 em plano de fundo)**

A soldadura dos patins é um processo mais demorado e complexo do que as portas. Neste caso, o operador apenas dispõe da chapa base e de pequenas peças num carro para construí-los. Previamente, o operador tem de informar a linha de corte de perfis da

quantidade e tamanhos de tubos de patins necessários para as próximas obras. Apenas quando todos os elementos estão reunidos é que se dará início ao processo de soldadura dos patins. As peças finais que se acumulam num carro, como se verifica na figura 25, seguem, após todas as peças da obra estarem completas, para a P04.1.



**Figura 25. Carro contendo patins em inox (Transformação acabada)**

O único robot de soldadura automática funciona em P02.03. Este robot está programado apenas para fazer peças comuns à maioria das obras, e produzidas em série para stock (MTS), ou peças de obras *standard*, enquadradas no sistema *Kanban* da fábrica. Os operadores que executam a programação do robot são os da P02.02. Utilizam o robot quando há uma série de peças a serem soldadas ou estão a faltar peças para o chassi máquina. As bases de fixação das peças a serem soldadas encontram-se fora da secção. Logo, sempre que os operadores procedem a uma troca de gabaris (*setup*), têm de se deslocar ao sítio de arrumação das bases, que ainda se localiza a uns metros da secção. Este robot utiliza apenas peças de *outsourcing*, localizadas em IN.

Por forma a termos uma visão geral mais ampla e simplificada de toda a linha, procedeu-se à construção de um diagrama SIPOC, como verificado na figura 26.

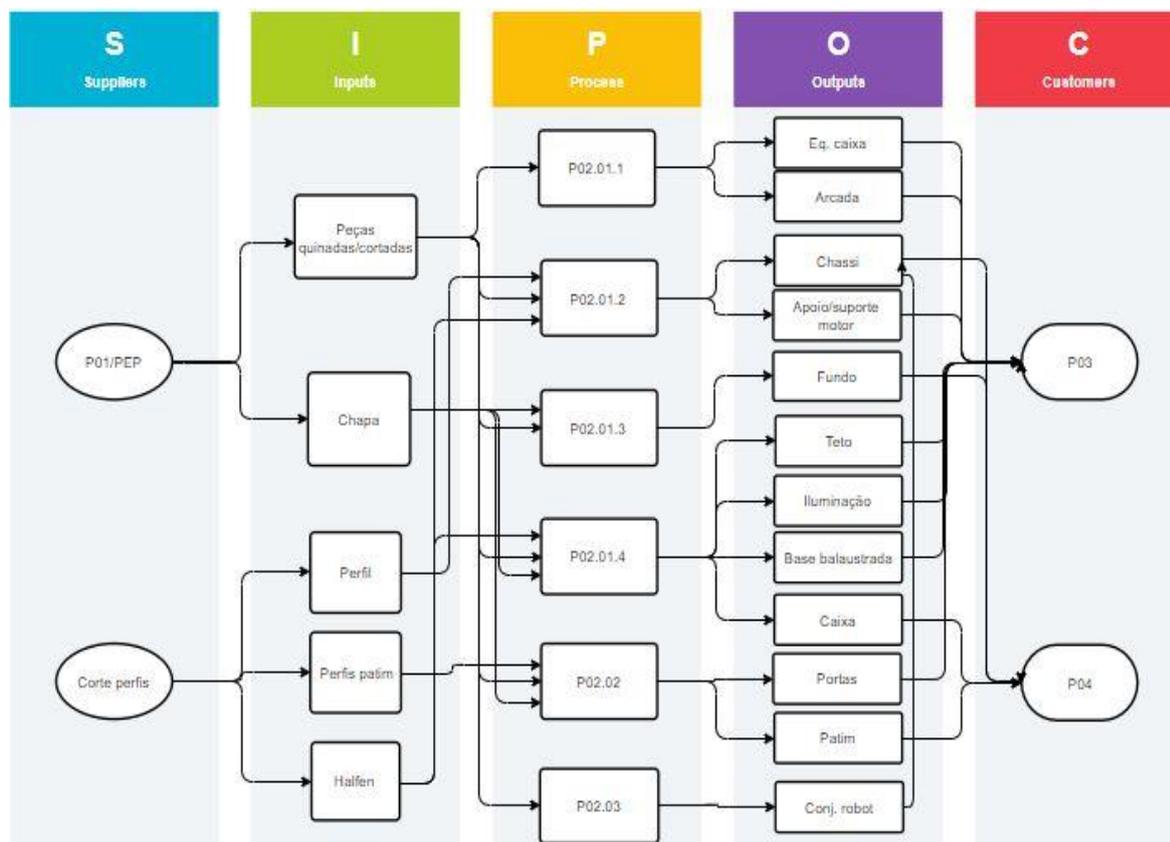


Figura 26. SIPOC da linha de soldadura

### 3.3. Dados obtidos

Para se proceder à análise dos dados, fez-se inicialmente uma separação daquilo que acrescenta mais valor para a empresa, ou seja, os tipos de elevadores mais produzidos pela fábrica (o tipo de obra que mais tempo envolve para a linha de soldadura, uma vez que a produção envolve um número considerável de modelos diferentes).

Recolheram-se, através de um quadro geral, os tipos de obra que preenchem mais tempo na empresa. O resultado, com base na análise de Pareto, está representado na figura 27. A recolha de dados foi feita para as semanas 9, 10 e 11 do ano de 2020, semanas em que este projeto decorreu. A S+ possui vários tipos de obra (elevadores) que se distinguem pelo modelo: ISI4, AOM4, AOM-P4R, AOMR-P; sendo que dentro de cada modelo a gama varia mediante o peso suportado: 320Kg, 450Kg, 630Kg, etc.

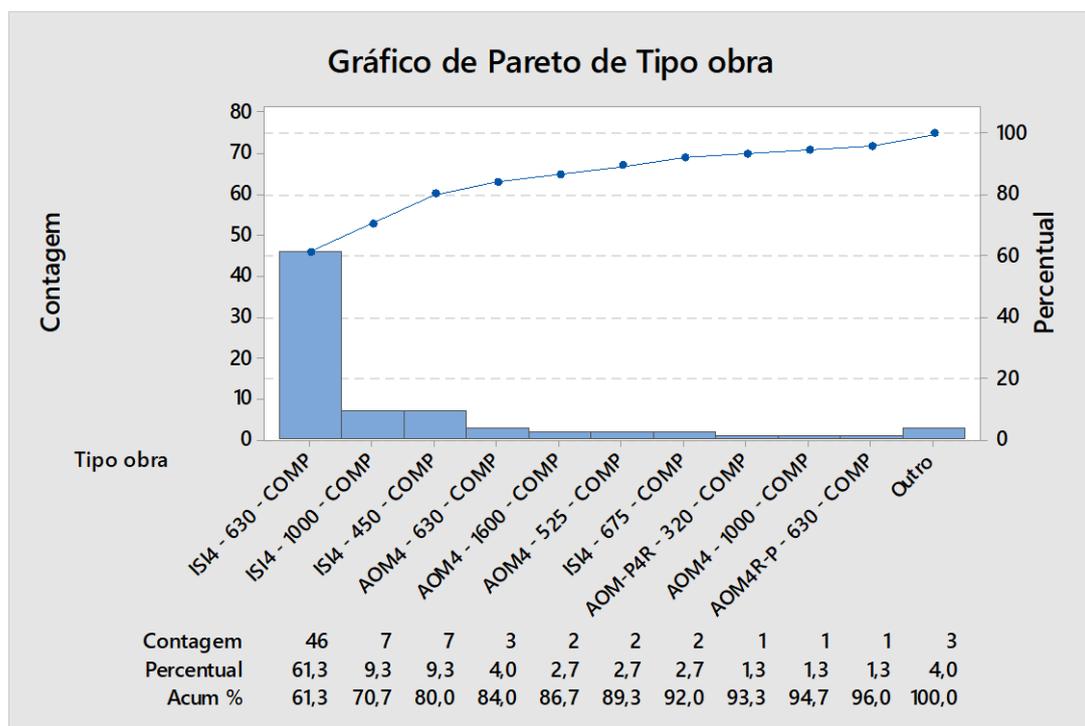


Figura 27. Análise de Pareto dos tipos de obra

Como podemos ver na análise deste gráfico, cerca de 61,3% das obras são do tipo ISI4 – 630kg. As restantes, até completar 80%, são do mesmo tipo, mas de 1000kg e 450kg. Como as produções são bastante semelhantes (apenas muda o tamanho dos conjuntos), podemos afirmar que os elevadores ISI4 são responsáveis por 80% do valor acrescentado à empresa.

Foi pedido ao PEP que fornecesse um conjunto de desenhos técnicos de todas as peças que são produzidas na soldadura para fabricar uma ISI4. Dessa forma, ter-se-ia uma base visual de todas as peças específicas para estes tipos de obra. Os desenhos continham também o número NAV associado, o número do desenho, todas as peças necessárias de cada conjunto e todos os pontos onde é necessário aplicar a solda.

Ficou decidido pela equipa que, para se começar a obter dados do sistema, todos os processos correspondentes aos desenhos técnicos/IT seriam gravados em vídeo. Desta forma, ter-se-ia sempre acesso às imagens de cada processo de soldadura, ou seja, a equipa teria sempre a prova física de como os processos se desencadeiam, mostrando mesmo que determinados desperdícios (*MUDA's*) ocorrem em determinado procedimento. Os vídeos serviriam como uma observação do processo '*process observation*' (George et al., 2005) constante.

Após todos os processos gravados em vídeo, dar-se-ia início à análise dos mesmos. A primeira ação foi a construção de uma base para a análise dos vídeos. Essa base consistiria num documento adaptado de outro já existente na S+, em que, primeiramente, se indica a secção na qual o processo está inserido, o posto de trabalho, as peças correspondentes e o ‘link’ do vídeo em análise. Neste documento, na tabela, cada linha seria correspondente a uma operação e cada coluna seria dedicada à descrição dessa mesma operação. Entende-se por operação/tarefa a ação do operador a soldar, deslocações com ou sem peças, sendo o critério de divisão entre elas o momento em que passa de uma ação para outra. Além disso, duas colunas serviriam para anotar o momento do início e do fim dessa operação, sendo que uma coluna estaria programada para fazer a diferença desses tempos e mostrar, de uma forma automática, a duração da operação. Todas as representações de tempo neste *template*, assim como em todo este trabalho, estão expressas sob a formatação hh:mm:ss, ou seja, ‘hora:minutos:segundos’. No caso de aparecer apenas dois espaços, a representação será apenas de ‘minutos:segundos’. Na análise da descrição das operações, identificar-se-ia se as mesmas teriam valor acrescentado para o cliente. Caso contrário, teríamos um *MUDA*. Se se identificasse um *MUDA*, era adicionada uma marca ao tipo de *MUDA* mostrado pelo vídeo. O documento, como se pode verificar na figura 28, possuía os desperdícios divididos em 8 categorias:

- Movimento – deslocação em vazio para dentro e para fora do posto;
- Movimento materiais – transporte de materiais apenas dentro do posto;
- Desperdício interno puro – desperdício causado por outro processo dentro da fábrica;
- Movimento parametrização – deslocações de ferramentas auxiliares, para garantir uma correta soldadura das peças; inclui limpeza fora do plano;
- Transporte – movimento de materiais para fora ou para dentro da célula;
- Controlo – tempo despendido a garantir que as peças estão dentro dos padrões;
- Espera – tempo gasto pelo operador à espera de materiais ou informações;
- Registos – gastos de tempo a efetuar registos de informação.

Empresa:		Schmitt - Elevadores, Lda													
Secção:		P02													
Local de trab:		P02 - Obra: ISI4													
Link:															
Hora:															
Op. N°	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Descrição / Tarefas	MUDA							Tempo (segundos)	Início	Fim
						Movimento	Movimento materiais	Desperdício interno puro	Movimento parametrização	Transporte	Controlo	Espera			
1													00:00	00:00	00:00
2													00:00	00:00	00:00
3													00:00	00:00	00:00
4													00:00	00:00	00:00
5													00:00	00:00	00:00
6													00:00	00:00	00:00
7													00:00	00:00	00:00
8													00:00	00:00	00:00
9													00:00	00:00	00:00
10													00:00	00:00	00:00

Figura 28. Template utilizado para a análise de operações

### 3.4. Análise dos dados

Após a recolha de todos os dados, seguiu-se a análise dos mesmos. Por forma a ter uma informação mais visual e organizada das operações e processos da linha, decidiu-se organizar os dados numa tabela com a duração acumulada dos processos de cada posto e o *takt time* já incutido nos dados, como se observa na figura 29. O *takt time* dos postos da soldadura manual e robot foi calculado com base no objetivo da empresa, sendo este a produção completa de 30 elevadores semanais, considerando um tempo útil de trabalho de 7 horas (descontando as horas de almoço e eventuais intervalos):

$$\begin{aligned}
 Takt\ time &= \frac{\text{Tempo de trabalho semanal disponível}}{\text{Procura semanal do cliente}} \\
 &= \frac{60\ \text{min} \times 7\ \text{h} \times 5\ \text{dias}}{30\ \text{elevadores}} = 70\ \text{min/elevador}
 \end{aligned}$$

O *takt time* dos postos de inox (P02.02) não se encontra representado nos gráficos, porque, como a procura destes é muito mais reduzida em relação aos ISI4, o *takt time* era um valor muito mais elevado. Sendo assim, este não conseguia acompanhar os limites numéricos das demais representações. Quer isto dizer que, se tentássemos representar o *takt time* deste posto na análise a toda a linha, todas as outras informações eram visualmente apresentadas de uma forma mínima, sendo esta a razão da sua não apresentação por enquanto.

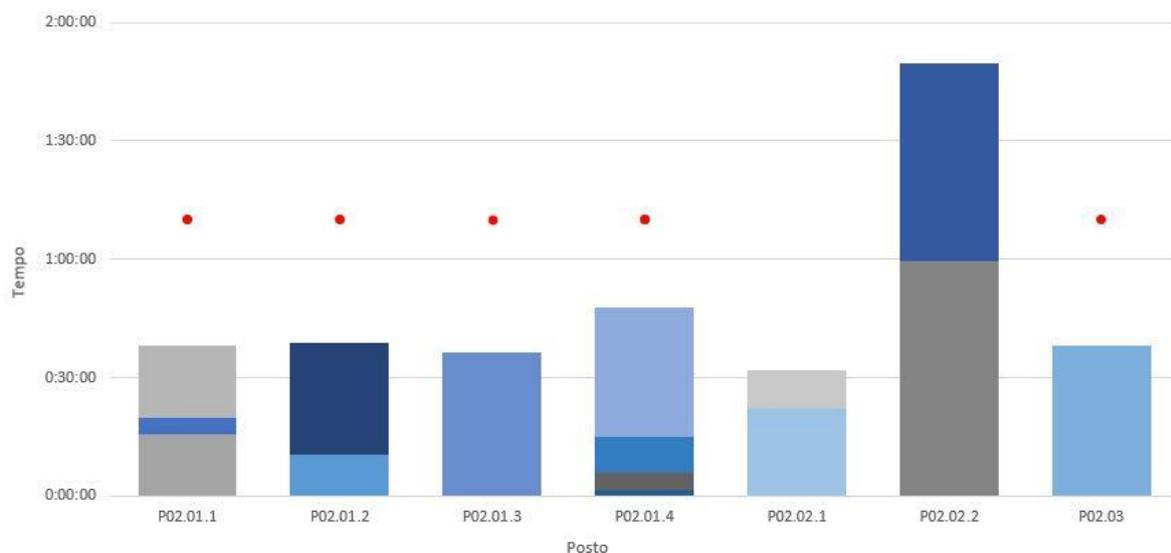
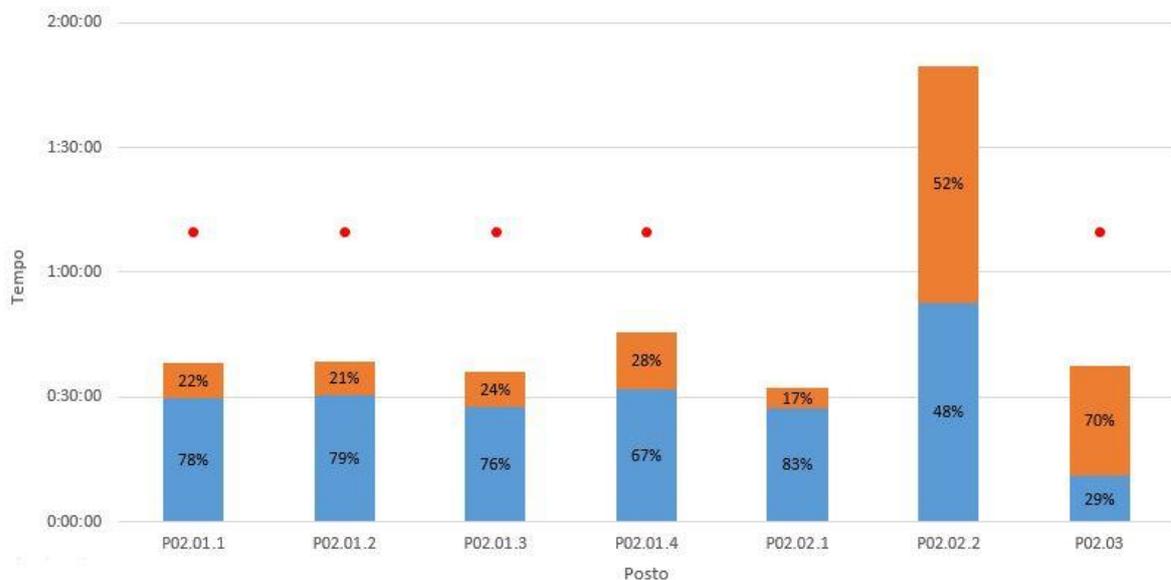


Figura 29. Gráfico de tempos reais de processos por posto

A análise a este gráfico revela-se um pouco inconclusiva. Como se verifica, todos os postos estão abaixo do *takt time* (pontos encarnados) e, aparentemente, a linha não tem nenhum problema identificado.

Decidiu-se, então, mudar a estratégia, para verificar a origem dos problemas, com base num pensamento mais *lean*. Sendo que a medição foi feita com base num documento em que era possível identificar e registar os vários *MUDA's* que se obtinham com a observação do processo, decidiu-se mudar a representação gráfica de cada posto com base nesse documento. Em vez de termos um gráfico de barras empilhadas, com cada barra representando um processo, os gráficos seriam substituídos pelos tempos de valor acrescentado (barras azuis), *MUDA's* (barras laranja) identificados e suas respetivas percentagens de tempo para cada posto. Chegamos, assim, a um gráfico de valor agregado '*value-add chart*' (George et al., 2005) identificado na figura 30.



**Figura 30. Gráfico de tempos reais de VA e MUDA's por posto**

A análise a este último gráfico é muito mais conclusiva. Verifica-se que dois postos de trabalho, o P02.02.2 e o P02.03 (posto dos patins inox e robot, respetivamente), contêm mais de 50% de tempo em desperdícios.

Estes gráficos contêm os tempos reais de processo e tornam mais fácil a representação gráfica de desperdícios nos postos. Contudo, podemos afirmar que se negligencia um pouco os postos da soldadura manual e do robot, mais concretamente a carga de trabalho dos operadores, já que a diferença entre os tempos de processo e do *takt time* é muito maior no posto de inox do que em todos os restantes postos. Se obtivermos um gráfico com o nivelamento dos *takt times* do posto de inox, e conseqüente diminuição proporcional das barras, possuiríamos uma base muito mais fiável tanto para a chefia, como para este trabalho em futura gestão do tempo do pessoal.

Sendo assim, após se obter o quadro de produção das portas (P02.02.1) e outro dos patins (P02.02.2) calculou-se as devidas proporções. A análise às portas encontra-se esquematicamente representado na tabela 2.

**Tabela 2. Cálculo da proporção de redução para o posto P02.02.1**

	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Total 5 semanas
S22	17	14	33	21	14	99
DIN	25	0	0	0	0	25
Total	42	14	33	21	14	124
Nº horas semanais	nº semanas	Nº horas 5 semanas		Takt time	Redução barras	
35:00:00	5	175:00:00		<u>1:24:41</u>	= 1,21	
				1:10:00		
Proporção de tipo de porta						
	$\frac{99}{25} \approx 4$ portas S22 por cada DIN					

A tabela indica-nos o número de portas S22 e Din em cada uma das cinco semanas, sendo que, foi calculado o total de cada tipo para essas semanas e o total global. Considerando as 35 horas semanais (7 horas por dia) e as 5 semanas em análise, obteve-se 175 horas de tempo útil sendo que, o quociente desde valor pelo total global de 124 portas será um *takt time* de 01:24:41. Se, por sua vez, dividirmos o valor pelo *takt time* pretendido (01:10:00), obtemos 1,21. Por fim, este vai ser o valor dividido pelos tempos de processo das portas. Podemos verificar ainda que, se dividirmos o número de portas dos dois tipos, obtemos uma razão de 4 S22 por cada uma Din, sendo este o valor a dividir apenas pelo tempo das portas Din.

A análise ao posto dos patins encontra-se representada na tabela 3.

**Tabela 3. Cálculo da proporção de redução para o posto P02.02.2**

Patamar	29		Semanas
Cabine	6		15
Total	35		
Pior cenário	Semana 11	Takt time	Redução barras
15	35:00:00	2:20:00	2
		1:10:00	
Proporção tipo de patim			
	$\frac{29}{6} \approx 5$ patins de patamar por um de cabine		

A tabela dos patins utilizou exatamente o mesmo raciocínio, apenas com algumas alterações. Neste caso, teve-se acesso ao quadro de produção relativo às 15 primeiras semanas do ano e verificou-se bastante variabilidade de patins a produzir por semana, durante esse tempo. Sendo assim, considerou-se uma das semanas com maior quantidade de patins a produzir, neste caso a 11, sendo que esta mostrava 15 patins a produzir, obtendo-se assim um *takt time* de 02:20:00. Com este valor, obteve-se uma razão de redução dos tempos de 2. Em termos de proporção, obteve-se 5 patins de patamar por um de cabine. Como tal, o valor do tempo dos patins de cabine seria dividido por 5, para além do valor de razão de redução de tempo.

O resultado do gráfico de balanceamento, com o *takt time* nivelado, consta na figura 31.

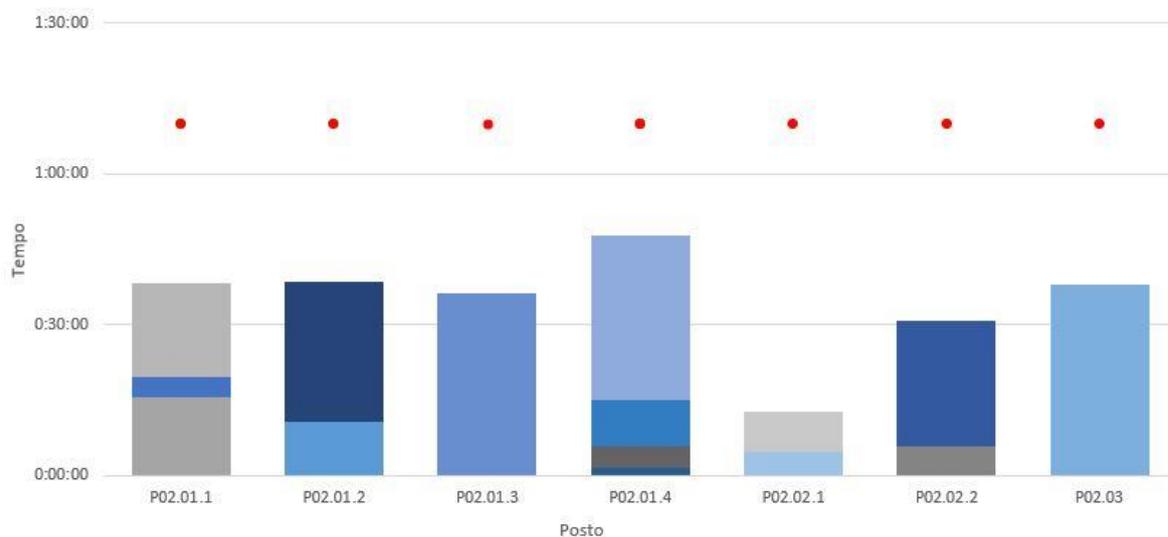


Figura 31. Gráfico final de balanceamento por posto



## 4. SOLUÇÕES

### 4.1. Desenho de soluções

Seguindo pelo caminho pedido à equipa, procedeu-se à análise mais pormenorizada dos desperdícios nos postos. A ferramenta usada para a resolução do problema de desperdício foi o A3. Primeiramente, a equipa definiu o problema que tinha em mãos (figura 32).

Objetivo	Atingir um máximo de 30% de muda em todos os postos
Passo	Descrição
O que vamos fazer?	Eliminar desperdícios na linha de soldadura
Porque o vamos fazer?	Para aumentar a eficiência e produtividade da linha
Onde o vamos fazer?	Na linha de soldadura da P02 da Schmitt 2
Quem o vai fazer?	Equipa de engenharia de processo/ <u>lean manufacturing</u>
Quando o vamos fazer?	abril e maio de 2020
Como o vamos fazer?	Através de análise direta do processo
Quanto vai custar?	Tempo e esforço

Figura 32. Definição do problema em A3

No segundo ponto da ferramenta, definiu-se que o estado inicial seria regido pelo gráfico de VA/MUDA, sendo este o modo de comparação visual entre um estado atual ‘AS IS’ e um ‘TO BE’ futuro. Na análise a este gráfico, representado na figura 30, podemos ver que existem dois postos que se encontram muito distantes do objetivo pretendido. O posto dos patins (P02.02.2) e o robot (P02.03) possuem 52% e 70%, respetivamente, de tempo em desperdício. Como tal, estes vão ser os postos de maior enfoque da equipa. Apesar de os postos da soldadura manual estarem dentro do objetivo pretendido, não foram descurados, e foram também alvo de uma análise, embora um pouco mais superficial.

Por forma a começar a análise aos desperdícios dos dois postos foco da análise, foram construídos gráficos contendo uma demonstração percentual de cada tipo de desperdício verificado, como se constata nas figuras 33 e 34, considerando os desperdícios apresentados no *template* do capítulo anterior.

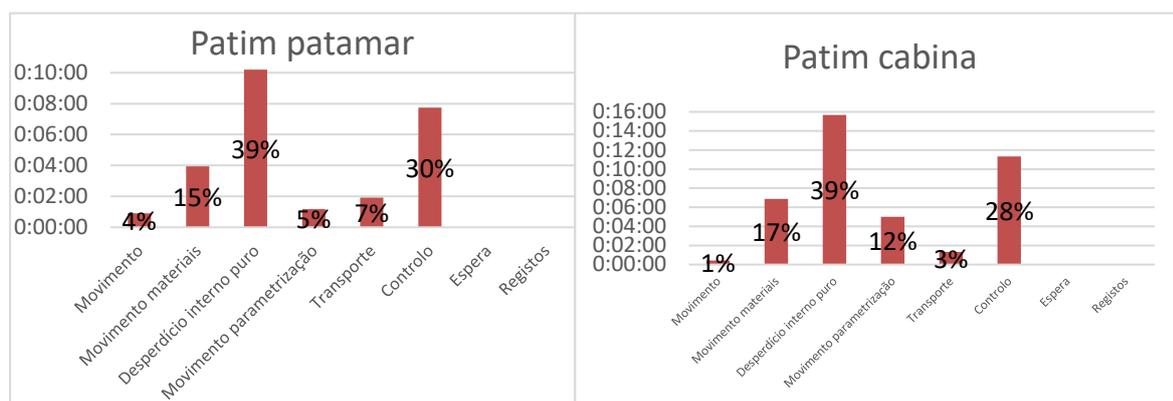


Figura 34. Análise aos desperdícios do posto de patins

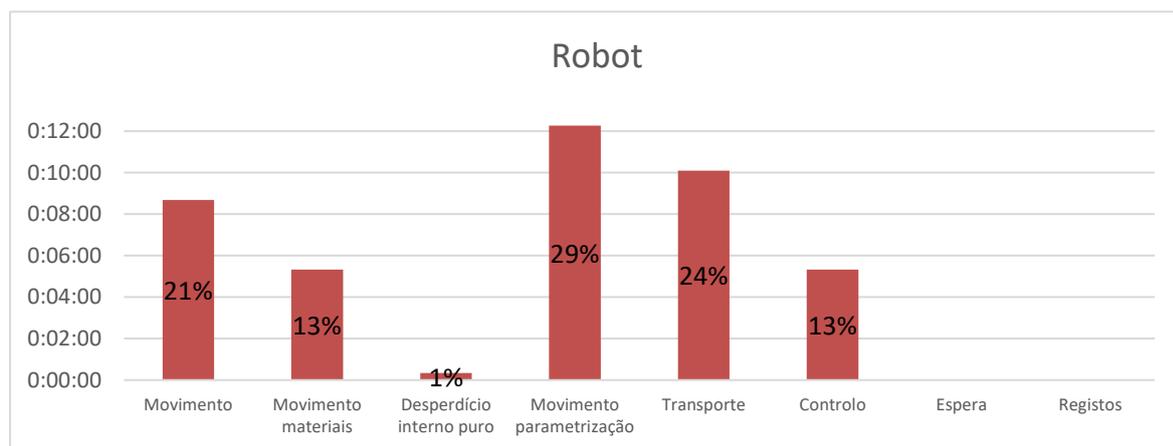


Figura 33. Análise aos desperdícios do robot

Estes gráficos foram obtidos através das tabelas de observação direta do processo. Mostram o tempo acumulado que cada tipo de *MUDA* tem no processo. A percentagem foi inserida para uma melhor distinção global e representa a percentagem de um *MUDA* apenas no tempo global dos desperdícios, e não no tempo global do processo.

A identificação dos problemas foi possível utilizando estes gráficos como ponto de partida. Após identificar quais os *MUDA*'s que ocupavam mais tempo nos postos, foram consultadas as tabelas de observação direta, para perceber, efetivamente, quais eram as operações que não acrescentavam valor. Assim, foram identificados os vários problemas da linha de soldadura.

Apesar de os maiores problemas estarem identificados, alguns eram um pouco vagos, não sendo possível obter soluções. A ferramenta utilizada para identificar a causa raiz desses problemas foi a dos cinco porquês. Os exemplos usados no posto dos patins e do robot estão representados nas figuras 35 e 36.

Causas	Elevado número de alinhamentos e peças auxiliares	Demasiada deslocação do patim dentro do posto	Muitos movimentos de parametrização	Chapa base necessita de ajuste
Tema	<input type="checkbox"/> Máquina <input checked="" type="checkbox"/> Método <input checked="" type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente	<input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente	<input type="checkbox"/> Máquina <input checked="" type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente	<input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Método <input checked="" type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente
Porquê?	São estritamente necessários	Os postos auxiliares estão separados	Todas as parametrizações são feitas de cada vez	Não faz um angulo de 90 graus
Porquê?	A mesa auxiliar assim o obriga		Não existe uma base fixa de medição	A <u>quinagem</u> não verifica a condição da base
Porquê?	A mesa auxiliar e suas fixações estão desatualizada			
Porquê?				
Porquê?				

Figura 35. Análise dos cinco porquês para os problemas do posto de inox

Causas	Demasiado tempo na parametrização do gabari	Deslocação longa para ir buscar gabari	Tempo despendido na busca de peças para a máquina	Tempo despendido na colocação de peças
Tema	<input checked="" type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente	<input type="checkbox"/> Máquina <input type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input checked="" type="checkbox"/> Meio envolvente	<input type="checkbox"/> Máquina <input checked="" type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente	<input type="checkbox"/> Máquina <input checked="" type="checkbox"/> Método <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Mão-de-Obra <input type="checkbox"/> Meio envolvente
Porquê?	São movimentos necessários na troca de gabari	O gabari se encontra em P03	As peças estão dispostas aleatoriamente e são pesadas	A base não é segura e as peças são pesadas
Porquê?	O gabari precisa de ser aparafusado sempre que usado	Os gabaris estão na antiga localização da linha	O <u>supplier</u> da linha dispõe assim as peças	O gabari está disposto de uma forma fixa (é sempre o mesmo)
Porquê?	A base em si não o fixa	Ainda não foram mudados de sitio		
Porquê?				
Porquê?				

Figura 36. Análise dos cinco porquês para os problemas do robot

Após a recolha de todos os elementos necessários, deu-se início ao desenho de soluções para os problemas mais simples de resolver e para cada uma das causas raiz dos mais complexos. Procedeu-se à identificação do posto, dos seus problemas e das respetivas soluções. A figura 37 representa, de uma forma visual e simples, o que foi feito para o posto dos patins.

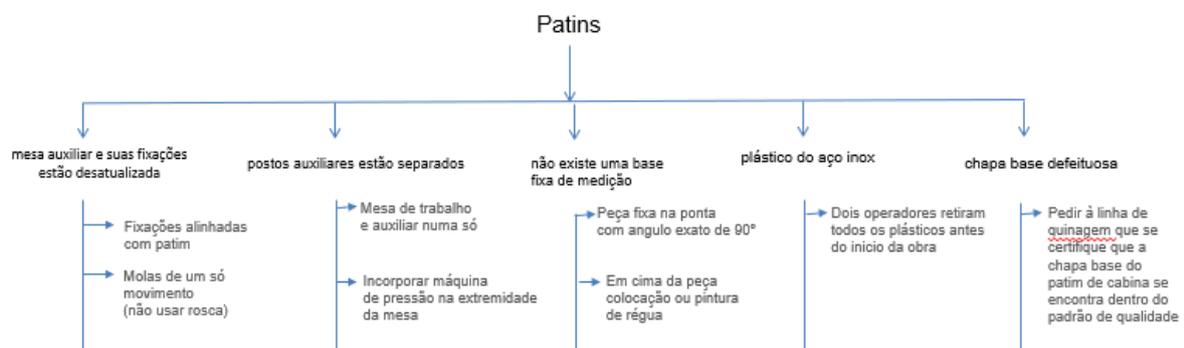


Figura 37. Primeira proposta de soluções para o posto dos patins

A figura 38 mostra o mesmo procedimento realizado com o robot.

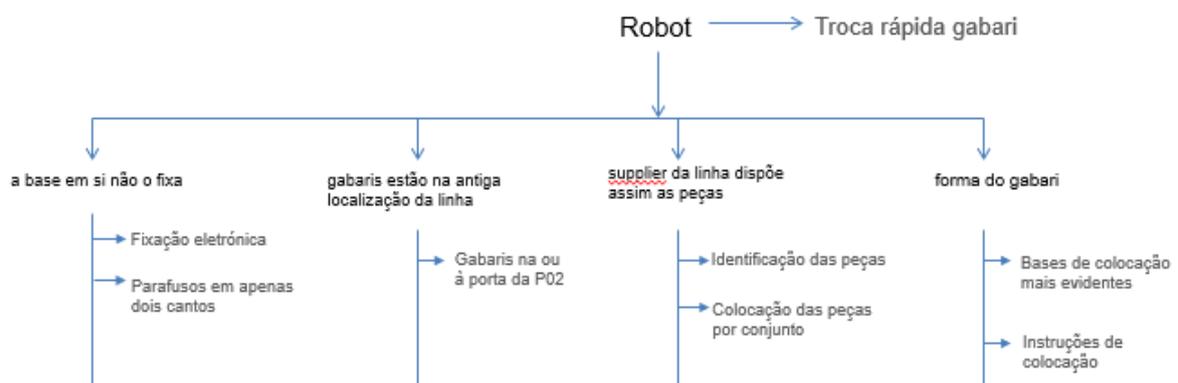
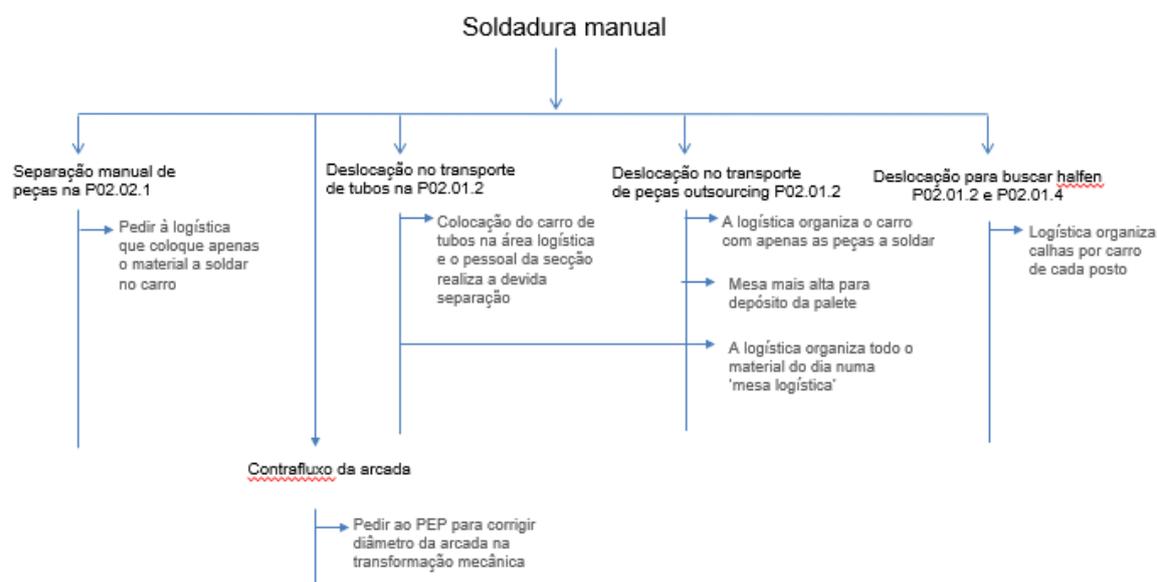


Figura 38. Primeira proposta de soluções para o robot

Como referido anteriormente, os postos da soldadura manual não tinham grandes problemas de desperdício, e estavam todos abaixo do *takt time*. Contudo, com base em objetivos da chefia, foram dadas também soluções que, para além de poderem baixar o tempo em desperdício, pudessem também garantir um melhor fluxo de materiais e organização. Como tal, uma pequena análise a esses postos também foi realizada (figura 39), mas não com um critério tão apertado.



**Figura 39. Primeira proposta de soluções para os postos da soldadura manual**

As soluções encontradas a partir desta análise foram recolhidas. No total, 23 soluções foram construídas. Por forma a conseguirmos um critério de seleção das mesmas, a cada uma delas foi atribuído um valor para o seu impacto e o seu esforço. Quer isto dizer que, quanto maior percentagem de tempo de *MUDA's* essa solução resolvesse, maior a sua classificação em impacto. Quanto maior esforço, em termos de tempo, a solução requer (neste caso foram consideradas as semanas que essa solução requer para ser implementada, por uma questão de simplificação), maior a sua classificação em termos de esforço. O resultado de classificação está representado na tabela 4.

Tabela 4. Classificação impacto/esforço para as soluções

Nº	Solução	Impacto	Esforço
[1]	Alteração do grampo - incluir calço	6	3
[2]	Grampo de mola	5	3
[3]	Mesa de trabalho e auxiliar numa só	9	7
[4]	Incorporar máquina de pressão na extremidade da mesa	8	6
[5]	Peça fixa na ponta com angulo de 90º - batente para tubos	3	2
[6]	Colocação ou pintura de régua no posto de alinhamento	2	2
[7]	Pedir à linha de quinagem a certificação de qualidade da chapa base do patim de cabina	4	2
[8]	Fixação eletrónica	5	10
[9]	Parafusos em apenas dois cantos	4	9
[10]	Gabaris na ou à porta da P02	8	4
[11]	Identificação das peças que entram no gabari	3	3
[12]	Colocação das peças por conjunto	2	2
[13]	Garantir um ponto 0 correta do gabari	3	4
[14]	Instruções de colocação	2	3
[15]	Pedir à logística que coloque apenas o equipamento de caixa a soldar no carro (P02.01.1)	5	3
[16]	A logística organiza o carro com apenas as peças a soldar (P02.01.2)	4	4
[17]	Colocação do carro de perfis na área logística e o pessoal da secção realiza a devida separação (P02.01.2)	4	3
[18]	Mesa mais alta para depósito da paleta de outsourcing	3	2
[19]	A logística organiza todo o material de P02.01.2 do dia numa 'mesa logística'	5	4
[20]	Logística organiza calhas halfen por carro de cada posto (P02.01.2 e P02.01.4) todos os dias	6	4
[21]	Inox sem plástico	8	2
[22]	Pedir ao PEP para corrigir diâmetro da arcada na transformação mecânica	6	2
[23]	Troca rápida de gabari	8	3

Como se pode verificar na tabela anterior, algumas soluções estão representadas a laranja e azul. A solução a laranja representa uma possível solução para o robot. No entanto, uma das soluções seria a realização de uma troca rápida de gabari, pelo que esta não teria tanto sentido, já que um dos objetivos seria melhorar a organização e fluxo da linha. Visto ser cada pequena área da linha preciosa, esta solução iria contra esse pensamento, pois os gabaris ocupam uma área considerável. Contudo, a chefia garantiu que essa solução seria viável, no caso de a troca rápida não ser possível, e sem lesar o espaço útil da linha. As identificadas a azul são pequenas soluções, para o caso de o operador que vai trabalhar com o robot não saber como colocar as peças no gabari, sendo desnecessário que se interrompa o trabalho dos operadores que sabem como realizar as operações do robot. De modo a simplificar, estas três soluções, posteriormente, iriam ser juntas, formando instruções de trabalho para o robot, inexistentes até este trabalho.

Para a equipa iniciar um primeiro processo de seleção, as soluções foram representadas numa matriz impacto/esforço (figura 40). Como seria impossível para a equipa e para a chefia implementar todas as soluções, estas tiveram de ser classificadas de modo a perceber-se quais as que podiam ser implementadas de imediato, as que requeriam maior tempo e esforço e as que se poderiam descartar. Como tal, mediante o quadrante da matriz onde as soluções encaixassem, estas eram automaticamente classificadas. Se calhassem no

primeiro quadrante, eram consideradas complexas, ou seja, soluções que tinham bastante impacto. Contudo, iriam demorar bastante tempo a ser implementadas, só sendo possível, previsivelmente, após o fim deste trabalho. No segundo, as soluções eram automaticamente descartadas. Se eventualmente fossem para o terceiro, eram consideradas ações possíveis de realizar num curto espaço de tempo. Contudo, teriam pouco impacto e teriam de ser novamente analisadas, daí a designação “ver e agir”. No quarto quadrante, calharam as soluções que iriam ser alvo de uma primeira análise, não só porque teriam bastante impacto no processo, como também seriam ações bastante simples e rápidas de implementar, daí a designação “prioritários”.



Figura 40. Matriz impacto/esforço

Uma das soluções propostas para o robot foi a realização de uma troca rápida de gabari. Esta solução, considerada uma das de maior impacto, surgiu uma vez que, nos gráficos de tempos, no posto do robot (P02.03), para além de estar representado o tempo de processo de soldadura, está também representado, integralmente, o tempo de *setup*, que, no caso deste robot, trata-se da troca de gabari onde são fixas as peças a serem soldadas. Por essa razão, esta solução foi a primeira a surgir quando se pensou em redução do tempo de

*setup*. Esta solução assemelha-se muito com o SMED, ferramenta *lean*. Como tal, algumas ações são semelhantes, contudo, um SMED puro seria impossível de implementar no tempo deste projeto, pela sua complexidade.

Assim, foi realizada a primeira ação: separar as atividades internas das externas, sendo elas as atividades que se realizam com a máquina parada e com a máquina em funcionamento, respetivamente. Como tal, foi usada, como base, a tabela de observação direta adaptada, com apenas as operações e o seu tempo (tabela 5). As linhas a amarelo representam as atividades internas e a verde as externas:

Tabela 5. Troca rápida de gabari – 1ª fase

Op. Nº	Descrição / Tarefas	Tempo
1	Movimento do robot para horizontal	01:30
2	Desaparafusar gabari	01:10
3	Ir buscar e colocar cordas da grua	02:15
4	Transporte gabari para palete	00:50
5	Retirar cordas do gabari	00:25
6	Transporte da base para a P03	03:10
7	Transporte da base pretendida para P02.03	01:15
8	Ir buscar e colocar cordas da grua	00:35
9	Rotação suporte para gabari	00:40
10	Transporte gabari da palete para robot	01:10
11	Retirar cordas	01:00
12	Aparafusar gabari	01:00
13	Rotação da base e gabari	00:30
14	Limpeza do gabari	01:10
15	Arrumação da palete	00:20
16	Vai buscar as peças a entrar na máquina e fixa-as ao gabari	05:20
17	Fecha a cortina do robot	00:20
18	Programa a máquina	02:30
19	Soldadura do robot	11:00
20	Desaperto das fixações e colocação das peças no carro	01:26

Após todas as fases definidas, mudou-se para a fase 2 (tabela 6). Nesta fase, o objetivo seria tentar transformar o máximo de atividades internas em externas possível. Sendo assim, foram identificadas algumas operações que teriam a possibilidade de ser executadas com a máquina em andamento. O resultado foi o seguinte:

Tabela 6. Troca rápida de gabari - 2ª fase

Op. N°	Descrição / Tarefas	Tempo
1	Movimento do robot para horizontal	01:30
2	Desaparafusar gabari	01:10
3	Ir buscar e colocar cordas da grua	02:15
4	Transporte gabari para palete	00:50
5	Retirar cordas do gabari	00:25
6	Transporte da base para a P03	03:10
7	Transporte da base pretendida para P02.03	01:15
8	Ir buscar e colocar cordas da grua	00:35
9	Rotação suporte para gabari	00:40
10	Transporte gabari da palete para robot	01:10
11	Retirar cordas	01:00
12	Aparafusar gabari	01:00
13	Rotação da base e gabari	00:30
14	Limpeza do gabari	01:10
15	Arrumação da palete	00:20
16	Vai buscar as peças a entrar na máquina e fixa-as ao gabari	05:20
17	Fecha a cortina do robot	00:20
18	Programa a máquina	02:30
19	Soldadura do robot	11:00
20	Desaperto das fixações e colocação das peças no carro	01:26

Na fase seguinte, as atividades foram racionalizadas, quer isto dizer que foram colocadas de uma forma lógica ao longo do procedimento de *setup*, tentando juntar todas as atividades externas possíveis, acrescentando algumas para diminuir o tempo das internas (tabela 7). Neste caso, o operador realiza várias atividades, aquando da soldadura do robot, como o transporte e limpeza do gabari e fixação das peças a este, para quando a troca se realizar o gabari estar pronto a entrar no robot. Ainda algumas atividades foram excluídas e tidas como desnecessárias, já que, com esta nova configuração, passavam a deixar de ter sentido. Estas atividades excluídas estão representadas a vermelho.

**Tabela 7. Troca rápida de gabari - 3ª fase**

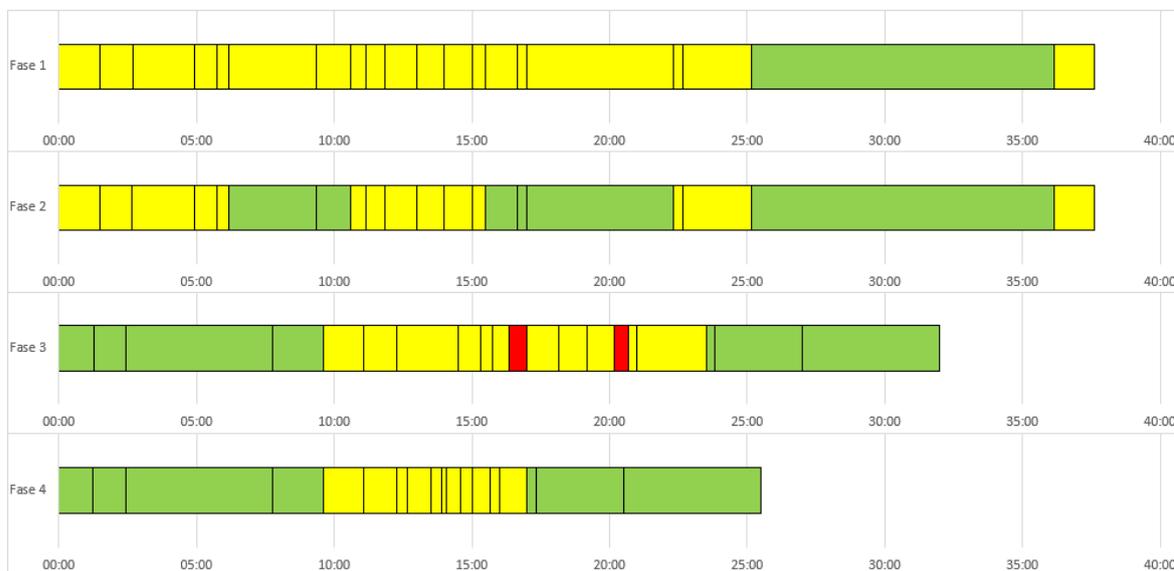
Op. N°	Descrição / Tarefas	Tempo
1	Transporte da base pretendida para P02.03	01:15
2	Limpeza do gabari	01:10
3	Vai buscar as peças a entrar na máquina e fixa-as ao gabari	05:20
4	Ir buscar e colocar cordas da grua junto dos gabaris e robot	01:50
5	Movimento do robot para horizontal	01:30
6	Desaparafusar gabari	01:10
7	Colocar cordas da grua	02:15
8	Transporte gabari para palete	00:50
9	Retirar cordas do gabari	00:25
10	Ir buscar e colocar cordas da grua	00:35
11	Rotação suporte para gabari	00:40
12	Transporte gabari da palete para robot	01:10
13	Retirar cordas	01:00
14	Aparafusar gabari	01:00
15	Rotação da base e gabari	00:30
16	Fecha a cortina do robot	00:20
17	Programa a máquina	02:30
18	Arrumação da palete	00:20
19	Transporte do gabari para a P03	03:10
20	Mesa com as peças para a troca seguinte e espaço para as finalizadas	05:00

Na quarta e última fase as atividades internas foram simplificadas (tabela 8). Também foi adicionada uma solução de troca de peças, de modo a que tanto a operação de *setup* como a de troca de peças (já que o gabari só permite a solda de quatro conjuntos) aconteçam com a máxima fluidez, rapidez e simplicidade possível:

**Tabela 8. Troca rápida de gabari - 4ª fase**

Op. N°	Descrição / Tarefas	Tempo	
1	Transporte da base pretendida para P02.03	01:15	
2	Limpeza do gabari	01:10	Soldadura
3	Vai buscar as peças a entrar na máquina e fixa-as ao gabari	05:20	
4	Ir buscar e colocar cordas da grua junto dos gabaris e robot	01:50	
5	Movimento do robot para horizontal	01:30	
6	Desaparafusar gabari	01:10	
7	Colocar cordas da grua	00:25	
8	Transporte gabari para palete	00:50	
9	Retirar cordas do gabari	00:25	
10	Ir buscar e colocar cordas da grua	00:10	
11	Transporte gabari da palete para robot	00:30	
12	Retirar cordas	00:25	
13	Aparafusar gabari	00:40	
14	Fecha a cortina do robot	00:20	
15	Programa a máquina	01:00	
16	Arrumação da palete	00:20	Soldadura
17	Transporte do gabari para a P03	03:10	
18	Mesa com as peças para a troca seguinte e espaço para as finalizadas	05:00	
	Quando finalizada a soldadura são retiradas peças do gabari e colocado as novas. Apenas quando a máquina começa, o operador coloca as peças no seu sitio e repete a operação 18 e esta até ao fim da produção		

Através da figura 41, podemos ver, de uma forma gráfica e simples, como a solução reduziu consideravelmente o tempo de *setup*.



**Figura 41. Visão gráfico-temporal geral da solução**

No início, tínhamos uma operação de *setup* que demorava 26 minutos e 36 segundos. Após a aplicação desta solução, em termos teóricos, o *setup* reduziria para 7 minutos e 25 segundos. Sendo assim, teríamos uma redução do tempo de troca de gabari de 72%.

Após todo este processo concluído, a equipa teria de apresentar as suas soluções à chefia para validação. Para isso algumas ações foram simplificadas e descritas de um modo mais objetivo e organizadas segundo os postos aos quais estão direcionados, a sua classificação resultante do impacto/esforço e o responsável pela sua implementação, como verificado na tabela 9.

**Tabela 9. Tabela de identificação de tarefas e respetivo responsável**

Posto	Tarefa	O	Responsável
<b>Soldadura manual</b>			
P02.01	Organização carro nº4 com eq. Caixa, chassi, suporte/apoio motor e arcadas da obra	Quick win	
P02.01	Corregir diâmetro arcadas	Sprint	
P02.01	Distribuir halfen do dia pelo carro nº4 e carro dos tetos	Sprint	
P02.01	Carro nº4 segue para zona out quando concluído	Quick win	
P02.01	Peças suporte iluminação seguem no carro dos tetos	Quick win	
<b>Inox</b>			
P02.02	Integrar posto alinhamento na banca de trabalho	Projeto	
P02.02	Mudança da prensadora para extremidade da banca	Projeto	
P02.02	Grampo de mola	Quick win	
P02.02	Alteração do grampo - incluir calço	Sprint	
P02.02	Peça fixa na ponta com angulo de 90º - batente para tubos	Quick win	
P02.02	Colocação ou pintura de régua no posto de alinhamento	Quick win	
P02.02	Pedir à linha de quinagem a certificação de qualidade da chapa base do patim de cabina	Quick win	
P02.02	Inox sem plástico	Sprint	
<b>Robot</b>			
P02.03	Troca rápida de gabari	Sprint	
P02.03	Garantir um ponto 0 correta do gabari	Quick win	
P02.03	IT - Colocação de peças no gabari	Quick win	
P02.03	Gabaris na ou à porta da P02	Sprint	

## 4.2. Aplicação de soluções

Neste subcapítulo serão apresentadas as alterações feitas na linha de soldadura. Algumas propostas não foram aceites pela chefia ou não foram postas em prática antes do fim deste projeto, entre elas a distribuição das calhas *halfen*, os dois projetos do posto de inox, as mudanças de grampos, a colocação da régua e a mudança de localização dos gabaris.

### 4.2.1. Soldadura manual

Uma das principais soluções dos postos P02.1 (soldadura manual), a organização do carro logístico n.º 4 consistia na organização dos materiais dos dois primeiros postos da soldadura manual, evitando assim que os operadores se tivessem de deslocar para fazer o *picking* do material que necessitam, e organizava o fluxo dentro da linha. Contudo, esta solução só foi implementada graças a várias reuniões com a chefia da secção a montante), sendo que o objetivo destas era organizar o carro logístico n.º 4 do ponto de vista do cliente interno. Só após todos os pontos esclarecidos em relação ao objetivo da organização deste carro, se procedeu à elaboração de IT's com base na necessidade da linha de soldadura. Esta IT segue em anexo neste documento (figura 57).

O objetivo final seria o transporte de todos os materiais a soldar dentro do carro, colocar fita preta nas de maiores dimensões, mas que não sofriam a transformação da soldadura. e todas as pequenas peças que, igualmente, não seriam soldadas, e iriam em pequenos cestos de metal nas laterais. Apesar disso, o carro n.º 4 não ficou totalmente como

a equipa pretendia, no final deste projeto, faltando, ainda, alguns perfis, material *outsourcing* e componentes produzidos no robot. O protótipo do carro logístico encontra-se representado na figura 42.



**Figura 42. Protótipo de organização do carro logístico nº4**

Outra solução pensada foi a correção do diâmetro das arcadas (figura 43). Constatou-se que estas realizavam um contra fluxo: após a primeira passagem pelo posto P02.1.1, necessitavam voltar para a roscagem para corrigir o seu diâmetro, uma vez que, depois de realizada a primeira soldadura, o metal contraía, verificando-se uma folga entre a peça e a chapa, como é possível observar no lado esquerdo da figura 43. Esta folga não permitia a entrada de um veio numa secção da fábrica a jusante, exigindo-se a sua prévia correção. Para solucionar este problema, foi requerida ao PEP a realização de uma compensação do diâmetro do furo de cerca de 0,3 mm, de modo a que a arcada não necessite de realizar um contra fluxo, ficando assim o furo da peça e da chapa alinhados (lado direito da figura 43), poupando tempo e esforço, tanto ao operador da P02.01.1, como ao da roscagem.



**Figura 43. Compensação do diâmetro do furo das arcadas**

Uma outra situação verificada foi que, aquando do momento de soldar os suportes de iluminação, o operador da P02.1.3 tinha de se deslocar para a IN de modo a coletar todo o material de que necessitava (lado esquerdo da figura 44.). A alteração proposta foi que estes suportes se deslocassem com o carro logístico dos tetos. Foi impossibilitada à equipa realizar esta solução. No entanto, juntamente com a chefia, conseguiu-se arranjar uma alternativa viável a todas as partes: os suportes de iluminação seguem num carro logístico à parte, mas é colocado junto ao respetivo posto, como se verifica na figura 44.

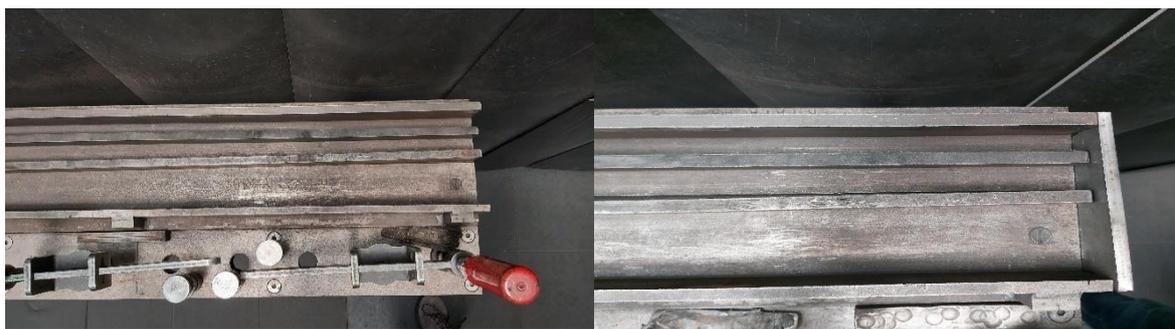


**Figura 44. Mudança de localização dos suportes de iluminação**

#### **4.2.2. Posto de Inox**

No posto de inox foram feitas alterações na produção dos patins.

A primeira delas consistiu na fixação de um batente na extremidade do posto auxiliar de alinhamento de tubos (figura 45). Esta solução permite ao operador poupar tempo e esforço, na medida em que pode prescindir da utilização das duas mãos, uma para empurrar os tubos e outra para segurar no batente, anteriormente móvel. Com a introdução de um batente, fixo na extremidade, necessitará apenas de introduzir os tubos e de os empurrar.



**Figura 45. Adição de batente na extremidade do posto auxiliar de alinhamento**

Outra alteração incidiu num dos principais desperdícios verificados durante a observação do processo, sendo ele a necessidade de retirar os plásticos das peças inox. Como tal, a solução era simples, bastando solicitar à linha a montante que fornecesse todas as peças dos patins sem o plástico que as envolvia (figura 46).



**Figura 46. Eliminação do plástico envolvente do aço inox**

Durante as observações do processo, constatou-se que, por vezes, a chapa base dos patins de cabine não vinha corretamente quinada (as duas dobras da chapa deveriam fazer um ângulo de 90°) e o operador perdia bastante tempo a compor a dobra, não sendo esta operação da sua responsabilidade. Sendo mais fácil e rápido corrigir este erro na quinadeira, solicitou-se a certificação de qualidade à secção a montante, garantindo, assim, que o operador não desperdiçará tempo em operações de correção de quinagem (figura 47).



Figura 47. Amostra visual da correta quinagem da chapa base

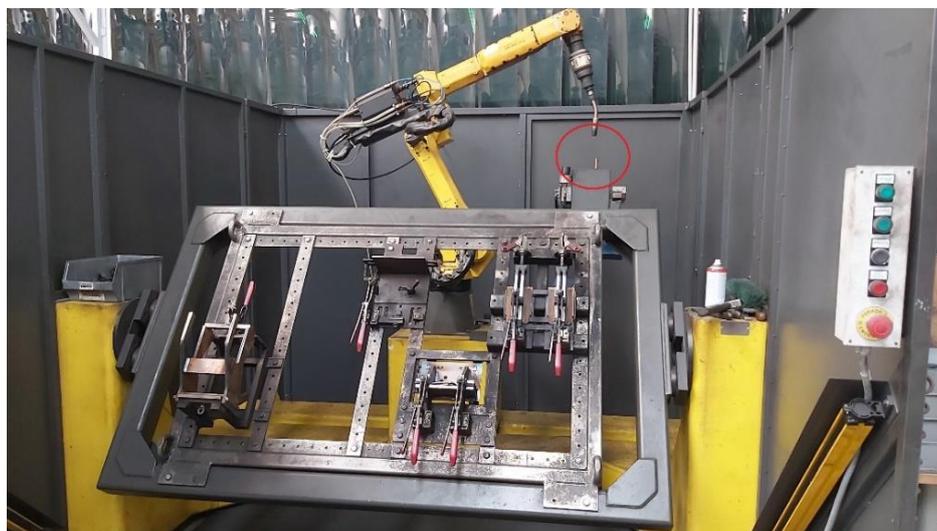
#### 4.2.3. Robot

Como verificado anteriormente neste projeto, o robot era o posto com mais percentagem de desperdício, além de ser o posto com a maquinaria mais pesada e que mais tempo demorava a transportar os seus gabaris e as peças, originando um tempo de *setup* bastante elevado. Este posto necessitaria de alguma modificação que diminuísse o tempo que o operador demora a trocar os gabaris, uma vez que nenhuma alteração se podia fazer enquanto o robot soldava. Como um SMED seria algo impensável para o tempo disponível para concluir este projeto, optou-se por algo mais simples e realizável, surgindo, assim, a troca rápida de gabari, explicada no subcapítulo anterior. Esta solução consistia na identificação de atividades (externas e internas), ordenando-as e tentando realizar o máximo possível de tarefas enquanto o robot ainda soldava. A IT simplificada fornecida ao chefe de secção e *team leader* encontra-se representada na figura 48.

Op. N°	Descrição / Tarefas	Tempo
1	Transporte da base pretendida para P02.03	01:15
2	Limpeza do gabari	01:10
3	Vai buscar as peças a entrar na máquina e fixa-as ao gabari	05:20
4	Ir buscar e colocar cordas da grua junto dos gabaris e robot	01:50
5	Movimento do robot para horizontal	01:30
6	Desaparafusar gabari	01:10
7	Colocar cordas da grua	00:25
8	Transporte gabari para palete	00:50
9	Retirar cordas do gabari	00:25
10	Ir buscar e colocar cordas da grua	00:10
11	Transporte gabari da palete para robot	00:30
12	Retirar cordas	00:25
13	Aparafusar gabari	00:40
14	Fecha a cortina do robot	00:20
15	Programa a máquina	01:00
16	Arrumação da palete	00:20
17	Transporte do gabari para a P03	03:10
18	Mesa com as peças para a troca seguinte e espaço para as finalizadas	05:00
	Quando finalizada a soldadura são retiradas peças do gabari e colocado as novas. Apenas quando a máquina começa, o operador coloca as peças no seu sitio e repete a operação 18 e esta até ao fim da produção	

**Figura 48. Instrução de trabalho simplificada para a troca rápida de gabari**

Neste posto verificou-se também que, com alguma frequência, a tocha do braço mecânico, na posição de descanso, embatia contra o metal envolvente, tal como identificado a vermelho na figura 49. Quando tal sucedia, e de modo a não perder tempo, os operadores recorriam às suas próprias mãos para afastar a tocha, deslocando, assim, o ponto zero do braço. Para solucionar este problema foi pedido ao fabricante do robot que retificasse este ponto zero, de modo a que não se verifiquem mais problemas deste tipo. A nota de serviço segue em anexo neste documento (figura 58).



**Figura 49. Área do ponto zero do robot mecânico**

Aquando da observação do processo, foi possível averiguar um caso excepcional. Solicitou-se a um operador que ocupasse, temporariamente, o posto do robot, operador esse que, apesar de trabalhar na própria linha, não sabia as operações a realizar para soldar com o robot. Para solucionar o problema foi necessário recorrer a um outro operador familiarizado com os procedimentos, o que originou uma perda de tempo útil a dois operadores. Após este incidente, a equipa notou que não havia instruções de trabalho (IT) para este posto. De modo a que incidentes como este não se voltassem a repetir, foi redigida uma IT de utilização do robot, a qual segue em anexo (figura 59).

### 4.3. Impacto das melhorias na linha

De modo a medir o impacto das alterações construídas neste projeto, foi reavaliada a nova situação da linha. Para que tal se verificasse, realizou-se nova observação, seguindo a mesma metodologia utilizada inicialmente, após implementação de todas as soluções apresentadas no subcapítulo anterior. Comparando com a situação inicial, o resultado encontra-se representado na figura 50, que compara a situação inicial (gráfico de cima) com a situação atual (gráfico de baixo).

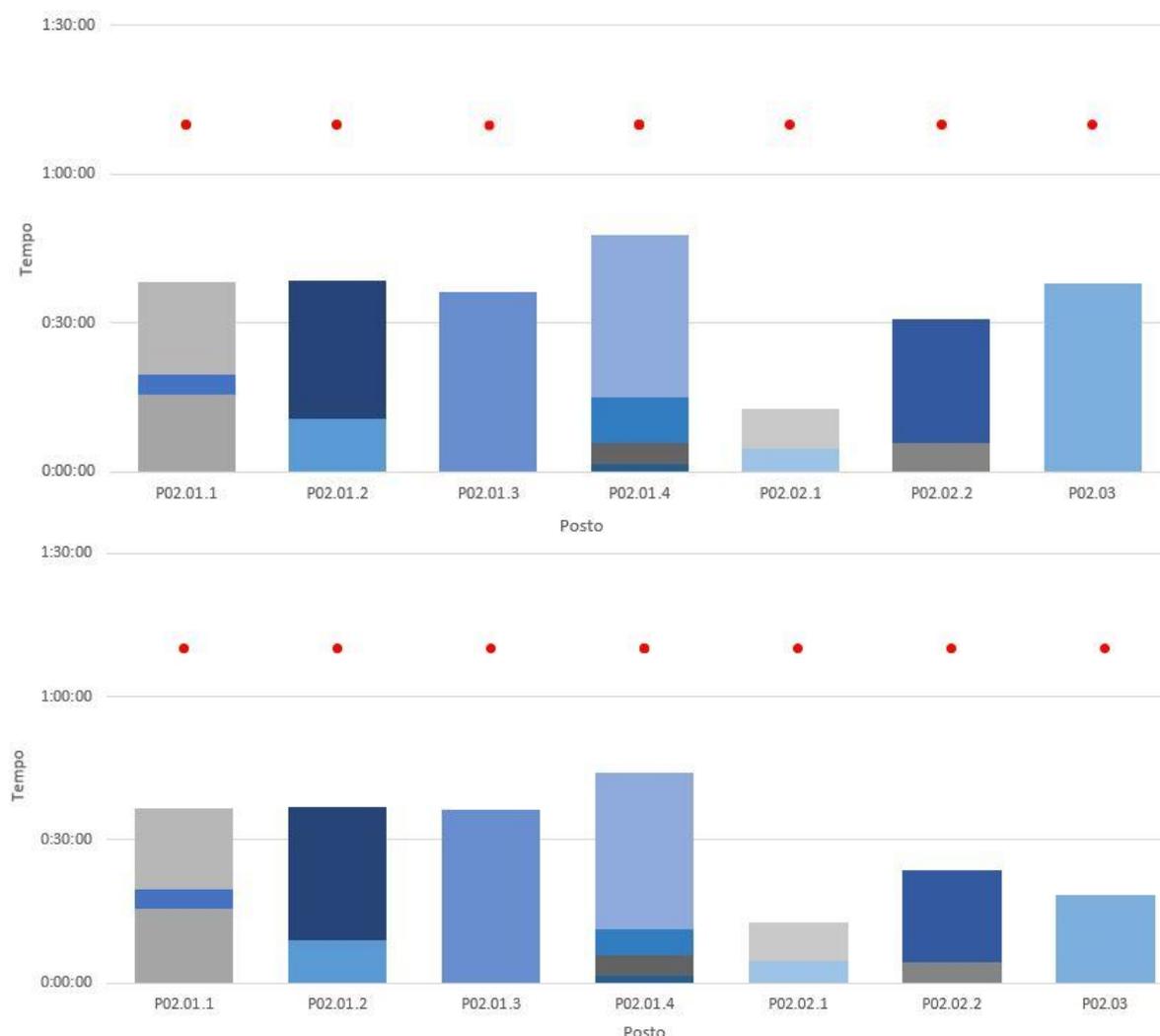


Figura 50. Gráficos de balanceamento da linha no início (cima) e fim (baixo) do projeto

A mesma análise foi feita para os tempos de valor e desperdícios do processo, comparando também com a situação inicial, como se verifica na figura 51.

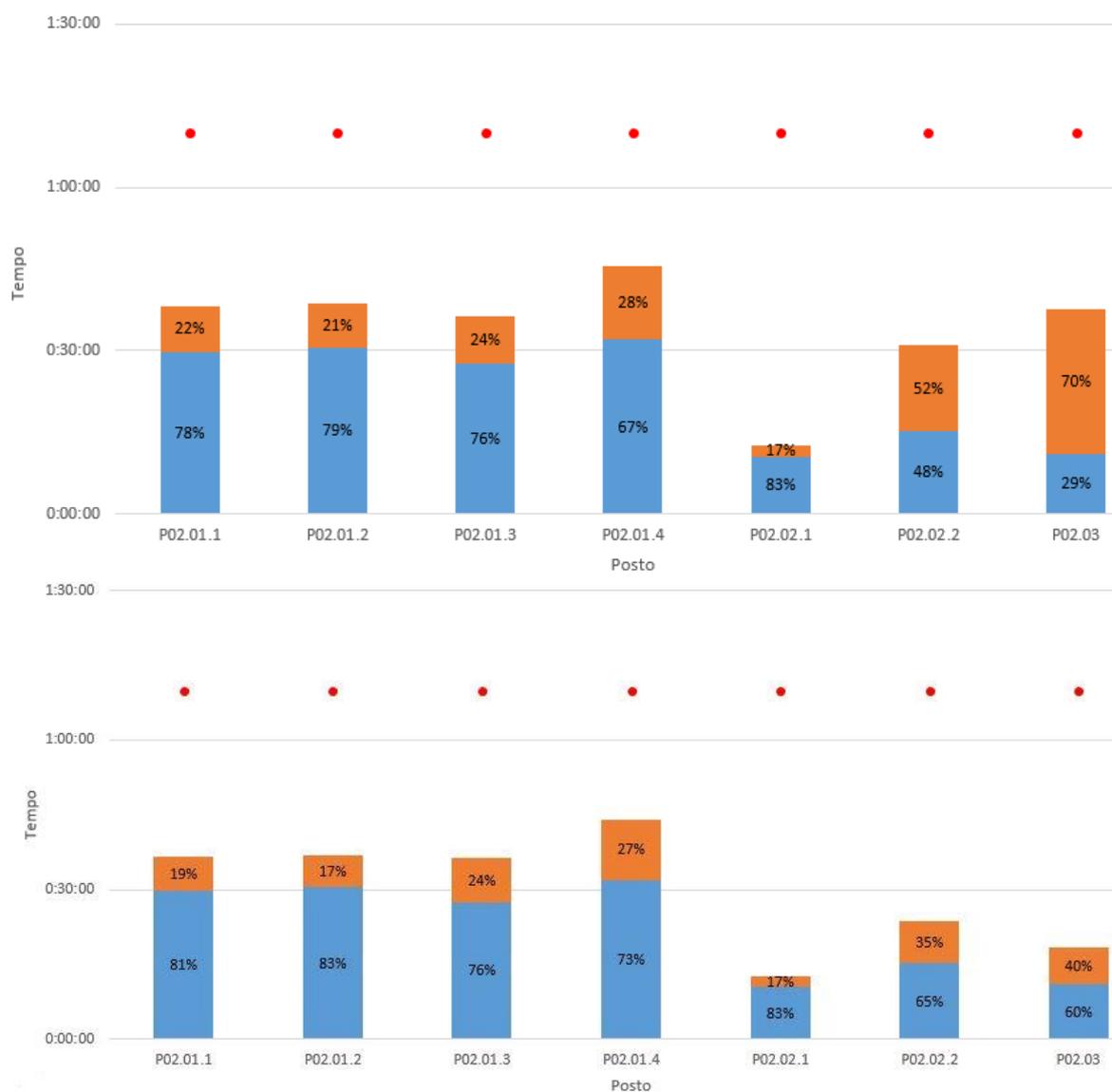


Figura 51. Gráficos de VA/MUDA da linha no início (cima) e fim (baixo) do projeto

Como se verifica na figura 51, os postos P02.02.2 e P02.03 (robot) não conseguiram atingir o objetivo de 30% de *MUDA*'s. Ainda assim, o posto dos patins reduziu a percentagem de tempo de *MUDA* de 52% para 35%. Melhor resultado teve o robot, que viu o seu tempo de *MUDA* diminuir de 70% para 40%, apesar de se manter um pouco acima do objetivo. No entanto, o robot da linha de soldadura possui muito material pesado e todos os movimentos de materiais na troca de gabari são feitos manualmente ou com o auxílio de guas, sendo, assim, muito difícil melhorar o seu tempo de *setup*.

## 5. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Constatou-se que, após a aplicação das soluções, o tempo total do processo, no valor acumulado para a produção de um elevador, reduziu cerca de meia hora (de quatro horas para três horas e vinte e oito minutos), o que se traduz numa redução de cerca de 13% no tempo total de todos os processos.

Apesar de, inicialmente as soluções para os postos da soldadura manual não terem sido pensadas para diminuir os desperdícios, a verdade é que em três postos (P02.01.1, P02.01.2 e P02.02.4) o tempo de *MUDA* acabou mesmo por diminuir, evidenciando melhores resultados do que os expectáveis, como se constata na figura 51. No total de toda a linha, graças à aplicação deste projeto, da inicial uma hora e vinte e três minutos de tempo de *MUDA*, este tempo passou para menos de cinquenta e dois minutos, ou seja, uma redução de quase 38% em todos os tempos de *MUDA*'s, em todos os postos da linha.

A figura 52 mostra, de uma forma visual, de que forma este projeto melhorou a eficiência e rentabilidade da linha de soldadura (diminuindo os tempos gerais e de desperdícios), indo de encontro com o projeto *Hoshin Kanri*.

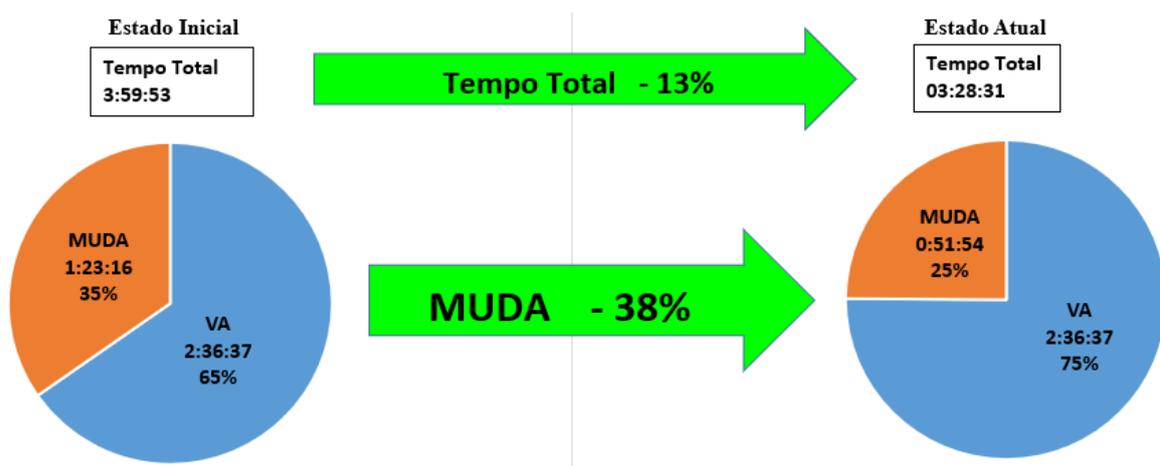


Figura 52. Comparação entre o estado inicial e o estado atual

Durante este projeto foi proposto à equipa a obtenção de dados, através do levantamento de tempos, para a nomeação de um novo *team leader* da linha. À priori, a chefia tinha confiança nas capacidades do operador n.º 6, responsável pelo fabrico dos patins de inox. De modo a oferecer à chefia dados ainda mais relevantes, foi feita uma análise por operador e efetuado o balanceamento. Sendo que o operador n.º 5 tinha perfeitas capacidades e tempo para operar no posto das portas de inox e no robot, atribuiu-se a este a responsabilidade de trabalhar nestes dois postos (figura 53), sendo que anteriormente o robot era operado pelos dois operadores do posto de inox. A carga de trabalho deste operador encontra-se mais bem nivelada com os restantes, sem contar, obviamente, com o n.º 6.

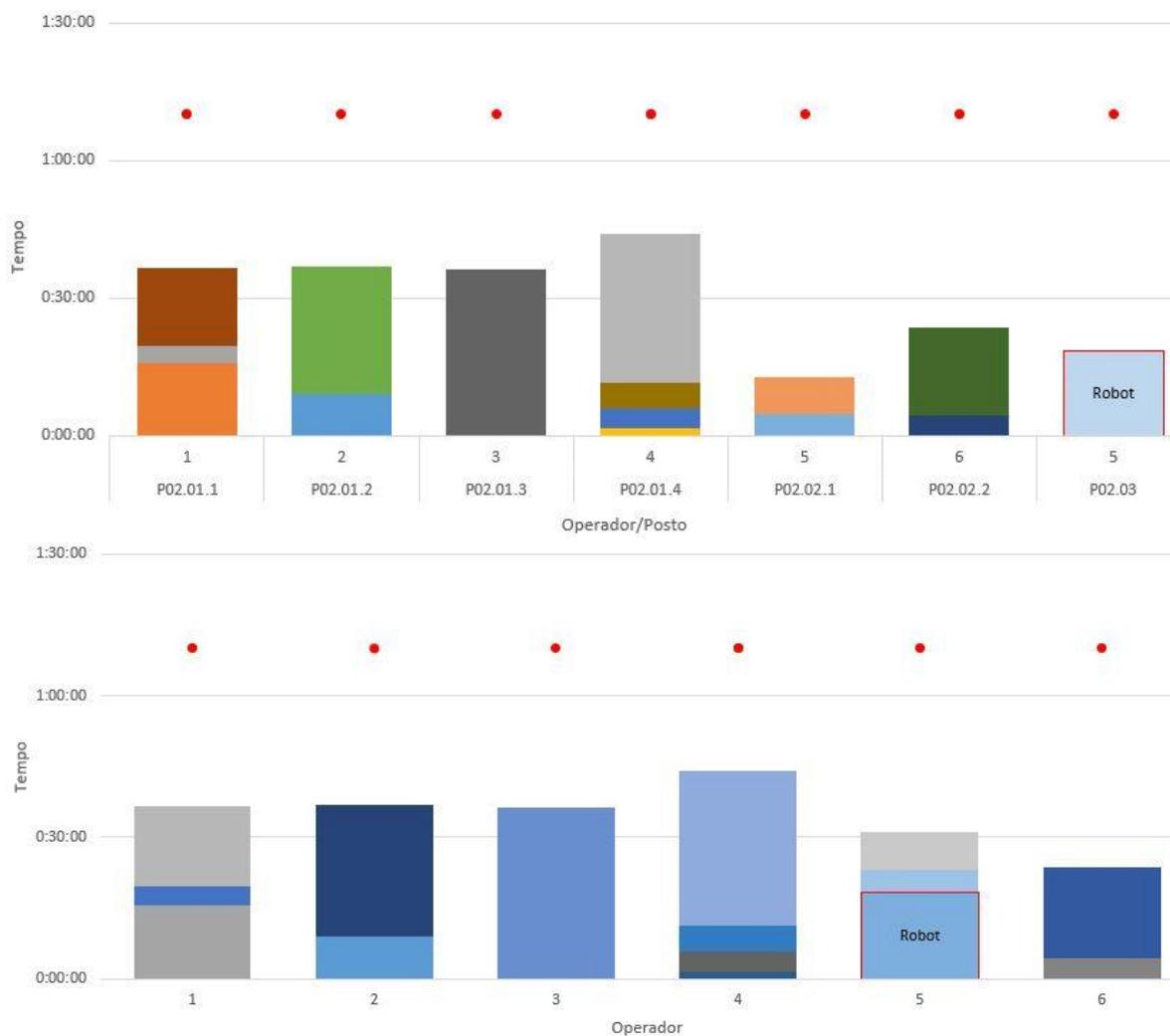


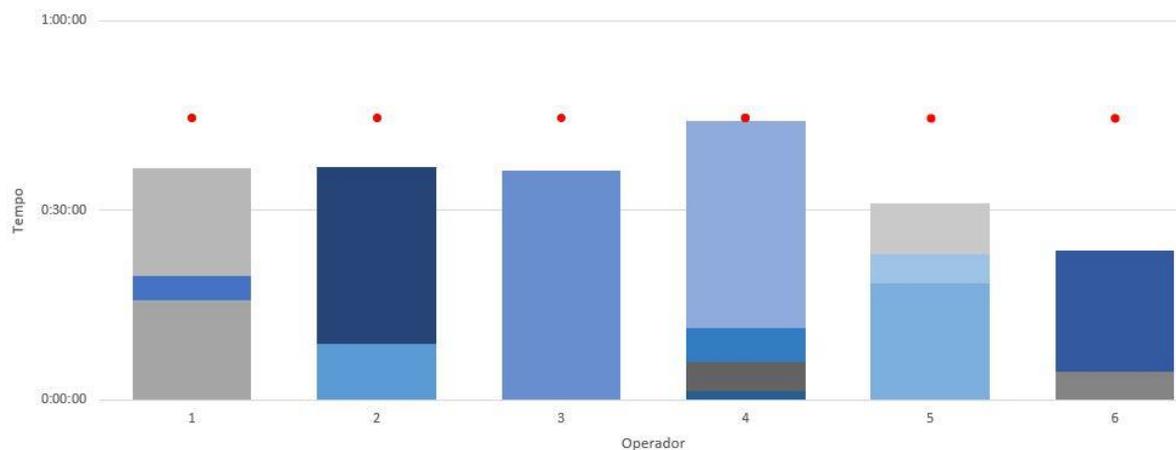
Figura 53. Balanceamento da linha por operador

Pela análise deste último gráfico, podemos ter uma clara noção de que o operador n.º 6, da preferência da chefia para a nomeação, é o que dispõe de mais tempo para assumir as funções pretendidas. Sendo assim, e graças também a este balanceamento, a chefia obteve dados claros, comprovando que este operador, era, de facto, o que tinha mais tempo disponível e o mais indicado para o cargo. O operador n.º 6 foi nomeado *team leader* antes do término deste projeto.

Apesar de não ter sido solicitado pela chefia ou estar incluído nos objetivos deste trabalho, a equipa decidiu verificar qual o melhor cenário possível de produção semanal (capacidade máxima instalada). Considerou-se, então, o balanceamento usado para a nomeação do *team leader*. Verificou-se qual era o operador que, para a situação atual, demorava mais tempo em todos os seus processos, sendo claro, pela análise anterior, que era o n.º4, demorando exatamente quarenta e quatro minutos e quatro segundos para concluir os quatro processos do seu posto de uma ordem de trabalho (um elevador). De seguida, através de várias tentativas/erros, foi-se aumentando o número de elevadores semanais a produzir, fazendo sempre a divisão das trinta e cinco horas semanais pelo objetivo pretendido, até que o *takt time* estivesse imediatamente acima dos quarenta e quatro minutos e quatro segundos. O resultado foi que, para o estado atual, a linha tinha capacidade para fabricar quarenta e sete elevadores por semana (tabela 10). Esta situação encontra-se representada visualmente no gráfico da figura 54.

**Tabela 10. Resultado final da tentativa/erro do nº de elevadores possíveis**

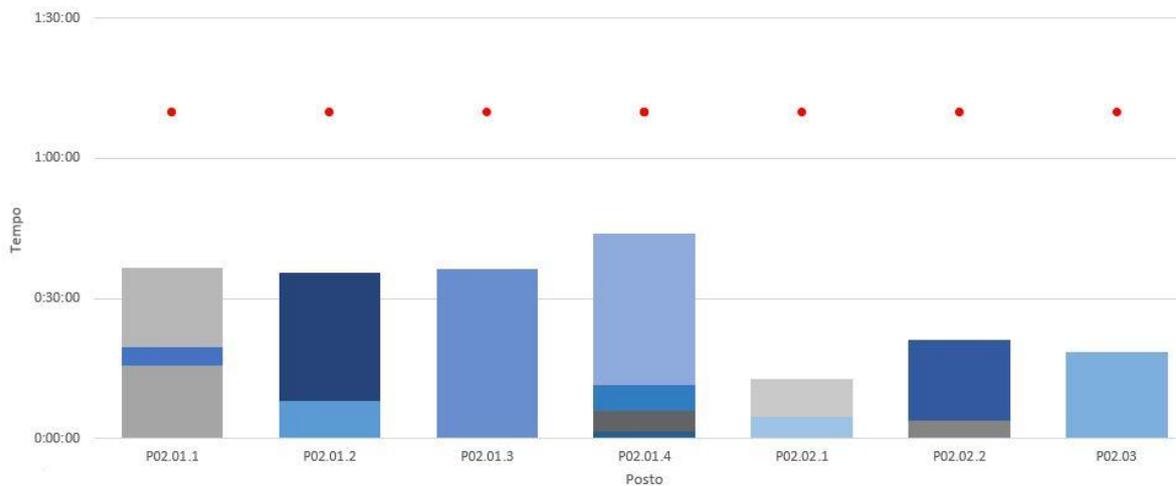
H semanais	Nº elevadores
35:00:00	47
Takt time	0:44:41



**Figura 54. Gráfico com o takt time de 47 elevadores semanais**

Apesar de estes dados mostrarem excelentes perspectivas, este cenário apenas funcionaria num estado ideal. É necessário ter em conta que os operadores são seres humanos e que num cenário realista, o número de elevadores possível seria menor, já que os operadores, como pessoas que são, necessitam de pausas, têm maus dias, entre outras variantes que condicionam o seu desempenho. Como tal, os dados anteriores servem apenas de guia, não sendo algo que a linha conseguiria produzir de um momento para o outro, se tal fosse necessário.

Como referido anteriormente, nem todas as soluções foram implementadas. A organização do carro n.º 4, usado pelos dois primeiros postos, não foi totalmente implementada, assim como a distribuição das calhas *halfen*, as alterações dos grampos dos patins e a disposição do posto de inox. Tendo em vista uma possível implementação dessas alterações no futuro, a equipa fez uma simulação, ainda que por excesso, de modo a poder oferecer à chefia uma perspectiva do comportamento da linha num futuro próximo. O resultado é apresentado na figura 55.



**Figura 55. Gráfico de previsão de tempos de processos da linha**

Esta previsão mostra que o tempo total dos processos diminuiria mais de trinta e cinco minutos, obtendo-se uma redução de 15% no tempo de todos os processos, ou seja, 2% menor do que a situação atual (tabela 11).

**Tabela 11. Redução de tempo previsto**

Tempo total		Redução
Antigo	3:59:53	15%
Previsão	3:24:24	

A mesma simulação foi feita para os tempos de valor e desperdício, resultando no gráfico da figura 56. Este gráfico mostra-nos que o posto de patins atingiria o objetivo pretendido de um máximo de 30 por cento de *MUDA* e ainda que o P02.01.2 atingiria um valor de apenas 14 por cento de desperdício. Para além destes, os postos P02.01.1 e o P02.01.4 também veriam o seu tempo diminuído ligeiramente, mas não o suficiente para diminuir um valor percentual de *MUDA*.

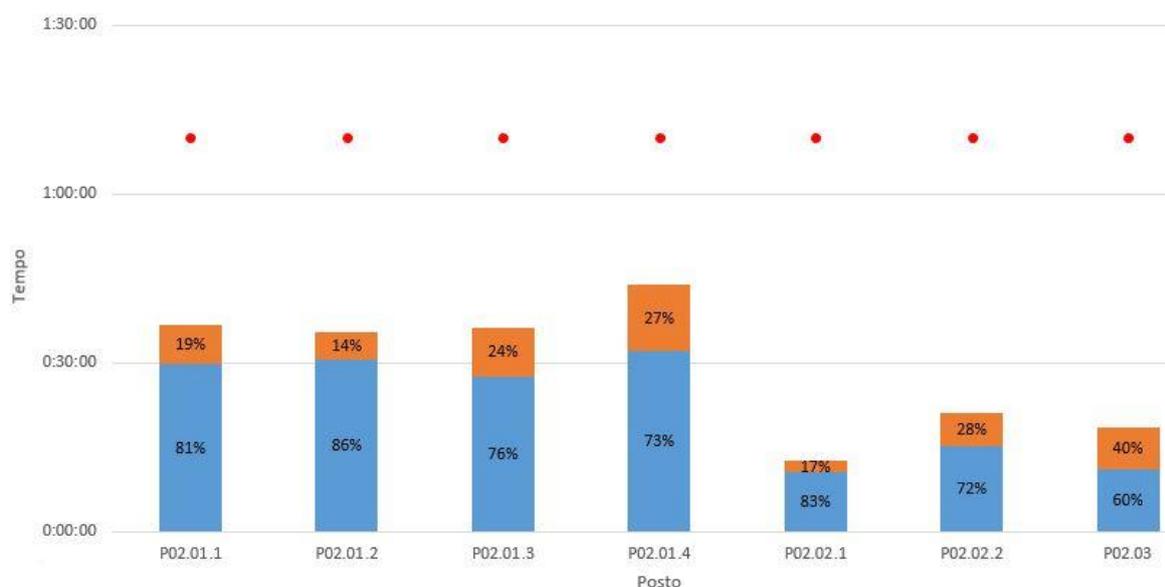


Figura 56. Gráfico de previsão VA/MUDA dos processos da linha

Num cenário de implementação de todas as soluções, uma diminuição dos tempos de *MUDA* de mais de trinta e cinco minutos, o que se traduz numa redução de 43%, mais 5% comparando com os 38% da situação atual (tabela 12).

Tabela 12. Previsão de redução dos tempos de *MUDA* dos processos

Tempo de MUDA		Redução
Antigo	1:23:16	43%
Previsão	0:47:47	

Como referido anteriormente, esta previsão foi feita por excesso, sendo possível afirmar que é muito provável que algo como esta previsão aconteça futuramente.

Aquando da realização deste projeto, surgiram outros na empresa, tais como a implementação de manutenção de 1.º nível, círculos de qualidade, formação de pessoal, etc. Estes são de extrema importância, funcionando como complemento a este projeto, uma vez que, por exemplo, a continuação das soluções apresentadas juntamente com as manutenções de 1º nível, aumenta ainda mais a eficiência da linha.

A formação contínua de pessoal permite, no caso desta linha, ter cinco operadores bem qualificados, sabendo trabalhar em todos os processos, o que facilita a gestão, e permite ainda que o chefe de secção ou o *team leader*, se for o caso, lide melhor com os imprevistos, faltas e outros problemas que possam surgir. Os chefes organizam melhor o seu pessoal se todos os seus operadores dominarem a totalidade dos processos, dentro da sua secção, ajudando em caso de aumento de encomendas, o que provocará uma flutuação e desequilíbrio dos tempos de processos, desafio proposto neste projeto. O facto de termos pessoas preparadas para fazer tudo o que for necessário a qualquer momento, torna toda a gestão desta linha, como de qualquer outra, muito mais simples e eficiente. Esta capacidade polivalente dos operadores estimula o espírito de entreaajuda, a motivação, e evita a rotina laboral. Esta rotatividade também permite criar nos colaboradores os requisitos necessários para se aperceberem de eventuais lacunas que surjam noutros setores, uma vez que não existe melhor “detetor de erros” e “sugestor de melhorias” do que o próprio operador, pois labora no chão de fábrica. Este é o verdadeiro espírito *lean*.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2011). *Gestão da Produção* (7.<sup>a</sup> edição). Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Dennis, P. (2008). *Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo* (2.<sup>a</sup> edição). Bookman.
- Exertus, L. (2003). *Método e Tempos, Manual Pedagógico PRONACI, Associação Empresarial Portuguesa*.
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *Lean Six Sigma Pocket Toolbook* (1.<sup>a</sup> edição). McGraw-Hill.
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean* (6.<sup>a</sup> edição). Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Rodrigues, F. (2018). *SIPOC: Uma ferramenta para a otimização de processos*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/sipoc-uma-ferramenta-para-otimização-de-processos-francinei-rodrigues/>. Acedido a 14/04/2020
- Sander, C. (2019). *DMAIC: As 5 Fases de Lean Six Sigma*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/o-que-é-dmaic-5-fases-do-lean-six-sigma-carlos-sander/>. Acedido a 15/04/2020
- Schmitt. 2020. "Schmitt Intranet."
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint* (Revised). Productivity Press.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações LEAN Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua* (1.<sup>a</sup> edição). LeanOp.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Free Press.



# ANEXO A

Figura 57. IT criada para organização do carro nº4



## Instrução de Trabalho

IT07.225/ v1.0 Kommbbox equipamento caixa

### 1. Objetivo

Definir procedimento de arrumação e *picking* dos carros diários de equipamento de caixa.

### 2. Âmbito

Secção P01 – início do processo.

### 3. Documentos associados

N/A

### 4. Definições

N/A

### 5. Responsabilidades

Todos os operadores da P01.

### 6. Modo operatório

Sequência de Operação	Imagem	Descrição da operação	Comentários
1		No carro indicado para o efeito (nº4), colocar duas caixas de apoio para colocação de material conforme imagem.	

Página 1 de 2

Elaborado por: P01

Verificado por: QMB/AUB

Aprovado por: Gerência

Cópia não controlada após impressão

Data: 08.09.2020

Data:

Data:

Colocado no Posto de Trabalho em 07-10-2020



Responsabilidade desde 1871.



### Instrução de Trabalho

IT07.225/ v1.0 Kommbox equipamento caixa

<p>2</p>		<p>Identificar com número de obra e anexar a lista de peças correspondente.</p>	
<p>3</p>		<p>Separar o material para soldar no carro e o material não soldado nas caixas previamente colocadas.</p>	<p>No caso de peças outsourcing, necessário fazer o <i>picking</i> do material por obra em cada carro.</p>
<p>4</p>		<p>Consultar a lista de peças de cada obra para verificar se o material é soldado ou não soldado.</p>	

# ANEXO B

Figura 58. Nota de serviço para corrigir o ponto zero do robot

103860

**motofil**  
robotics

I NOTA DE SERVIÇO

Cliente: Schmitt N.º S.: 1592 | N.º Obra:

Endereço: \_\_\_\_\_  
Telefone: \_\_\_\_\_  
Contacto: \_\_\_\_\_

Dados da Instalação

Designação: MONOBLOCO N.º Série: 6463  
 Site: AZC Mate 100ic Controlador: R-3DTB N.º Série: E-96064

Descrição do Serviço: \_\_\_\_\_

Data	Nº Funcionário	Início Viagem	Início Serviço	Fim Serviço	Fim Viagem	Matricula Viatura/ Tipo	Total Km	Nº Refeições	Nº Dormidas
<u>20/12/2020</u>	<u>114</u>	<u>13h</u>	<u>14.10</u>	<u>16.30</u>			<u>90 Km<sup>xL</sup></u>		

Descrição da Intervenção

- Verificação de qual o motivo o robot não repetiu as programadas TP.
- Possivelmente foi derivado da má refrigeração da targa e quando ia a limpeza poderia puxar/desviar o cable.
- Correção do TP limpeza
- Circuito de refrigeração destruído. (limpeza da mesma)
- CUSTO.

Material Aplicado

Código	Designação	QT (un.)

Data: \_\_\_\_\_ Serviço Finalizado: (riscar o que não interessa) Sim Não-

Observações: \_\_\_\_\_

Assinatura Técnico: Paulo Pessor Assinatura Cliente: [assinatura]

054/01 | 1/1



## ANEXO C

Figura 59. IT criada para manuseamento do braço robótico



### Instrução de Trabalho

IT07.071/v1.0 Soldadura de componentes isi-4 (Robot)

#### 1. Objectivo

Modo operacional colocação e soldadura ISI-4  
Standard

Robot

#### 4. Definições

Nada a assinalar.

#### 5. Responsabilidades

#### 2. Âmbito

Soldadura de componentes isi-4 standard

#### 3. Documentos associados

#### 6. Modo operatório

Sequência de Operação	Imagem	Descrição da operação	Comentários
1		Colocação do gabari na face B Limpeza do gabari com ar comprimido Verificar se existem salpicos colados no gabari.	Certificar se o Gabari está devidamente apertado e livre de salpicos.
2		Bloco de suspensão Sequência de encaixe 1º(189102), 2º(189103), 3º189100 e 4º 189101. Verificar se as peças estão bem encaixadas umas nas outras. Fechar o grampo de aperto.	Deve-se verificar sempre o travão de segurança do grampo de aperto.

Página 1 de 4

Cópia não controlada após impressão

Elaborado por: P02

Data: 18.11.2015

Verificado por: QMB/AUB

Data: 18.11.2015

Aprovado por: Gerência

Data: 18.11.2015



Responsabilidade desde 1991



**Instrução de Trabalho**

IT07.071/v1.0 Soldadura de componentes isi-4 (Robot)

3		<p>Bloco de aperto há guia</p> <p>Sequência de encaixe 1º(184155), 2º(184156), 3º(189098).</p>	
4		<p>Colocar as 4 peças nav.189098 devidamente encaixadas.</p>	
5		<p>Fechar os grampos de aperto</p> <p>Verificar o perfeito encaixe das peças entre si.</p>	<p>Confirmar o travão de segurança do grampo de aperto.</p>
6		<p>Consola de suspensão</p> <p>Colocar as 2 peças 187775 nos encaixes do gabari.</p>	<p>Verificar se tem salpicos dentro que impossibilitam o encaixe total.</p>
7		<p>Colocar a base 187774 com os furos inclinados para o lado direito (muito importante).</p> <p>Colocar a peça 182375.</p> <p>Colocar o espaçador para garantir a folga de</p>	<p>Ver pomenor assinalado a vermelho.</p> <p>Espaçador assente na peça 182375.</p>



## Instrução de Trabalho

IT07.071/v1.0 Soldadura de componentes isi-4 (Robot)

		10,5mm	
8		1º Colocar as 2 peças 181545. 2º Colocar as 2 peças 182376.	Seguir a sequência 1º, 2, 3º.
9		Fechar os grampos. Verificar alinhamentos e encaixe perfeito entre as peças.	Deixar o espaçador ligeiramente de fora da peça para facilitar a extração do espaçador.
10		Inserir o programa Call isi-4 na consola de programação.	
11		Pressionar a tecla "Valida G2" na botoeira do robot. Verificar todos os movimentos de robot na 1ª série de peças. Analisar a qualidade da soldadura (colocação do cordão de solda e poros).	