

# MELHORIA DO FLUXO PRODUTIVO DE UMA LINHA DE FABRICO

Paulo Jorge de Oliveira Ascensão



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial  
Departamento de Engenharia Electrotécnica  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

2009



Candidato: Paulo Jorge de Oliveira Ascensão, N° 1030365, [1030365@isep.ipp.pt](mailto:1030365@isep.ipp.pt)

Orientação científica: Prof. Dr. Paulo Ávila, [psa@isep.ipp.pt](mailto:psa@isep.ipp.pt)

Orientação científica: Prof. João Bastos, [jab@isep.ipp.pt](mailto:jab@isep.ipp.pt)

Empresa: TEGOPI

Supervisão: Eng. Ivo Gonçalves, [igoncalves@tegopi.pt](mailto:igoncalves@tegopi.pt)



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial  
Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

30 de Novembro de 2009



## *Agradecimentos*

O primeiro agradecimento tem de ser feito à empresa TEGOPI – Indústria Metalomecânica S.A., que me proporcionou todas as condições para que o estudo em causa alcançasse os objectivos pretendidos.

De seguida, o meu agradecimento dirige-se às pessoas cuja colaboração e apoio foram fundamentais para a realização do trabalho. Como tal, ficam aqui expressos os meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas:

Ao Professor Paulo Ávila, pela sua gratificante orientação e pela paciência demonstrada ao longo de todo o trabalho.

Ao Professor João Bastos, pela co-orientação desta dissertação, e pelas diversas dicas que influenciaram o resultado alcançado.

Ao Eng. Ivo Gonçalves, pela ajuda e apoio oferecido durante todo o trabalho desenvolvido na TEGOPI, assim como aos supervisores e operários da linha de fabrico em estudo.

Aos meus pais, pelo amor e carinho demonstrado ao longo de todo este trabalho, especialmente nos momentos de maiores dificuldades.

## *Resumo*

Devido à globalização, as empresas estão sujeitas a uma enorme pressão para reduzir custos produtivos, de modo a aumentar a sua produtividade e assim enfrentarem a forte concorrência dos países emergentes. Para isto, é necessário proceder a melhorias no fluxo dos processos produtivos, reduzindo ou mesmo eliminando todos os desperdícios associados.

A metodologia *Kaizen*, que visa a melhoria contínua, é a melhoria incremental e cíclica de uma actividade com o objectivo de chegar à perfeição, ou seja, eliminação de todos os tipos de desperdícios. Entre algumas das suas vantagens, destaca-se o facto de as melhorias serem implementadas de maneira suave e com mais frequência do que na maneira tradicional. Isso permite uma maior ligação à necessidade de eliminação das perdas na cultura do trabalhador. Outra vantagem relevante é que o custo associado à sua implementação é pequeno na maioria dos casos pois não envolve grandes investimentos em equipamentos. Os fundamentos *Kaizen* reúnem um conjunto de pilares que são verdadeiros princípios de activação com vista a obtenção de bons resultados de qualquer actividade de melhoria contínua.

Esta dissertação descreve o trabalho de melhoria do fluxo produtivo de uma linha de fabrico, utilizando a metodologia *Kaizen*. Foi estudado e analisado o sistema produtivo de uma linha de fabrico de chassis de gruas móveis. Com base nos resultados obtidos foram implementadas várias melhorias que tiveram um visível impacto na produtividade. Embora ainda numa fase intermédia de implementação, verificou-se já o aumento da eficiência em diversos postos da linha de fabrico, atingindo assim alguns dos objectivos estabelecidos.

### *Palavras-Chave*

Produção Magra, *Just in Time*, Melhoria Contínua

## *Abstract*

Due to globalization, companies are under enormous pressure to reduce production costs, to increase their productivity and so face the strong competition from the emerging countries. For this, it is necessary to make improvements in the flow of the production processes, reducing or even eliminating all waste associated.

The Kaizen methodology, which aims at continuous improvement, is a cyclic and incremental improvement of an activity with the objective to reach perfection, in other words, elimination of all types of waste. Among some of its advantages, we detach the fact that the improvements were implemented on a smooth way and more frequently than in the traditional way. This allows a greater connection to the necessity of eliminating waste in the worker's culture. Another important advantage is that the cost of implementation is small in most cases because it does not involve large investments in equipment. Kaizen grounds have a group of pillars which are true principles of activation in order to achieve good results from any activity of continuous improvement.

This dissertation describes the work of improving the productive flow of a manufacturing line, using the Kaizen methodology. It was studied and analyzed the productive system of a manufacturing line of chassis for mobile cranes. Based on the results obtained several improvements were implemented that had a visible impact on productivity. Although still at an intermediate stage of implementation, it was already verified the increase of the efficiency in different places of the manufacturing line, reaching thus some of the established goals.

### ***Keywords***

Lean Manufacturing, Just in Time, Kaizen

## *Résumé*

En raison de la mondialisation, les entreprises sont sous une pression énorme pour réduire les coûts de production, afin d'accroître leur productivité et donc de faire face à la forte concurrence des pays émergents. Pour cela, il est nécessaire d'apporter des améliorations dans le flux des processus de production, de réduire ou même éliminer tous les déchets associés.

La méthode Kaizen, qui vise à l'amélioration continue et l'amélioration graduelle est cyclique des affaires avec l'objectif d'atteindre la perfection, ou l'élimination de tous les types de déchets. Parmi ses avantages, on détache améliorations qui son fait d'une façon douce et avec plus de fréquence que dans la manière traditionnelle. Cela permet une meilleure connexion à la nécessité d'éliminer les pertes dans la culture du travailleur. Un autre avantage important est que le coût de la mise en œuvre est petit dans la plupart des cas, car il n'implique pas de gros investissements en matériel. Les fondements Kaizen ont un certain nombre de piliers, qui sont de véritables principes de l'activation afin d'obtenir de bons résultats de toute activité d'amélioration continue.

Cette dissertation décrit le travail de l'amélioration du flux productive d'une ligne de production, en utilisant la méthode Kaizen. A été étudié et analysé le système de production d'une ligne de fabrication de châssis pour les grues mobiles. Sur la base des résultats obtenus ont été mis en place plusieurs améliorations qui ont eu un impact visible sur la productivité. Bien qu'il soit encore à un stade intermédiaire de la mise en œuvre, on avait vérifié déjà l'accroissement de l'efficacité dans différentes positions de la ligne de fabrication, atteindre ainsi quelques des objectifs établis.

### *Mots-clés*

Fabrication Maigre, Just in Time, Kaizen

# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>X</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO.....	2
1.3. METODOLOGIA UTILIZADA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2. APRESENTAÇÃO DO CASO</b> .....	<b>5</b>
2.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	5
2.2. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO CHASSI.....	10
2.3. ANÁLISE DO PROCESSO ACTUAL .....	25
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>27</b>
3.1. INTRODUÇÃO À PRODUÇÃO MAGRA ( <i>LEAN MANUFACTURING</i> ) / <i>JUST IN TIME</i> .....	27
3.2. METODOLOGIA <i>KAIZEN</i> - MELHORIA CONTÍNUA .....	28
3.3. CONTROLO DE FLUXOS – <i>PULL FLOW</i> .....	40
<b>4. PROJECTO DE MELHORIA</b> .....	<b>53</b>
4.1. OBJECTIVOS GLOBAIS DO PROJECTO DE MELHORIA.....	53
4.2. ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS E COMPONENTES .....	54
4.3. ESTUDO DOS TEMPOS DAS ACTIVIDADES QUE NÃO ACRESCENTAM VALOR .....	57
4.4. DESENHO DO <i>LAYOUT</i> - BORDO DE LINHA E CORREDOR <i>MIZUSUMASHI</i> .....	59
4.5. DEFINIÇÃO DOS <i>KANBANS</i> .....	63
4.6. CONSTRUÇÃO DOS SUPERMERCADOS.....	65
4.7. DESENHO DO <i>MIZUSUMASHI</i> E SEU PERCURSO.....	66
4.8. AUDITORIA 5S – QUADRO PDCA.....	69

<b>5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>77</b>
5.1. RESULTADOS INDIVIDUAIS POR POSTO .....	77
5.2. RESULTADOS GLOBAIS DA LINHA .....	84
<b>6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>85</b>
6.1. CONCLUSÕES GERAIS .....	85
6.2. TRABALHOS FUTUROS .....	86
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO A. ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO B. FOLHA DE MÉTODOS.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO C. TEMPOS DAS ACTIVIDADES QUE NÃO ACRESCENTAM VALOR.....</b>	<b>98</b>

## Índice de Figuras

Figura 1	Ponte rolante.....	7
Figura 2	Torres Eólicas.....	8
Figura 3	Mecano-soldados (Terex Superstacker) .....	8
Figura 4	Estrutura do produto final .....	9
Figura 5	Estrutura do produto chassi .....	11
Figura 6	Diagrama de Processo antes da implementação da metodologia <i>Kaizen</i> .....	13
Figura 7	<i>Layout</i> da empresa onde estão representadas as zonas estudadas .....	15
Figura 8	Produto Chassi.....	16
Figura 9	Operações primárias.....	17
Figura 10	Material PRS (A2).....	18
Figura 11	<i>Layout</i> da linha PPM antes da implementação da metodologia <i>Kaizen</i> (parte A). .....	19
Figura 12	<i>Layout</i> da linha PPM antes da implementação da metodologia <i>Kaizen</i> (parte B).....	19
Figura 13	PFT e PST, respectivamente (OP6, OP7).....	21
Figura 14	Posto P1/P2 (OP9).....	21
Figura 15	Posto P4/P5/P6 (OP11) .....	23
Figura 16	Posto P6/P7/P8 (OP12) .....	23
Figura 17	Posto P7/P8 (OP13, OP14, Controlo final) .....	24
Figura 18	Fundamentos <i>Kaizen</i> [16].....	29
Figura 19	Ferramentas <i>Kaizen</i> para eliminar o desperdício [16].....	33
Figura 20	O processo seguinte é o cliente [16].....	34
Figura 21	Qualidade em 1º lugar [16] .....	35
Figura 22	Gestão a montante [16] .....	36
Figura 23	Controlo de variabilidade [16] .....	37
Figura 24	Painel andon [14] .....	40
Figura 25	Gestão Visual [16].....	40
Figura 26	Produção Empurrada VS Produção Puxada [7].....	41
Figura 27	Exemplo de um <i>kanban</i> de produção e de transporte [7] .....	45
Figura 28	Diferentes formas do <i>kanban</i> [7].....	47
Figura 29	As etiquetas utilizadas no supermercado têm sempre um <i>kanban</i> associado [7] .....	49
Figura 30	Circuito fixo realizado pelo <i>mizusumashi</i> [7].....	52

Figura 31	Divisão do percurso do <i>mizusumashi</i> [7].....	52
Figura 32	Contentorização com caixas .....	55
Figura 33	Contentorização com contentores.....	56
Figura 34	Contentorização com cestas .....	56
Figura 35	Diagrama de Processo depois da implementação da metodologia <i>Kaizen</i> .....	60
Figura 36	Novo <i>layout</i> com bordo de linha e corredor <i>mizusumashi</i> (parte A).....	61
Figura 37	Novo <i>layout</i> com bordo de linha e corredor <i>mizusumashi</i> (parte B).....	61
Figura 38	Exemplos de <i>kanbans</i> para chassis.....	64
Figura 39	Suporte em chapa para <i>kanban</i> .....	64
Figura 40	Vista parcial do supermercado de abastecimento da linha PPM .....	66
Figura 41	Dimensões do carro do <i>mizusumashi</i> .....	67
Figura 42	Rota do <i>mizusumashi</i> .....	68
Figura 43	Gráfico de resultados.....	71
Figura 44	Etiquetas para segregação de materiais, ferramentas e equipamentos .....	76
Figura 45	Armazenamento do material dos PRS – Antes e Depois.....	78
Figura 46	Resultados em horas, para fabrico da Tourelle.....	79
Figura 47	Posto P1 - Antes e Depois .....	80
Figura 48	Resultados em horas do posto P1 .....	81
Figura 49	Resultados em horas dos postos P2+P3+P4 .....	82
Figura 50	Resultados em horas dos postos P5+P6.....	83

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	Exemplo das especificações duma matéria-prima.....	12
Tabela 2	Gama operatória .....	14
Tabela 3	Excerto do estudo dos tempos de <i>muda</i> nas macro operações OP6 e OP7 .....	57
Tabela 4	Tempos e percentagem de <i>muda</i> verificados na linha PPM.....	58
Tabela 5	Formulário da auditoria 5S.....	70
Tabela 6	Plano de acção.....	73
Tabela 7	Tempos de produção antes e depois da implementação da metodologia <i>Kaizen</i> .....	84

## *Acrónimos*

- BOM – Bill of Materials
- CNC – Computer Numeric Control
- JIT – Just in Time
- OP – Operação Primária
- PDCA – Plan Do Check Act
- PT – Posto de Transformação
- PFT – Posto Formação da Tourelle
- PST – Posto Soldadura da Tourelle
- QCD – Quality Cost Delivery
- TPS – Toyota Production System

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente dissertação de mestrado, iniciada em Janeiro de 2009 e enquadrada no Decreto-Lei n.º 74/2006, descreve uma especialização de natureza profissional na empresa TEGOPI, inserida no sector da indústria metalomecânica, na área de implementação de melhorias dos procedimentos de uma linha de fabrico - metodologia *Kaizen*.

Actualmente, o factor chave da competitividade entre empresas é a diferenciação que pode ser atingida através da inovação ao nível dos produtos competitivos ou através da inovação ao nível dos processos produtivos. Para conseguir sobreviver neste tipo de mercado a empresa necessita de reduzir os custos, melhorar a qualidade dos seus produtos e cumprir os prazos de entrega, eliminando atrasos. A melhor maneira de conseguir isto será através da implementação de melhorias no seu processo produtivo de modo a assim atingir os seus objectivos.

## **1.2. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO**

O objectivo geral desta dissertação consiste em melhorar o fluxo produtivo de uma linha de fabrico na empresa TEGOPI através da metodologia *Kaizen* de modo a criar estabilidade nas linhas de fabrico, diminuir o *lead time* e aumentar a produtividade.

Tendo por alvo o objectivo definido acima, o trabalho desta dissertação realizou-se de acordo com as seguintes fases:

- Análise do processo produtivo da empresa;
- Implementação de uma filosofia de melhoria;
- Avaliação dos resultados e implementação de medidas correctivas.

## **1.3. METODOLOGIA UTILIZADA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A metodologia de investigação seguida neste trabalho, consistiu no estudo de um caso com observação directa dos elementos de informação mais relevantes para a investigação, bem como com recurso a entrevistas aos elementos mais salientes do processo produtivo na empresa. Seguiu-se uma fase de estudo e análise da informação recolhida e posteriormente construção de um modelo de melhoria seguindo a filosofia de produção em fluxo da *Kaizen*.

Nesta solução inicial foram realizadas tarefas que envolveram a reestruturação do *layout* e posterior implementação do bordo de linha, a criação de novos tipos de contentorização para os materiais e componentes. Como aspecto mais relevante procurou-se introduzir uma melhoria do sistema de controlo do fluxo produtivo com a introdução do controlo de fluxo com recurso aos *kanbans*, a implementação de um supermercado de abastecimento, a definição da logística interna com recurso ao *mizusumashi*, e a implementação da metodologia dos 5S.

A estrutura desta dissertação está subdividida em 6 capítulos base e foi estruturada para que o leitor consiga seguir e perceber toda a análise realizada na empresa TEGOPI.

No Capítulo 1 é descrita a motivação por detrás da realização esta dissertação, apresentando a área de estudo em que se insere, bem como quais os objectivos principais a ser atingidos.

O Capítulo 2 da presente dissertação divide-se em três partes. A primeira refere-se à história e apresentação desta empresa, a segunda caracteriza o produto em estudo e descreve o processo actual de fabrico. Na terceira parte é analisado e avaliado o processo actual com vista à identificação dos problemas presentes no processo.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia *Kaizen* e sua formulação teórica. Segue-se a descrição da implementação desta metodologia na obtenção das soluções/melhorias descritas e explicadas no Capítulo 4.

Posteriormente, no Capítulo 5, é apresentada uma descrição dos resultados obtidos, comparando os cenários antes e após a implementação das melhorias.

Por último no Capítulo 6 são referidas as conclusões gerais do trabalho, bem como as propostas para trabalhos futuros a desenvolver.



## 2. APRESENTAÇÃO DO CASO

Neste capítulo são apresentados os dados relevantes à descrição da situação inicial do sistema produtivo da empresa, começando com a apresentação e história da mesma. São também referidos os problemas específicos referentes à organização interna da empresa que foram identificados através do levantamento do estado inicial do sistema produtivo.

Esta dissertação decorreu na empresa TEGOPI, inserida no sector da indústria metalomecânica, a qual iniciou, no início de 2009, um projecto de melhoria do seu sistema produtivo.

### 2.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Em Abril de 1946 foi fundada na cidade do Porto a sociedade “Teixeira Gomes & Pinho”, com capital social de 50.000\$00. Foram seus fundadores Manuel de Pinho e António Teixeira Gomes, aos quais em breve se associou Eduardo Correia de Barros Antunes, fixando-se então o capital social em 75.000\$00. A principal actividade era então a de instalações eléctricas de baixa e alta tensão [26].

Em finais da década de 50 e mostrando-se as instalações do Porto insuficientes, a empresa transferiu-se para Vilar do Paraíso – Vila Nova de Gaia, onde se mantém até hoje.

O surgimento de grandes projectos industriais – celulosas, cimenteiras, petroquímicas – em meados da década de 60, levou ao reposicionamento da empresa cada vez mais na área da metalomecânica, além de uma área de negócio dedicada ao projecto, fabrico e comercialização de pontes e pórticos rolantes, área onde se tornou líder de mercado. A marca “TEGOPI” ostentada por estes equipamentos de elevação e movimentação tornou a empresa conhecida em todo o País.

Em 1988 a empresa transforma-se em sociedade anónima passando a designar-se “TEGOPI – Indústria Metalomecânica S.A.”

Em Outubro de 1990 rompe-se a característica familiar que tinha marcado a TEGOPI até então, pela aquisição de capital accionista por parte de Francisco António Fernandes S.A. e Grupo Quintas & Quintas. Três anos depois, este Grupo adquire a participação de Francisco António Fernandes, ficando a deter posição maioritária na empresa. Em 2004 o Grupo Quintas & Quintas passa a deter 100% do capital.

A partir daqui a TEGOPI passou a ter uma cada vez maior componente de exportação que até então tinha sido esporádica, resultante de fabricos novos: chassis mecano-soldados, equipamentos de movimentação de contentores, estruturas para a geração eólica, módulos de equipamento eléctrico.

Actualmente o peso da produção para a geração eólica representa cerca de 70% da carteira de encomendas global da TEGOPI e os produtos por ela fabricados podem ser vistos em parques eólicos de todo o mundo.

Especializada em construção soldada, a TEGOPI dispõe de equipamentos, tecnologia e sistemas de controlo que lhe permitem garantir uma resposta adequada a obras com as mais exigentes especificações técnicas e dimensões muito especiais.

Hoje em dia, a TEGOPI afirma-se como uma empresa inovadora que desenvolve relações de parceria com prestigiados operadores das mais diversas áreas e presta serviços técnicos altamente especializados, desde o projecto até à assistência técnica [26].

### **2.1.1. EQUIPAMENTOS DE ELEVAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO**

A TEGOPI tem-se afirmado como uma empresa de referência no desenvolvimento, produção, manutenção e modernização de equipamentos de elevação e movimentação.

Desenvolve uma alargada gama de equipamentos de elevação e movimentação, adequados às mais diversas áreas de actividade, condições de utilização e tipo de exigências técnicas; das soluções standard aos projectos especiais desenvolvidos em função das características específicas de cada situação, como por exemplo, Pontes Rolantes Standard e Especial.



**Figura 1 Ponte rolante**

Ultrapassando o papel de simples produtor e fornecedor de equipamentos, é agora reconhecida como *partner* especializada nas questões relacionadas com os processos de elevação e movimentação de cargas [26].

### **2.1.2. ESTRUTURAS METÁLICAS**

A TEGOPI, Indústria Metalomecânica S.A., é hoje uma das maiores empresas de estruturas metálicas de Portugal.

Com uma vasta experiência, a empresa tem um sólido percurso no projecto, construção e montagens de edifícios metálicos industriais e de serviços, pontes ferroviárias e rodoviárias, iluminação de estádios, subestações, sistemas electromecânicos (estrutura metálica, óleo-hidráulica e eléctrica), condutas e coberturas para os mais diversos fins (aeroportos, piscinas, ginásios, etc), assim como algumas obras de arte [26].

### 2.1.3. TORRES EÓLICAS

Desde 1997, a TEGOPI tem fabricado torres eólicas, as quais são exportadas para os cinco continentes e para as empresas de maior reputação neste sector.

Para além do fabrico de torres metálicas, o seu âmbito de fornecimento neste sector de negócio compreende igualmente o fabrico de anéis de fundação e a montagem de equipamentos electromecânicos [26].



Figura 2 Torres Eólicas

### 2.1.4. MECANO-SOLDADOS

A TEGOPI possui uma grande tradição no fabrico de estruturas e componentes mecano-soldados, utilizados principalmente em equipamentos de elevação e movimentação de cargas, como gruas móveis e Reach Stackers ou Superstackers (representado na Figura 3).

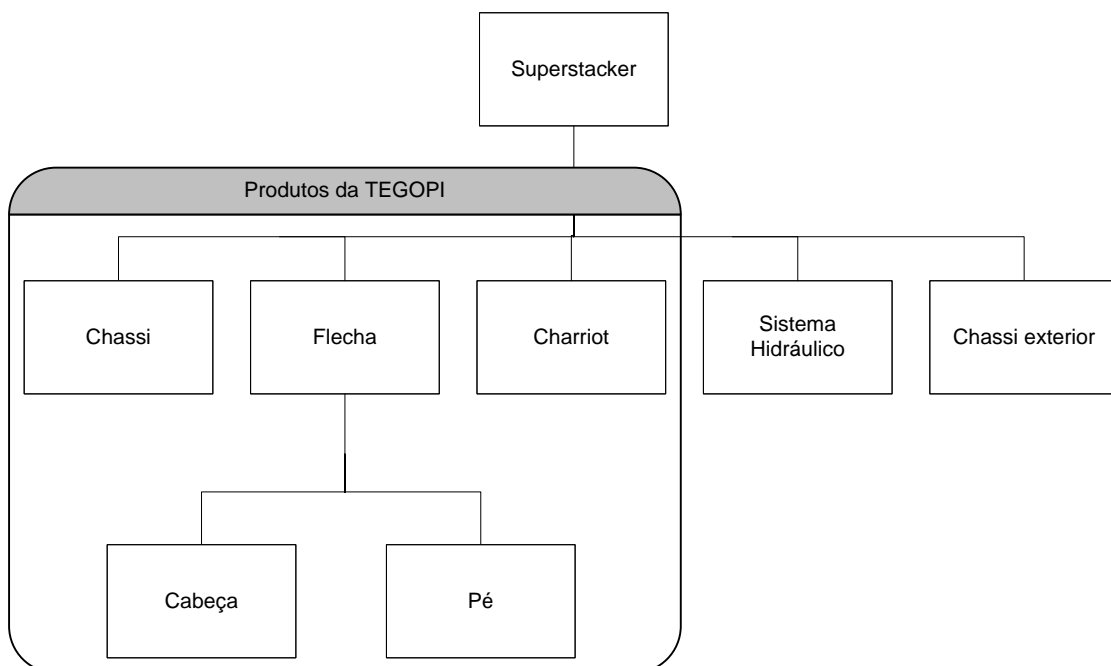


Figura 3 Mecano-soldados (Terex Superstacker)

O seu âmbito de fornecimento engloba fabricos em aços normais (tipo S235 e S355), bem como aços de alto limite elástico (tipo S690, S890 e S960), sendo estes tipos de máquinas, constituídos por três tipos de produtos:

- Chassi (normal-1414 e especial-1416);
- Flecha, constituída por uma cabeça e um pé (normal-1414 e especial-1416);
- Charriot, mais conhecido por gancho da grua.

Importa referir que o veículo da Figura 3 é um produto final na cadeia de fornecimento. No entanto, a TEGOPI participa unicamente com a fabricação dos três tipos de produtos referidos anteriormente, como se visualiza na Figura 4. Estes tipos de produtos, como pertencendo à categoria de mecano-soldados por parte da empresa, fazem parte de um processo de melhoria geral que a empresa iniciou no princípio de Janeiro de 2009. Mais concretamente, a presente dissertação incidiu na análise de melhoria da linha de produção do chassi.



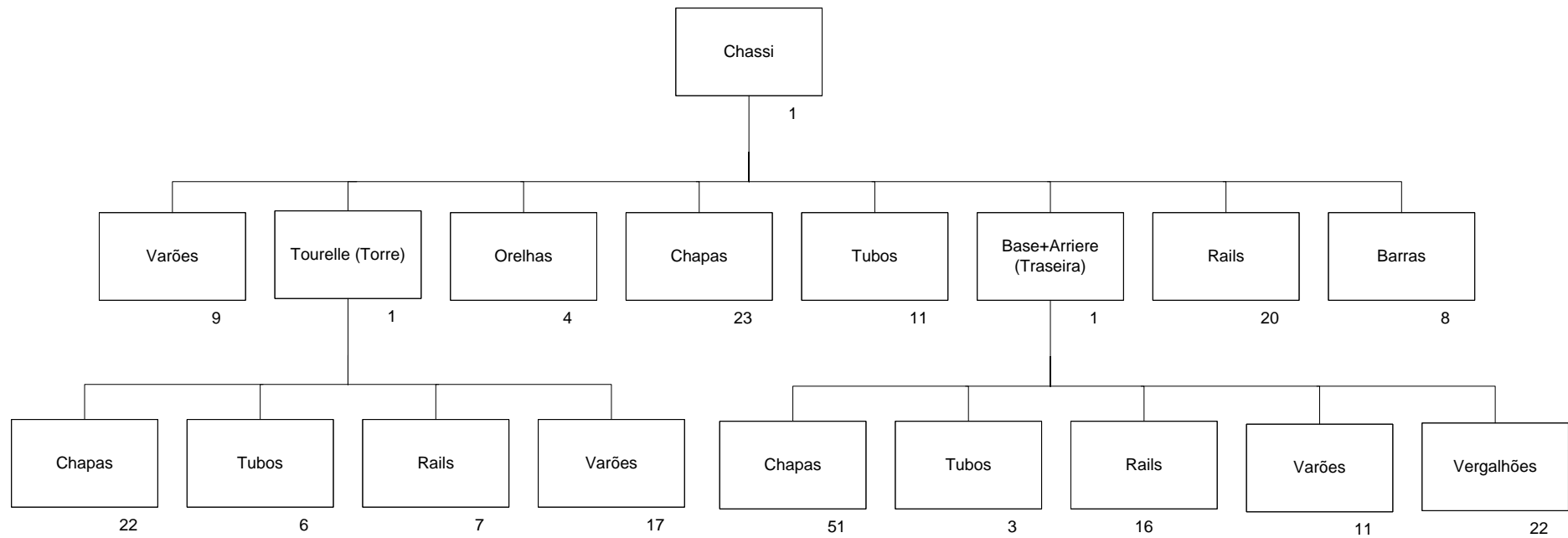
**Figura 4** Estrutura do produto final

## **2.2. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO CHASSI**

Este subcapítulo refere-se à estrutura do produto em estudo, uma linha de fabrico de chassis de gruas móveis, e à respectiva descrição do processo antes da implementação da metodologia *Kaizen*.

### **2.2.1. ESTRUTURA DO PRODUTO**

O chassi é constituído maioritariamente por chapas de aço, entre outros materiais, como mostra a Figura 5.



**Figura 5 Estrutura do produto chassi**

Para chegar a esta estrutura, foi consultada uma lista em Excel (Anexo A) com os dados principais de cada matéria-prima necessária à sua produção. Um exemplo sumário é apresentado na Tabela 1:

**Tabela 1 Exemplo das especificações duma matéria-prima**

Desenho / Peça	Designacao	Pos.	Qt.	Comp.	Cod.	MatPrimDescricao
B04137-94 K 2/4	Chassi NU Court - Cost reduction E1414					
P012470	CHAPA 50 mm	0004	1	639	9026	CHAPA ACO S355K2G3 50MM

Nesta lista, também designada como *Bill of Materials* (BOM), cada matéria-prima tem uma referência de desenho associada, posição de colocação, quantidade utilizada por produto, comprimento, código e respectiva descrição.

### **2.2.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA *KAIZEN***

Com o objectivo de representar esquematicamente o processo, foi construído o diagrama de processo, apresentado na Figura 6. Esta forma simples de representação é constituída por quatro tipos de elementos apresentados da seguinte forma: círculos representam operações, as setas representam fluxos de materiais e/ou informações, triângulos representam pontos de armazenamento, os quadrados representam pontos de controlo e os rectângulos representam notas [2].

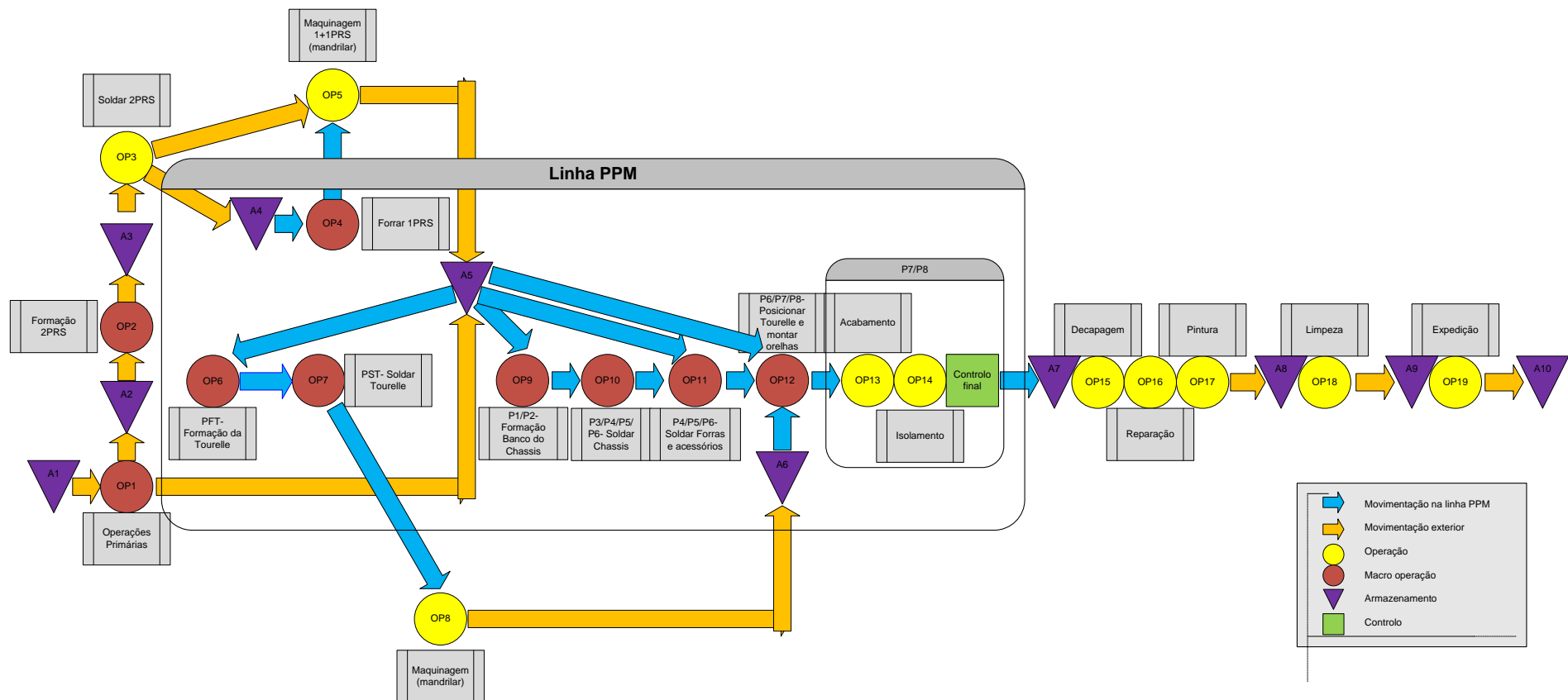


Figura 6 Diagrama de Processo antes da implementação da metodologia *Kaizen*

Para melhor compreensão do diagrama de processo, dividiram-se as macro operações conforme a Tabela 2.

**Tabela 2 Gama operatória**

	Operações										Posto
	Soldar	Rebarbar	Desempenar	Oxicorte	Corte de Serrotes	Corte de Tesouras	Furar	Maquinar	Quinar	Chanfrar	
OP1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
OP2	x	x									
OP3	x										
OP4	x	x	x								
OP5								x			
OP6	x	x	x								PFT
OP7	x	x	x								PST
OP8								x			
OP9	x	x	x								P1
OP10	x	x	x								P2
OP11	x	x	x								P3
OP12	x	x									P4
OP13		x									P5

Na Figura 7 é possível observar a planta da referida empresa, onde estão destacadas as duas partes distintas das operações primárias e a linha de fabrico em estudo.

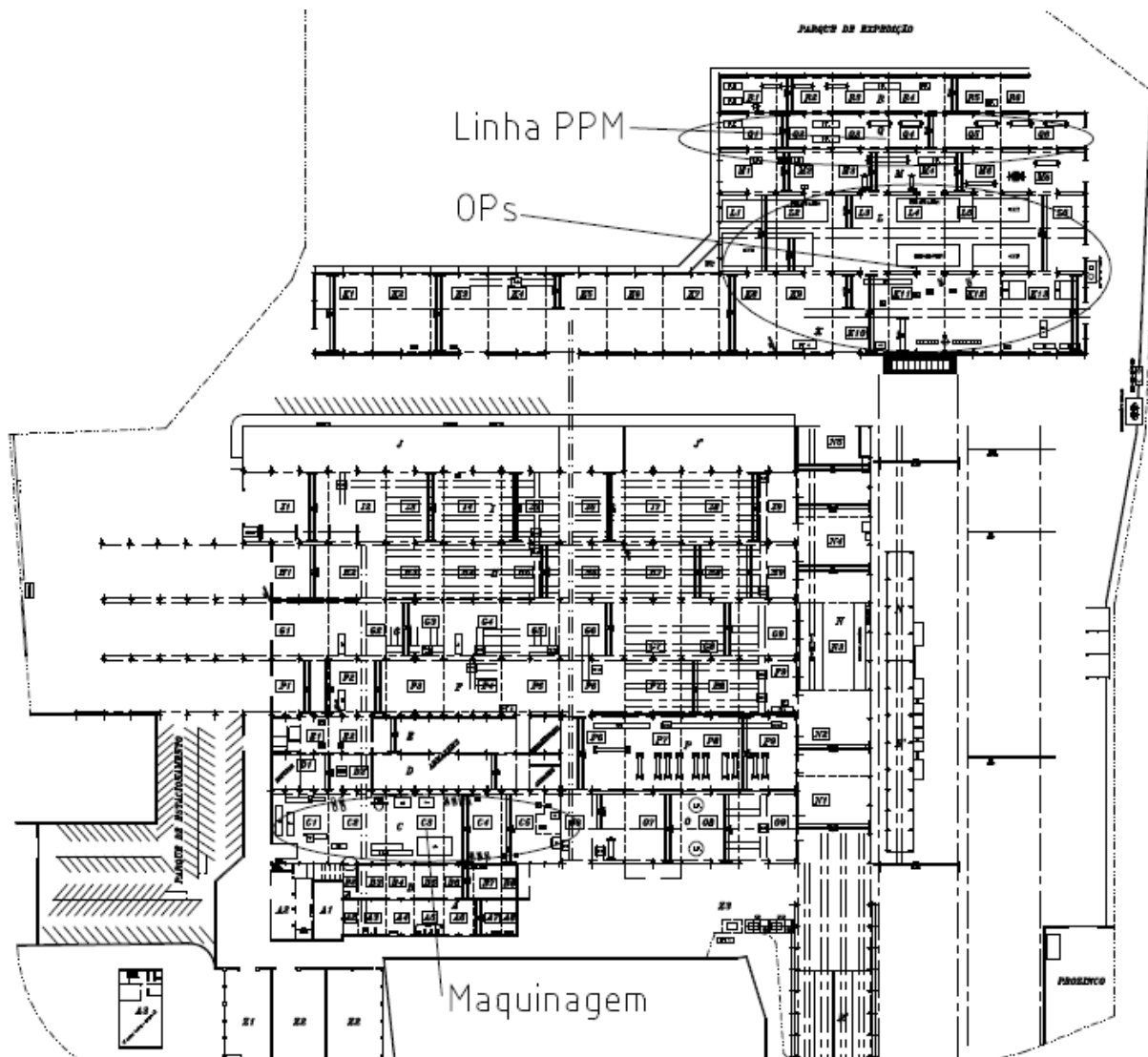


Figura 7 *Layout da empresa onde estão representadas as zonas estudadas*

De seguida passamos à descrição da linha de produção de chassis para gruas móveis encomendadas pela cliente francesa Terex PPM, bem como todo o processo, incluindo as operações a montante e a jusante da linha. Importa referir que esta linha de produção recebeu a designação de PPM devido ao facto do seu fabrico consistir unicamente em produtos para a empresa francesa Terex PPM.

Segue-se a apresentação e descrição das operações que fazem parte do diagrama de processo.

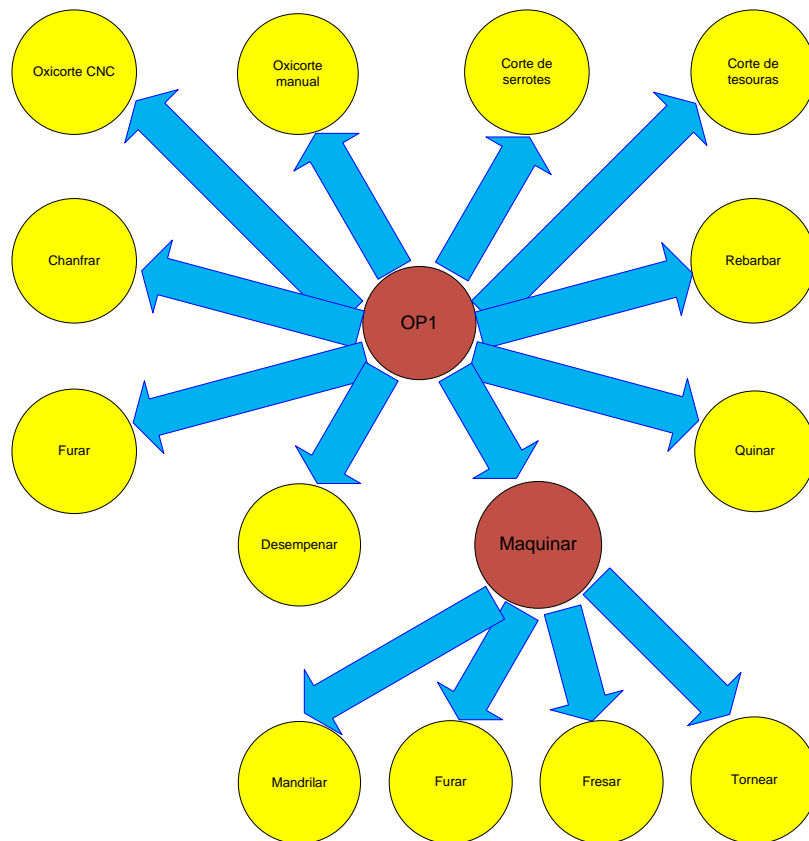


**Figura 8 Produto Chassi**

### **OPERAÇÕES PRIMÁRIAS (OP1, OP5 E OP8)**

As operações primárias ou OPs (OP1 da Figura 6) são efectuadas em duas partes distintas da empresa (zonas K, L e zona C), como se verifica na Figura 7, onde são agrupadas em paletes e transportadas em tractores ou empilhadores para as respectivas linhas. Como o nome indica, estas operações são as primeiras a ser realizadas no fabrico de qualquer produto. No caso da PPM, são produzidas peças para o lote mínimo de vinte chassis. A definição deste número tomou em consideração a procura prevista e o *lead time* de fabricação da linha.

As OPs têm durações diferentes e dependendo dos equipamentos utilizados, são divididas da seguinte forma.



**Figura 9 Operações primárias**

No conjunto de operações de maquinagem (OP1, OP5 e OP8) existem diferentes tipos de equipamentos, tais como mandriladoras, furadoras, fresadoras e tornos. Estes equipamentos situam-se numa zona mais afastada das restantes OPs.

#### **OPERAÇÕES A MONTANTE DA LINHA PPM - PRS (OP2 – OP4)**

Os dois PRS (laterais do chassi) são formados na linha ao lado da PPM (zona M2 – Figura 10), no turno da noite, devido à menor actividade das pontes rolantes. Cada um dos PRS é constituído por uma Alma, dois Banzos, uma Forra e uma chapa de suporte para a Forra. Demora aproximadamente 1 hora a ser formado e é usada uma máquina de soldar semi-automática, bem como uma rebarbadora manual (OP2). Depois de formado, o PRS é soldado numa máquina de soldar automática, demorando cada um deles, cerca de 2 horas (OP3). Para isso, os PRS são movimentados para a linha de fabrico das pontes rolantes (zona K4) através de um tractor com reboque. Caso a máquina de soldar automática esteja ocupada, os PRS são soldados manualmente por dois operários na zona original da sua construção.

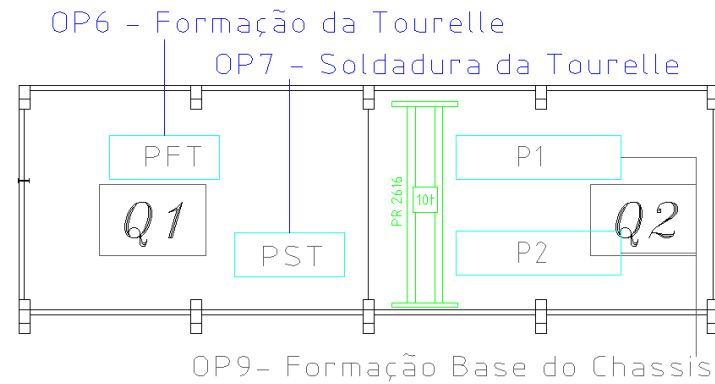


**Figura 10 Material PRS (A2)**

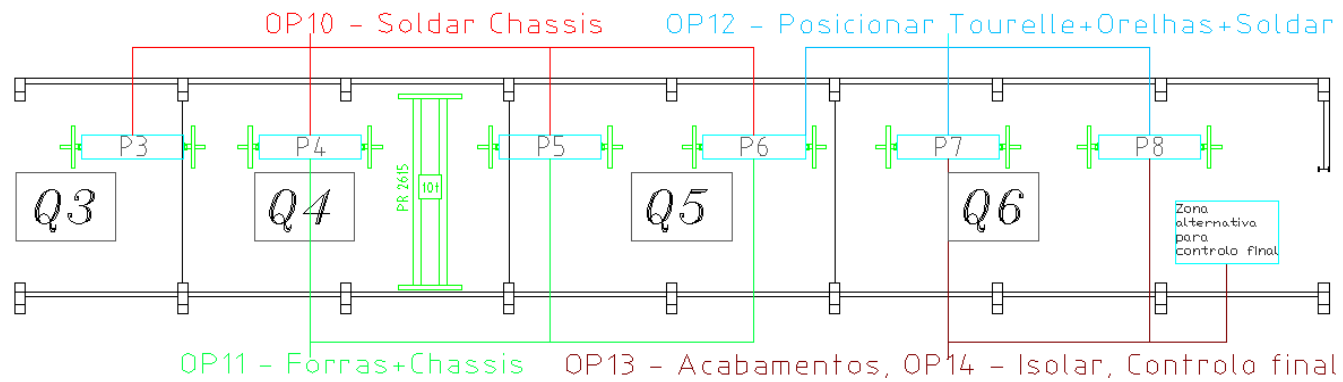
Depois de soldados, um dos PRS é transportado para a zona da mecânica pesada (zona C), onde é mandrilado (OP5), voltando de seguida para a linha PPM. O outro PRS, depois de soldado, volta para a linha para se retirar a Forra (porque necessita de soldadura interior), operação que demora 2 horas com um único operário e utilizando equipamentos de soldar, rebarbar e desempenar (OP4). Os dois PRS são armazenados na zona Q2/Q3 da linha, zona de formação da base do chassi (conforme a Figura 11). A Forra é transportada para a zona Q5.

#### **OPERAÇÕES DA LINHA PPM (OP6, OP7, OP9 - OP14)**

O *layout* da linha PPM (Figuras 11 e 12) antes da implementação da metodologia *Kaizen* era constituído por dez postos de trabalho, embora por vezes fosse necessário uma zona contígua ao posto P8 para efectuar o controlo final.



**Figura 11** *Layout da linha PPM antes da implementação da metodologia Kaizen (parte A).*



**Figura 12** *Layout da linha PPM antes da implementação da metodologia Kaizen (parte B)*

A linha PPM tem duas pontes rolantes, que servem como ferramenta principal de transporte e movimentação de materiais necessários em todos os postos. Além disso, também são utilizadas para movimentar o próprio chassi para o posto seguinte, sendo ambas usadas simultaneamente.

As pontes rolantes têm vários tipos de ferramentas para fixar os materiais que os operários não conseguem mover manualmente, entre os quais:

- Íman, para fixar chapas na posição horizontal;
- Correntes de dois ganchos;
- Garra, para fixar chapas na posição vertical;
- Garfo de movimentação de paletes.

Na zona Q1 da linha, situa-se o posto (ou gabarit) de formação da Tourelle ou torre do chassi (PFT) e um posto para a soldadura total e colocação de acessórios (PST), como mostra a Figura 13. Estes postos são ocupados por dois operários (um serralheiro e um soldador respectivamente). No posto PFT (OP6) é formada a Tourelle, a qual é composta por chapas e tubos. Neste posto realizam-se as operações de rebarbagem, desempenho e soldadura manual (a solda que os serralheiros aplicam chama-se pingar, que consiste em soldar suficiente cordão para a junção de peças). Estas operações demoram um total de 20 horas em média (a contar com os tempos de desempenamento e soldaduras interiores).

No PST (OP7) os componentes utilizados são chapas pequenas, tubos, varões e rails. São utilizados equipamentos de rebarbagem e soldadura manual. E o tempo total de duração é de aproximadamente 20 horas. Tanto nesta zona como no resto da linha, cada operário é responsável por uma máquina de soldar semi-automática com carrinho para permitir movimentações.

Quase todos os materiais e componentes necessários para a formação da Tourelle encontram-se nesta zona, com excepção dos rails e varões que estão armazenados em prateleiras na zona Q2. Esta localização minimiza o tempo de procura de material e o tempo de transporte dos mesmos. Embora tivesse como consequência excesso de material no local que raramente era usado, tal como tubos e mesmo material de maior dimensão.



**Figura 13 PFT e PST, respectivamente (OP6, OP7)**

Após conclusão da Tourelle, esta espera no mesmo posto para ser transportada para a mecânica onde vai ser mandrilada (OP8). Como já foi referido, esta secção fica do outro lado da fábrica, o que resulta em tempos elevados de transporte. Com o objectivo de minimizar viagens, a empresa transporta três ou quatro Tourelles de cada vez. Posteriormente, após a mandrilagem, a Tourelle volta para a linha PPM (para um local onde haja espaço) para mais tarde ser transportada e posicionada na zona Q6 (OP12).

A zona Q2 é ocupada por dois bancos de formação da base do chassi (P1 ou P2 - OP9), conforme a Figura 14, embora só seja usado um deles devido à redução de encomendas. Este posto é o local onde é usado a maior parte do material, entre os quais, chapas, tubos, varões, rails, vergalhões. Neste posto encontram-se dois serralheiros, cujas operações são a soldadura manual, rebarbagem e desempenho, e o tempo de formação é de aproximadamente 35 horas.



**Figura 14 Posto P1/P2 (OP9)**

É nesta zona que os tractores de carga e empilhadores deixam o material para toda a linha, tanto para chassis normais como especiais e em quantidades exageradas (material para vinte chassis).

A formação da base do chassi é iniciada pela colocação dos dois PRS, mas antes é retirada a Forra do PRS proveniente da maquinagem. De seguida a Forra é transportada para a zona Q5, como a Forra do outro PRS. Posteriormente os dois PRS voltam a ser forrados, depois de serem soldados por dentro no respectivo posto (OP11).

A partir da zona Q3 até a zona Q6, os postos não são fixos, dependendo a sua utilização para cada operação da sua disponibilidade em determinado momento. Nestas zonas são usados dois viradores em cada um dos postos. Entretanto nas zonas Q5 e Q6 são necessários viradores especiais com capacidade de virar um peso superior ao normal, devido ao facto da Tourelle, quando posicionada na base do chassi (OP12), ultrapassar a capacidade dos viradores normais.

É em qualquer um dos quatro primeiros postos (P3, P4, P5 ou P6), a começar da zona Q3, que o chassi é soldado completamente (OP10), depois de sair do posto de formação. O chassi pode ir para qualquer um destes postos (o que estiver disponível) e é soldado manualmente por dois operários em simultâneo, usando equipamentos de rebarbagem e desempenho. Estas operações demoram em média 45 horas. Os materiais e componentes depositados na zona Q3 são usados no posto de formação, pois no posto de soldadura não é necessária qualquer adição de material.

Qualquer um destes três últimos postos (P4, P5 ou P6) também são usados para forrar o chassi (OP11), como se pode visualizar na Figura 15, e colocar os restantes acessórios que não podem ser colocados na formação, devido ao facto de ser necessário virar o chassi ao contrário com os viradores. Os acessórios colocados no posto para forrar são: rails, varões, tubos, barras e chapas pequenas. Neste posto trabalham dois operários com recurso a equipamentos de soldar, rebarbar e desempenar, levando aproximadamente 35 horas de trabalho.



**Figura 15 Posto P4/P5/P6 (OP11)**

Os materiais consumidos neste posto, além das respectivas Forras dos PRS e de uma forra traseira, são de pequenas dimensões e em quantidades reduzidas. Por sua vez, os materiais são armazenados em caixas e prateleiras tanto nesta zona como na zona do posto de formação.

Num dos últimos três postos da linha PPM (P6, P7 ou P8) é realizada a operação OP12 que consiste no posicionamento e soldadura da Tourelle, colocação dos respectivos acessórios (chapas pequenas, tubos e rails) e montagem das orelhas, conforme a Figura 16. Neste posto trabalham dois operários com recurso a equipamentos de soldar e rebarbar.



**Figura 16 Posto P6/P7/P8 (OP12)**

O posto onde é realizada a OP12 é o posto mais exigente em termos dimensionais, porque envolve o encaixe da flecha na respectiva grua com uma larga utilização de ferramentas, cuja duração é de aproximadamente 50 horas, quase seis turnos de trabalho (o equivalente três dias).

Num dos últimos dois postos da linha (P7 ou P8) são feitos os acabamentos (OP13), isolamento para pintura (OP14) e o controlo final, como se visualiza na Figura 17. O acabamento consiste numa rebarbagem geral ao chassi, feita por um operário, demorando 8 horas. O isolamento consiste em proteger as partes maquinadas (para quando o produto for pintado) com vários tipos de parafusos, executada por um operário, demorando cerca de 0,5 horas. O controlo final consiste essencialmente no controlo das soldaduras, é feito por uma das duas pessoas especializadas na área e também demora cerca de 0,5 horas. Quando necessário é utilizada uma zona contígua ao posto P8 para efectuar o controlo final.



**Figura 17 Posto P7/P8 (OP13, OP14, Controlo final)**

O material na zona dos postos P6, P5 e P8 é reduzido e de pequenas dimensões, sendo a maior parte, armazenado em caixas e prateleiras. Aqui também estão os viradores suplentes, normais e especiais, assim como a maior ferramenta da linha, um gabarit para medição e outro suplente, usado na OP12.

No que toca às orelhas montadas neste posto, estas têm um tratamento especial no abastecimento, que consiste nos operadores tirarem as medidas das zonas de cada uma das quatro e se deslocarem à zona da maquinagem, onde as orelhas estão armazenadas, para as

marcar e maquinar. Depois de maquinadas, os responsáveis da mecânica telefonam para o gabinete da linha PPM e os operários do posto onde se realiza a OP12 voltam à mecânica para as transportar para a linha.

### **OPERAÇÕES A JUSANTE DA LINHA PPM (OP15-OP19)**

Por fim, o chassi espera no fim da linha por transporte, para ir à decapagem (OP15), reparação (OP16) e pintura (OP17), nas zonas N e R do *layout* da empresa da Figura 7, seguindo depois para a limpeza (OP18) e expedição (OP19).

## **2.3. ANÁLISE DO PROCESSO ACTUAL**

Actualmente, um factor chave da competitividade entre empresas é a diferenciação. Esta diferenciação pode ser atingida de várias formas, quer através da inovação ao nível dos produtos inovadores, quer através da inovação ao nível dos processos produtivos e da sua optimização. Em alguns sectores do meio industrial um dos pontos críticos do processo produtivo são as actividades que não acrescentam valor ao produto, mas que são indispensáveis à produção [21].

A empresa TEGOPI enquanto empresa especializada em produtos de construção soldada, tem uma forte concorrência, quer no mercado nacional, quer no mercado internacional. A concorrência internacional surge dos países emergentes, que conseguem preços de produção mais competitivos, suportados por um custo de mão-de-obra mais baixo. Para conseguir sobreviver neste tipo de mercado a empresa tem de reduzir custos, fazer as entregas no menor prazo possível e simultaneamente produzir com melhor qualidade. Estes são os objectivos globais de qualquer empresa. Uma forma de reduzir custos é através da implementação de melhorias ao nível do seu processo produtivo, numa abordagem de melhoria contínua, através da eliminação de todo o tipo de perdas ou desperdícios, de modo a minimizar os tempos de paragem de produção e reduzir, ou mesmo eliminar, actividades que não acrescentam valor ao produto.

A procura, na situação inicial da empresa, era de 16 produtos por mês, ou seja, quatro por semana, com um *lead time* de 21 dias, com um tempo de produção na linha de 9 dias (aproximadamente 220 horas).

Com vista ao aumento de competitividade procedeu-se, numa primeira fase, ao diagnóstico da situação actual com objectivo de identificar as deficiências no actual processo, detectando-se:

1. Material em excesso que originava stock e movimentações desnecessárias, tanto de operadores como de materiais;
2. Tempos de espera elevados, como por exemplo, das pontes rolantes para movimentação do material;
3. Falta de organização como ferramentas espalhadas e em mau estado;
4. Produtos não conformes que originavam várias tarefas de operação que não acrescentam valor ao cliente, tarefas de sobreprocessamento.
5. Grande rotatividade entre os operários nas linhas de fabrico, o que não era muito eficiente, por ter que se perder tempo a dar instruções/formação.
6. O *layout* da linha, que tinha o grande problema de não ter os postos fixos e a sua disposição não ser a ideal, assim como tinha o material tanto do chassi normal como do especial, misturado, dificultando bastante a procura deste.

Após diagnóstico, a fase seguinte do trabalho, exposta nos capítulos 3 e 4, consiste na minimização e eliminação das deficiências detectadas através da implementação de melhorias no processo baseadas na metodologia *Kaizen*.

# 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentadas as metodologias usadas que foram necessárias para a implementação da solução apresentada no Capítulo 4.

## 3.1. INTRODUÇÃO À PRODUÇÃO MAGRA (*LEAN MANUFACTURING*) / *JUST IN TIME*

Por volta de 1950, o Japão estava com as suas fábricas totalmente destruídas por causa da derrota na segunda guerra mundial. O então presidente da Toyota, Eiji Toyoda, e o engenheiro Taiichi Ohno passaram três meses no complexo da Ford nos Estados Unidos a estudar os métodos de produção da Ford para entender porque a produtividade dos operários americanos era dez vezes superior à dos orientais [23]. Tal diferença de produtividade só poderia ser explicada pela existência de perdas no sistema de produção. A partir deste princípio, estes gestores procuraram estabelecer a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas [9]. O objectivo principal era reorganizar a fábrica japonesa e torná-la numa grande produtora de veículos.

Ohno e Toyoda concluíram que nem o sistema de produção em massa, nem o sistema artesanal iriam ser aplicáveis à sua realidade. Era preciso adaptá-los e criar um sistema novo com características diferentes o qual ficaria a ser conhecido pelo nome de Sistema de Produção Toyota (TPS) [27]. Contrariamente ao que acontecia com a fábrica Ford, a Toyota possuía um reduzido capital e operava num país pequeno com poucos recursos. O novo sistema de produção deveria então fazer com que o dinheiro investido no fabrico de cada automóvel fosse recebido de volta o mais rápido possível [18]. Nascia assim a filosofia *Just in Time* (JIT) ou a filosofia da Produção Magra (*Lean Manufacturing*), **baseada na eliminação de todo o tipo de desperdícios**, suportada por um conjunto de ferramentas, e considerando **as pessoas como factor chave do desenvolvimento** das empresas [3].

### **FERRAMENTAS DA FILOSOFIA JIT**

Segundo Kenneth Wantuck (referido em [3]), são 7 os elementos/ferramentas que o JIT possui para combater os desperdícios:

- Foco na fábrica;
- Tecnologia de grupo;
- Qualidade na fonte (*jidoka*);
- Produção *Just in Time*;
- Nivelamento da produção ou programação uniforme;
- Técnica de controlo *kanban*;
- Minimização dos tempos de *setup*;
- Relação com os fornecedores (poderia ser incorporado na qualidade na fonte).

Não são abordadas aqui estas ferramentas porque falar-se-á de algumas delas integradas na metodologia *Kaizen* exposta nos subcapítulos seguintes.

### **3.2. METODOLOGIA *KAIZEN* - MELHORIA CONTÍNUA**

A metodologia *Kaizen*, desenvolvida pelo Kaizen Institute, é suportada pela filosofia JIT e suas ferramentas. Visa a melhoria incremental e cíclica de uma actividade com o objectivo de chegar à perfeição, ou seja, eliminação de todos os tipos de perdas (desperdícios ou *muda*). Entre algumas das suas vantagens, pode-se destacar o facto de os progressos serem implementados de maneira suave e muito mais frequente do que na maneira tradicional.

Isso permite uma maior consistência da necessidade de eliminação das perdas na cultura do trabalhador, o qual está sempre a pensar em como aperfeiçoar as suas actividades. Pelo facto de ser bastante frequente, o custo associado à sua implementação é pequeno na maioria dos casos [7].

Para o *Kaizen*, é sempre possível fazer melhor; nenhum dia deve passar sem que alguma melhoria tenha sido implantada, seja ela na estrutura da empresa ou no indivíduo. A sua metodologia traz resultados concretos, tanto qualitativamente, quanto quantitativamente, num curto espaço de tempo e a um baixo custo (o que consequentemente aumenta o lucro). O Sistema de Produção Toyota (TPS) é conhecido pela sua aplicação, mas hoje muitas empresas espalhadas pelo mundo também a aplicam, como no caso da empresa TEGOPI, o qual se encontra numa fase de implementação.

### 3.2.1. FUNDAMENTOS KAIZEN

Os fundamentos *Kaizen* (ver Figura 18) reúnem um conjunto de valores que são verdadeiros princípios de funcionamento que procuram garantir bons resultados em qualquer actividade de melhoria contínua [15].

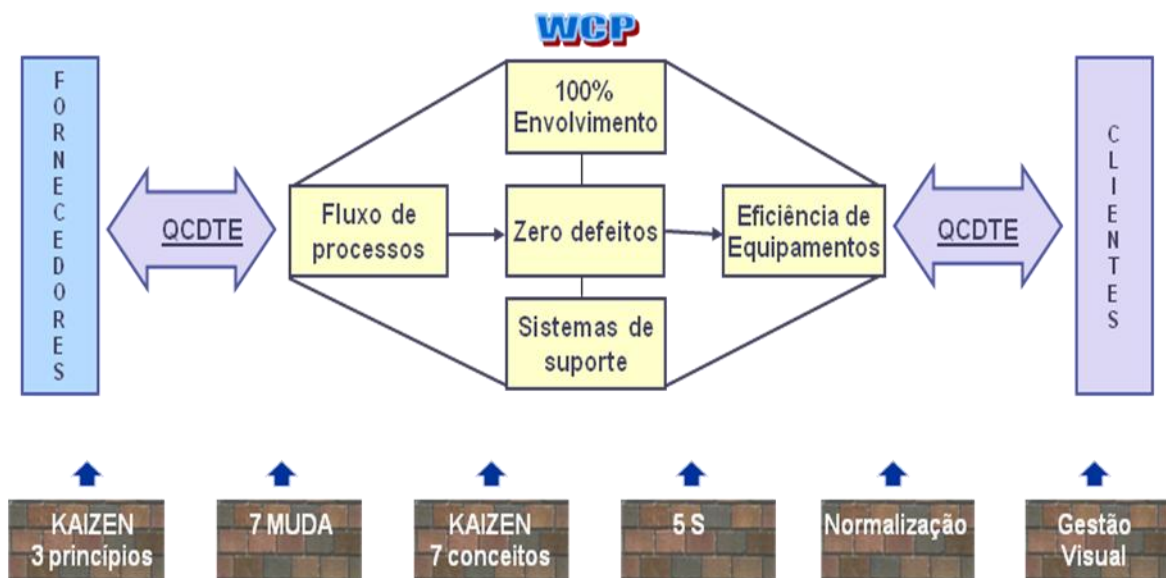


Figura 18 Fundamentos *Kaizen* [16]

## a) **KAIZEN – 3 PRINCÍPIOS**

### **PROCESSOS E RESULTADOS**

O princípio “Processos e Resultados” é muito importante na abordagem *Kaizen*. De facto, o pensamento mais corrente é que tudo o que é necessário resume-se a definir o objectivo para o resultado; e que o método para atingir o resultado não é importante. No entanto no *Kaizen*, o resultado é importante no sentido de serem definidos objectivos para o grupo/equipa. Para que os resultados obtidos sejam coerentes e consistentes, é crucial dedicar-se também especial atenção ao Processo [15].

### **SISTEMAS GLOBAIS**

Os sistemas de produção são constituídos por vários processos em cadeia e para que os resultados sejam consistentes, as actividades de melhoria terão de ser desenvolvidas numa perspectiva global. Não é possível analisar o processo de melhoria numa lógica local pois devido à integração dos processos nas cadeias de valor, os resultados efectivos só surgem com abordagens globais.

### **NÃO CULPAR / NÃO JULGAR**

O objectivo de imprimir uma atitude de melhoria contínua só é possível com o envolvimento de todos os actores do processo e a sua contribuição. Este envolvimento e participação só é possível se as contribuições de todos forem valorizadas e os erros não forem hipervalorizados. O erro ou a falha deve preferencialmente ser entendido como uma oportunidade de melhoria de todos e não como motivo para se culpabilizar terceiros. Esta abordagem tem também a vantagem de tornar visíveis precocemente os erros ou falhas minimizando o seu impacto.

## b) **7 MUDA**

A eliminação de *muda*/desperdício é um fundamento relacionado com o *Pull Flow*. O *Kaizen* visa a eliminação dos sete *muda* (palavra Japonesa que significa desperdício), de forma a alcançar a competitividade e a excelência [15]. Para o *Kaizen*, a única forma de

aumentar ou manter o lucro é através da redução das perdas existente no sistema, ou seja, eliminar toda e qualquer actividade que não acrescenta valor ao produto, nomeadamente:

1. Produção em excesso;
2. Espera de pessoas ou operadores parados;
3. Movimento de materiais ou transporte;
4. Sobreprocessamento;
5. Espera de materiais ou inventário;
6. Movimento de pessoas ou deslocação de operadores;
7. Produtos defeituosos ou não conformes.

### **PRODUÇÃO EM EXCESSO**

De todas as sete perdas listadas por [23], a perda por produção em excesso, ou superprodução, é considerada a que mais prejuízos causa, uma vez que esconde os outros tipos de perdas e é a mais difícil de ser eliminada. A perda por superprodução por quantidade é a perda por produzir além daquilo que é estritamente necessário, como exemplo, o cliente pediu oito unidades mas produziram-se quinze. Já a perda por superprodução por antecipação é a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, fazendo com que as peças fiquem espalhadas pela fábrica aguardando a hora de serem processadas por etapas posteriores [7].

### **ESPERA**

É aquela perda gerada quando um lote está à espera da libertação de um recurso para ser processado. Ou então, quando as peças já trabalhadas de um lote esperam pelo processamento das restantes para que possam avançar para a etapa seguinte. Ou ainda, quando um operário que acabou o seu ciclo de produção, fica à espera do fim da operação a montante ou a jusante [7]. Como exemplo, à espera do fim de ciclo da máquina, à espera de instruções, à espera de material.

### **TRANSPORTE**

Sendo o transporte dentro das instalações industriais uma actividade que não acrescenta valor, passa a ser interpretado como uma perda e deve ser reduzido o mais possível. As melhorias mais significativas, em termos de redução das perdas, são aquelas aplicadas ao

processo de transporte, obtidas através de alterações de *layout* que dispensem ou eliminem as movimentações de material [7][9]. Como exemplo, temos a deslocação de material entre áreas ou operações.

### **SOBREPROCESSAMENTO**

São perdas ao longo do processo produtivo devido ao baixo desempenho dos equipamentos causado por avarias de máquinas. O desperdício do processamento em si ainda inclui as perdas causadas pela rejeição de algum material que ainda poderia ser utilizado para a produção [7]. Também consiste em tarefas das operações que não acrescentam valor ao cliente como: acabamentos, limpeza, inspecção e retrabalho [16].

### **INVENTÁRIO**

É causado pelos produtos finais ou produtos fabricados em excesso. A eliminação desta perda favorece a identificação de outras perdas não aparentes no sistema devido à função de protecção do inventário. Embora a sua diminuição deixe o sistema mais exposto aos problemas como o mau funcionamento de máquinas, a redução dos stocks é considerada benéfica, pois além de reduzir os custos a ele relacionados permite que os problemas escondidos se tornem mais evidentes antes de serem igualmente extintos [7][16]. Como exemplo, stocks, material entre postos, material à espera de expedição.

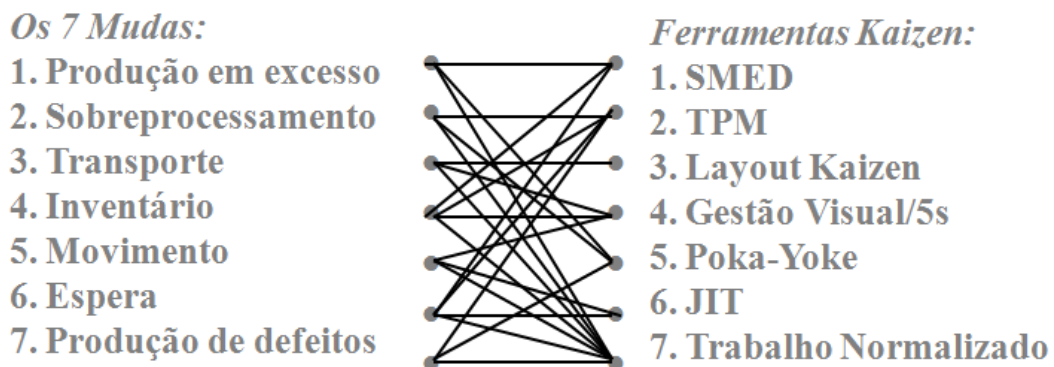
### **MOVIMENTO**

Causado pelo movimento dos operários que não acrescentam valor; este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos [7]. Como exemplo, movimentação para ir buscar componentes, fraca ergonomia.

### **PRODUTOS DEFEITUOSOS**

É causado pelo fabrico de produtos não conformes. A sua redução é obrigação directa, não só do sector de qualidade, mas como de toda a fábrica. Esta é conseguida através do combate às causas de variabilidade especial [7][16]. Como exemplo, rejeitados, sucata, erros.

Para eliminar estes desperdícios (*muda*), devem-se usar as ferramentas *Kaizen* da Figura 19.



**Figura 19 Ferramentas *Kaizen* para eliminar o desperdício [16]**

Para que o desperdício seja evidente, é necessário usar a Gestão Visual.

### ***c) KAIZEN – 7 CONCEITOS***

#### **SDCA / PDCA**

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming, é um ciclo de desenvolvimento [12].

O PDCA foi introduzido no Japão após a guerra, idealizado por Shewhart e divulgado por Deming, que efectivamente o aplicou. O ciclo de Deming tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, como por exemplo na gestão da qualidade dividindo-a em quatro principais passos.

O PDCA é aplicado principalmente nas normas de sistemas de gestão e deve ser utilizado em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso nos negócios, independentemente da área ou departamento (vendas, compras, engenharia, etc...).

O ciclo começa pelo planeamento; em seguida, a acção ou conjunto de acções planeadas são executadas; posteriormente verifica-se se o que foi feito estava de acordo com o planeado; e por fim realiza-se a acção para eliminar ou reduzir defeitos no produto ou na execução. No final deste último passo, reinicia-se o ciclo.

Dentro de cada passo são executadas as seguintes tarefas:

- *Plan* (planeamento): estabelecer missão, visão, objetivos (metas), procedimentos e processos (metodologias) necessários para o cumprimento dos resultados;
- *Do* (execução): realizar, executar as actividades;
- *Check* (verificação): monitorar e avaliar periodicamente os resultados, avaliar processos e resultados, confrontando-os com o planeado, objetivos, especificações e estado desejado, consolidando as informações, eventualmente fazendo relatórios;
- *Act* (acção): agir de acordo com o avaliado e de acordo com os relatórios, eventualmente determinar e estabelecer novos planos de acção, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas.

O PDCA utilizado para atingir metas padrão, ou para manter os resultados num certo nível desejado, pode então ser chamado de SDCA (S de *standardize*).

### O PROCESSO SEGUINTE É O CLIENTE

Este conceito significa que os processos são orientados para satisfazer as necessidades dos clientes. Especialmente no âmbito das cadeias de fornecimento é fundamental a interligação e a integração dos vários elos da cadeia pela lógica da orientação do processo na satisfação das necessidades a jusante (o cliente).

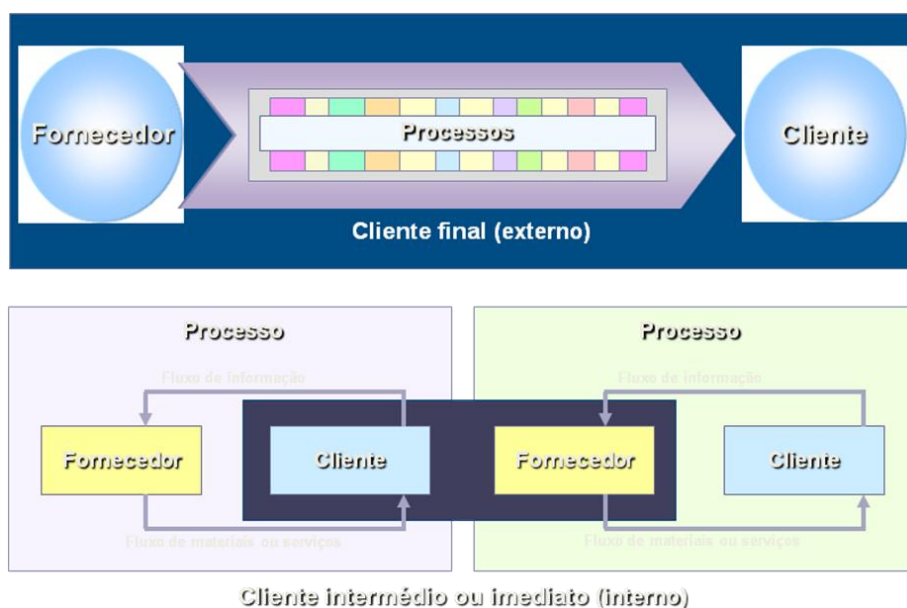


Figura 20 O processo seguinte é o cliente [16]

## QUALIDADE EM 1º LUGAR

Qualidade em primeiro lugar é um conceito muito importante e um pensamento clássico em termos de *Kaizen*. Desde os inícios do movimento da Qualidade, suportados por especialistas como Crosby, Deming, Juran, Ishikawa e outros, que a qualidade é uma das mais importantes temáticas em termos de *Kaizen* [15].

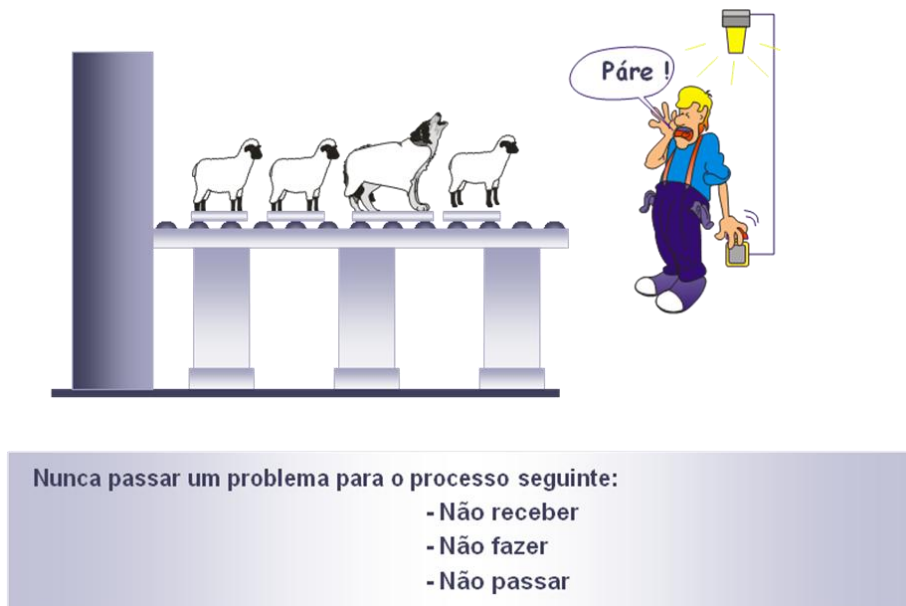


Figura 21 Qualidade em 1º lugar [16]

## ORIENTAÇÃO PARA O MERCADO

A orientação para o mercado é a focalização no cliente final, isto é, compreensão das necessidades e expectativas QCD (*Quality, Cost, Delivery*) dos clientes e antecipação das vontades e tendências antes da concorrência. Assim, é o mercado que determina o preço e para manter os lucros, é preciso reduzir custos. [16].

## GESTÃO A MONTANTE

Com vista à geração do fluxo produtivo com as características desejadas é fundamental antecipar os problemas e corrigi-los o mais precocemente possível. Nesta perspectiva, a gestão a montante procura a implementação do paradigma da qualidade total e a resolução dos problemas na sua fonte com recurso a ferramentas como a introdução de mecanismos anti-erro como os *poka-yoke* conforme a Figura 22.

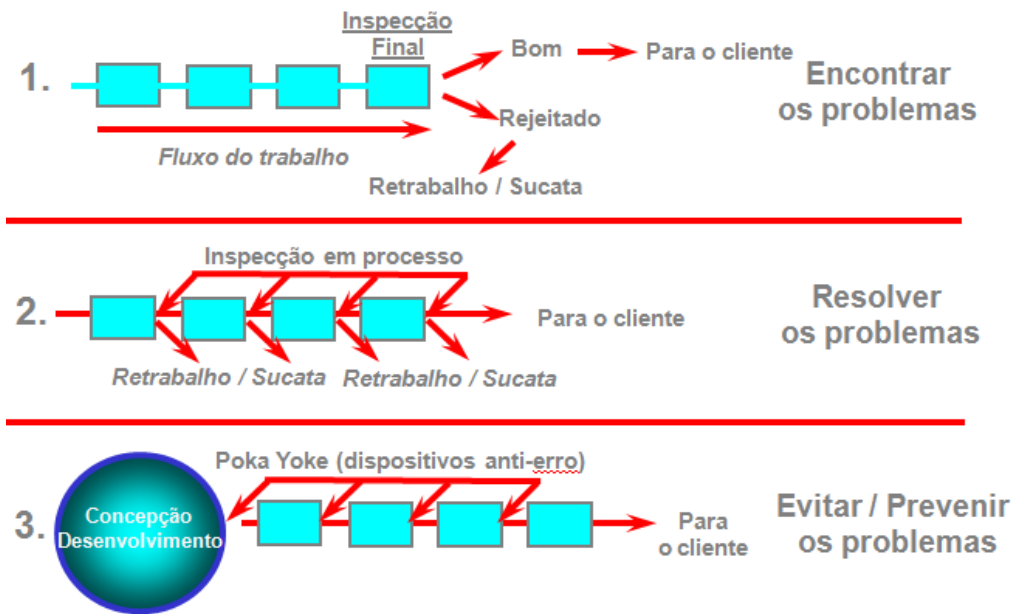


Figura 22 Gestão a montante [16]

## FALAR COM DADOS

Este conceito consiste em recolher dados no *gemba* (local onde o trabalho é realizado, onde o valor é criado, onde os problemas acontecem, são resolvidos e onde trabalham os operadores), recolher dados usando os 5 sentidos, analisar e verificar dados tendo em vista a expressão “quando vir, duvide” (K. Ishikawa), tomar decisões baseadas em dados e implementar acções baseadas em dados [16].

## CONTROLO DE VARIABILIDADE, ATRAVÉS DO CONTROLO DE PROCESSO

Embora a variabilidade não possa ser eliminada, o objectivo do gestor de processos é a minimização ou eliminação das causas que contribuem para a sua ocorrência. Através do controlo de processo e com recurso a ferramentas próprias, procura-se chegar aos resultados pretendidos. Estes resultados são os 3 factores fundamentais para o incremento da competitividade das empresas e afectam directamente a satisfação do cliente. Nomeadamente para o gestor do processo, o seu trabalho de controlo incide nos 4 M's: mão-de-obra, material, máquina e métodos que influenciam os resultados finais de acordo com a Figura 23.

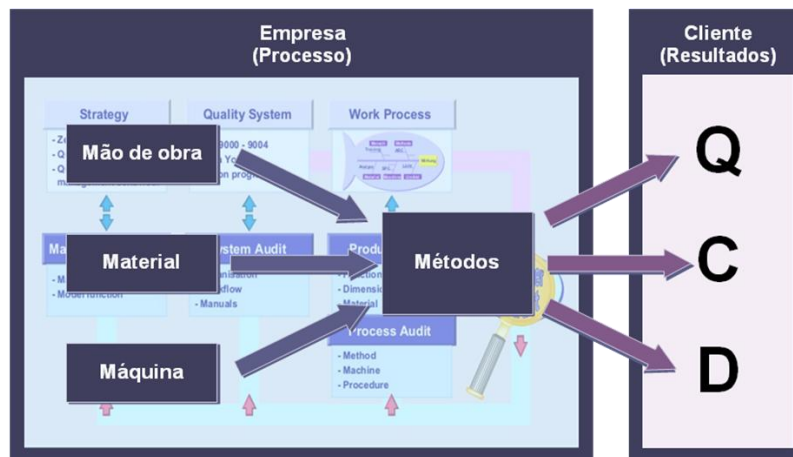


Figura 23 Controle de variabilidade [16]

#### d) MÉTODO 5S

A gestão da Qualidade é primordial para o estabelecimento e sobrevivência de uma instituição e para viabilizar o controlo de actividades, informações e documentos. O objectivo é a boa prestação de serviços, de forma eficiente e dinâmica para que o solicitante fique satisfeito [24].

Entre as muitas ferramentas que podem ser usadas para implantar o Sistema da Qualidade total numa empresa ou instituição é o método dos 5S. Este é o ponto de partida e um requisito básico para o controlo da qualidade, uma vez que proporciona vários benefícios ao sector. A ordem, a limpeza e a autodisciplina são essenciais para a produtividade.

Porém, este método implantado sozinho, não assegura o Sistema da Qualidade eficiente. É necessário haver melhorias contínuas, treinos e consciencialização das pessoas quanto à filosofia da qualidade.

Este método tem aplicabilidade em diversos tipos de empresas e órgãos, inclusive em residências, pois traz benefícios a todos que convivem no local, melhora o ambiente, as condições de trabalho, saúde, higiene e traz eficiência e qualidade.

De acordo com experiências de empresas que já implantaram o método, a “chave” não é somente a aplicação dos conceitos, mas a mudança cultural de todas as pessoas envolvidas e a aceitação de que cada um deles é importante para melhorar o ambiente de trabalho, a saúde física e mental dos trabalhadores e o sistema da qualidade.

O método 5S foi base da implantação do Sistema de Qualidade Total nas empresas. Surgiu no Japão, nas décadas de 50 e 60, após a Segunda Guerra Mundial, quando o país vivia a chamada crise de competitividade. Além disso, havia muito *muda* nas fábricas japonesas, sendo necessária uma reestruturação e uma “limpeza”. O país precisava reestruturar-se, organizar as indústrias e melhorar a produção para ser compatível com o mercado mundial.

É possível eliminar o desperdício (tudo o que gera custo extra) em cinco fases, com base no método 5S. Foi um dos factores para a recuperação de empresas japonesas e a base para a implantação da Qualidade Total naquele país.

Os cinco conceitos são:

- *Seiri* ou triagem: consiste em separar o útil do inútil, eliminando o desnecessário;
- *Seiton* ou arrumação: consiste em identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa localizar facilmente;
- *Seiso* ou limpeza: consiste em manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas de sujidade e aprendendo a não sujar;
- *Seiketsu* ou normalização: consiste em definir normas de trabalho e de correcção, criando um sistema de gestão visual;
- *Shitsuke* ou disciplina: consiste em fazer desta metodologia um hábito, transformando os 5 S num modo de vida.

#### ***e) NORMALIZAÇÃO - PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES***

É muito importante definir o caminho mais eficiente para desempenhar uma determinada tarefa. Se a tarefa não está normalizada, é de esperar que tenha associado *muda* e variabilidade porque temos diferentes pessoas a executá-la e, muito provavelmente, diferentes formas de a concretizar [15]. A padronização das operações pode ser definida como um método efectivo e organizado de produzir sem perdas (*muda*) [8]. Tal método requer a produtividade máxima de cada funcionário eliminando das suas operações todos os tipos de perda. Todos os passos são registados para que sejam repetidos de maneira uniforme por todos os operários num ritmo de produção estabelecido que satisfaça a procura.

A padronização é importante, pois permite ao operador repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. A determinação de uma rotina padrão de operações evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduzindo as flutuações dos seus respectivos tempos de ciclo [9].

A sequência de movimentos e tarefas necessárias para produzir uma peça é anotada numa ficha de trabalho padrão. Nela, pode-se identificar o tempo de ciclo, ou seja, o tempo decorrido entre o início da mesma operação em duas peças subsequentes. Sendo assim, o operário deve executar os movimentos da maneira exacta como descrita no documento e no tempo determinado. De acordo com Bodek [4], essa ferramenta é usada largamente no Japão, onde os supervisores estão a fazer sempre revisões e a comparar com os vídeos obtidos dos postos de trabalho. O objectivo é verificar se há diferenças entre os movimentos realizados pelo trabalhador e aqueles descritos. Também, quando possível, eliminam-se alguns movimentos desnecessários para deixar o operador mais eficiente. Miltenburg [19], ressalta que deve-se buscar uma alta utilização do operário e nunca da máquina.

#### *f) GESTÃO VISUAL*

O conceito de Gestão Visual tem origem através do TPS: o sistema *andon*. Ohno [23] define *andon* como sendo um sistema de suporte à discussão para o tratamento de problemas existentes no quotidiano das fábricas e evidencia a importância de promover a participação de todas as pessoas no processo de resolução de problemas e melhorias de processo. A função do *andon* é, entre outras características, ser capaz de mostrar o estado da produção para toda a fábrica, através do seu sistema de gestão visual, informando que um problema existe e que é necessário resolvê-lo num tempo de resposta imediato [14].

Segundo Monden [20], *andon* é um sistema que permite acompanhar o conteúdo de trabalho com o ritmo de produção, que sinaliza quando um operador parou a linha por algum tipo de problema ou porque não conseguiu cumprir suas tarefas dentro do ciclo de trabalho estabelecido ou mesmo porque atingiu a produção planeada. E que transfere os dados a um painel após uma intervenção humana que permita investigar a causa fundamental de um problema. Alguns sistemas incluem dispositivos tais como painéis *andon*, bandeiras, sinalizadores, etc [14] (exemplo apresentado na Figura 24).



Figura 24 Painel andon [14]

O objectivo da gestão visual passa por evidenciar anomalias e permitir a sua correcção o mais cedo possível, conforme a Figura 25 caracteriza.

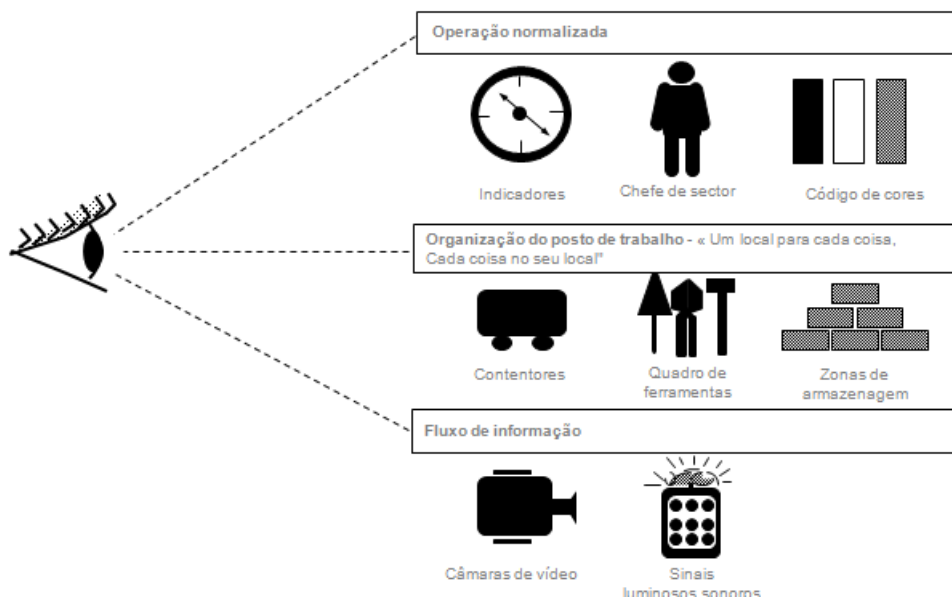


Figura 25 Gestão Visual [16]

### 3.3. CONTROLO DE FLUXOS – *PULL FLOW*

O *Pull Flow* consiste em organizar toda a cadeia de abastecimento (ou, para simplificar, podemos considerar apenas o fluxo da logística interna) em termos de optimização do fluxo de materiais e do fluxo de informação. Isso consiste na eliminação de *muda* por

minimização da espera de materiais, ou, por outras palavras, inventário. O termo *pull* significa que o fluxo do material deve ser “puxado” e iniciado o seu fabrico pelo consumo do cliente ou pelas encomendas do cliente, ao contrário do sistema *push*, em que a produção é “empurrada” a partir do início do processo de fabrico. Na Figura 26 é representado o princípio de funcionamento dos dois sistemas.

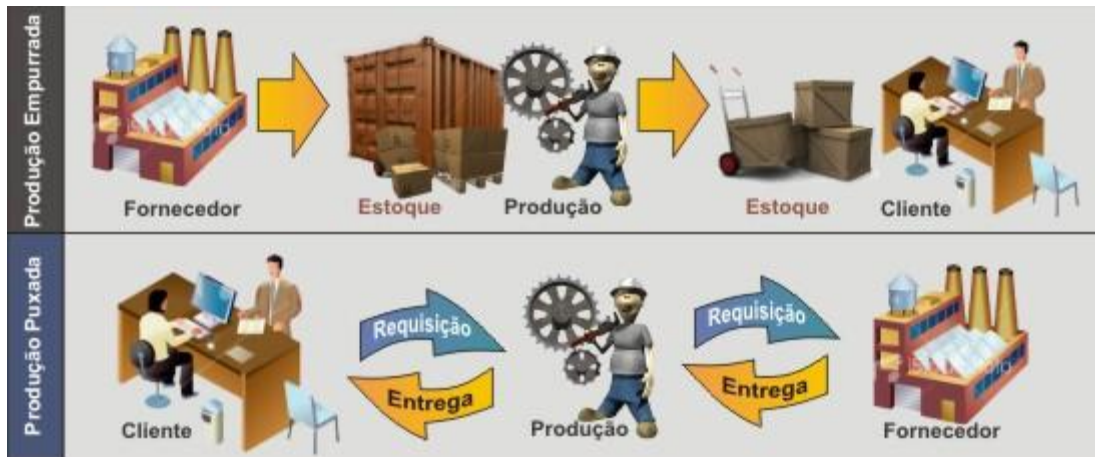


Figura 26 Produção Empurrada VS Produção Puxada [7]

### 3.3.1. TAKT TIME E TEMPO DE CICLO

*Takt time* é definido como o ritmo de produção necessário para atender à procura. Pode ser obtido através da divisão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas no intervalo correspondente. Deverão ser subtraídos do tempo disponível para produção, todas as paragens programadas, como o tempo necessário para descanso do funcionário e manutenção preventiva, por exemplo [7].

A palavra alemã *takt* refere-se ao compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão com o sentido de “ritmo de produção”, quando técnicos japoneses estavam a aprender técnicas de fabrico com engenheiros alemães [1].

Por sua vez, o tempo de ciclo pode ser definido como o tempo necessário para a execução do trabalho numa peça. O seu valor é o tempo transcorrido entre o início ou o término da produção de duas peças sucessivas de um mesmo modelo em condições normais de trabalho e abastecimento [7].

Apenas o conceito de tempo de ciclo está relacionado com a capacidade de produção. Entretanto, se o tempo de ciclo for maior que o *takt time*, ocorrerão atrasos nas entregas.

Em situação inversa, os produtos serão entregues antes do momento necessário, ocasionando perda por produção antecipada. Logo, o ideal é que o tempo de ciclo e o *takt time* estejam sempre bem próximos.

Em alguns casos, utiliza-se um quadro sinalizador de avisos, geralmente colorido ou luminoso, o *andon*, como já foi referido anteriormente. Associado a um temporizador, para sincronizar o tempo de ciclo de todos os processos, permite um controlo visual mais eficaz ao alertar quando a produção está atrasada em relação ao *takt time*. Este sistema é conhecido como Yo-I-Don.

Para Alvarez[1], a produção em intervalos regulares, num ritmo constante de produção, dá uma maior visibilidade ao fluxo dos materiais e à detecção dos problemas. Complementando, pode-se afirmar que esta técnica aumenta a flexibilidade da produção diante de pequenas alterações nos pedidos de venda. Para tal, basta ajustar o tempo de ciclo ao novo *takt time* modificado pela variação da procura.

Por exemplo, se uma fábrica trabalha 9 horas/dia (540 minutos) e a procura do mercado é de 180 unidades/dia, o *takt time* é de 3 minutos. O objectivo do *takt time* é alinhar a produção à procura (e não o oposto), fornecendo um ritmo ao sistema da Produção Magra conhecido como *pull system*.

### **3.3.2. KANBAN**

Segundo Gross [10], o *kanban* foi inventado na Toyota no final da década de 40 por Taiichi Ohno para minimizar os custos com o material em processamento e reduzir os stocks entre os processos.

O *kanban* é uma ferramenta de controlo do fluxo de materiais na parte de produção da fábrica. Consiste numa etiqueta que funciona como um sinal visual que informa ao operário o que, quanto e quando produzir. Sempre de jusante para montante, “puxando a produção”. Não só isso, ele também evita que sejam fabricados produtos não requisitados, eliminando perdas por stock e por produção em excesso. Os sinais visuais podem variar, desde a sua forma mais clássica que é um cartão, até uma forma mais abstracta como o *kanban* electrónico. O fundamental é que o *kanban* transmita a informação de forma simples e visual e que as suas regras sejam sempre respeitadas.

## FUNCIONAMENTO DOS KANBANS

De acordo com seu idealizador, Ohno [23], as funções do *kanban* são:

- Fornecer informação sobre recolher ou transportar.
- Fornecer informação sobre a produção.
- Impedir a produção em excesso e transporte excessivo.
- Servir como uma ordem de fabrico associada às mercadorias.
- Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.
- Revelar os problemas existentes e manter o controlo dos stocks.

Como foi dito anteriormente, o *kanban* possui certas regras que devem ser respeitadas para um funcionamento eficaz. De acordo com Ohno [23] e Colin [6], são elas:

- O processo subsequente deve retirar, no processo precedente, os produtos necessários nas quantidades certas e no tempo correcto;
- O processo precedente deve produzir os seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente;
- Nenhum item pode ser produzido ou transportado sem um *kanban*;
- Produtos com defeito não devem ser enviados ao processo seguinte;
- O número de *kanbans* deve ser minimizado continuamente.

Assim, essa ferramenta, fundamental no sistema JIT e usada na metodologia Kaizen, substitui a tradicional programação diária da produção assim como as actividades de controlo e acompanhamento do estado da produção. Os supervisores deixam de perder tempo a fiscalizar os operários para realizar actividades que agregam valor, lidar com as excepções ocorridas e melhorar o processo continuamente [10]. Segundo Colin [6], um factor bastante citado para a eficácia da implementação desta técnica é que a procura seja estável até certo nível e que a flexibilidade de faixa da variedade de produtos oferecidos ao mercado deveria ser pequena.

Os *kanbans* são divididos basicamente em dois grupos: *kanbans* de produção e de transporte. Os primeiros são usados para determinar o fabrico de um item. Devem visivelmente conter:

- O processo que o produz;
- O nome do produto a ser fabricado para identificação por parte do funcionário;
- O código do item a ser feito para evitar ambiguidades;

- A quantidade de itens que são colocados num único contentor;
- O processo subsequente para o qual o produto deve ser levado. Entretanto, caso haja um stock intermediário, pode-se colocar o endereço de armazenamento.

Essas informações são as mínimas necessárias para que se produzam os produtos certos, nos locais correctos e na quantidade requerida. Contudo, nada impede que o *kanban* tenha mais campos indicando, por exemplo, em qual produto final a peça é usada. Pode-se também colocar um código de barras para informar ao sistema integrado de gestão quantas peças daquele tipo já foram produzidas. Ou ainda, existir um campo que informe o tipo de caixa a ser usado para empacotar os produtos. Existem várias possibilidades de se fazer um *kanban* de produção, o que vai variar de fábrica para fábrica.

O *kanban* de transporte, também conhecido como *kanban* de movimentação, ou *kanban* de requisição, é utilizado na movimentação de material entre células de produção distantes entre si, entre local de produção e armazém ou qualquer outro caminho pelo qual o produto deverá ser transportado somente por uma pessoa designada para esse fim. Dessa maneira, os operários mais especializados dedicam mais tempo em actividades de produção e montagem que agregam valor ao produto.

De modo análogo ao modelo anterior, o *kanban* de requisição deve ter a informação necessária para que o produto requerido seja entregue no local certo e na quantidade certa. Normalmente usa-se campos como:

- O local de onde o produto deve ser retirado. Pode ser um processo precedente ou um armazém;
- A descrição do produto a ser retirado para identificação por parte do funcionário;
- O código do item a ser transportado para evitar ambiguidades;
- A quantidade de itens que são colocados num único contentor;
- O processo subsequente ou armazém para o qual o produto deve ser levado.

Geralmente, nesses *kanbans*, existe um campo que identifica o tipo de carro de transporte a ser utilizado na actividade, como por exemplo, um carrinho de transporte específico. Adicionalmente, um campo que numera o cartão e indica quantos *kanbans* daquele tipo existem para ajudar na recontagem dos mesmos.



Figura 27 Exemplo de um *kanban* de produção e de transporte [7]

### DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE KANBANS

O número de *kanbans* emitidos para circulação é importante pois desse número depende o nível de inventário esperado. Grande número de *kanbans* implica níveis altos de existências e, conseqüentemente, maiores custos. Baixo número de *kanbans* pode trazer problemas de quebra na fluidez da produção ou mesmo rupturas. O número de *kanbans* deve ser tal que permita a satisfação da procura durante o prazo de entrega mais uma quantidade de segurança. Assim:

$$N^{\circ} \text{ de Kanbans} = \frac{D \times L + W}{C}$$

Onde:

- $D$  = Procura média por unidade de tempo - é calculada por unidade de tempo, por parte do posto de trabalho a jusante do posto de trabalho em causa;
- $L$  = *Lead time* – tempo para um contentor dar uma volta entre os dois postos de trabalho;
- $W$  = Quantidade de segurança – geralmente na ordem dos 10 por cento da procura média durante o prazo de entrega;
- $C$  = Capacidade de um contentor – usualmente não mais que 10 por cento da procura diária.

O número de *kanbans* representa o número de contentores que deverão ser enchidos e, naturalmente consumidos. É uma medida do máximo do “em curso de fabrico” do artigo entre os dois postos/centros de trabalho. Num sistema em que temos *kanbans* de produção e de transporte, o número total de *kanbans* é igual à soma destes dois, que não serão necessariamente iguais [3].

## **PRINCIPAIS DESVANTAGENS DOS KANBANS**

Nem todas as peças podem ser usadas com *kanbans*: alguns componentes possuem valor agregado muito alto e requerem um tratamento especial. Por exemplo, as bobinas de fio de ouro utilizadas nas ligações eléctricas de produtos informáticos. Outros componentes, por sua vez, são frágeis demais e requerem um cuidado especial no seu manuseamento. Caso semelhante ocorre com produtos químicos de elevada insalubridade.

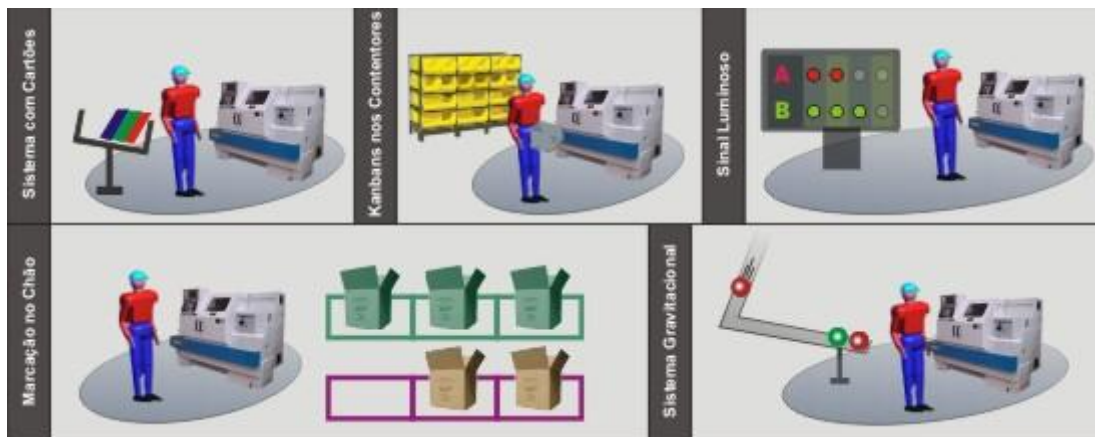
Alguns produtos que não se encaixam nas categorias acima também apresentam entraves ao serem manuseados com *kanbans*. Entre eles, podemos destacar as peças de baixo valor agregado, mas de grandes dimensões as quais ocupam muito espaço na linha de montagem. Essas, normalmente são levadas à linha de produção apenas no momento exacto em que vão ser instaladas.

A natureza material do *kanban*: os cartões desgastam-se com o uso, os campos ficam ilegíveis e ainda podem ser rasgados ou molhados acidentalmente. Os *kanbans* também podem ser perdidos ou enviados para o lixo juntamente com as embalagens por descuido do trabalhador. Além disso, materiais novos podem ser adicionados ao armazém, ou algum produto pode ter o seu código alterado o que exige a produção de novos cartões. Essa tarefa que parece simples, torna-se mais complexa na proporção em que se eleva o número de *kanbans* utilizados na fábrica.

Mudança na lista de materiais: segundo Hobbs [11], o maior trabalho dá-se quando a lista de materiais de um produto é alterada. Enquanto nos sistemas computadorizados a actualização é feita automaticamente, o sistema *kanban* requer um recálculo do número de cartões a serem utilizados assim como um redimensionamento dos contentores.

## **DIFERENTES FORMAS DE TRANSMITIR A INFORMAÇÃO**

A essência do *kanban* está na transmissão da informação de forma simples e visual para manter em funcionamento um sistema de produção “puxado”. Depois de satisfeito esse requisito, um sistema *kanban* pode adquirir várias formas diferentes, as quais vão depender das características das operações do local onde será implementado.



**Figura 28** Diferentes formas do *kanban*[7]

- *Kanban* electrónico: o sinal é transmitido através do sistema de informações da empresa. Ideal para transmissão entre fábricas diferentes. Por exemplo, entre a unidade montadora e um fornecedor de kits de montagem.
- Cartão: é o modelo mais usado e explicado acima, o qual é dividido em dois tipos: de produção e transporte.
- Marcação no chão: neste tipo, existem espaços reservados à armazenagem do produto logo na saída da estação de trabalho. Quando o produto é retirado, o operador tem permissão para produzir. Assim que todos os espaços forem preenchidos, deve-se parar a produção [5].
- *Kanbans* fixos nos contentores: também conhecido como sistema de duas caixas, nesse modelo, são colocados pelo menos dois contentores para cada material necessário no bordo de linha, tendo fixo, em cada um deles, um *kanban* do tipo cartão. O contentor é recolhido quando fica vazio e devolvido ao bordo de linha preenchido com o mesmo material na quantidade indicada na etiqueta [10].
- Indicação luminosa: o trabalhador aperta um botão no seu posto cada vez que consome o produto. O sinal então é transmitido por um fio eléctrico até a célula de produção daquele item, onde será acesa uma luz para cada unidade a ser produzida. O operário da estação fornecedora, por sua vez, aperta um botão para cada unidade que produz, fazendo com que as luzes se vão apagando.

- Sistema computadorizado: a informação é transmitida através do sistema de informações da empresa. O mesmo pode ser impresso e utilizado como um *kanban* descartável na linha de produção, ou então, o sinal pode ser lido directamente do monitor do computador caso haja um próximo do posto de trabalho.

### 3.3.3. SUPERMERCADOS

Esse elemento integrante do TPS é um pequeno armazém responsável pelo abastecimento do sistema “puxado” que pode conter produtos intermediários e acabados, além de armazenar peças de fornecedores externos. Pode ser definido como a interface entre os processos internos entre si, e entre a fábrica e os fornecedores externos.

A implementação de um supermercado não é obrigatória. Ela é feita tipicamente quando um dos processos fabrica em lotes ou quando dois ou mais consumidores utilizam o mesmo material [17].

O supermercado funciona de modo análogo àqueles no qual se compra os alimentos como os hipermercados, por exemplo. Na verdade, foi a observar um deles que Taiichi Ohno, durante a sua visita aos Estados Unidos, começou a criar o conceito de produção “puxada” [18]. Nesse tipo de loja, existem inúmeros itens expostos nas prateleiras que são retirados directamente pelos clientes e são colocados nos seus carrinhos de compra. Enquanto isso, um funcionário do supermercado é responsável por repor os itens consumidos para que estejam sempre disponíveis.

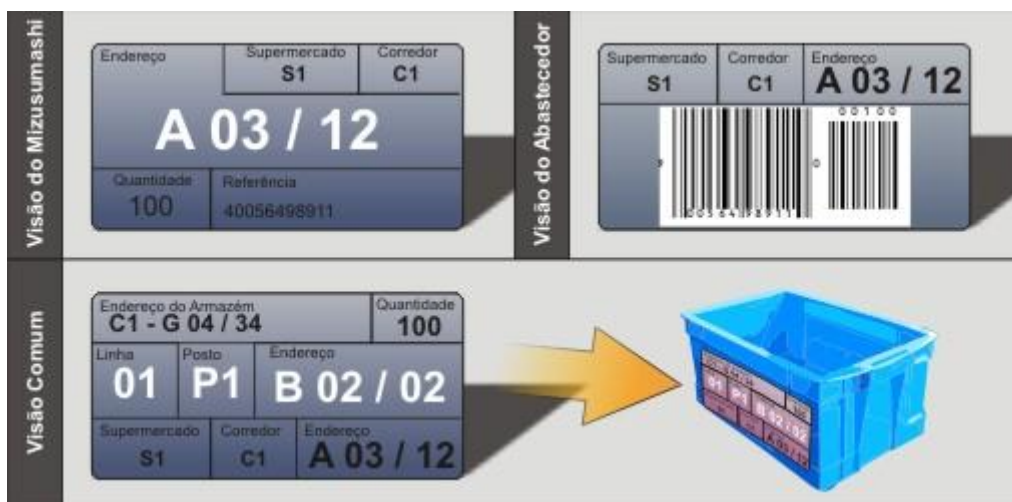
No sistema JIT, o abastecedor da linha de produção vai ao supermercado, retira os itens indicados nos *kanbans* e coloca-os no carrinho de transporte. Depois disso, deixa os *kanbans* de produção, que estavam juntos com o material em stock, e segue para reabastecer as células. A partir de então, um outro operário recolhe os *kanbans* e reabastece as prateleiras com as mercadorias obtidas de fornecedores externos ou itens produzidos internamente [7].

Um supermercado é formado por vários corredores delimitados pelas estantes de armazenagem. Cada uma delas possui prateleiras que são divididas em pequenos espaços os quais são preenchidos com um único tipo de produto. Essa técnica, conhecida como endereçamento do armazém, permite que um produto seja encontrado rapidamente através

do seu endereço. Numa analogia simples, pode-se dizer que o endereço é um par de coordenadas 'x' e 'y', sendo o armazém equivalente ao plano cartesiano.

Ao fazer-se um *layout* do supermercado, deve-se estar atento à divisão dos corredores em dois tipos: de abastecimento e de retirada. Esse último é usado pelo abastecedor das linhas para fazer o *picking* dos itens indicados em cada *kanban*. Por sua vez, o outro tipo de corredor é utilizado pelo movimentador de materiais para repor os itens retirados com os materiais obtidos dos fornecedores internos ou externos. Dessa forma, pode-se retirar um produto localizado num corredor que está a ser abastecido sem que um funcionário interfira com as tarefas do outro operário.

Além dessa vantagem em termos de movimento, a utilização de corredores específicos permite uma melhor gestão visual do armazém, uma vez que a informação apresentada nos endereços está de acordo com a função a ser executada. Por exemplo, a actualização do stock no sistema informático é feita quando o abastecedor do armazém verifica o código de barras ao repor um produto. Já para um segundo operário, é mais importante que o endereço escrito na etiqueta esteja com um tipo de letra diferente, para que ocorra uma identificação mais rápida. Esse ganho de segundos, torna-se perceptível no final do dia, após a movimentação de dezenas de contentores. A seguir é apresentada uma figura de ambas as etiquetas e do seu *kanban* correspondente, neste caso, fixo num contentor:



**Figura 29** As etiquetas utilizadas no supermercado têm sempre um *kanban* associado [7]

Por fim, cada supermercado está agregado a um processo ou uma linha de produção que fabrica apenas o necessário para repor o que foi retirado. Segundo Smalley [25], a

desvantagem deste sistema é que um processo precisa manter um stock com todas as peças que produz, o que pode não ser prático caso a variedade de peças seja muito grande.

#### **3.3.4. MIZUSUMASHI**

O *mizusumashi* é um sistema logístico de abastecimento interno. Neste sistema um operário é responsável por transmitir a informação e reabastecer a linha de produção realizando circuitos padronizados em intervalos predefinidos. A sua tradução para o inglês, *water spider*, é normalmente a mais utilizada. O *mizusumashi* retira grande parte do *muda* dos trabalhadores da produção ao fazer todo o transporte de material entre os supermercados e o bordo de linha [7].

Habitualmente utilizando um veículo guiado manualmente, o *mizusumashi* confere ao sistema uma importante flexibilidade para mudar a rota de distribuição ou o arranjo físico da fábrica. Este é um dos principais ganhos em relação ao sistema automatizado cujo tempo necessário e custo para se reformular o *layout*, inviabilizam a mudança [22].

O rebocador eléctrico recebe o nome comboio logístico porque nele são encarrilados vários e pequenos carros para transportar os produtos. Apesar de longo, o mesmo é capaz de fazer curvas bastante fechadas, pois todos os carros passam exactamente pelo mesmo local que passou o rebocador [7].

Entre as tarefas delegadas a esses operários, estão a transmissão da informação e o abastecimento da linha de produção. A primeira actividade pode ser interpretada como fazer o manuseamento dos *kanbans*, seja colocando-os nos pontos de recolha especificados, retirando-os do quadro de nivelamento, transportando-os do processo subsequente para o processo fornecedor, entre outras. Já o abastecimento do bordo de linha implica retirar os contentores vazios, preencher as células com os produtos necessários e transportar os produtos produzidos para o supermercado ou para o sector de expedição.

Existem duas maneiras do *mizusumashi* trabalhar: fazer a próxima actividade de acordo com uma lista de prioridades e executar um ciclo fixo.

A primeira é a forma simples e mais antiga na qual o *mizusumashi* verifica qual a próxima tarefa pendente a ser feita e executa-a. Caso haja duas ou mais tarefas, deve-se fazer primeiro aquela que requer maior urgência.

Uma lista de prioridades poderia ser:

- Separar os materiais dos *kanbans* de produção com lote completo;
- Abastecer as células de produção;
- Mover as caixas produzidas nas células para o supermercado;
- Outras actividades.

Apesar de parecer simples, este método causa um pouco de confusão para o motorista do comboio logístico, pois o mesmo tem sempre de memorizar qual actividade é mais importante e pode-se confundir. Além disso, nunca se sabe se o *mizusumashi* está em atraso ou não, uma vez que não há uma sequência das operações. Entretanto, o mais grave de tudo é que a quantidade de deslocamentos sem carga, um desperdício, é bastante elevada.

Na segunda metodologia, o *mizusumashi* desloca-se exactamente através do circuito pré-definido, passando por vários *checkpoints* nos quais verifica se existe alguma tarefa para se fazer e executa-a.

No caso de o percurso ser muito extenso, pode-se dividi-lo noutros dois menores. Isso mantém o intervalo de passagem nos *checkpoints* e reduz o número de vagões necessários para acomodar todos os produtos a serem entregues ou recolhidos no ciclo.

Pode-se dizer que essa abordagem deriva de uma técnica utilizada na logística, conhecida como *milk run*, na qual um único camião ou tractor da empresa faz uma rota passando pela porta de determinados fornecedores para recolher os suprimentos da linha de produção. Dessa maneira, é possível que os fornecedores façam entregas mais frequentes utilizando a capacidade do veículo de maneira satisfatória. Não obstante, ainda se consegue uma redução nos custos de transporte e de armazenagem.

As Figura 30 e 31 representam o circuito do *mizusumashi* e sua posterior divisão em dois circuitos menores.

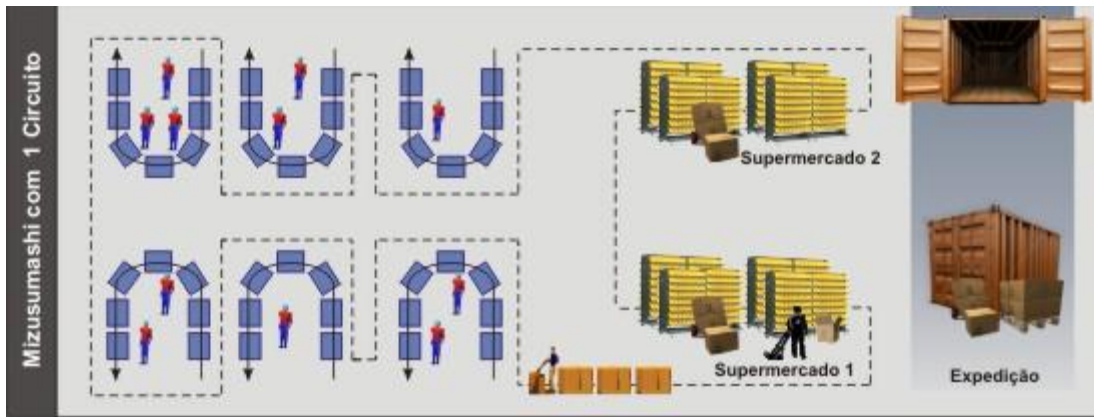


Figura 30 Circuito fixo realizado pelo *mizusumashi* [7]

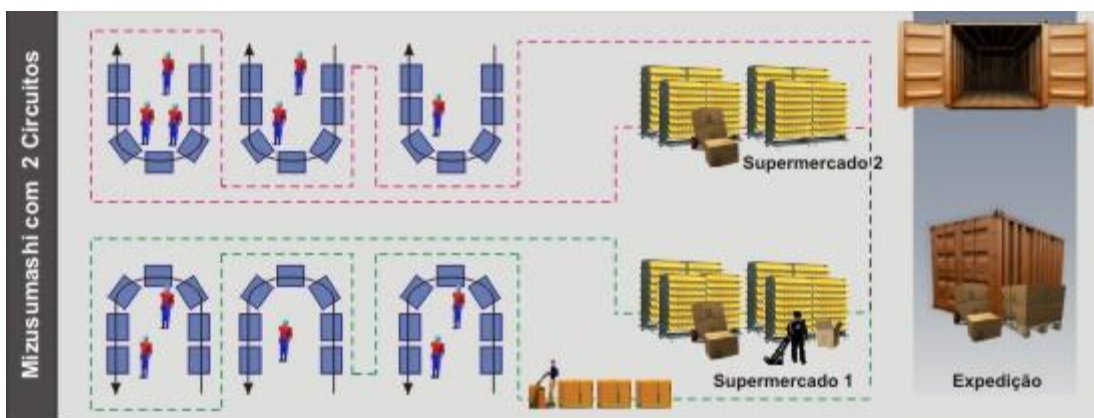


Figura 31 Divisão do percurso do *mizusumashi* [7]

Em ambos os métodos, a quantidade de material disponível no bordo de linha deve ser suficiente para abastecer a produção enquanto o *mizusumashi* não devolve os contentores retirados na sua última passagem. Esta foi a metodologia usada na TEGOPI, mas com divisão em vários circuitos, devido a circunstâncias faladas no subcapítulo 4.7.

# 4. PROJECTO DE MELHORIA

Este capítulo tem como objectivo expor o trabalho realizado no âmbito da presente dissertação, assim como as soluções preconizadas e os métodos utilizados na sua obtenção para assim atingir os objectivos propostos.

## 4.1. OBJECTIVOS GLOBAIS DO PROJECTO DE MELHORIA

A empresa resolveu iniciar este projecto, no início de 2009, com vista a melhorar a produção, através da melhoria dos procedimentos de preparação das linhas de fabrico dos mecano-soldados, pontes rolantes, torres eólicas e das respectivas OPs.

Para a linha de fabrico em estudo, verificaram-se as seguintes oportunidades de melhoria, tendo em conta as deficiências detectadas na fase de diagnóstico do subcapítulo 2.3:

1. Melhorar a contentorização dos materiais e componentes, com vista a melhorar as deficiências 1, 3 e 6;
2. Manter as ferramentas no ponto de utilização, com vista a melhorar a deficiência 3;
3. Melhorar e eliminar tarefas de sobreprocessamento, como o acabamento, limpeza, inspecção, retrabalho, com vista a melhorar a deficiência 4;
4. Diminuição de *lead time*, com a diminuição do tempo de resposta do sistema produtivo, com vista a melhorar a deficiência 2;

5. Criar equipas fixas e especializadas na linha de fabrico, com vista a melhorar a deficiência 5;
6. Fazer um planeamento semanal do trabalho em curso;
7. Criar um novo *layout* de fabrico e melhorar o bordo de linha, com vista a melhorar as deficiências 1, 2, 3 e 6;
8. Resolução estruturada de problemas (implementação de *Kobetsu Kaizen*);
9. Utilização constante dos 5S e Gestão Visual, nomeadamente, triagem, arrumação, limpeza, disciplina e a normalização, com vista a melhorar as deficiências 3, 4 e 6;
10. Manutenção autónoma, ou seja, cada operário faz a própria manutenção do material que utiliza, com vista a melhorar a deficiência 3.

Implementando estas melhorias, a empresa definiu como principais objectivos:

1. Criar estabilidade básica na linha (através dos 5S);
2. Implementar *Kobetsu Kaizen* (criação estruturada de soluções);
3. Implementar um novo *layout*; para separar o chassi especial da linha principal e fixar os postos;
4. Aumentar a produtividade em 20%.

A maioria das melhorias referidas já foram implementadas ou estão em fase de implementação. Nos subcapítulos seguintes abordaremos essas melhorias realizadas durante o desenvolvimento desta dissertação.

## **4.2. ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS E COMPONENTES**

Através da *Bill of Materials*, como mostra o exemplo da Tabela 1 (subcapítulo 2.2.1), foram acrescentados novos dados com vista à organização futura dos materiais, tanto na linha (para o bordo de linha) como no supermercado.

Inicialmente, através destes dados, não era possível identificar a estrutura do produto, tendo sido realizada a introdução de novos dados e das operações respectivas através das folhas de métodos ou ordens de produção (Anexo B).

Aos dados anteriores, foi adicionado uma segunda referência muito importante (pois era essa que estava afixada em cada matéria-prima, permitindo identificá-la facilmente), a sua largura e a quantidade necessária para a produção de duas semanas, que é o equivalente a

oito chassis. O último passo foi a separação das matérias-primas por posto e respectiva quantidade de material neste.

Depois de um estudo ao processo de fabrico, viu-se necessário acrescentar o tipo de fornecedor, ou seja, a última operação efectuada, o *takt time*, que neste caso é de 20 horas (a fábrica trabalha 80 horas/semana e a procura do mercado é de 4 produtos/semana), o tipo de contentorização e quantidade, dependendo do tamanho do material, e finalmente o peso. As especificações completas das matérias-primas deste produto estão apresentadas no Anexo A.

A contentorização inicialmente era feita somente em caixas, estantes e paletes. Depois, definida através das dimensões e peso do material, foi dividida em caixas e estantes, cestas (ou kits) e contentores. As caixas e estantes eram essencialmente utilizadas para armazenar rails, mais conhecido por calhas, varões, vergalhões e chapas pequenas, ou seja, o material mais pequeno e leve, que pode ser movimentado à mão, e também todo o tipo de tubos, como se visualiza na Figura 32.



**Figura 32** Contentorização com caixas

Peças com mais de um metro de comprimento, foram colocadas em contentores especiais desenhados na empresa com o objectivo de poupar espaço na linha, colocando o material na posição vertical (de acordo com a Figura 33).



**Figura 33** Contentorização com contentores

O restante material foi distribuído por cestas, dependendo do seu tamanho e posto, cujas dimensões são equivalentes a um ou dois contentores juntos, mas com divisões diferentes e orientado para material na posição horizontal (Figura 34).



**Figura 34** Contentorização com cestas

Assim foi implementada a primeira melhoria proposta, embora, no que toca ao armazenamento em caixas, ainda não esteja implementada a solução definitiva.

### 4.3. ESTUDO DOS TEMPOS DAS ACTIVIDADES QUE NÃO ACRESCENTAM VALOR

Foi analisada a ordem de processo dos materiais em cada posto em simultâneo com a tiragem dos tempos de todas as actividades que não acrescentam valor ao produto/cliente. Através da ajuda do Modelo dos *muda* da Kaizen Institute e de um cronómetro, foram apontadas as respectivas actividades em cada posto bem como os respectivos tempos de execução, ao mesmo tempo que se registava o tipo de *muda*, caso existisse. O somatório dos tempos tirados em todos os postos de trabalho da linha de fabrico em estudo foi cerca de 40 horas, perto de um quinto do tempo de fabrico do produto na linha, já que em média demorava cerca de 220 horas. Este facto deve-se à necessidade de obtermos apenas uma amostragem da contribuição dos tempos de *muda* no tempo total da produção. Os tempos retirados para todas as macro operações da linha PPM são apresentados no Anexo C. Na Tabela 3 mostra-se um excerto desses tempos para as macro operações OP6 e OP7.

**Tabela 3** Excerto do estudo dos tempos de *muda* nas macro operações OP6 e OP7

<b>PRODUTO CHASSIS</b>				
	MACRO OPERAÇÃO OP6 e OP7	T (min)	MUDA	Total(min)
Posto PFT - Formar Tourelle	Desempenar pano 7025437+7025440+7024625 (1)	6	Produção em excesso	
Nº operários - 1	Rebarbar 1	2	Inventário	
Posto PST - Soldar Tourelle	Desempenar 1	5,5	Transporte	39,5
Nº operários - 1	Rebarbar 1	3	Espera	45,5
	Virar 1	1,5	Sobre processamento	175
	Rebarbar 1	2	Movimento	1,5
	Transporte 1	3	Defeitos	
	Desempenar outro 1	6	Total de MUDA	261,5
	Rebarbar 1	2	Total tempos tirados	537,5
	Desempenar 1	5,5	%MUDA	49%
	Rebarbar 1	3		
	Virar 1	1,5		
	Rebarbar 1	2		
	Transporte 1	3		
	Transporte pano 7025438+7025440+7024625 (2)	0,5		
	Rebarbar 2	2		
	Desempenar 2	5,5		
	Rebarbar 2	3		
	Virar 2	1,5		
	Rebarbar 2	2		
	Transporte 2	3		

Nota: A avaliação dos tempos dos *muda* considera o somatório das duas macro operações

Do somatório dos tempos de *muda* de todas as operações da linha resultou a Tabela 4. Como se visualiza nesta tabela, o tempo das actividades que geravam *muda* é mais de metade das quase 40 horas registadas. Para reduzir os tempos de produção na linha, foi necessário proceder à análise de cada um, com vista à tomada de medidas para a sua redução.

**Tabela 4** Tempos e percentagem de *muda* verificados na linha PPM

MUDA	Total(min)
Produção em excesso	
Inventário	
Transporte	180
Espera	295
Sobre processamento	786,5
Movimento	98
Defeitos	
Total de MUDA	1359,5
Total tempos tirados	2331,5
%MUDA	58%

Como gerador de maior *muda*, o sobreprocessamento, destacou-se a operação de rebarbagem, tal como também se verifica para as macro operações na Tabela 3. Como exemplo, algumas das chapas maiores do chassi quando eram colocadas na formação, tinham de ser rebarbadas entre dois a cinco milímetros pelos serralheiros. Estas são as chapas que são colocadas entre os PRS. Então, para eliminar a raiz do problema, seria necessário uma maior precisão na rebarbagem efectuada após o oxicorte, pelo que foram corrigidas as respectivas dimensões de algumas peças nas folhas de métodos (ver Anexo B). Isto fez com que os serralheiros do posto onde é realizada a operação OP9, formação do chassi, não perdessem tanto tempo em operações de rebarbagem desnecessárias na linha.

A espera pelas pontes rolantes por parte dos operários foi outro grande gerador de *muda* encontrado, assim como as suas movimentações e transportes. Como só existem duas pontes rolantes na linha para vários postos de trabalho, os operários perdiam muito tempo à espera destas, quando ocupadas noutros postos. Quando uma ponte estava livre, o operário movimentava-se até à mesma e transportava-a para o posto onde esta era necessária. Isto era devido à utilização da ponte por parte de outros operários noutros postos, perdendo-se assim muito tempo em movimentações e transportes. Os tempos de transporte de material com as pontes rolantes foram reduzidos com a introdução do bordo de linha, tema que detalharemos no subcapítulo 4.4.

A análise das tabelas dos tempos de cada macro operação, apresentadas no Anexo A, permitiu a identificação dos *muda* e conseqüentemente as suas causas, criando assim condições para as minimizar. Desta forma, a melhoria para reduzir ou mesmo eliminar a

maioria das actividades que não acrescentam valor ao cliente (para assim começar a criar estabilidade na linha) está em curso com as acções já referidas anteriormente.

#### **4.4. DESENHO DO *LAYOUT* - BORDO DE LINHA E CORREDOR *MIZUSUMASHI***

Como já foi referido, devido ao problema da linha PPM não ter os postos fixos e a sua disposição ser deficiente, assim como o material se encontrar espalhado, bem como o fluxo do fabrico do chassi normal e especial se encontrar sobreposto, chegou-se à conclusão que se devia reestruturar o *layout* e, conseqüentemente o processo, para um melhor funcionamento da linha. Aproveitou-se também para se definir o bordo de linha e o corredor para o *mizusumashi*, de acordo com a metodologia *Kaizen* de gestão de fluxos. Desta forma foi possível implementar a sétima oportunidade de melhoria com a criação do novo *layout*.

Depois de várias mudanças no *layout* da linha PPM, chegou-se à versão do bordo de linha da Figura 36 e Figura 37 e conseqüente diagrama de processo que se segue.

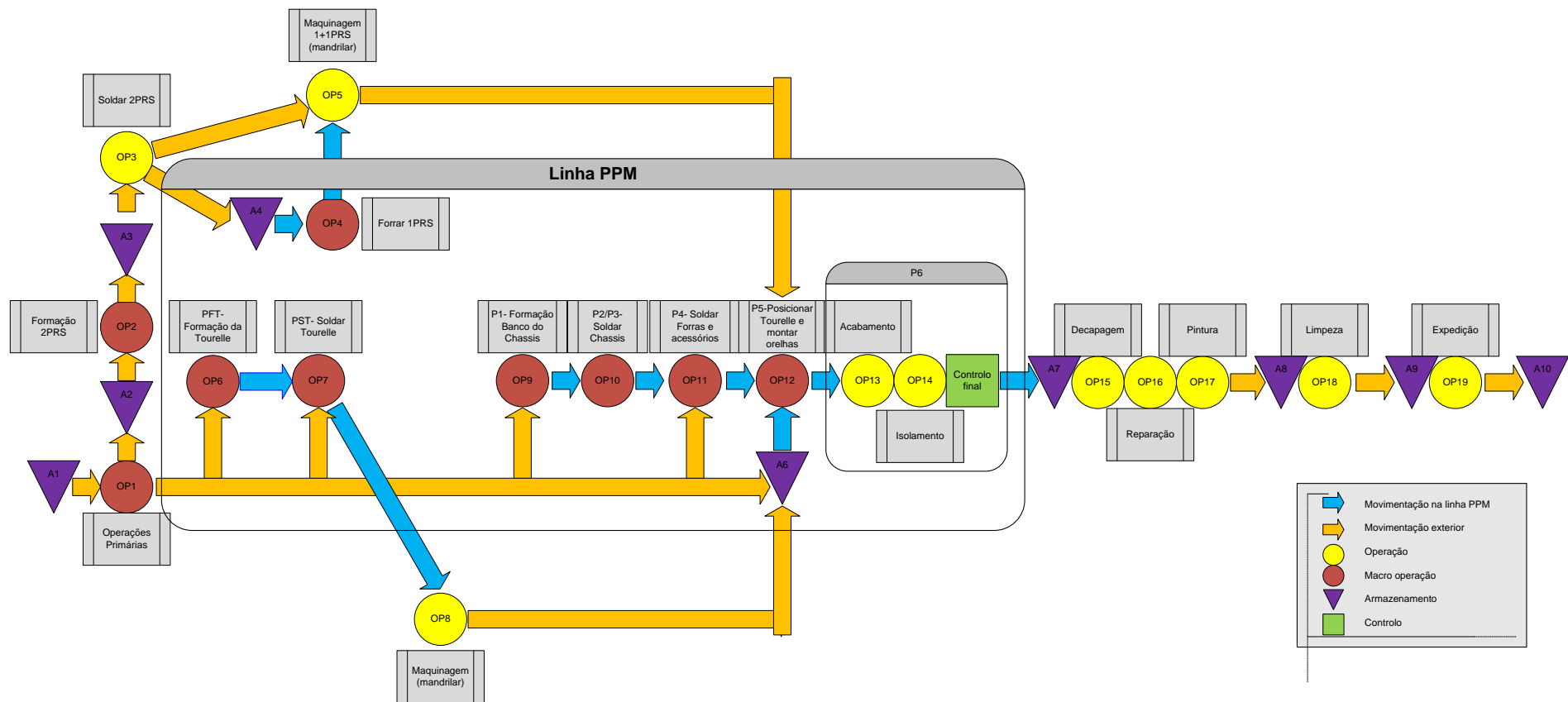


Figura 35 Diagrama de Processo depois da implementação da metodologia *Kaizen*

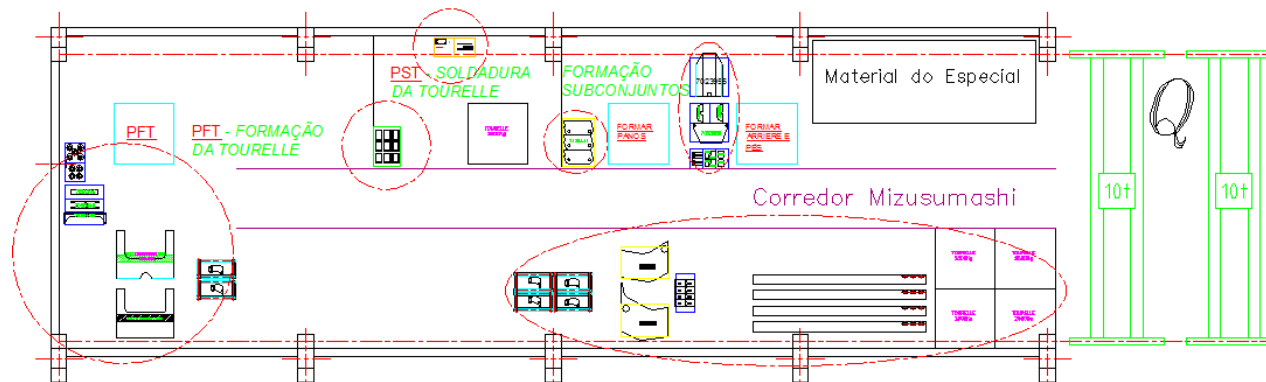


Figura 36 Novo layout com bordo de linha e corredor mizumashi (parte A)

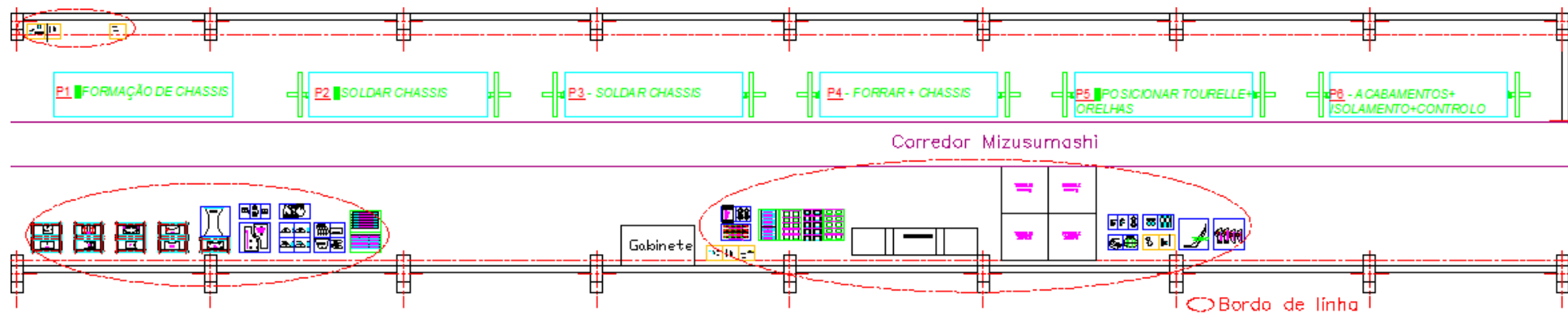


Figura 37 Novo layout com bordo de linha e corredor mizumashi (parte B)

## **CORREDOR MIZUSUMASHI**

Como é visualizado nas Figura 36 e 37, o corredor do *mizusumashi* foi estabelecido entre os postos e o bordo de linha. Embora esta solução não seja a ideal, isso ocorreu devido à necessidade de espaço em torno de cada posto para a movimentação dos operários e respectivos equipamentos. Também pelo facto do *mizusumashi* não conseguir abastecer os respectivos postos por falta de espaço para manobras, não se pôde colocar o ponto de armazenamento do material ao lado de cada posto, como se pretendia inicialmente. O único problema desta solução de compromisso resulta da necessidade da paragem dos operários do posto quando este estiver a ser abastecido, devido ao *mizusumashi* usar uma parte do espaço que os operários do posto utilizam para trabalhar.

## **PFT, PST, SUBCONJUNTOS E MATERIAL PARA FABRICO DO CHASSI ESPECIAL**

Para melhor visualização, o novo *layout* e bordo de linha (não definitivo) está dividido em duas áreas. A primeira (Figura 36) é constituída pelo Posto de Formação da Tourelle (PFT), onde se encontra a maioria do material para realizar a macro operação OP6. De seguida está o Posto de Soldadura da Tourelle (PST), onde são pingados os acessórios, tubos e onde se solda toda a Tourelle (OP7). Na zona seguinte são formados e soldados os panos da Tourelle, que são usados no PFT, sendo estes armazenados neste local em contentores. São também fabricados nesta zona e armazenados os subconjuntos Arriere e Pés, usados no Posto P1.

Por fim, existe uma zona para armazenar o material do chassi especial na parte superior do corredor para o *mizusumashi*; na parte inferior são armazenados quatro PRS e quatro Tourelles à espera de transporte para serem maquinados.

## **POSTOS DE P1 A P6**

A segunda área do bordo de linha tem seis postos de trabalho específicos. Nesta área ocorre a produção da base do chassi (Figura 37) e existe um corredor para o *mizusumashi* entre os postos e o material armazenado. Passa-se de seguida a descrever os postos que compõem esta segunda área do *layout*.

No posto P1, onde se forma do chassi, é realizada a macro operação OP9. Este é o posto com maior quantidade de material na linha estando este organizado em redor do posto em vários tipos de contentorização (contentores, cestas, caixas e estantes) e marcado no chão a zona para cada um, assim como afixado na parede qual o material em cada zona marcada. Neste posto encontram-se também duas ferramentas de grande dimensão, tendo sido marcado no chão uma zona fixa para cada uma delas. As restantes ferramentas são guardadas em estantes junto às caixas com o material.

Nos postos P2 e P3 realiza-se a macro operação OP10, nos quais se solda todo o chassi depois de sair da formação. Como já foi referido na descrição do processo no subcapítulo 2.2.2, este posto não necessita de nenhum material, o que permite que se possa utilizar a área disponível para acomodar material do posto anterior. Na zona do posto P3 está o gabinete da linha e parte do material para o posto P4.

No posto P4 é realizada a macro operação OP11 que consiste em forrar e soldar o chassi. Neste posto o material que ocupa mais espaço são as Forras dos PRS e estas ocupam quase todo o comprimento do posto. As restantes ferramentas necessárias ficam armazenadas junto das Forras.

O posto P5 é onde se realiza a macro operação OP12. Nesta operação é posicionada a Tourelle e montadas as orelhas no chassi. Tem uma zona fixa para as quatro Tourelles que vêm da mecânica, prontas para serem posicionadas.

No posto P6 é onde se realizam as macro operações OP13 e OP14 (acabamentos e isolamento) bem como o controlo final. Neste local fica armazenado o gabarit (maior ferramenta da linha) usado no posto P5, assim como todas as restantes ferramentas necessárias para estes dois postos já que o posto P6 não tem qualquer tipo de material, além das ferramentas para o isolamento.

#### **4.5. DEFINIÇÃO DOS KANBANS**

Na TEGOPI foram implementados *kanbans* de produção. Este é o elemento de informação de controlo que autoriza a produção de determinada quantidade de um item. Os cartões circulam entre o processo a montante e o supermercado, sendo afixados junto às peças imediatamente após a respectiva produção e retirados após o consumo destas pelo cliente. Na Figura 38 são apresentadas exemplos de *kanbans* para chassis.

TECOR INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA, S.A.		PPM – Chassis 1414		
Posto1	Cód. Peça - P012570	Quantidade - 8		
		Qt Mínima - 2		

TECOR INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA, S.A.		PPM – Chassis 1414		
	Posto5			
Cód. Peça - P012477	Cód. Peça - P012474	Cód. Peça - P012542		
Quantidade - 8	Quantidade - 8	Quantidade - 16		
Qt Mínima - 2	Qt Mínima - 2	Qt Mínima - 4		

**Figura 38 Exemplos de *kanbans* para chassis**

Como mostra na Figura 38, estes *kanbans* são constituídos pelos seguintes campos: o nome da linha de fabrico da(s) peça(s), código, posto de destino, quantidade a armazenar, quantidade mínima para nova ordem de fabrico da mesma e o desenho e dimensões principais da(s) peça(s). Estes foram colocados em suportes que foram produzidos na empresa e soldados nos respectivos tipos de contentorização, como se verifica na Figura 39.



**Figura 39 Suporte em chapa para *kanban***

Quando um tipo de contentorização chega à quantidade mínima, o responsável da linha de fabrico retira o *kanban* do suporte e transporta-o para uma caixa afixada no exterior do gabinete da linha. Este depois é transportado pelo abastecedor da linha, como está descrito

na rota do *mizusumashi* na Figura 42 do subcapítulo 4.7. O *mizusumashi* transporta os *kanbans* recolhidos até supermercado e retira deste o material necessário. No supermercado enche as respectivas cestas ou contentores e coloca o respectivo *kanban*. Posteriormente retorna à linha, trocando os contentores cheios pelos vazios.

O número de *kanbans* existente foi definido pelo número de contentores para cada material necessário na linha de fabrico. Por outro lado, o número de unidades de material para cada *kanban*/contentor foi definido pelo consumo agregado do respectivo material ou componentes necessários para o intervalo de procura de duas semanas.

Foram também feitas marcações no chão de locais reservados à armazenagem de alguns subconjuntos, nomeadamente, PRS e Tourelles. Estes locais funcionam como alertas visuais para a produção. Como já foi referido no capítulo 3.3.2, quando o produto é retirado destes locais, o operador tem permissão para produzir nova unidade de produto. Assim que todos os espaços se encontram preenchidos, procede-se à paragem da produção.

#### **4.6. CONSTRUÇÃO DOS SUPERMERCADOS**

Um dos grandes problemas da TEGOPI era a produção em excesso. Este é o maior dos *muda* (desperdícios) porque origina outros, como o movimento e inventário. Origina a necessidade de espaço de armazenagem (armazém), equipamento extra para movimentar os materiais (e mais mão de obra), peças, materiais e energia adicionais para operar as máquinas, mais paletes e empilhadores do que o necessário [16].

Praticamente toda a zona de produção da fábrica era também um armazém, já que tinha o material espalhado por toda a parte. Como primeiro passo, começou-se por encontrar um espaço para criar um supermercado para os chassis, uma zona para colocar o material em paletes, ordenado por postos. A zona escolhida foi ao lado dos postos de rebarbagem, perto das outras OPs. Na Figura 42 – Rota do *mizusumashi*, no próximo subcapítulo, visualiza-se a sua localização.

Como com o espaço encontrado não era possível armazenar todo o material dos chassis, o que se fez foi construir duas prateleiras, fazendo com que se triplicasse a zona de armazenagem na mesma área de chão (ver Figura 40). Criaram-se duas prateleiras de aço de sete metros de comprimento e com três níveis, para reposição do material em paletes. A

distribuição do material foi feita tendo em conta os postos da linha de fabrico e peso total do material na paleta. Quanto mais pesado fosse o material, mais próximo ficava do chão.

O último passo realizado foi o desenho das etiquetas do supermercado, correspondentes a cada paleta, assim como a localização destas, através de setas ou números (no caso do último nível foram numeradas para melhor visualização) e afixadas nas respectivas zonas das estantes, como vemos em qualquer supermercado.



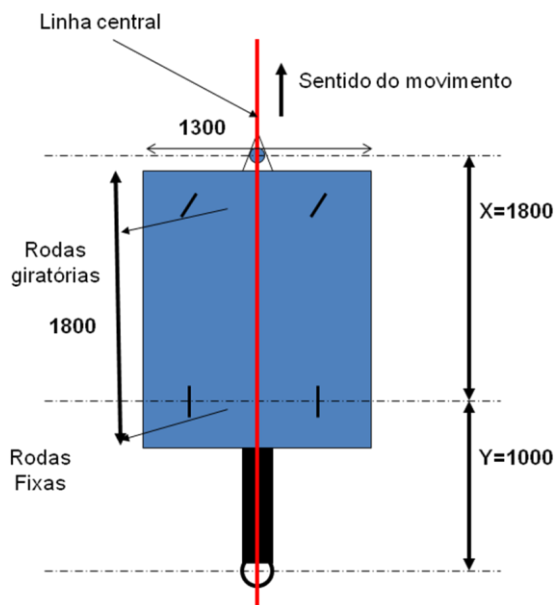
**Figura 40** Vista parcial do supermercado de abastecimento da linha PPM

Para o correcto funcionamento do supermercado foram estabelecidas duas regras iniciais simples:

- O acesso aos materiais não deve ser bloqueado;
- Os materiais têm de ser colocados nos sítios correctos, conforme as etiquetas.

#### **4.7. DESENHO DO MIZUSUMASHI E SEU PERCURSO**

Através das dimensões dos contentores e cestas referidos no subcapítulo 4.2, desenhou-se um carro para atrelar ao empilhador, com as dimensões especificadas na Figura 41.



**Figura 41** Dimensões do carro do *mizusumashi*

Conforme mostrado na figura anterior, o carro do *mizusumashi* deve ser perfeitamente centrado com dois eixos, em que o eixo frontal possui duas rodas giratórias e o eixo traseiro duas rodas fixas. Cada uma destas rodas tem de suportar um peso de aproximadamente 2 toneladas. Por circunstâncias de estabilidade, a distância  $Y$  deve ser 15% menor que  $X$ , logo  $X/Y=1.15$

Este carro foi fabricado na empresa para atrelar ao empilhador, para ser usado na reposição dos materiais entre a(s) linha(s) e o supermercado. Futuramente será fabricado um segundo carro para ligar ao primeiro, não sendo possível a junção de mais nenhum devido às limitações da capacidade de tração do empilhador e às irregularidades do piso da fábrica.

Até à data, o *mizusumashi* é constituído pelo empilhador e o carro referido anteriormente. Por isso, este não pode transportar muito material em simultâneo. Está-se a falar de três ou quatro contentores/cestas por viagem. Então o *mizusumashi* tem que fazer vários circuitos para abastecer o material da linha de fabrico, seguindo a rota da Figura 42.

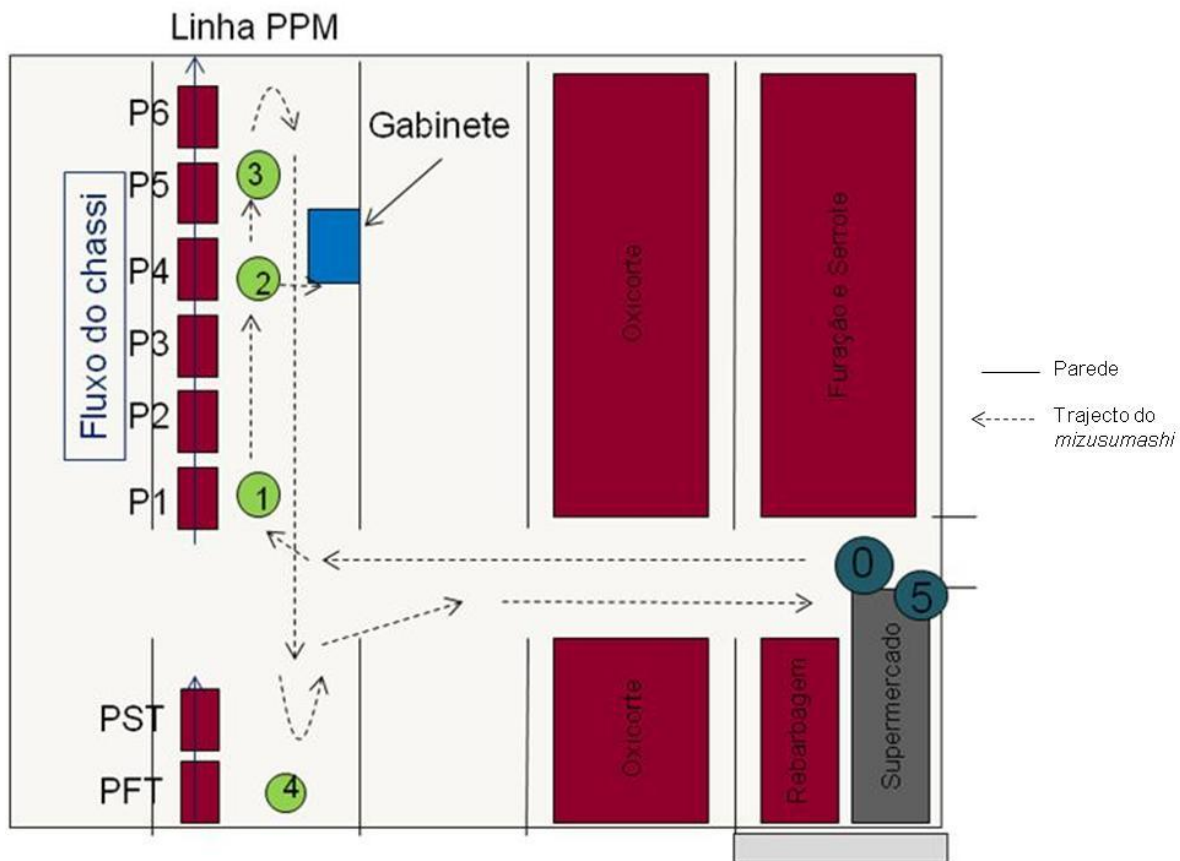


Figura 42 Rota do mizusumashi

O sentido das setas indica a rota a fazer pelo *mizusumashi*, todos os dias ao início da manhã. A ordem de abastecimento é a seguinte após o seu operador recolher os *kanbans* no gabinete:

0. Abastecer no supermercado os contentores necessários de acordo com os *kanbans* recolhidos;
1. Abastecer o bordo de linha do P1;
2. Abastecer o bordo de linha do P4 e recolher os *kanbans* para abastecer o próximo ciclo (caixa de *kanbans* na parede do escritório);
3. Abastecer o bordo de linha do P5;
4. Abastecer o bordo de linha do PFT e restante zona;
5. Preparar os contentores e cestas com os *kanbans* recolhidos. Se houver material a devolver, colocar no local correcto do supermercado.

No que toca ao fluxo do produto chassi em si, este é “puxado” e iniciado o seu fabrico pela procura gerado pelo cliente, ou seja, pelas encomendas do cliente (seguindo assim a filosofia JIT), ao contrário do que acontecia anteriormente em que a produção era “empurrada” a partir do início do processo de fabrico, ficando o produto em stock vários dias.

Assim, a partir da data de entrega definida pelo cliente, determinou-se quando se deve começar a produzir, isto é, do fim para o início. As ordens de fabrico da linha são enviadas para o supervisor, que as coloca no gabinete. Quando os operários dos postos PFT (Posto de Formação da Tourelle) e P1 (Posto de formação da base do chassi) acabam as suas operações de formação (OP6 e OP9 respectivamente), consultam o supervisor da linha quando é necessário começar a produzir o produto seguinte.

Através desta metodologia de controlo de fluxo (*Pull Flow*), chegou-se à melhoria estabelecida de diminuição do *lead time*, com diminuição do tempo de resposta do sistema produtivo.

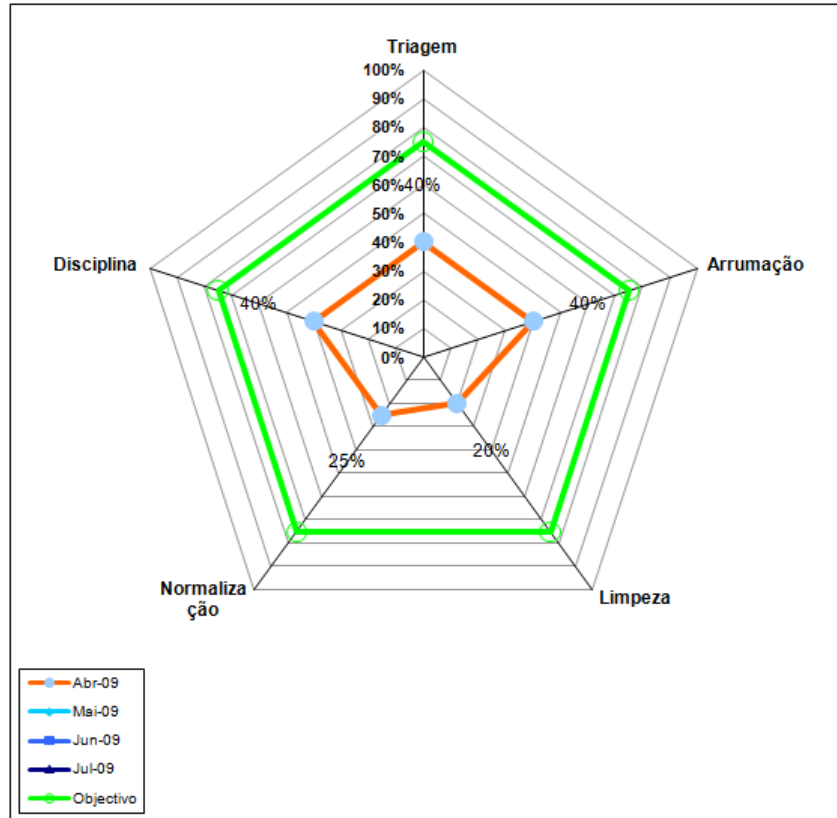
#### **4.8. AUDITORIA 5S – QUADRO PDCA**

Com vista à implementação da metodologia 5S foi feita uma auditoria inicial ao estado da linha PPM, como objectivo de avaliar o estado dos 5 itens da metodologia. A execução da auditoria começou com o preenchimento de um formulário de verificação dos 5S e respectivos critérios de avaliação, como se mostra na Tabela 5.

**Tabela 5 Formulário da auditoria 5S**

5S	Nº	Item Verificado	Critérios de Avaliação	Péssimo	Mau	Razoável	Bom	Excelente
				0	1	2	3	4
Triagem	1	Informação e materiais	Existem stocks desnecessários				3	
	2	Máquinas e Equipamentos	Todas as máquinas e equipamentos são usados regularmente				3	
	3	Ferramentas	Todas as ferramentas são usadas regularmente			2		
	4	Controlo visual	Todos os equipamentos e materiais desnecessários estão claramente identificados	0				
	5	Eliminação de excessos	Existe um procedimento claro para a eliminação de excessos	0				
Resultados Triagem (%):				40,0%				
Arrumação	6	Etiquetas de armazenagem	Existem etiquetas a identificar as prateleiras e locais de armazenagem		1			
	7	Arquivo	Existe uma zona claramente identificada para arquivo de documentação			2		
	8	Eliminação materiais	Existem locais adequados para a segregação de materiais (papel, plástico, outros)		1			
	9	Lay Out	A arrumação de equipamentos e componentes está organizada para minimizar os movimentos de pessoas			2		
	10	Documentos, equipamentos e materiais	A armazenagem de documentos, equipamentos e materiais está bem organizada, facilitando o seu acesso			2		
Resultados Arrumação (%):				40,0%				
Limpeza	11	Piso, corredores	O piso e corredores estão sempre limpos ?			2		
	12	Zona de resíduos	Existe um local proprio para os resíduos da area? Estão a ser convenientemente utilizados?		1			
	13	Máquinas	As máquinas são mantidas limpas		1			
	14	Posto de trabalho	O posto de trabalho está limpo? Existem normas claras de quem e quando deve limpar o postos de trabalho.	0				
	15	Limpeza Habitual	Varrer e limpar são consideradas actividades habituais	0				
Resultados Limpeza (%):				20,0%				
Normalização	16	Posto de trabalho	O posto de trabalho fica arrumado no final do dia.		1			
	17	Indicadores de quantidade	Há indicações claras sobre a quantidade mínima e máxima de stock		1			
	18	Regras	Há regras claras de forma a assegurar que as melhorias introduzidas são mantidas no futuro		1			
	19	Gestão visual	As normas estão visíveis e são do conhecimento de todos		1			
	20	Lições ponto-a-ponto	Estão criadas lições ponto-a-ponto para as operações relevantes		1			
Resultados Normalização (%):				25,0%				
Disciplina	21	Cumprimento dos regulamentos	Todos os regulamentos são respeitados rigidamente e há actualização das normas		1			
	22	Cumprimentos dos planos de melhoria	Os planos de melhoria são realizados nos prazos estabelecidos		1			
	23	Reuniões e horários	Todos se esforçam para ser pontuais				3	
	24	Reaplicação	Há exemplos de áreas modelo e são reaplicadas por toda a organização, neste e noutros departamentos			2		
	25	Seguimentos	São feitas auditorias com frequência, actualizando-se planos de acção e seguimentos		1			
Resultados Disciplina (%):				40,0%				
Total	Calcular a média de cada S		<b>33%</b>					

A partir daqui desenhou-se o respectivo gráfico (Figura 43) correspondente ao primeiro mês e estabeleceu-se como objectivo final atingir a meta dos 75% (corresponde à classificação média de Bom) em cada um dos 5S. Em cada mês, vai-se actualizando o gráfico com cores diferentes, para visualização dos progressos feitos na linha.



**Figura 43 Gráfico de resultados**

Foram criadas regras para o funcionamento das auditorias aos 5S, conforme se listam a seguir:

- Uma auditoria tem de ser realizada por, pelo menos, 2 auditores; um dos auditores deve pertencer à área a ser auditada. Os auditores devem ser acompanhados por um responsável da área de trabalho;
- A equipa de auditoria deve ter conhecimento do assunto (conhecimento da organização, processos locais e tecnologia), bem como competências da metodologia (p/ ex. 5S, técnicas de melhoria contínua, etc.);
- A auditoria deverá realizar-se com o processo em funcionamento, isto é, não deve ocorrer num momento em que não estão a ser realizadas actividades na área de trabalho;

- As auditorias normalmente não são anunciadas;
- A auditoria é a continuação da formação (a auditoria serve para assegurar a continuidade e ajuda a melhorar continuamente);
- As pessoas não estão a ser objecto de auditoria, mas sim os locais de trabalho e equipamentos;
- Os requisitos (conteúdo da grelha de auditoria) devem ser conhecidos localmente;
- A auditoria ocorre sempre com a participação de um membro da equipa da área de trabalho. Este pode ser o supervisor ou um membro da equipa da área;
- A auditoria ocorre exclusivamente no *gemba*;
- A auditoria também deve ser executada "nos bastidores" (armários e gavetas devem ser abertos, os lugares de difícil acesso também devem ser incluídos);
- A avaliação deve ser profissional e de fácil compreensão;
- Deve ser dado um feedback razoável (não criticar apenas, mas também elogiar o trabalho feito);
- Os pontos que poderão ser melhorados / ideias devem ser registadas por escrito e colocados no relatório de auditoria;
- As boas soluções devem ser mencionadas;
- Os resultados das auditorias deverão ser inseridos no relatório da auditoria de forma imediata e assinado pelos auditores e funcionários da área de trabalho.

Depois do levantamento da avaliação dos 5S elaborou-se o plano de acção a ser tomado pelos responsáveis, enumerando quais os problemas existentes, respectiva fotografia, acção a executar, responsável/responsáveis e data prevista, conforme se mostra na Tabela 6.

Tabela 6 Plano de acção

 <b>PLANO DE ACÇÃO</b>						
Responsável: ...		Local: Linha de fabrico de chassis			Data: 03/04/09	
Nº	Problema	Fotografia do problema	Acção	Responsável	Data prevista	Estado PDCA
1	Ferramentas	Existem ferramentas que não são usadas	Retirar ferramentas não utilizadas da linha, identifica-las e armazenar	...	...	P
2	Ferramentas	Ferramentas não referenciadas / arrumação	Referenciar ferramentas (Ex: Gabarit Arriere) Definir local para cada ferramenta	...	...	P
3	Excessos (Equipamentos / Ferramentas)	Não existe controle	Criar procedimento operatório para verificação de equipamentos e ferramentas em excesso	...	...	P
4	Identificação de materiais	Não existe identificação dos materiais	Criar etiquetas para os locais dos respectivos materiais	...	...	P
5	Eliminação de resíduos/reciclagem	Não existe local para fazer separação de resíduos	Criar "mini-ecoponto" Definir/Marcar zona para o mesmo	...	...	P
6	Limpeza/manutenção equipamentos	Não há procedimentos definidos	Criar procedimento de manutenção de 1º nível	...	...	P
7	Inexistencia de instruções de trabalho	Não existe standardização das tarefas	Criar instruções de trabalho por posto	...	...	P

Atendendo ao plano de acções elaboraram-se dois documentos de procedimentos/regras relativamente à linha de fabrico dos chassis.

O primeiro documento tem como objectivo enunciar e sistematizar regras de limpeza e arrumação para todos os colaboradores da linha.

Os procedimentos para a limpeza são os seguintes:

- Após um chassi ser movimentado dum par de viradores para outro ou para o camião, os colaboradores que se encontrem nesse posto de trabalho devem varrer o chão e remover o lixo desse posto de trabalho;
- Proibido atirar para o chão qualquer resíduo/desperdício;
- Proibido escrever nas paredes e/ou em qualquer equipamento;
- Proibido afixar cartazes, posters ou fotografias;
- Qualquer resíduo/desperdício que estiver no chão deve ser apanhado e colocado no respectivo recipiente;
- Todas as sextas-feiras os equipamentos de soldadura devem ser devidamente limpos e soprados com ar comprimido. O turno de dia e o turno de noite devem alternar esta tarefa. Assim cada equipa limpa os equipamentos de soldadura de duas em duas semanas.

Os procedimentos de arrumação são:

- Os materiais, ferramentas e equipamentos, devem, após utilização, ser colocados no local que lhes é reservado;
- Após utilização de ferramentas de elevação e movimentação, estas devem ser retiradas do gancho da ponte rolante e colocadas no respectivo local de armazenamento;
- As máquinas de soldar são destinadas a cada posto de trabalho, assim não é aceitável retirar equipamentos doutros postos de trabalho;
- No final do turno cada colaborador deve arrumar devidamente a sua ferramenta.

O segundo documento tem como objectivo segregar materiais/ferramentas (gabarits, posicionadores, equipamentos de elevação e movimentação) /equipamentos para que apenas estejam na linha os mesmos necessários para o fabrico dos chassis.

#### Materiais - Peças não conformes:

- Identificar materiais rejeitados com etiqueta vermelha;
- Levantamento da não conformidade por parte do controlo de qualidade;
- Colocar material na zona destinada para o efeito (área assinalada no chão a vermelho).

#### Equipamentos e ferramentas obsoletos:

- Identificar material com etiqueta vermelha de equipamento fora de serviço;
- Colocar equipamentos/ferramentas na zona destinada para o efeito (área assinalada no chão a vermelho).

#### Materiais /Equipamentos/Ferramentas em triagem:

- Identificar material/equipamento/ferramenta com etiqueta amarela;
- Se passarem 2 semanas sem que o material/equipamento/ferramenta seja utilizado, deve ser colocada uma etiqueta vermelha;
- Colocar material/equipamento/ferramenta na zona destinada para o efeito (área assinalada no chão a vermelho).

#### Manutenção de equipamentos e ferramentas:

- Identificar material com etiqueta de equipamento/ferramenta fora de serviço;
- Preenchimento da folha de registo de avaria e entregar ao serviço de manutenção;
- Colocar equipamento/ferramenta na zona destinada para o efeito (área assinalada no chão a vermelho).

Na Figura 44 visualizam-se as respectivas etiquetas criadas para a segregação dos materiais, ferramentas e equipamentos.



**Figura 44** Etiquetas para segregação de materiais, ferramentas e equipamentos

Todos estes documentos, tabelas e gráficos relevantes, foram afixados no quadro do gabinete da linha de fabrico dos chassis pelos responsáveis. A ideia era realizar todos os meses, auditorias para verificar melhorias nos 5S e assim atingir os objectivos.

Neste momento está-se a preparar uma nova auditoria ao sistema dos 5S para avaliar a sua evolução face às acções tomadas, apesar que visivelmente já são notadas melhorias significativas.

Através destes procedimentos foram assim implementadas melhorias para manter as ferramentas no ponto de utilização, manutenção do material por parte de cada operário e utilização constante dos 5S e Gestão Visual.

# 5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como objectivo expor as melhorias obtidas na linha de fabrico e a montante verificadas até ao momento, assim como avaliar os seus resultados. Passam-se a explicar as melhorias obtidas por posto.

## 5.1. RESULTADOS INDIVIDUAIS POR POSTO

### POSTO DE FORMAÇÃO DE PRS (OP2)

O material para formação dos PRS, embora não fosse armazenado na linha de fabrico, teve uma melhoria importante que consiste na mudança de local para uma zona perto da rebarbagem, onde ficou bem mais próximo da máquina de soldar automática, o que facilitou muito as movimentações para soldar, por só ser necessário transportar o PRS com uma ponte rolante e não com um tractor, como era inicialmente.

Outra melhoria relativa aos PRS foi a forma de armazenamento das chapas que os constituem e que consiste em suportes para colocar alguns destes na posição vertical, poupando assim cerca de 70% de espaço, conforme a Figura 45.

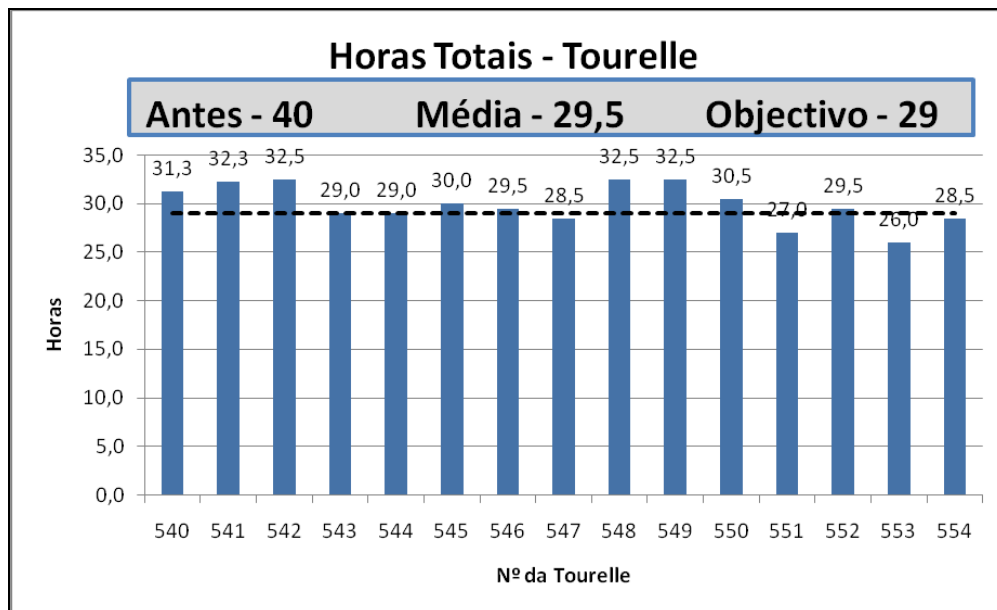


**Figura 45 Armazenamento do material dos PRS – Antes e Depois**

#### **ZONA DE PRODUÇÃO DA TOURELLE – PFT (OP6) E PST (OP7)**

Nesta zona da linha, mostrada na Figura 36 do subcapítulo 4.4. (*layout*), constituída pelos postos PFT (Posto de Formação da Tourelle) e PST (Posto de Soldadura da Tourelle), não sofreu grandes alterações. As maiores alterações, tanto deste posto como da restante linha foram a mudança dos tipos de contentorização (bordo de linha), passando de paletes para contentores e cestas geridas por *kanbans*; e a redução de stock, fazendo com que se aumentasse o espaço livre para movimentação do *mizusumashi* e repercutindo-se nos tempos dispendidos na produção da Tourelle.

Na Figura 46 expõem-se os dados obtidos das horas totais de fabrico da Tourelle na linha, após a implementação das melhorias.



**Figura 46 Resultados em horas, para fabrico da Tourelle**

O objectivo inicial de 29 horas (contra as 40 horas em média verificadas antes do projecto de melhoria), como se visualiza na Figura 46, foi atingido em algumas das Tourelles produzidas, sendo ainda necessário normalizar estes postos, assim como todos os outros postos da linha de fabrico. A mudança constante de bordo de linha também influenciou estes resultados. Quando a linha de fabrico estabilizar (bordo de linha e gestão de fluxos), o objectivo final passará para 25 horas.

#### **POSTO P1 – FORMAÇÃO DO CHASSI (OP9)**

A Figura 47 mostra o Posto P1 antes e depois da implementação da metodologia *Kaizen* na linha PPM. Este é o posto mais importante da linha, por ser o que utiliza mais quantidade e variedade de material, logo foi onde se centrou mais o estudo das melhorias.



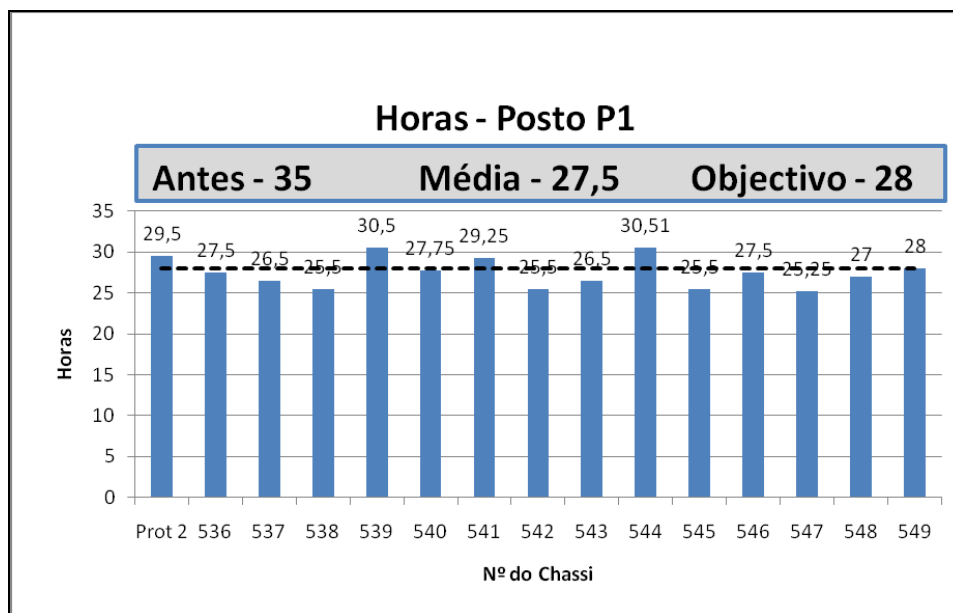
**Figura 47** Posto P1 - Antes e Depois

O lado esquerdo da Figura 47 mostra o Posto P1 antes das mudanças e o direito já com a maior parte das melhorias implementadas. A principal diferença das imagens superiores é a mudança do tipo de máquina de soldar usada. Enquanto antes era usada uma máquina semi-automática para soldar de carrinho para cada um dos dois serralheiros, depois foi substituída por uma grua semi-automática de soldar para cada um. A vantagem desta tem a ver com a libertação do espaço ocupado tanto para os serralheiros como para o *mizusumashi*. Este último tinha dificuldade em abastecer o posto devido aos cabos eléctricos das máquinas com carrinho que ficavam na zona do corredor de abastecimento. Isto implicava a paragem dos serralheiros quando o *mizusumashi* estivesse a abastecer o posto.

Com estas gruas fixas já não se verificou este problema e, ao mesmo tempo, facilitou o trabalho aos serralheiros, sendo somente necessário puxar a caixa de soldar para movimentar a grua. Tendo cada grua, um alcance de cinco metros, dividiu-se a formação do chassi em duas partes, ficando cada serralheiro numa zona fixa.

Nas imagens inferiores da Figura 47 verifica-se a diferença de contentorização para o material. Antes o material era praticamente todo armazenado em paletes, em quantidades para produzir vinte chassis (consequentemente, abastecimento por antecipação) e por vezes desorganizado, não aproveitando o espaço da paleta e que por vezes provocava tempos de procura elevados. Depois (lado direito inferior), com as mudanças criaram-se contentores e cestas, referidas no subcapítulo 4.2, com dimensões apropriadas para cada tipo de material e com respectiva identificação visual (*kanban*), ordenados e com localizações fixas (marcadas no chão e com imagem do material fixado na parede). “Um local para cada coisa, cada coisa no seu local”.

Da mesma forma que no posto anterior, também se verificaram alterações nos tempos de fabrico após a implementação das melhorias (ver Figura 48). Na figura visualizam-se os dados obtidos das horas totais de fabrico do Posto P1, tendo sido estabelecido até à data, o objectivo final de 28 horas (contra as 35 horas em média verificadas antes do projecto de melhoria).



**Figura 48 Resultados em horas do posto P1**

Este é o posto que mais perto está dos objectivos pretendidos, pois foi o mais estudado por ser o mais importante da linha de fabrico devido à grande quantidade de material necessário no bordo de linha.

## POSTO P2 E POSTO P3 – SOLDADURA DO CHASSI (OP10)

Nestes postos não houve grandes melhorias a fazer, por só existirem praticamente operações de soldadura. Como são necessárias várias horas de soldadura depois do chassi ser formado, dividiu-se esta operação em dois postos, para assim se balancear melhor o tempo entre todos os postos.

## POSTO P4- FERRAR CHASSI (OP11)

Neste posto, as melhorias como a contentorização dos materiais e a segregação e organização das ferramentas foram as mais importantes por facilitar a procura destes, embora a constante troca de operários entre postos condicione os tempos de fabrico. Isto acontece principalmente entre os postos de soldadura e de ferrar.

Para se efectuar a análise dos tempos dispendidos na produção, analisaram-se em simultâneo os tempos dos postos P2, P3 e P4, por serem os postos onde se solda todo o chassi, excluindo a Tourelle e as orelhas, que são soldadas no posto seguinte. Os dados recolhidos (ver Figura 49) também mostram reduções nos tempos de fabrico após a implementação das melhorias. O objectivo final foi estabelecido em 64 horas (contra as 80 horas em média verificadas antes do projecto de melhoria).

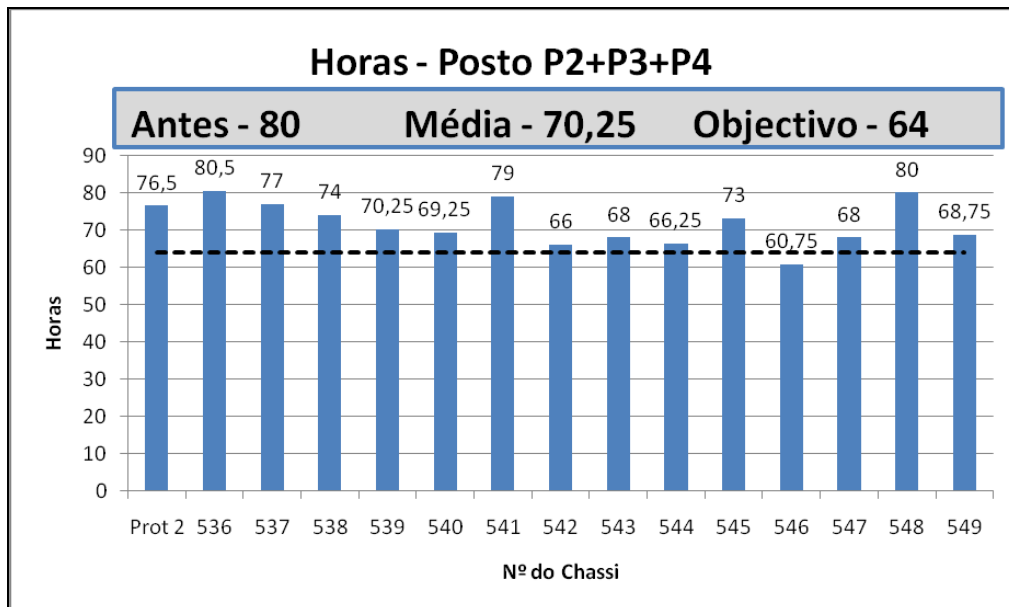


Figura 49 Resultados em horas dos postos P2+P3+P4

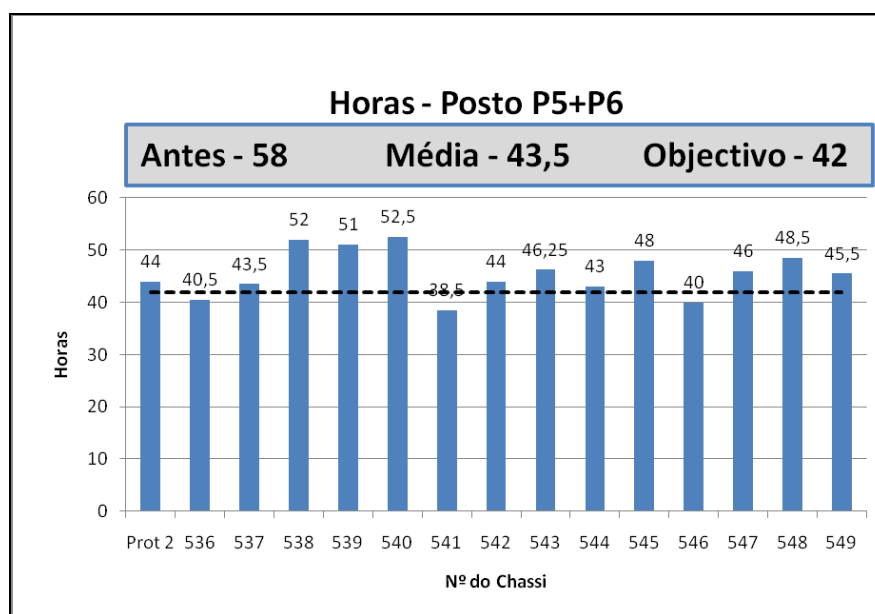
Da análise dos dados verificam-se ainda grandes diferenças entre alguns dos tempos, cujas causas se devem a paragens na produção devido às várias modificações da linha e consequente utilização das pontes rolantes.

#### **POSTO P5- POSICIONAR TOURELLE, MONTAR ORELHAS E SOLDAR (OP12)**

Além das mudanças de contentorização e organização de ferramentas, como no posto anterior, uma outra melhoria verificada neste posto é que quando as Tourelles chegam da maquinagem para a linha, são transportadas para uma zona marcada perto deste posto (Figura 37 do subcapítulo 4.4) em vez de serem deixadas na entrada da linha, o que reduziu significativamente os tempos de espera e movimentações dos operadores. Estes tempos são quantificados juntamente com o tempo do posto seguinte.

#### **POSTO P6- ACABAMENTOS (OP13), ISOLAMENTO (OP14) E CONTROLO FINAL**

A única mudança feita neste posto foi a segregação das ferramentas armazenadas aqui, porque a maioria não era usada, ocupava espaço em caixas e prateleiras e atrapalhava a procura das necessárias. Como o tempo deste posto é aproximadamente sempre o mesmo (8 horas para acabamentos mais 0,5 horas para isolamento e 0,5 horas para controlo final), juntou-se o tempo deste posto com o do Posto P5, tendo sido estabelecido o objectivo de 42 horas (contra as 58 horas em média verificadas antes do projecto de melhoria).



**Figura 50 Resultados em horas dos postos P5+P6**

Pelos motivos já referidos nos postos anteriores e também devido ao extremo rigor das medições necessárias durante as execuções das operações do Posto P5, não foi conseguido estabilizar o posto, tendo em alguns dos chassis produzidos grandes diferenças de tempo.

Todos estes gráficos foram afixados no quadro do gabinete da linha de fabrico dos chassis pelos responsáveis e vão sendo actualizados pelos mesmos.

## 5.2. RESULTADOS GLOBAIS DA LINHA

Através da redução e eliminação de alguns tipos de *muda* na linha de fabrico e nas respectivas operações a montante, como as OPs, tem-se conseguido aproximar os tempos de produção dos objectivos previstos, como se pode visualizar na Tabela 7.

**Tabela 7 Tempos de produção antes e depois da implementação da metodologia *Kaizen***

Posto	Tempo de produção antes (h)	Objectivo (h)	Tempo de produção actual (h)	Redução média actual(%)
PFT+PST	40	29	29,5	26,3%
P1	35	28	27,5	21,4%
P2+P3+P4	80	64	70,25	12,2%
P5+P6	58	42	43,5	25,0%
Total	213	163	170,75	19,8%

Através dos tempos médios de produção chegados verifica-se já bons resultados, estando já alguns dos postos bem próximos dos tempos objectivos. Pela análise dos resultados dos tempos de produção em cada posto (conforme os gráficos anteriores), verifica-se que nesta fase, estes ainda estão bastante instáveis, devido às constantes mudanças na linha, e que com o início da fase de normalização dos postos (padronização das operações) e a realização de novas auditorias, deverão ser atingidos os objectivos propostos.

Os *muda* mais reduzidos na linha de fabrico foram os de movimentação e transporte devido ao bordo de linha implementado. Cada material num local específico e ordenado, perto de cada zona onde é utilizado, facilitando ao operário a sua procura e respectivas movimentações e transportes.

Ainda existem várias melhorias a ser implementadas para melhorar a produção estando algumas delas numa fase inicial de implementação.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Ao longo desta dissertação foram sendo apresentadas conclusões que permitiram sustentar as opções de desenvolvimento efectuadas ao longo do projecto. Assim, nesta última secção é realizada uma síntese das principais conclusões, consequências e relevância do trabalho realizado e perspectivados futuros desenvolvimentos.

### 6.1. CONCLUSÕES GERAIS

O desenvolvimento deste projecto permitiu efectuar o diagnóstico do sistema produtivo de uma linha de fabrico da TEGOPI, com a identificação das deficiências detectadas, consequentes soluções de melhoria e por fim, as suas implementações.

Através dos novos tipos de armazenamento dos materiais e componentes utilizados, afixados com os respectivos *kanbans* e marcações no chão, verificou-se uma notável melhoria em termos de redução de espaço, stock e organização do material, assim como na sua visualização e identificação, eliminando os tempos de procura por parte dos operários e facilitando o abastecimento da linha por parte do *mizusumashi*.

Com o estudo dos tempos das actividades que não acrescentam valor, além de se ter conseguido eliminar e reduzir os desperdícios referidos anteriormente, também se conseguiu reduzir e eliminar algumas das tarefas de sobreprocessamento, como por exemplo, a rebarbagem de algumas das chapas que foram melhoradas na zona da rebarbagem nas OPs, e consequentemente, eliminar a produção de materiais defeituosos.

Com a mudança do *layout* da linha de fabrico, além de se ter fixado as macro operações em cada posto, não se verificaram grandes vantagens por ainda não estarem implantados carris com alimentação eléctrica para movimentação do chassi entre postos, mas o bordo de linha melhorou bastante. Os materiais e componentes ficaram armazenados nos diversos tipos de contentorização novos, nos respectivos postos, o mais próximo possível destes, o que reduziu os tempos de transporte e movimentação.

Com a introdução dos *kanbans* verificou-se um fluxo mais contínuo de materiais e, consequentemente, diminuiu-se o stock em armazém (supermercado) facilitando a disposição do material neste. Verificou-se também que neste tipo de indústria é um pouco difícil organizar um supermercado, devido às dimensões e peso do material e à forma como este é movimentado.

Verificou-se uma redução média na ordem dos 20% nos tempos da linha, pelo que, pode-se concluir que este projecto de melhoria está no bom caminho uma vez que foram praticamente atingidos os objectivos propostos, através da implementação de várias melhorias, seguindo a metodologia *Kaizen*. Este trabalho realizado teve e continuará a ter um visível impacto na produtividade da empresa, mas carecendo sempre duma atitude de procura da melhoria contínua.

## **6.2. TRABALHOS FUTUROS**

Existem várias melhorias que foram pensadas logo no início do projecto, mas que demoram o seu tempo de planeamento e implementação. Uma delas é a inserção de carris eléctricos, com o objectivo de fazer mover a linha, nomeadamente entre o Posto P1 e o Posto P6. Assim, consegue-se libertar as duas pontes necessárias ao transporte do chassi e reduzir-se os tempos de espera.

A razão desta melhoria ainda não ter sido implementada foi a mudança do *layout* da empresa, nomeadamente, das linhas de fabrico dos mecano-soldados. A ideia é colocar

estas linhas de fabrico e respectivo supermercado lado a lado, para assim facilitar o seu abastecimento e reduzir os tempos de movimentação e transporte, já que a linha de fabrico das flechas fica longe do supermercado/OPs. Esta mudança já está a ser realizada no momento.

Está-se a planear uma terceira ponte para a linha PPM, para reduzir os tempos de espera, que irá para a zona de produção da Tourelle, deixando as outras pontes livres para os restantes postos. Esta é uma das mais importantes melhorias a ser implementada, porque irá reduzir bastante os tempos de espera pelas pontes.

A normalização dos postos é uma melhoria muito importante a ser efectuada, depois de haver estabilidade na linha de fabrico (no que toca ao *layout*) e consiste na padronização das operações de modo a produzir sem perdas. Isto passa pela anotação dos tempos das operações, criar um ciclo ou sequência de movimentos para cada operário em cada posto, melhorias no processo, ferramentas utilizadas, entre outros. Este passo também já está numa fase inicial de estudo.

O abastecimento da linha através do percurso do *mizusumashi* estabelecido, ainda está numa fase inicial. O *mizusumashi* necessita ainda de muitas viagens entre a linha e o supermercado por ainda não usar o carro que foi desenhado para atrelar ao empilhador.

Após a verificação dos resultados obtidos durante todo o processo de melhoria contínua efectuado, chegou-se a conclusão que há sempre melhorias para fazer, por mais pequena que seja, e que vão contribuir para a melhoria de todo o processo, tanto na linha em estudo, como a montante, por exemplo, nas OPs. Para tal, deveria ser criado um grupo de trabalho com o objectivo de coordenar e supervisionar todo o processo, tentando sempre melhorar algo. A esse grupo de trabalho deveria pertencer um operador interveniente no processo, bem como o responsável de produção e, se necessário, o membro da administração responsável pela produção.



## Referências Documentais

- [1] ALVAREZ, Roberto — *Takt-Time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção*. Gestão e Produção. Rio de Janeiro – RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). 8: 18, 2001
- [2] ÁVILA, Paulo; CAVACO, Ismael — *Processo Conceito e Fundamentos*, 2008
- [3] ÁVILA, Paulo; CAVACO, Ismael — *A Gestão da Produção em ambiente Just in Time*, 2008
- [4] BODEK, Norman — *Norman Bodek in Japan*, 2007
- [5] CHASE, Richard; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas — *Administração da Produção e Operações*. São Paulo, McGraw Hill, 2006
- [6] COLIN, Emerson — *Estudo da Implementação de Kanbans Numa Empresa de Autopeças: Dificuldades e Caminhos*. Departamento de Engenharia de Produção - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [7] FREIRE, Luiz — <http://www.luizfreire.com>
- [8] GHINATO, Paulo — *Autonomia e Multifuncionalidade no Trabalho: Elementos Fundamentais na Busca da Competitividade*. Série Monográfica Ergonomia: Ergonomia de Processo. L. B. d. M. Guimarães. Porto Alegre, PPGEP/UFRGS. 2,1999
- [9] GHINATO, Paulo — *Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*. A. T. d. A. F. M. C. Souza. Recife, UFPE, 2000
- [10] GROSS, John; MCINNIS, Kenneth — *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. New York, NY American Management Association, 2003
- [11] HOBBS, Dennis — *LEAN Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer*. Boca Raton, Florida J. Ross Publishing, 2004
- [12] <http://pt.wikipedia.org>
- [13] IMAI, Masaaki — *Gemba Kaizen: a commonsense, low-cost approach to management*. McGraw-Hill, 1997
- [14] JUNIOR, Roberto; LIMA, Paulo — *Análise da aplicação do sistema andon em diferentes ambientes de montagem*. Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, Vol.1, N.2, 2009

- [15] KAIZEN INSTITUTE, Kaizen forum, Nº 02 / Agosto 2008 / Suplemento do Jornal Vida Económica
- [16] KAIZEN INSTUTUTE— *Fundamentos KAIZEN*, 2008
- [17] LEAN ENTERPRISE INSTITUTE — *Lean Lexicon*, 2005
- [18] LIKER, Jeffrey — *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Madison, WI, McGraw-Hill, 2004
- [19] MILTENBURG, John — *One-piece flow manufacturing on U-shaped production lines: a tutorial*. IIE Transactions, 2000
- [20] MONDEN, Yasuhiro — *Toyota Production System: an integrated approach to just in time / Yasuhiro Monden*. London: Chapman and Hall, 1994
- [21] MOTA, Pedro — *Estudo e implementação da metodologia SMED e o seu impacto numa linha de produção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica apresentada na Universidade Técnica de Lisboa em 2007
- [22] NAMOURA, J.; TAKAKUWA, S. — *Optimization of a Number of Container for Assembly Lines: The Fixed Course Pickup System*. International Journal of Simulation Modeling 5: 11, 2006
- [23] OHNO, Taiichi — *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*, tradução de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997
- [24] SILVA, Giselle — *O Método 5 S*. Anvisa, Reblas, 2005
- [25] SMALLEY, A. — *Conectando a Montagem aos Processos em Lotes através de Sistemas Puxados Básicos*. Lean Institute Brasil, 2006
- [26] TEGOPI — <http://www.tegopi.pt>
- [27] ZAGONEL, Evaldo — *Implantação do Fluxo Unitário de Peças Numa Célula de Usinagem: Estudo de Caso por Meio de Simulação*. Departamento de Engenharia Mecânica. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Mestrado, 2006

## *Anexos*



## Anexo A. Especificações dos materiais



Posto	Desenho / Peça	Designacao	Referência	Qt. /chassis	Fornecedor	Takt Time(h)	Contentorização	Qt. /caixa	Larg. (mm)	Comp. (mm)	Peso(kg)
Tourelle	P012545	CHAPA 25 mm	7025437	2	Rebarbagem	20	Contentor	16	1470	1847	297,693
Tourelle	P012549	CHAPA 35 mm	7025440	4	Rebarbagem	20	Kit	32	450	942	104,142
Tourelle	P012555	Chapa 15 mm	7024625	4	Maquinagem	20	Kit	32		Ø180	2,404
Tourelle	P012546	CHAPA 25 mm	7025438	2	Rebarbagem	20	Contentor	16	1470	1299	255,903
Tourelle	P012548	CHAPA 25 mm	7025446	2	Rebarbagem	20	Kit	16	210	895	24,238
Tourelle	P012550	CHAPA 25 mm	7024396	2	Roscagem	20	Kit	16	140	863	22,462
Tourelle	P012547	CHAPA 25 mm	7025439	1	Rebarbagem	20	Kit	8	300	1330	32,397
Tourelle	P012589	TUBO ACO RD S235JRH 3/4" S/L	7015296	4	Corte de serrotes	20	Caixa	32		210	
Tourelle	P012544	CHAPA 25 mm	7025436	1	Rebarbagem	20	Kit	8	1677	1800	410,798
Tourelle	P012543	CHAPA 25 mm	7025435	1	Rebarbagem	20	Kit	8	1569	1810	364,864
Tourelle	P012542	CHAPA 25 mm	7025476	2	Maquinagem	20	Kit	16		Ø200	4,498
Tourelle	P012551	TUBO RD Ø220x25	7025443	2	Maquinagem	20	Kit	16		300	
Tourelle	P012436	VARÃO Ø20	7015297	1	Maquinagem	20	Caixa	8		25	
Tourelle	P012476	CHAPA 5 mm	7022145	1	Quinagem	20	Kit	8	140	390	
Tourelle	P012434	Varão Ø6	7015304	16	Formação	20	Caixa	128		200	
Tourelle	P012438	PERFIL RAIL	7015289	2	Corte de serrotes	20	Caixa	16		250	
Tourelle	P012439	PERFIL RAIL	7015386	1	Corte de serrotes	20	Caixa	8		150	
Tourelle	P012440	PERFIL RAIL	7015288	3	Corte de serrotes	20	Caixa	24		300	
Tourelle	P012441	PERFIL RAIL	7023375	1	Corte de serrotes	20	Kit	8		500	
1	P012507	CHAPA 35 mm	7025390	2	Rebarbagem	20	Contentor Especial	8	300	4050	
1	P012508	CHAPA 15 mm	7023991	1	Rebarbagem	20	Contentor Especial	4	830	5453	485,664
1	P012509	CHAPA 15 mm	7023992	1	Rebarbagem	20	Contentor Especial	4	830	5453	492,961
1	P012510	CHAPA 35 mm	7022158	2	Rebarbagem	20	Contentor Especial	8	300	5463	
1	P012528	CHAPA 15 mm	7024079	2	Rebarbagem	20	Contentor Especial	8	142,5	775	12,957

1	P012515	CHAPA 15 mm	7026391	1	Furação	20	Contentor	8	1200	1855	154,560
1	P012527	CHAPA 15 mm	7023999	1	Rebarbagem	20	Contentor	8	1200	1763	210,672
1	P012516	CHAPA 15 mm	7025914	1	Rebarbagem	20	Contentor	8	1016	1800	213,281
1	P012514	CHAPA 15 mm	7024056	2	Rebarbagem	20	Kit	16	380	600	19,969
1	P012517	CHAPA 15 mm	7024063	1	Rebarbagem	20	Kit	8	200	460	10,620
1	P012570	CHAPA 25 mm	7023954	1	Rebarbagem	20	Contentor	8	1028	1076	209,458
1	P012572	CHAPA 15 mm	7023955	1	Quinagem	20	Kit	8	1357	1647	237,856
1	P012571	CHAPA 25 mm	7023956	1	Rebarbagem	20	Kit	8	620	1076	110,510
1	P012582	CHAPA 15 mm	7023960	1	Rebarbagem	20	Kit	8	196	555	10,511
1	P012583	CHAPA 15 mm	7023961	1	Rebarbagem	20	Kit	8	176	542	8,690
1	P012588	TUBO RD Ø108x3,6	7021034	1	Corte de serrotes	20	Caixa	8		108	
1	P012581	TUBO RD Ø108x3,6	7021031	1	Corte de serrotes	20	Kit	8		1060	
1		Curva 90° Ø108		1		20	Kit	8		Ø108	
1	P012584	CHAPA 80 mm	7015241	1	Maquinagem	20	Kit	8	195	400	33,069
1	P012578	CHAPA 80 mm	7015240	1	Maquinagem	20	Kit	8	195	400	33,069
1	P012585	CHAPA 50 mm	7023958	1	Maquinagem	20	Kit	8	195	400	20,891
1	P012573	CHAPA 50 mm	7026411	1	Maquinagem	20	Kit	8	195	398	20,384
1	P012579	CHAPA 25 mm	7025388	1	Furação	20	Kit	8	105	185	3,397
1	P012587	CHAPA 25 mm	7023962	2	Rebarbagem	20	Kit	16	174	200	3,284
1	P012478	CHAPA 25 mm	7026410	2	Rebarbagem	20	Kit	16	250	335	4,773
1	P012577	VERGALHÃO 16 mm	7015299	2	Corte de serrotes	20	Caixa	16		70	
1	P012512	CHAPA 15 mm	7024059	1	Rebarbagem	20	Contentor	8	865	1483	105,407
1	P012511	CHAPA 15 mm	7024000	2	Rebarbagem	20	Contentor	16	849	1495	105,266
1	P012525	TUBO RD Ø170x15	7015292	1	Corte de serrotes	20	Kit	8		380	
1	P012523	CHAPA 35 mm	7024055	1	Quinagem	20	Kit	8	750	1518	209,002
1	P012529	CHAPA 15 mm	7024007	1	Rebarbagem	20	Contentor	8	795	1483	126,177
1	P012520	CHAPA 15 mm	7023995	1	Furação	20	Contentor	8	795	1800	150,885
1	P012513	CHAPA 15 mm	7024057	1	Rebarbagem	20	Contentor	8	1200	1305	106,552
1	P012518	CHAPA 35 mm	7024005	1	Quinagem	20	Kit	8	558	946	110,498
1	P012519	CHAPA 35 mm	7024006	1	Quinagem	20	Kit	8	558	946	110,498
1	P012526	VERGALHÃO Qd. 16	7025389	16	Corte de serrotes	20	Caixa	128		30	
1	P012540	VERGALHÃO Qd. 32	7015302	4	Corte de serrotes	20	Kit	32		350	
1	P012521	CHAPA 35 mm	7024001	2	Rebarbagem	20	Kit	16	180	200	6,404
1	P012535	CHAPA 35 mm	7015231	2	Furação	20	Kit	16	215	310	18,257
1	P012536	CHAPA 15 mm	7024002	2	Rebarbagem	20	Kit	16	160	225	4,145
1	P012537	CHAPA 15 mm	7024003	4	Rebarbagem	20	Kit	32	200	225	4,001
1	P012538	CHAPA 15 mm	7024004	2	Furação	20	Kit	16	120	150	2,108
1	P012108	PERFIL RAIL	7015285	4	Corte de serrotes	20	Caixa	32		100	
1	P012438	PERFIL RAIL	7015289	5	Corte de serrotes	20	Caixa	40		250	
1	P012439	PERFIL RAIL	7015386	3	Corte de serrotes	20	Caixa	24		150	

1	P012435	PERFIL RAIL	7015286	4	Corte de serrotes	20	Kit	32		700	
1	P012434	Varão Ø6	7015304	9	Formação	20	Caixa	72		200	
1	P012586	VARÃO Ø6	7015303	1	Formação	20	Caixa	8		170	
1	P012436	VARAO Ø20	7015297	1	Maquinagem	20	Caixa	8		25	
1	P012580	CHAPA 35 mm	7023959	2	Furação	20	Kit	16	480	646	49,702
4	P012533	CHAPA 15 mm	7023993	1	Rebarbagem	20	Contentor Especial	4	840	5038	460,260
4	P012534	CHAPA 15 mm	7023996	1	Rebarbagem	20	Contentor Especial	4	840	5038	466,965
4	P012524	CHAPA 25 mm	7025387	4	Roscagem	20	Kit	32	50	999	9,518
4	P012530	TUBO RD Ø170x15	7015469	2	Maquinagem	20	Kit	16		210	
4	P012531	TUBO Ø220x25	7018683	2	Maquinagem	20	Kit	16		210	
4	P012532	TUBO Ø170x15	7018684	1	Maquinagem	20	Kit	8		310	
4	P012590	TUBO RD Ø108x3,6	7025713	1	Corte de serrotes	20	Caixa	8		80	
4	P012539	TUBO ACO S/C 20MNV6 108x3,6	7023814	1	Corte de serrotes	20	Kit	8		585	
4		Curva 90° Ø108		1		20	Kit	8		Ø108	
4	P012522	CHAPA 15 mm	7023997	1	Quinagem	20	Kit	8	451	832	44,608
4	P012479	Barra 40x20	7023770	4	Maquinagem	20	Kit	32		250	
4	P012542	CHAPA 25 mm	7025476	1	Maquinagem	20	Kit	8		Ø200	4,498
4	P012437	CHAPA 15 mm	7026390	2	Chanfragem	20	Caixa	16	80	80	0,628
4	P012442	BARRA 40x10	7015468	2	Furação	20	Caixa	16		40	
4	P012433	L 30x3	7015268	2	Corte de serrotes	20	Caixa	16		80	
4	P012110	VARAO Ø6	7015402	8	Formação	20	Caixa	64		150	
4	P012436	VARAO Ø20	7015297	1	Maquinagem	20	Caixa	8		25	
4	P012108	PERFIL RAIL	7015285	1	Corte de serrotes	20	Caixa	8		100	
4	P012438	PERFIL RAIL	7015289	5	Corte de serrotes	20	Caixa	40		250	
4	P012439	PERFIL RAIL	7015386	4	Corte de serrotes	20	Caixa	32		150	
5	P012542	CHAPA 25 mm	7025476	1	Maquinagem	20	Kit	8	4,498	Ø200	4,498
5	P012553	CHAPA 25 mm	7025447	2	Rebarbagem	20	Kit	16	890	917	26,524
5	P012541	CHAPA 15 mm	7023998	2	Quinagem	20	Kit	16	140	544	8,000
5	P012108	PERFIL RAIL	7015285	6	Corte de serrotes	20	Caixa	48		100	
5	P012120	PERFIL RAIL	7015400	1	Corte de serrotes	20	Caixa	8		60	
5	P012438	PERFIL RAIL	7015289	2	Corte de serrotes	20	Caixa	16		250	
5	P012552	TUBO Ø132x21	7025837	4	Furação	20	Caixa	32		50	
5	P012443	PERFIL RAIL	7025758	1	Corte de serrotes	20	Caixa	8		400	
5	P012474	CHAPA 6 mm	7018649	1	Quinagem	20	Kit	8	276	293	1,831
5	P012475	CHAPA 6 mm	7018650	1	Quinagem	20	Kit	8	413	416	5,060
5	P012477	CHAPA 5 mm	7023020	1	Quinagem	20	Kit	8	250	250	1,188
5	P012470	CHAPA 50 mm	7026010	1	Maquinagem	20	Kit	8	255	639	40,269
5	P012471	CHAPA 50 mm	7025852	1	Maquinagem	20	Kit	8	248	600	30,483
5	P012472	CHAPA 50 mm	7025853	1	Maquinagem	20	Kit	8	248	600	30,483
5	P012473	CHAPA 50 mm	7026011	1	Maquinagem	20	Kit	8	255	639	40,269

5	P012444	CHAPA 5 mm	7025933	1	Quinagem	20	Caixa	8	169	320	1,550
5	P012591	Chapa 5 mm	7023771	4	Furação	20	Caixa	32		Ø200	1,233
5	P012556	CHAPA 5 mm	7024455	2	Furação	20	Caixa	16	100	160	0,584
Total de material				234							
<div style="background-color: #00AEEF; color: white; padding: 2px;">Subconjunto Pé</div> <div style="background-color: #00B050; color: white; padding: 2px;">Subconjunto Arriere</div> <div style="background-color: #FFD700; color: black; padding: 2px;">Subconjunto PRS</div>											



## Anexo C. Tempos das actividades que não acrescentam valor



### PRODUTO CHASSIS

MACRO OPERAÇÃO OP6 e OP7		T (min)	MUDA	Total(min)
Posto PFT - Formar Tourelle	Desempenar pano 7025437+7025440+7024625 (1)	6	Produção em excesso	
Nº operários - 1	Rebarbar 1	2	Inventário	
Posto PST - Soldar Tourelle	Desempenar 1	5,5	Transporte	39,5
Nº operários - 1	Rebarbar 1	3	Espera	45,5
	Virar 1	1,5	Sobre processamento	175
	Rebarbar 1	2	Movimento	1,5
	Transporte 1	3	Defeitos	
	Desempenar outro 1	6	Total de MUDA	261,5
	Rebarbar 1	2	Total tempos tirados	537,5
	Desempenar 1	5,5	%MUDA	49%
	Rebarbar 1	3		
	Virar 1	1,5		
	Rebarbar 1	2		
	Transporte 1	3		
	Transporte pano 7025438+7025440+7024625 (2)	0,5		
	Rebarbar 2	2		
	Desempenar 2	5,5		
	Rebarbar 2	3		
	Virar 2	1,5		
	Rebarbar 2	2		
	Transporte 2	3		
	Desempenar outro 2	6		
	Rebarbar 2	2		
	Desempenar 2	5,5		
	Rebarbar 2	3		
	Virar 2	1,5		
	Rebarbar 2	2		
	Transporte 2	3		
	...			
	Conjunto (1+2+7025446+7024396) (3)			
	Rebarbar conjunto 3*2+7025439 (4)	3		
	Medições	1,5		
	Desempenar 4	1,5		
	Medições	2		
	Soldar 7025435 (5) com tubo de ferramenta			
	Soldar 7025436 (6) com tubo de ferramenta			
	Soldar tudo do 4	56		
	Espera pela ponte	11		
	Pegar em 6 e encaixe	4		
	Medições	3		
	Preparar material	3		
	Soldar 6	5		
	Medições	2		
	Soldar 6	14,5		

Nota: A avaliação dos tempos dos muda considera o somatório das duas macro operações

Medições	4		Rebarbar	1,5
Espera pela ponte	4		Soldar	5,5
Tirar suporte/mesa da tourelle	6		Preparar material	1
Pegar em 5 e encaixe	5		Rebarbar	0,5
Medições e colocação de ferramenta	5,5		Soldar	1
Soldar 5	20,5		Preparar material	1
Marcações/limpeza	3		Rebarbar	2
Rebarbar 7025476 (7)*2	1,5		Soldar	2
Transportar 7	0,5		Preparar material	2,5
Ajustar máquina de soldar	8,5		Soldar	11,5
Soldar 2	0,5		Descanso	7
Tirar ferramenta	0,5		Soldar	2,5
Soldar	3		Espera pela ponte	2,5
Transporte tourelle	1,5		Mover tourelle/montar mesa	2,5
Preparar tourelle e operário	2,5		Colocar tourelle na mesa	1
Rebarbar	2		Preparar material	6
Soldar	2		Rebarbar	3
Transporte e soldar ferramenta	2		Soldar	3,5
Preparar ferramenta	2		Preparar material	1,5
Rebarbar	4		Rebarbar	1
Soldar	13		Soldar	8
Mudar de ferramenta devido a avaria	11		Tirar tubos debaixo da tourelle	2
Soldar	4,5		Soldar	10
Buscar ponte	1,5		Preparar material/limpeza	2
Virar tourelle	1,5		Soldar	4
Preparar material	11		Arrumar material/troca de turno	8
Rebarbar	2,5		Rebarbar	1,5
Soldar	7		Soldar	20,5
Preparar material	8,5		Descanso	1
Rebarbar	2,5		Rebarbar	0,5
Soldar	12,5		Soldar	5,5
Preparar material	1		Limpeza	2
Soldar	13		Rebarbar	1
Preparar ponte para virar tourelle	6,5		Soldar	4,5
Virar tourelle	3		Preparar material	3,5
Preparar material + descanso	10,5		Soldar	5
Rebarbar	1,5		Preparar material	1
Soldar	10		Rebarbar	2
Descanso	1,5		Soldar	2,5

## PRODUTO CHASSIS

	MACRO OPERAÇÃO OP9	T (min)	MUDA	Total(min)
Posto P1 - Formar chassi Nº operários - 2	Transportar PRS para mesa	1,5	Produção em excesso	
	Buscar material	1	Inventário	
	Marcações no PRS	3	Transporte	89
	Tirar solda	1,5	Espera	122
	Preparar material	2,5	Sobre processamento	245,5
	Rebarbar		Movimento	57
	...		Defeitos	
	Pousar PRS no banco		Total de MUDA	513,5
	Medições e marcações noutra PRS	9	Total tempos tirados	716
	Movimentar PRS para banco	1,5	%MUDA	72%
	...			
	Marcações no PRS e medições	4,5		
	Limpar banco	1		
	Transporte e encaixe do PRS	2		
	Transporte de mesa	3		
	Transporte de 7026391 (3) para mesa	1		
	Preparar material	2		
	Virar 3	1		
	Descanso	4		
	Rebarbar 3	1,5		
	Transporte e encaixe de 3	1		
	...			
	Conjunto 7025914 (8)+7024056 (4)*2+7024063 (6)			
	Soldar conjunto	2		
	...			
	Soldar arriere	1		
	Rebarbar	5,5		
	Preparar material	4		
	Rebarbar	3,5		
	Preparar material	1		
	Limpeza	1		
	Buscar ponte	2		
	Transporte de 7023954 (18) e encaixe	2,5		
	Preparar material	2,5		
	Limpeza	2		
	Preparar material	6		
	Buscar material	2		
	Preparar material	3		
	Soldar 18	4		
	Buscar ponte	5,5		
	Transporte arriere e encaixe	3,5		
	Encaixe arriere	3,5		
	Buscar ponte e ferramenta	5,5		
	Transporte ferramenta e encaixe	2		
	Ajuste de ferramenta para orelhas	2		
Transporte de orelhas e encaixe	3,5			
Transporte e encaixe de ferramenta	3,5			
Medições	3,5			
Colocação de ferramenta	2,5			
...				
Montar orelhas do arriere+ferramenta				
Soldar arriere	11,5			
Descanso	4			
Buscar ferramenta	5,5			
Rebarbar	1,5			
Mudar de ferramenta	1,5			
Rebarbar	1,5			
Soldar	4			
Corte e colocação de protecção nas orelhas (chapa)	7			
Preparar material	1			
Buscar ferramenta	3,5			
Preparar material	0,5			
Colocação de ferramenta	1			
Soldar	1			
Tirar ferramenta	7,5			
Buscar ferramenta	2			
Preparar material	0,5			

Soldar	3,5	Transporte e encaixe de 16	1,5
Colocar ferramenta e medições	2	Buscar ferramenta para 15 e 16	3
Preparar material	1,5	Encaixar e aparafusar	2
Rebarbar e medições	5,5	Paragem para ir a outro posto	3,5
Soldar	1,5	Ajustes	2,5
Colocar ferramenta	2,5	Soldar 15 e 16 com 9	2,5
Transportar ferramenta	3,5	Soldar 15 e 16 com PRS	10,5
Soldar	14	Desaparafusar ferramenta de 15 e 16	2,5
Buscar 2 suportes pequenos 7023962 e 2 médios 7026410	5,5	Buscar ponte	2
Rebarbar	3	Rebarbar argolas para 9	3
Limpeza/marcações	3	Medições	3
Descanso	1	Soldar argolas	1,5
Limpeza/marcações	1,5	Rebarbar 4 barras para 15 e 16	2
Colocação/soldar suportes pequenos	6	Descanso	4,5
Soldar suportes médios	3	Colocar e soldar acessórios	2,5
Preparar material	1	Arrumar material	13
Soldar suportes médios	3	Soldar 7023999 (8) à peça base do arriere 7023954 (18)	3,5
Rebarbar placa pequena 7025388	2	Paragem/troca de turno	8
Soldar/colocação/medições	3	Virar arriere	1
...		Comunicação entre operários	7
		Medições/marcações	4
Rebarbar dois 7024000 (11)	3	Desempenar arriere	12,5
Movimentar , encaixe e medições de 7024055 (12)	4,5	Arrumar material	2,5
Preparar material	4	Rebarbar tubo curva do arriere	2
Soldar 12	0,5	Soldar tubo	1,5
Preparar material	1	Preparar material	2,5
Encaixe e soldar peça esquerda	0,5	Rebarbar tubo	1
Endireitar e medir	1,5	Soldar tubo	2
Soldar 12	5	Rebarbar	1
Tirar peça pequena	1	Descanso	5,5
Descanso	4	Rebarbar tubo comprido	2
Soldar 12, endireitar e medir	6	Soldar 2 tubos	0,5
Preparar material	2	Rebarbar 2 tubos	1
Rebarbar 12 e PRS	1	Soldar	1,5
Buscar 7024007 (13)	1	Colocar tubo no arriere	
Transportar 13 para mesa	1		
Comunicação entre operários	4		
Preparar material	1	Transporte de 7024055 (12)	1
Nivelar PRSs e medições	3	Paragem/descanso	3
Paragem devido a peça defeituosa 13	7	Rebarbar 12	1,5
Ajustar solda do PRS	3	Virar 12	1
Arrumar material	3,5	Rebarbar 12	1,5
Descanso	0,5	Virar 12	2
Espera pela peça defeituosa 13	10,5	Rebarbar 12	1,5
Transportar 7024006 (15) e 7024005 (16) para mesa	2,5	Tirar 12	2,5
Virar 15 e 16	1,5	Rebarbar 2*7024000 (11)	4,5
Preparar material	1	Transporte e encaixe de 12	3
Rebarbar	0,5	Rebarbar dois 11	0,5
Preparar material e medições	4	Paragem/descanso	1
Soldar acessórios em 15	3	Rebarbar dois 11	1
Limpeza	24	Transporte e encaixe de 12	2,5
Soldar acessórios em 16	4	Preparação de solda	3,5
Soldar 15	1	Soldar 12	1
Transporte e encaixe de 13	3	Paragem/descanso	6
Preparar material	1,5	Medições	0,5
Soldar 13	0,5	Soldar 12	2,5
Limpeza	6	Medições	0,5
Medições	0,5	Soldar 12 e pés	5
Rebarbar PRS	1	....	
Espera pela ponte	3	7024007 (13) montado	
Transporte de 7023995 (9) e encaixe	1,5	Rebarbar 13	2
Medições	7,5	Medições	1
Soldar	4	Paragem/descanso	1,5
Preparar material	6	Espera da ponte	16
Soldar 9	5	Transportar 7023995 (9)	1
Tirar suportes	1	...	
Arrumar material	1,5	Rebarbar 7024006 (15) e 7023005 (16)	3,5
Buscar ponte	2,5	limpeza 15 e 16	1,5
Virar 15 e 16	2	Espera da ponte	3,5
Rebarbar PRSs	1	Virar 15 e 16	1,5
Transporte e encaixe de 15	1	Rebarbar 15 e 16	1

Transporte de 15	1
Transporte de 16	1
Transporte e encaixe de 15 e 16	3,5
Ajustes	4
Buscar ponte e dois pés	9
Transportar barra com dois pés	1,5
Soldar pés	1
Preparar pés e alinhar	2
Soldar pés	1
Preparação de material	1,5
Soldar pés	0,5
Medições	1
Soldar pés	0,5
Medições e soldar acessórios	8,5
Desengatar chassi do banco	4
Encaixe do 7024057 (14)	
Soldar 14	10,5
Arrumar material	3,5
Soldar acessórios	1,5
Levantar frente com ponte	1
Medições do arriere	3
Procura de ferramenta	1
...	
Montar asas do arriere	
Espera da ponte	4
Levantar chassi	1,5
Transporte asas	4
Descanso	14
Rebarbar asas	1,5
Preparar material	1,5
Encaixar asas e soldar	9
Acabou a formação --FIM	
<b>Parte do conjunto arriere</b>	
Transportar 7023956	1
Medições e marcações	2
Espera pela ponte	10
Transportar 7023955 e encaixe	6
Encaixe e medições	3,5
Soldar 2 chapas anteriores+7023960+7023961+2 moldes diferentes	4
Rebarbar	1

## PRODUTO CHASSIS

	MACRO OPERAÇÃO OP10	T (min)		MUDA	Total(min)
Posto P2/P3 - Soldar chassi Nº operários - 2	Soldar parte traseira entre 7023995 (9) e 7024007 (13)	5,5		Produção em excesso	
	Descanso	1		Inventário	
	Arranjar máquina de soldar	3		Transporte	2,5
	Soldar 7024006 (15) e 7024005 (16)	13		Espera	35
	Rebarbar	2,5		Sobre processamento	118
	Buscar ferramenta	1,5		Movimento	7
	Soldar 15, 16 e 7024055 (12)	6,5		Defeitos	
	Rebarbar	2,5		Total de MUDA	162,5
	Marcações e limpeza	2		Total tempos tirados	316
	Descanso	5,5		%MUDA	51%
	Soldar 12	6,5			
	Limpeza	1			
	...				
	Arriere				
	Desempenar orelhas do arriere	9,5			
	Arrumar/preparar material	5			
	Soldar orelhas	2	Só para 2 orelhas		
	Preparar material	2			
	Rebarbar orelhas	2			
	Soldar	6			
	Rebarbar/limpar	1			
	Preparar material	2			
	Soldar	2,5			
	Rebarbar/limpar	1			
	Descanso	1			
	Soldar	3			
	Limpeza	2			
	Rebarbar/limpar	1			
	Soldar	1,5			
	Preparar material	6			
	Soldar	12,5			
	Rebarbar	9			
	Soldar	6			
	Rebarbar/limpar	1,5			
	Descanso	2,5			
	Rebarbar/limpar	13,5			
	Soldar	10			
	Preparar material	1,5			
	Rebarbar/limpar	7,5			
	Soldar	1			
	Preparar material	6			
	Rebarbar/limpar	1			
	Soldar	3,5			
	Descanso	1			
	Rebarbar/limpar	2,5			
	Soldar	2,5			
	Descanso	4			
	Rebarbar/limpar	6			
	Preparar material	2,5			
	Soldar	10			
	Rebarbar/limpar	5			
	Soldar	3,5			
	Rebarbar/limpar	2			
	Soldar 7024057 (14)	5,5			
	Rebarbar/limpar 14	1			
	Preparar material	1			
	Rebarbar/limpar	2,5			
	Soldar	3			
	Descanso	3			
	Marcações solda	1			
	Descanso	5			
	Rebarbar/limpar	4,5			
	Soldar	9,5			
	Mudança de turno				
	....				
	Soldar dentro do PRS	2,5			
	Preparar material	2			

Virar chassi	0,5	
Preparar material	1	
Soldar	5	
Rebarbar	2	
Inspeccionar	1	
Rebarbar	1	
Espera para virar chassi	2	
Comunicação entre operários	3	
Virar chassi	1	
Preparar material	1,5	
Deslocação de operário	4	
Soldar 12 a 11	2,5	
Preparar material	7	
Soldar	1	
Rebarbar	1,5	
Preparar material	0,5	
Soldar	4	
Rebarbar	1	
Deslocação de operário	1,5	
Virar chassi	1	
Preparar material	3	
Soldar suporte do arriere	9	
Rebarbar	2	
Operário mudou de posto	7	

## PRODUTO CHASSIS

	MACRO OPERAÇÃO OP11	T (min)		MUDA	Total(min)
Posto P4 - Forrar chassi Nº operários - 1/2	Desempenar 7025914 (8) junto do PRS	9		Produção em excesso	31 28 64,5 10,5 134 215,5 62%
	Rebarbar PRS	3,5		Inventário	
	Rebarbar interior	2,5		Transporte	
	Transportar forra PRS	4	2 operários	Espera	
	Transporte e encaixe	1,5	2 operários	Sobre processamento	
	Colocação de 2 ferramentas nos buracos e acertar forra	2,5	2 operários	Movimento	
	Tirar ponte	1		Defeitos	
	Soldar forra	8,5		Total de MUDA	
	Transportar 4*7025387 (barras)	1,5		Total tempos tirados	
	Transportar material/ferramenta	1,5		%MUDA	
	Preparar material	3,5			
	Rebarbar 4 barras	2			
	Transportar material para outro posto	5,5			
	Rebarbar	1			
	Transportar ferramenta	2			
	Colocação de parafusos nas 2 barras com ferramenta	1,5			
	Medições	3			
	Soldar 2 barras	2			
	Retirar parafusos e ferramenta	1,5			
	Soldar 2 barras	1,5			
	Arrumar material	2,5			
	Virar chassis e retirar ferramentas dos buracos	2			
	Medições e preparar material	3,5			
	Desempenar 7025914 (8) junto do PRS	9			
	Preparar material	5,5			
	Rebarbar	0,5			
	Preparar material	3			
	Buscar ponte	2			
	Preparar material	1,5			
	Rebarbar forra	1,5			
	Transportar forra e ferramentas para buraco				
	Parou posto-operários para outros postos	20			
	Rebarbar 2 barras	1,5			
	Espera pela ponte	5,5			
	Transporte forra e ferramenta para buraco	1,5	2 operários		
	Colocação de ferramenta no buraco e acertar forra	5			
	Descanso	2,5			
	Soldar forra	2			
	Dificuldade em encaixar forra				
	Colocação de ferramenta de fixação	4	2 operários		
Soldar forra	1				
Retirar ferramentas	4				
Soldar forra	3,5				
Inspecionar	1				
Soldar	1				
Transportar ferramentas	0,5				
Buscar material	3				
Transporte e encaixe com parafusos da ferramenta nas 2 barras	2				
Inspecionar/receber instruções	5,5				
Soldar forra	3	2 operários			
...					
Soldar forra PRS	7				
Colocar ferramenta de medição	2	2 operários			
Soldar ferramenta PRS	0,5				
Preparar material	1				
Soldar PRS	1				
Preparar material	0,5				
Virar chassi	1,5				
Tirar ferramenta dos buracos do PRS	0,5				
Buscar tubos	0,5				
Transporte tubos	0,5				
Encaixe tubos	1				
Medições	3				
Soldar tubos	6,5				
Parou-operários mudam de posto					
Colocar acessórios					
...					

Transportar forra topo traseira 7023997	2,5	
Encaixar forra	4	
Buscar ponte	3	
Tirar forra	0,5	
Preparar material	1	
Rebarbar chapas 7023995 (9) e 7024007 (13)	1,5	
Transportar e encaixar forra	1,5	
Encaixe	2	
Tirar forra	0,5	
Rebarbar	1,5	
Transportar e encaixar forra	1	
...		
Soldar e rebarbar forra topo traseira 7023997	5,5	
Buscar material	2	
Preparar material	0,5	
Soldar 7024000 (11) com PRS	6,5	

## PRODUTO CHASSIS

	MACRO OPERAÇÃO OP12	T (min)	MUDA	Total(min)
Posto P5 - Posicionar Tourelle + montar orelhas Nº operários - 2	Tourelle posicionada		Produção em excesso	
	Transporte ferramenta e encaixe	1,5	Inventário	
	Encaixe	1,5	Transporte	18
	Medições e marcações	16	Espera	64,5
	Colocação de ferramenta e medições	6	Sobre processamento	158,5
	Comunicação entre operários	4	Movimento	22
	Medições	8	Defeitos	
	Medições / ajustes	15	Total de MUDA	263
	Preparar material	1	Total tempos tirados	427,5
	Inspeção	3,5	%MUDA	62%
	Transporte ferramenta	1,5		
	Colocação de arames dentro da tourelle para soldar	15		
	Inspeção e medições	5		
	Soldar interior	22		
	Comunicação entre operários	6		
	Soldar	4		
	Comunicação entre operários	2		
	Rebarbar	3		
	Buscar ferramenta	2		
	Descanso	1		
	Soldar	2		
	....			
	Transporte de gabari e colocação	2		
	Buscar ferramenta tubo	1		
	Transporte ferramenta tubo e encaixe no gabari	0,5		
	...			
	Uso do gabari para nivelar tourelle e orelhas e outras ferramentas			
	Medições e marcações	8		
	Espera de instruções	2		
	Dar instruções a operadores	4		
	Deslocar até à mecânica	3		
	Pegar em 4 orelhas e marcá-las	3		
	Transportar até aos mecânicos	0,5		
	Voltar para o posto na linha	3		
	...			
	Medições e marcações para rails no lado esquerdo da tourelle	16		
	Preparar material	2		
	Soldar rails	2		
	Medições	1		
	Soldar rails	1		
	Buscar material	1,5		
	Preparar material	1		
	Soldar rail mais pequeno	0,5		
	Buscar 2 argolas para lado esquerdo da tourelle	1		
	Rebarbar	1		
	Transporte das 2 argolas	0,5		
	Encaixe	0,5		
Soldar	2			
Preparar material	1			
Medições lado esquerdo da tourelle	1,5			
Soldar rail	0,5			
Buscar material	1			
Rebarbar 2 argolas	1			
Comunicação entre operários	1			
Transporte de argolas	0,5			
Soldar e encaixe	2			
Medições	1			
Soldar rail na frente da tourelle	2			
Medições na traseira	1,5			
Buscar 2 placas traseiras	0,5			
Preparar material	1			
Encaixe e soldar placas	3			
Nivelar/medidas	1,5			
Soldar	0,5			
Descanso	3			
Rebarbar	2			
Medições	3,5			

Encaixe e soldar argola central traseira	1	
Descanso/arrumar material	6	
Preparar material	3	
Buscar 2 chapas de suporte para tourelle	1,5	
Transporte das mesmas	1	
Medições e colocação de ferramenta no material	4	
Soldar peça lado direito	2,5	
Medições e colocação de ferramentas	2	
Soldar peça lado esquerdo	1,5	
Tirar ferramentas	1,5	
Descanso/arrumar material	4	
Preparar material	1	
Soldar chapa lado direito	4	
Soldar chapa lado esquerdo	4	
Transportar virador	2	
Encaixe virador	6,5	
Buscar e transportar outro virador	5	
Encaixe do virador	7	
Mudança de turno	22	
...		
2 operários p\soldar orelhas lado esquerdo e outro, direito		
Soldar 2 orelhas esquerdas	6	
Rebarbar	2	
Limpeza	0,5	
Comunicação entre operários	2	
Preparar material	2	
Descanso	3	
Comunicação entre operários	2,5	
Soldar	2,5	
Rebarbar	7	
Soldar	9,5	
Limpeza	5	
Buscar material para substituição	7,5	
Soldar	11	
Esperar por ferramenta	1	
Rebarbar	1	
Soldar	3	
Limpeza	1	
...		
Soldar chapa em forma de argola entre as orelhas	6	
Rebarbar	3,5	
Arrumar material	2	
Marcar solda	0,5	
Levantar, virar e pousar	6	
Preparar material	4	
Soldar Tourelle (2 operadores em simultâneo)	6,5	
Preparar material	1	
Soldar Tourelle (1 operador)	7	
Soldar Tourelle (2 operadores em simultâneo)	5,5	
Preparar material	2	
Soldar Tourelle (1 operador)	17	
Soldar Tourelle (2 operadores em simultâneo)	6,5	
Descanso	1	
Limpeza	1,5	
Soldar Tourelle (1 operador)	6,5	

## PRODUTO CHASSIS

	MACRO OPERAÇÃO OP13 e OP14	T (min)	MUDA	Total(min)	
Posto P6 - Posto Acabamentos, isolamento e controlo final Nº operários - 1/2+1 inspector para controlo	Acabamentos = rebarbagem de todo o chassi		Produção em excesso	25	
	Rebarbar/furar orelhas	3	Inventário		
	Usar ferramenta para inspeccionar buraco da orelha	2,5	Transporte		
	Rebarbar/furar orelhas	1,5	Espera		
	Usar ferramenta para inspeccionar buraco da orelha	1,5	Sobre processamento		
	Preparar material	1	Movimento		
	Rebarbar/furar	0,5	Defeitos		
	Usar ferramenta para inspeccionar buraco da orelha	1	Total de MUDA		25
	Preparar material	2,5	Total tempos tirados		119
	Rebarbar ferramenta	2,5	%MUDA		21%
	Usar ferramenta para inspeccionar buraco da orelha	2,5			
	Preparar material	1			
	Rebarbar/furar	1,5			
	Preparar material	1			
	Rebarbar	12			
	Preparar material	0,5			
	Rebarbar	4			
	Preparar material	1,5			
	Soldar orelha	0,5			
	Preparar material	1			
	Rebarbar	1			
	Preparar material	2,5			
	Soldar orelha	0,5			
	Rebarbar	4,5			
	Preparar material	4,5			
	Soldar	1			
	Preparar material	0,5			
	Rebarbar	1,5			
	Rebarbar com 2 operários	1			
	Preparar material	2,5			
	Rebarbar	2			
	Marcar/escrever identificação do chassi com ferramenta própria	7			
	Arrumar material	1,5			
Isolar partes maquinadas com 91 parafusos pequenos + 4 grandes	20				
Arrumar material	2,5				
Colocar 16 peça para isolar buracos					
Espera para controlo/inspeção					
Controlo/inspeção	25	Inspector			
Correcções se necessário					