

## **“EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO”**

**MARTIFER**  
ALUMÍNIOS

*Rui Miguel de Sousa Gonçalves: [em01067@fe.up.pt](mailto:em01067@fe.up.pt)*

### **Relatório do Projecto em Empresa**

Orientador na Martifer Alumínios: Engenheiro António Fernandes

Orientador na FEUP: Professor Doutor António Carvalho Brito



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro 2008

*Dedico este trabalho aos meus pais  
e irmãos por todo o apoio.*

## Resumo

O presente relatório, denominado “Eficiência do Sistema de Produção”, documenta o trabalho desenvolvido no âmbito da cadeira de Projecto do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica - opção Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O presente projecto foi desenvolvido na Martifer Alumínios, em Oliveira de Frades, entre 3 de Setembro de 2007 e 25 de Janeiro de 2008.

Após a Segunda Guerra Mundial, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo criaram, para a *Toyota*, os conceitos do *just-in-time*, *waste reduction*, *pull system* que, acrescidos a outras técnicas de introdução de fluxo, criaram o *Toyota Production System (TPS)*. Desde esse período, o *TPS* nunca parou de evoluir e de se aperfeiçoar.

James Womack sintetizou esses conceitos para formar o *Lean-Manufacturing*, enquanto que o *know-how* japonês difunde-se no Ocidente à medida que se torna evidente o sucesso das empresas que aplicam esses princípios e técnicas.

A história da organização e da gestão empresariais mostra de uma forma clara que as empresas têm sempre procedido a mudanças organizacionais de forma a responderem mais adequadamente às tendências e solicitações dos mercados, e a satisfazerem um conjunto cada vez mais exigente de requisitos.

É neste contexto que surge este projecto. Como uma ponte entre o mundo universitário e o empresarial partilhando assim conhecimentos que ambas as partes possuem, com o objectivo principal de melhorar a eficiência dos processos.

Este projecto possibilitou a aplicação de conhecimentos adquiridos durante a frequência do curso, o conhecimento da realidade de uma unidade industrial e o enriquecimento em termos técnicos e pessoais.

## Abstract

This project, called "Production System Efficiency" documents the final work under the Master in Mechanical Engineering, specialization in Production Management, Faculty of Engineering of the University of Porto.

This project took place at Martifer Alumínios in Oliveira de Frades.

After the Second World War, Taiichi Ohno and Shigeo Shingo created for Toyota, the concepts of just-in-time, waste reduction, pull system, which with the introduction of other flow techniques, created the Toyota Production System (TPS). Since that time, the TPS never stopped evolving and to improve.

By 1990, James Womack synthesized these concepts to create Lean Manufacturing, while the Japanese know-how spreads itself in the West as it became clear the success of companies applying these principles and techniques.

History of management and business organization shows clearly that companies have always carried out organizational changes in order to respond more adequately to the trends and demands of the markets, and meet a series of increasingly demanding requirements.

It is in this context that emerges this project, as a link between university and industry, by sharing the knowledge from both areas.

Apart from trying to achieve the goal of the project, improving the efficiency of processes, I had the opportunity to study the manufacturing processes and the existing equipment, acquire practical knowledge in all areas of manufacturing: cutting, machining and assembly.

I also took part of Engineering design for manufacture, which involves the drawings for approval by the customer, bill of materials, preparation of manufacture, tracking the manufacture and assembly's dossier. I had also the opportunity to visit the location where construction took place for measuring and observation of the final assembly.

## Agradecimentos

*Quero aqui expressar os meus agradecimentos a um conjunto de pessoas que me ajudaram durante a realização deste projecto, tornando-o aliciente e uma experiência enriquecedora.*

*Ao Professor Doutor António Carvalho Brito.*

*Ao Eng.º António Fernandes, pelo acompanhamento prestado e sugestões dadas no decorrer do estágio.*

*Aos colegas que ajudaram no decorrer do projecto na Martifer.*

*Ao amigo Sérgio Guedes Silva.*

# Índice

<b>1</b>	<b><i>Introdução</i></b> .....	<b>1</b>
1.1	<b>Apresentação da empresa Martifer Alumínios</b> .....	<b>1</b>
1.2	<b>Organização e Temas Abordados</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><i>Eficiência do Sistema de Produção</i></b> .....	<b>4</b>
2.1	<b>Descrição Técnica</b> .....	<b>4</b>
2.2	<b>Análise prévia</b> .....	<b>6</b>
2.2.1	As sete causas dos desperdícios .....	7
2.2.2	Remover os desperdícios.....	12
2.3	<b>Mapeamento dos fluxos / Cadeia de Valor</b> .....	<b>13</b>
2.3.1	Identificação dos Processos .....	13
2.3.2	Mapeamento dos Processos.....	17
2.3.3	Identificação da Cadeia de Valor e dos Desperdícios .....	19
2.3.4	Ordenamento de Prioridades.....	22
2.4	<b>Aplicação / Desenvolvimento</b> .....	<b>25</b>
2.4.1	Implementação dos 5S .....	25
2.4.2	Modificação do layout .....	33
2.5	<b>Acompanhamento / Resultados</b> .....	<b>47</b>
2.5.1	Análise dos Indicadores .....	47
2.6	<b>Conclusão</b> .....	<b>54</b>
2.6.1	Análise Critica .....	54
2.6.2	Objectivos realizados e Conclusão .....	55
<b>3</b>	<b><i>Preparação de Obra</i></b> .....	<b>57</b>
3.1	<b>Descrição técnica</b> .....	<b>57</b>
3.2	<b>Formação</b> .....	<b>58</b>
3.3	<b>Obra 4956 - Palacio de Congressos de Zaragoza</b> .....	<b>59</b>

3.3.1 Trabalho Proposto.....	61
3.4 Conclusão.....	73
4 Conclusão global.....	74
<b>Bibliografia.....</b>	<b>75</b>

# Índice de Figuras

FIGURA 1- EDIFÍCIO MARTIFER ALUMÍNIOS. ....	1
FIGURA 2- MÁQUINA DE CORTE A.....	13
FIGURA 3- MÁQUINA DE CORTE B.....	13
FIGURA 4- MÁQUINA DE MAQUINAGEM AUTOMÁTICA A. ....	13
FIGURA 5- MÁQUINA DE MAQUINAGEM AUTOMÁTICA B.....	13
FIGURA 6- GUILHOTINA. ....	14
FIGURA 7- QUINADORA.....	14
FIGURA 8- CALANDRA.. ....	15
FIGURA 9- CENTRO HIDRÁULICO.....	15
FIGURA 10- MESA CNC .....	15
FIGURA 11- MÁQUINA DE CORTE VERTICAL.. ....	15
FIGURA 12- PORMENOR DE FACHADA EM ALUCOBOND. ....	16
FIGURA 13- EDIFÍCIO COM FACHADA EM SISTEMA DE ALUMÍNIO. ....	16
FIGURA 14- EXEMPLO DE FACHADA TRADICIONAL COM 9 MONTANTES E 4 TRAVESSAS .....	18
FIGURA 15- FLUXO PRINCIPAL DE PRODUÇÃO.....	18
FIGURA 16- AS 5 ETAPAS DOS 5S .....	25
FIGURA 17- ANTES 5S. ....	32
FIGURA 18- DEPOIS 5S. ....	32
FIGURA 19- CLASSIFICAÇÃO POR LIGAÇÃO AO MERCADO. [2].....	37
FIGURA 20- CLASSIFICAÇÃO POR LIGAÇÃO AO MERCADO E TIPO DE PRODUÇÃO.[2] .....	38
FIGURA 21- REPRESENTAÇÃO DE UMA IMPLANTAÇÃO POR PROCESSO.[2] .....	39
FIGURA 22- REPRESENTAÇÃO DE UMA IMPLANTAÇÃO POR PRODUTO.[2] .....	40
FIGURA 23- POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DOS DIVERSOS TIPOS DE IMPLANTAÇÕES.[2] .....	41
FIGURA 24- LAYOUT ANTIGO. ....	42
FIGURA 25- LAYOUT ACTUAL. ....	43
FIGURA 26- COMPARAÇÃO: IMPLANTAÇÃO POR PROCESSO VS CÉLULAS DE FABRICO.[2] .....	44
FIGURA 27- REPRESENTAÇÃO DE UMA CÉLULA DE FABRICO.....	44
FIGURA 28- LAYOUT COM 2 CÉLULAS DE FABRICO.....	45
FIGURA 29- RECINTO EXPO ZARAGOZA 2008.....	59
FIGURA 30- MAQUETA DO PALÁCIO DE CONGRESSOS. ....	59
FIGURA 31- PALÁCIO DE CONGRESSOS, VISTA EM CORTE.....	60
FIGURA 32- ALÇADO ESTE. ....	61
FIGURA 33- ALÇADO OESTE. ....	61
FIGURA 34- DEPLOYÉ.....	62
FIGURA 35- ESTRUTURA METÁLICA.....	63

FIGURA 36- EXEMPLO DE UMA BARRA.....	63
FIGURA 37- PEÇAS DE AMARRAÇÃO.....	63
FIGURA 39- PLANO PARA APROVISIONAR.....	64
FIGURA 38- PEÇA DE AMARRAÇÃO A E B.....	64
FIGURA 40- ESTRUTURA SUPORTE DAS BARRAS.....	65
FIGURA 41- BARRAS E DEPLOYÉ.....	65
FIGURA 42- FIXAÇÃO DO DEPLOYÉ (EXEMPLO1).....	65
FIGURA 43- FIXAÇÃO DO DEPLOYÉ (EXEMPLO 2).....	66
FIGURA 44- FIXAÇÃO DO DEPLOYÉ (EXEMPLO 3).....	66
FIGURA 45- CLARABÓIA 13.....	67
FIGURA 46- CLARABÓIA 13.....	67
FIGURA 47- PORMENOR AMARRAÇÃO.....	68
FIGURA 48- ESTRUTURA METÁLICA.....	68
FIGURA 49- FACHADA INTERIOR E EXTERIOR.....	68
FIGURA 50- FACHADA INTERIOR, FACHADA EXTERIOR E CORTE TRANSVERSAL.....	69
FIGURA 51- ACESSÓRIOS.....	69
FIGURA 52- ACESSÓRIOS.....	70
FIGURA 53- PORMENOR A.....	70
FIGURA 54- PORMENOR B.....	70
FIGURA 55- FACHADA TRIDIMENSIONAL.....	71
FIGURA 56- MAPA DE VÃOS.....	72

# Índice de Tabelas

TABELA 1- PRODUÇÃO EM M <sup>2</sup> .....	17
TABELA 2- TEMPO DE FABRICO POR PRODUTO E POR PROCESSO.....	17
TABELA 3- PRESSUPOSTOS INICIAIS. ....	19
TABELA 4- CAPACIDADE POR PROCESSO. ....	19
TABELA 5- NECESSIDADES POR PROCESSO .....	19
TABELA 6- RELAÇÃO NECESSIDADE/CAPACIDADE POR PROCESSO.....	20
TABELA 7- TRABALHADORES POLIVALENTES NECESSÁRIOS.....	20
TABELA 8- TRABALHADORES ESPECIALIZADOS NECESSÁRIOS. ....	20
TABELA 9- SEQUÊNCIAS POSSÍVEIS. ....	23
TABELA 10- LOCAIS DE APLICAÇÃO DOS 5S.....	30
TABELA 11- CARACTERÍSTICAS POR TIPO DE PRODUÇÃO.[2].....	36
TABELA 12- IMPLANTAÇÃO POR PROCESSO: VANTAGENS E DESVANTAGENS.[2] .....	39
TABELA 13- IMPLANTAÇÃO POR PRODUTO: VANTAGENS E DESVANTAGENS.[2] .....	40

# 1 Introdução

## 1.1 Apresentação da empresa Martifer Alumínios

Desde os anos 90, a Martifer Alumínios vai construindo as metamorfoses no estilo e no design arquitectónico.



*Figura 1- Edifício Martifer Alumínios.*

Associada à concepção e desenvolvimento de fachadas em vidro, alumínio e painéis leves, a empresa tem por base os novos métodos de construção, bem como o uso de materiais inovadores, garantindo a qualidade máxima da arquitectura e a performance dos edifícios, preservando o meio ambiente.

A Martifer Alumínios oferece soluções que respondam às necessidades dos clientes através da colaboração com os arquitectos desde o design preliminar até ao projecto final.

O compromisso da Martifer Alumínios é estabelecer relações sólidas com os seus parceiros de modo a potenciar as vantagens resultantes da utilização das tecnologias mais vanguardistas.

Diversos tipos de projectos, nomeadamente:

- Aeroportos
- Escolas e Universidades
- Hospitais
- Hotéis
- Instalações Desportivas
- Superfícies Comerciais
- Edifícios Administrativos, de Habitação, Industriais

A Martifer Alumínios prima pela qualidade dos trabalhos que desenvolve, quer em soluções para estruturas complexas e tridimensionais, quer em trabalhos com um curto prazo de execução, nos quais são necessárias rapidez e eficiência acima da média.

Composta por uma equipa jovem e dinâmica trabalha com modernas tecnologias e avançados métodos de trabalho, tem uma alta taxa produtividade, com grande qualidade, eliminando desperdícios e não-conformidades.

A Martifer Alumínios é uma empresa que tem sempre na perspectiva a melhoria contínua.

## 1.2 Organização e Temas Abordados

O presente relatório encontra-se repartido em duas partes. A primeira parte expõe o trabalho elaborado sob o tema “Eficiência do Sistema de Produção”, a segunda parte descreve o trabalho realizado na “Preparação de Obra”.

Relativamente ao tema “Eficiência do Sistema de Produção”, capítulo 2; em cada subcapítulo é feita uma descrição da etapa do projecto, e desenvolvido o conceito para que seja possível a sua aplicação no contexto desta empresa.

As principais etapas são:

- Abordagem ao projecto;
- Análise da Martifer Alumínios;
- Exposição de alguns conceitos de *Lean Management*;
- Confronto dos conceitos com a realidade Martifer Alumínios;
- Análise do processo de melhoria da Martifer Alumínios;
- Conclusão e comentários finais.

No capítulo 3, “Preparação de Obra”, começa-se por fazer uma breve introdução e, de seguida, apresenta-se o trabalho realizado na empresa.

## 2 Eficiência do Sistema de Produção

### 2.1 Descrição Técnica

O projecto “Eficiência do Sistema de Produção” tem como objectivo principal a divulgação e desenvolvimento do *Lean Management*.

A filosofia do pensamento magro consiste num conjunto de conceitos e princípios que visam simplificar o modo como uma organização produz e entrega valor aos seus clientes enquanto todos os desperdícios são eliminados. A gestão baseada na filosofia *lean* procura melhorar o desempenho das organizações enquanto identifica os meios e as ferramentas para especificar o valor, alinhando as operações nele envolvidas, e conduzir processos e pessoas no sentido da melhoria contínua. Embora tenha as suas origens na indústria, nomeadamente no sistema de produção da Toyota, o *lean management* gradualmente tem sido aplicado à generalidade dos sectores de actividade, sendo actualmente um enorme desafio a sua aplicação aos serviços e ao sector público.

As organizações que se focalizam no *just-in-time (JIT)*, qualidade e responsabilização dos colaboradores são *lean producers*.

O sucesso exige o envolvimento total de todos os colaboradores e fornecedores da empresa.

O que fazem as empresas que adoptam o *Lean Manufacturing*?

- Utilizam as técnicas *JIT* para reduzir drasticamente os stocks;
- Organizam as operações de modo a ajudar os trabalhadores a produzirem bem à primeira vez;
- Reduzem as necessidades de espaço por minimizarem as distâncias entre operações;
- Desenvolvem relações estreitas com os seus fornecedores;

- Ensinam os fornecedores a assumirem a responsabilidade de satisfazer as suas necessidades;
- Reduzem continuamente os custos através da eliminação de actividades sem valor acrescentado;
- Desenvolvem os seus recursos humanos;
- Tornam o trabalho mais atractivo através da delegação de responsabilidades aos níveis inferiores da organização;
- Reduzem o número de funções e promovem a polivalência da sua força de trabalho.

## 2.2 Análise prévia

Existem diversas teorias sobre a forma como evitar desperdícios. Mas como ser eficiente nesta abordagem?

Quando se vêem materiais à espera de serem processados, podemos perguntar: “Porque é que este material está colocado ali? Necessitamos desta quantidade? Qual a quantidade mínima de peças/materiais necessária nesta altura para alimentar a operação-cliente?” É através deste tipo de perguntas em todos os locais e operações, no fluxo de produção, que se começa a ter noção onde está o desperdício. Se o processo ou operação não cria valor, então terão de se arranjar maneiras de se reduzir ou eliminar estas situações.

A combinação do processo e operações deve ser feita da melhor maneira para se conseguir entregar com a melhor qualidade, ao menor custo e no momento em que é necessário. À medida que vamos perguntando o propósito de cada processo ou operação, começamos a identificar as fontes de desperdício ou as de criação de valor. Se não é desperdício quer dizer que o que se faz é útil e cria valor. Desperdício são todas as actividades que aumentam o custo, o tempo e não criam valor. A criação de valor é qualquer actividade que transforma o produto em valor para o cliente.

Os clientes normalmente não querem pagar desperdícios, quaisquer que eles sejam. Mas, para poder eliminar os desperdícios, é necessário vê-los primeiro. Se não for possível identificar os desperdícios, será impossível eliminá-los.

### 2.2.1 As sete causas dos desperdícios

As sete categorias de desperdícios mais conhecidas foram identificadas por Shigeo Shingo no estudo que fez ao sistema de produção da Toyota (1989).

Assim, as sete formas de desperdícios são as seguintes:

1. **Excesso de produção** - Esta é a mais grave das sete categorias de desperdícios, é o oposto da produção *just-in-time*. Produzir mais do que necessário quer dizer fazer o que não é necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias. Porque é que isto acontece? As empresas têm muitas vezes produção a mais do que necessário devido à utilização de lotes elevados ou produção em massa.

Algumas das consequências de produzir a mais que o necessário são:

- Antecipação de compras de peças e materiais;
- Aumento dos *stocks*;
- Ocorrência de defeitos;
- Não há flexibilidade no planeamento.

As causas mais comuns deste tipo de desperdício são as seguintes:

- Grandes lotes de produção;
- Antecipação da produção;
- Incapacidade de se conseguir mudanças de ferramentas em pouco tempo;
- Criação de *stock* para compensar o número de peças com defeito

De maneira a equilibrar a capacidade com a procura sem produzir excesso é necessário implementar métodos de produção magra (*lean*). Exemplos:

- Trabalho programado;
- Postos de trabalho balanceados;
- Fluxo contínuo (peça-a-peça);
- Usar a produção puxada (*just-in-time*);
- Nivelar a produção, trabalhando em lotes pequenos, produção flexível;
- Mudança rápida de ferramentas.

2. **Esperas** - Refere-se quer às pessoas quer às máquinas que estão à espera. A necessidade de esperar pode ser causada por muitas razões, incluindo atrasos nos transportes, máquinas paradas, ou alguns trabalhadores que trabalham muito depressa ou devagar.

Causas comuns da inactividade:

- Fluxo obstruído;
- Equipamento com fraco *layout*;
- Problemas nos processos dos fornecedores;
- Capacidade não balanceada;
- Lotes de produção grandes.

Como eliminar a inactividade:

- Nivelamento da produção;
- *Layout* específico por produto;
- Mudanças rápidas de ferramentas;
- Balanceamento dos postos de trabalho.

3. **Transporte e movimentações** - Transporte é qualquer movimentação ou transferência de materiais, partes montadas, peças acabadas, de um sítio para outro por alguma razão.

Os sistemas de transporte e movimentação causam efeitos negativos. Eles usam espaço na fábrica, aumentam o tempo de fabrico e muitas vezes levam a que os produtos se estraguem. Não devemos eliminar todas as transferências de materiais, mas sim reduzir as distâncias e, deste modo, reduzir ou eliminar os *stocks*.

Para reduzir os transportes e movimentações é necessário corrigir *layouts*, alterar o planeamento das operações e optar por sistemas de transporte mais flexíveis (mais pequenos, rápidos e modulares).

Algumas das metodologias para reduzir ou eliminar o fluxo de transportes e movimentações são:

- Utilização de células de produção;
- Operadores flexíveis;

- Flexibilidade operacional;
  - Produtos modulares;
  - Uma maior taxa de utilização dos cavaletes, das empilhadoras, etc.
4. **Desperdício do processo** - Os desperdícios do processo referem-se a operações e a processos que não são necessários. Um aumento dos defeitos pode ser consequência de operações ou processos incorrectos. A falta de treino e/ou uniformização pode também provocar desperdícios de processo. Todos os processos geram perdas, contudo estas devem ser eliminadas ao máximo. Isto pode ser alcançado através de esforços de automatização, de formação de colaboradores ou, ainda, pela substituição de processos por outros mais eficientes.
5. **Stocks** - Denunciam a presença de materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica. Uma das melhores maneiras de encontrar desperdícios é procurar os pontos onde há tendência a existirem stocks. Escondida por detrás dos stocks pode estar uma variedade de causas que têm de ser analisadas.

Causas mais comuns dos *stocks*:

- Fraco *layout* dos equipamentos, o que origina armazenamentos ou transportes;
- Tempos de mudança de ferramenta (*setup*) longos;
- Existência de gargalos ou estrangulamentos na produção;
- Antecipação da produção;
- Problemas de qualidade;
- O processo anterior é mais rápido que o seguinte.

Como eliminar os stocks:

- Nivelamento da produção;
- Regulação do fluxo de produção;
- Produção puxada;
- Melhoria da qualidade dos processos;
- Mudança rápida de ferramentas.

6. **Defeitos** - A definição de desperdício inclui os defeitos ou problemas de qualidade. A estes estão também associados os custos de inspecção, resposta às queixas dos clientes e as reparações (*rework*). Os erros humanos criam defeitos. Quando os defeitos ocorrem, as queixas dos clientes aumentam. Esta é uma medida da taxa de defeitos. Quando os defeitos acontecem com alguma frequência, são aumentadas as inspecções para evitar que os defeitos passem para os clientes e os *stocks* aumentam para compensar as peças com defeito. Em consequência, a produtividade diminui e o custo dos produtos aumenta.

Causas dos defeitos:

- Ênfase na inspecção final;
- Ausência de padrões de inspecção;
- Ausência de padrões nas operações de fabrico e de montagem;
- Falhas humanas;
- Transporte e movimentação de materiais.

Formas mais comuns de eliminar os defeitos:

- Implementar operações-padrão;
- Presença de dispositivos de detecção de erros ou *error-proofing (Poka-Yoke)*;
- Construir qualidade em cada processo/operação;
- Produção em fluxo contínuo;
- Eliminar a necessidade de ter que movimentar peças e materiais;
- Automatizar determinadas actividades.

Para se reduzir os defeitos, a causa raiz tem que ser encontrada. A inspecção detecta peças com defeito, mas não é a solução para eliminar os defeitos.

7. **Trabalho desnecessário** - Refere-se ao movimento que não é realmente necessário para executar as operações. Ou é muito lento, ou muito rápido ou excessivo.

Causas comuns do trabalho desnecessário:

- Operações isoladas;
- Desmotivação das pessoas;

- Mau *layout* de trabalho;
- Falta de formação;
- Capacidades e competências não desenvolvidas;
- Instabilidade nas operações.

Formas de eliminar o trabalho desnecessário:

- Gradualmente conseguir um fluxo contínuo de produção;
- Promover a uniformização das operações de trabalho;
- Apostar na formação e treino de colaboradores.

Muitos dos movimentos que fazemos podem não ser necessários, o trabalho é o movimento que se faz para criar valor ao produto. Os movimentos que não criam valor são desperdício.

Trabalho é a actividade de criação de valor na fábrica. É tudo o que não seja desperdícios. Então, quando não se conseguem ver os desperdícios, temos que identificar todas as operações que criam valor. Tudo o resto é desperdício.

Nesta pesquisa de tudo o que não se vê, começa-se primeiro por olhar para três coisas bem reais: a fábrica, os factos e o trabalho. Depois deve-se perguntar “o quê?”, ou seja perguntar o que é a operação. Segue-se a pergunta “porquê?” - perguntar porque é que a operação é necessária para revelar os problemas escondidos. Perguntar “porquê?” pelo menos cinco vezes para identificar as causas-raiz.

Tudo o que não é desperdício é criação de valor. Uma vez identificado o que é essencial na operação, podem-se identificar todos os desperdícios na operação que se podem eliminar, ficando somente as operações que criam valor.

### **2.2.2 Remover os desperdícios**

Primeiro é preciso ter a atitude necessária, ou seja, é necessário ter a habilidade para ver os desperdícios. Os desperdícios são difíceis de se encontrar quando se querem encontrar. É importante que se compreenda que um dos objectivos de descobrir os desperdícios é no sentido de eliminar a frustração no trabalho.

Existem quatro métodos que se podem usar para manter um ambiente de produção livre de desperdícios:

- Uniformização das operações, processos e materiais;
- Utilização de controlos visuais de forma a facilitar as operações, o seu controlo e a comunicação;
- Auditorias aos processos para revelar problemas e estrangulamentos;
- Os 5W e 1H (Why?, What?, Who?, Where?, When?, How?)

O primeiro objectivo da uniformização é criar e manter o processo livre de desperdícios. A uniformização quer dizer estabelecer procedimentos padrão para todas as operações, de maneira que qualquer pessoa consiga compreender e utilizar. Os padrões têm que ser criados e documentados, têm que ser comunicados e regularmente revistos.

## 2.3 Mapeamento dos fluxos / Cadeia de Valor

### 2.3.1 Identificação dos Processos

A parte fabril da Martifer Alumínios está dividida em duas vertentes: os Sistemas de Alumínio e os Revestimentos.

Nos Sistemas de Alumínio o processo de fabrico começa nas máquinas de corte A e B da figura 2 e 3. O operador da máquina só tem que introduzir o perfil na posição correcta, depois a máquina corta com um determinado ângulo que está inserido na máquina.



*Figura 2- Máquina de corte A.*



*Figura 3- Máquina de corte B.*

Como se pode ver pela figura 2 e 3, os perfis colocados na parte detrás da máquina são sobras reutilizáveis. Como existe uma grande variedade de perfis, estes estão organizados na vertical.



*Figura 4- Máquina de maquinagem automática A.*



*Figura 5- Máquina de maquinagem automática B.*

A próxima etapa é a maquinagem automática com múltiplas ferramentas, máquinas A e B. Normalmente, aqui fazem-se os entalhes e rasgos para aplicação das dobradiças, fechaduras e furos de fixação para fixar o vão à parede.

A secção seguinte a esta é a maquinagem manual. Na maior parte das vezes, na maquinagem manual são feitos os trabalhos que não puderam ser feitos nas máquinas automáticas e é aqui que se aplicam as fechaduras, dobradiças, compassos, muletas, tacos, etc.

Por fim a secção da montagem interna. Na montagem interna aplica-se o resto dos acessórios, como por exemplo os esquadros, os vedantes, e faz-se a montagem do vão que pode ser uma porta de correr ou de abrir, uma janela oscilo-batente ou basculante, etc. Na parte final da montagem coloca-se os bites cortados à medida e de seguida limpa-se e embala-se o vão que é colocado na zona de produto acabado.



*Figura 6- Guilhotina.*



*Figura 7- Quinadora.*

Nos Revestimentos, o processo começa no corte de chapa na guilhotina da figura 6. Estando a chapa cortada à medida, podemos passar ao processo seguinte que é a quinagem utilizando a quinadora da figura 7. A quinagem é um processo de deformação plástica de chapa. O princípio de funcionamento de uma quinadora é muito semelhante ao de uma prensa hidráulica.

Existem diferentes modos de efectuar a quinagem, caracterizando-se a operação, no essencial, pela geometria das ferramentas e também pelo modo como a chapa é solicitada entre o cunho e a matriz.

Outro processo nos Revestimentos é a Calandragem (figura 8). A calandragem é um processo tecnológico que é utilizado para enformar chapas, barras, perfis ou tubos em geometrias variadas, fazendo passar o material entre um conjunto de rolos convenientemente posicionados.



*Figura 8- Calandra.*



*Figura 9- Centro hidráulico.*

O centro hidráulico da figura 9 é utilizado para peças de dimensão reduzida.

Para materiais como o *Alucobond*, o processo de fabrico começa no centro de maquinagem da chapa (figura 10). A seguir ao processo de maquinagem vem a dobragem e o reforço que são processos feitos manualmente.



*Figura 10- Mesa CNC.*



*Figura 11- Máquina de corte vertical.*

Na figura 11 podemos observar outro material usado nos Revestimentos, o *painel sandwich*, a ser cortado pela máquina de corte vertical.

Após a recepção, inspecção e armazenamento, em grande parte dos produtos fabricados, os processos seguintes são:

Nos Revestimentos:

*Alucobond:*

- Corte;
- Maquinagem;
- Quinagem;
- Dobragem, colocação de Reforços e Embalamento.

Chapa:

- Corte;
- Quinagem.

Nos Sistemas de Alumínio:

- Corte;
- Maquinagem Automática;
- Maquinagem Manual;
- Montagem.



*Figura 12- Pormenor de fachada em Alucobond.*



*Figura 13- Edifício com fachada em Sistema de Alumínio.*

### 2.3.2 Mapeamento dos Processos

Os Sistemas de Alumínio são a vertente mais importante da produção. Dentro destes podemos separar três tipos de produtos: as fachadas, a caixilharia e outros.

Tabela 1- Produção em m<sup>2</sup>.

	Fachadas	(%)	Caixilharia	(%)	outros	(%)	Total
2006	47806	63,9%	16719	22,4%	10276	13,7%	74801
2007	60078	73,9%	14746	18,1%	6469	8,0%	81293

Como se pode ver pela Tabela 1, as fachadas têm maior relevo na produção.

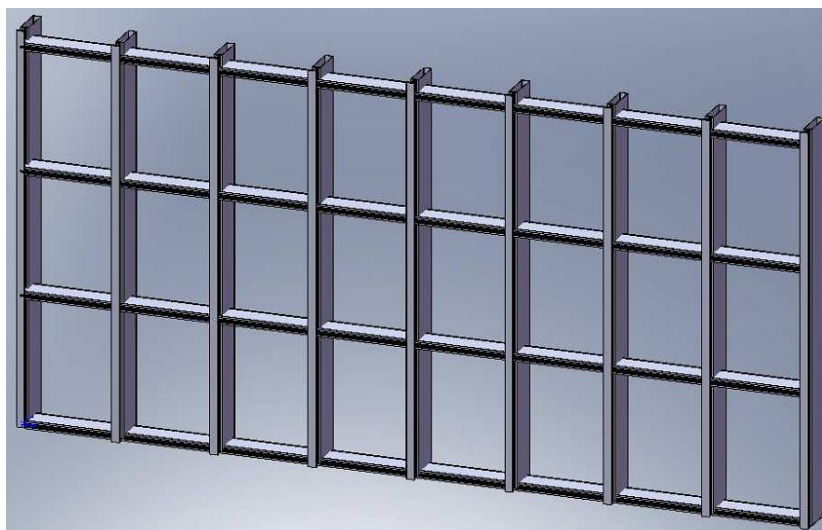
Existem vários tipos de fachadas:

- Fachada Tradicional;
- Fachada Banda Horizontal;
- Fachada Banda Vertical;
- Fachada SG;
- Fachada VEC;
- Fachada VEB.

Consideremos os seguintes tempos de fabrico por processo para uma fachada tipo com 12 montantes e 2 travessas.

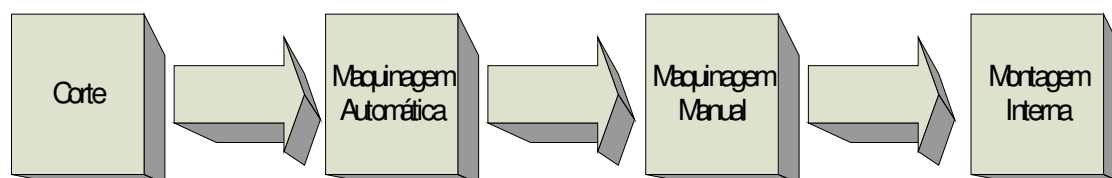
Tabela 2- Tempo de fabrico por produto e por processo.

Produto	Processo				t Total (min)
	t CORTE (min)	t MAQ. AUTOMATICA (min)	t MAQ. MANUAL (min)	t MONTAGEM INTERNA (min)	
TRADICIONAL	596,5	633,0	400,3	1650,0	3279,8
B. HORIZONTAL	574,5	425,0	336,5	1239,0	2575,0
B. VERTICAL	435,4	445,0	346,0	1511,0	2737,4
SG	446,0	401,0	292,0	2441,0	3580,0
VEC	492,0	447,0	314,0	2234,0	3487,0
VEB	414,0	346,0	290,0	1533,0	2583,0



*Figura 14- Exemplo de Fachada Tradicional com 9 montantes e 4 travessas*

O tipo de fachada Tradicional é a mais produzida, iremos considerá-la para uma análise crítica.



*Figura 15- Fluxo principal de produção.*

### 2.3.3 Identificação da Cadeia de Valor e dos Desperdícios

Considerando para análise o principal produto de fabrico, a Fachada Tradicional, determinamos os seguintes dados:

*Tabela 3- Pressupostos iniciais.*

<b>Semanas/Mês</b>	4
<b>Horas/Dia</b>	8
<b>Dias/Mês</b>	20
<b>Absentismo</b>	2,00%

<b>Processo</b>	<b>CORTE</b>	<b>MAQ. AUTO.</b>	<b>MAQ. MANUAL</b>	<b>MONTAGEM INTERNA</b>
<b>nº de trabalhadores</b>	2	2	8	12

<b>Produto</b>	<b>Processo</b>				<b>t Total (min)</b>
	<b>t CORTE (min)</b>	<b>t MAQ. AUTOMÁTICA (min)</b>	<b>t MAQ. MANUAL (min)</b>	<b>t MONTAGEM INTERNA (min)</b>	
TRADICIONAL	596,5	633,0	400,3	1650,0	3279,8

Existem 24 trabalhadores para estes 4 processos.

*Tabela 4- Capacidade por processo.*

<b>Processo</b>	<b>Capacidade (semanas)/mês</b>
<b>Corte</b>	8
<b>Maquinagem Auto.</b>	8
<b>Maquinagem Manual</b>	32
<b>Montagem Interna</b>	48

Para uma procura de 35 fachadas/mês:

*Tabela 5- Necessidades por processo*

<b>Processo</b>	<b>Necessidades (semanas)/mês</b>
<b>Corte</b>	8,7
<b>Maquinagem Auto.</b>	9,2
<b>Maquinagem Manual</b>	5,8
<b>Montagem Interna</b>	24,1

Tabela 6- Relação Necessidade/Capacidade por processo.

Processo	Necessidades/Capacidade
Corte	108,7%
Maquinagem Auto.	115,4%
Maquinagem Manual	18,2%
Montagem Interna	50,1%

O *bottleneck* do sistema é a Maquinagem Automática. Se este for eliminado, para o mesmo nível de produção, haverá um segundo *bottleneck*, a máquina de corte.

Para se resolver o problema do *bottleneck* podem-se propor várias soluções:

1. Os trabalhadores realizarem trabalho por turnos.
2. Realizar manutenção preventiva.
3. Utilizar técnicas que permitam uma mudança mais rápida de série. A técnica *Single Minute Exchange of Die (SMED)* pode ser uma boa opção.

Tabela 7- Trabalhadores polivalentes necessários.

Processo	Necessidades (semanas)/mês
Corte	8,7
Maquinagem Auto.	9,2
Maquinagem Manual	5,8
Montagem Interna	24,1
<b>TOTAL</b>	<b>47,8</b>
Nº Trabalhadores necessários	12,2

Se considerarmos que todos os trabalhadores são polivalentes, ou seja, que podem executar todo o tipo de funções, são necessários 13 trabalhadores.

Tabela 8- Trabalhadores especializados necessários.

Posto	Necessidades (semanas)/mês	Nº Trabalhadores	Nº Trabalhadores Real
Corte	8,7	2,2	3
Maquinagem Auto.	9,2	2,4	3
Maquinagem Manual	5,8	1,5	2
Montagem Interna	24,1	6,1	7
Nº de trabalhadores necessários		15,0	

Se cada trabalhador só puder realizar uma dada função, serão necessários 15 trabalhadores.

Será vantajoso para a Martifer Alumínios dar formação aos trabalhadores para que se tornem capazes de operar diferentes máquinas e de realizar diversas operações.

### 2.3.4 Ordenamento de Prioridades

Na Martifer Alumínios, as ordens de produção são enviadas para o espaço fabril com as respectivas datas de entrega e planos de processo (inclui informação como as sequências de fabrico, que máquinas utilizar, tempos de processamento, etc.). Essas ordens têm de ser processadas nos postos de trabalho nas sequências previstas. O processamento das ordens é muitas vezes atrasado porque os postos de trabalho estão ocupados ou porque entretanto chegaram ordens de fabrico com maior prioridade. Há também o problema das avarias inesperadas de máquinas que podem por em causa o cumprimento dos programas. Outros problemas como tempos de processamento maiores do que o previsto podem produzir atrasos.

Se os materiais necessários não estiverem disponíveis nos momentos previstos também tem como consequências atrasos e programação da produção ineficiente.

#### 2.3.4.1 Complexidade do problema

O caso mais simples deste tipo de problemas é o da ordenação de  $n$  entidades (lotes, peças, produtos ou componentes) em máquina ou processador único. O número de soluções possíveis é neste caso de  $n!$ . Por outro lado o caso mais complexo é o caso de uma oficina de fabrico com  $m$  máquinas e  $n$  entidades. Neste último caso o número de soluções possíveis é de  $(n!)^m$ . A tabela seguinte mostra de que forma varia o número de sequências possíveis com a variação do número de entidades e número de máquinas numa oficina de fabrico.

Tabela 9- Sequências possíveis.

nº de entidades (n)	nº de máquinas (m)	nº de soluções
5	1	120
5	3	1.7 milhões
5	5	25.000 milhões
10	10	$3.96 \times 10^{65}$

Como se pode observar pela tabela acima, o número de sequências cresce para números extremamente elevados mesmo para problemas relativamente pequenos de programação da produção.

#### 2.3.4.2 Procedimentos gerais de programação da produção

##### 2.3.4.2.1 Regras de prioridade

Uma regra de prioridade é uma regra que estabelece a prioridade com que serão processadas as entidades que esperam para ser processadas numa máquina. O esquema de prioridade pode estar relacionado com atributos das entidades, atributos das máquinas, ou também relacionado com o tempo actual. Quando uma máquina completa o processamento de uma entidade, é a regra de prioridade que selecciona, da lista de espera, a entidade com a prioridade mais alta.

Ficam aqui exemplos de algumas regras de prioridade:

- **RANDOM (Random):** Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento uma entidade aleatoriamente. Não há objectivo nenhum em otimizar qualquer medida de desempenho.
- **EDD (Earliest Due Date):** Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade com a data de entrega mais cedo. Esta regra tende em minimizar o atraso máximo entre as entidades da fila de espera. Nos casos de máquina única, esta regra garante encontrar o menor atraso máximo.

- **SPT (*Shortest Processing Time*)**: Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade com menor tempo de processamento nessa máquina. Em problemas de máquina única esta regra garante o menor tempo de percurso médio.
- **LPT (*Longest Processing Time*)**: Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade com maior tempo de processamento nessa máquina.
- **FCFS (*First Come First Served*)**: Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade que mais cedo chegou à fila de espera respectiva. Esta regra garante que nenhuma entidade fica eternamente na fila de espera, ao contrário das duas regras anteriores que em casos extremos não dão esta garantia.
- **MWKR (*Most Work Remaining*)**: Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade cujo somatório dos tempos de processamentos nas operações a efectuar (nessa e nas próximas máquinas) é maior.
- **LWKR (*Least Work Remaining*)**: Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade cujo somatório dos tempos de processamentos nas operações por efectuar, é menor.
- **MOPNR (*Most Operations Remaining*)**: Quando uma máquina fica livre, de todas as entidades na fila de espera respectiva, é seleccionada para processamento a entidade com maior número de operações por efectuar.

## 2.4 Aplicação / Desenvolvimento

### 2.4.1 Implementação dos 5S

Uma das Técnicas de Melhoria com maior visibilidade e participação é os 5S.

Os 5S são uma metodologia que visa melhorar a organização de qualquer posto de trabalho.

É constituída pelas 5 etapas descritas na figura 13.



Figura 16- As 5 etapas dos 5S

Esta metodologia tem como principal objectivo organizar os postos de trabalho, de forma a aumentar a produtividade do trabalho e diminuir os desperdícios associados aos processos do trabalho.

As vantagens de trabalhar num local organizado são óbvias e o impacto de uma campanha 5S numa organização é a mentalização dessas mesmas vantagens.

Para isso foi dada uma formação que era composta pelas etapas a seguir descritas. De início, explicou-se em que é que consiste a metodologia e principais benefícios, depois, identificou-se os principais objectivos de cada uma das fases dos 5S.

## Etapas da Formação:

### **O Que são 5S? [1]**

Os 5S é uma Técnica de Melhoria originária do Japão, que tem o seu significado em 5 expressões japonesas e que procura organizar os postos de trabalho, de forma a aumentar a produtividade do trabalho e diminuir os desperdícios associados aos processos do trabalho, sendo os seus princípios os seguintes:

- Triagem “Seiri”
- Arrumação “Seiton”
- Limpeza “Seiso”
- Normalização “Seiketsu”
- Disciplina “Shitsuke”

Os 5S, baseiam-se numa máxima fundamental: Para tudo existe o local mais adequado e tudo deve estar no seu local.

### **Quando se Utiliza e Principais Benefícios**

Habitualmente, quando se fala em 5S, a primeira ideia que é associada é o da Higiene e Segurança, já que, erradamente, limita-se a aplicação dos 5S apenas à arrumação dos postos de trabalho.

No entanto, os objectivos e fundamentos dos 5S, vão muito mais além do que uma simples arrumação e limpeza dos locais de trabalho.

Na verdade, os 5S focalizam a sua atenção na organização dos locais de trabalho - postos de trabalho, armazéns, etc. - de forma a simplificar os postos de trabalho, reduzir o desperdícios, eliminar os níveis desadequados de stock e as actividades que não acrescentam valor ao produto, na perspectiva do cliente, melhorando os aspectos da qualidade, produtividade e segurança.

Temos então que a Técnica dos 5S, não deve ser vista como apenas uma limpeza e arrumação dos postos de trabalho, já que a sua utilidade vai muito para além disso, podendo até referir-se que a limpeza é um pretexto para se analisar os processos, com o intuito de os melhorar.

Como se pode ver na técnica dos 5S, pretende-se criar zonas e locais de trabalho que permitam um fácil controlo visual e potenciem a gestão com base na filosofia *Lean*, isto é, eliminação de desperdícios, aumentos de produtividade e aumento das tarefas com valor para o cliente.

Em termos de benefícios que as empresas podem ter com a aplicação dos 5S, podemos referir os seguintes:

- Permite uma rápida visualização dos problemas;
- Permite aumentar a eficiência no trabalho;
- Permite reduzir os desperdícios, os tempos de execução e movimentação, logo os custos;
- Cria a disciplina para conseguir a standardização dos trabalhos;
- Permite aumentar a segurança nos postos de trabalho;

A metodologia dos 5S, quer pelo nível de participação alargado de colaboradores, quer pelo proporcionar de rápidos e visíveis resultados é uma das ferramentas geralmente usadas numa fase inicial de um processo de implementação de projectos *Lean*, já que vai permitir a todos os colaboradores envolvidos no processo, visualizarem os desperdícios, o que é um passo fundamental para a melhoria, com base na filosofia *Lean*.

Iremos agora, identificar os principais objectivos de cada uma das fases dos 5S.

### **1º S - Triagem**

O primeiro S focaliza a sua atenção na eliminação dos itens desnecessários. Uma das metodologias mais utilizadas para esta fase chama-se a colocação de etiquetas vermelhas, nos itens que não são necessários para a conclusão das tarefas.

Com a colocação das etiquetas vermelhas, pretende-se identificar de uma forma rápida, fácil e de grande visibilidade, os itens ou bens que, à partida, não terão utilidade num determinado local e que podem ser deslocados para outras zonas.

Podemos apresentar como exemplos destes casos a existência de excessos de matérias-primas e produtos em vias de fabrico em inventário, armários, equipamentos e ferramentas desarrumados, mobiliário desnecessário, etc.

Todos estes itens não indispensáveis, são colocados num armazém temporário, o qual serve para avaliar da utilidade no futuro dos bens com etiqueta vermelha.

Nesta fase as principais tarefas e questões a responder são basicamente duas: procurar e identificar itens desnecessários e deslocá-los numa área temporária e deixar apenas o essencial, removendo os itens desnecessários e/ou em excesso.

## **2º S - Arrumação**

Depois de uma primeira arrumação dos locais de trabalho, com a retirada de tudo que não é indispensável para a realização das tarefas, procede-se à criação de uma nova metodologia de organização dos postos de trabalho.

O que se pretende nesta fase, é repensar toda a forma de trabalho, com a perspectiva de aumentar a produtividade de trabalho, eliminando perdas de tempo e de eficácia, através das seguintes tarefas:

- Identificar a melhor localização para os restantes itens (os necessários), para que possam facilmente ser utilizados e arrumados;
- Organizar a forma de os manter;
- Garantir a sua fácil localização e uso por todos;
- Conseguir fazer de uma forma visual fácil, que todos se apercebam quando algum item não está no local
- Definir limites para stocks;
- Definir e implementar indicadores para monitorizar a situação;

As principais questões que os intervenientes nas tarefas devem colocar são:

- a) O que é que eu necessito para a minha tarefa?
- b) Onde devo colocar os itens necessários?
- c) Qual a quantidade desses itens que necessito?

## **3º S - Limpeza**

Neste momento, os locais ou postos de trabalho, encontram-se devidamente organizados, em termos de terem apenas o que é necessário, nas quantidades necessárias e com uma perspectiva de aumentar a rentabilidade do trabalho.

O passo a seguir consiste em efectuar uma limpeza a fundo, bem como criar metodologias de controlo para que as condições de limpeza e arrumação se mantenham.

Para além das tarefas normais de limpeza, nesta fase deve-se também procurar analisar se os equipamentos se encontram em condições de uso, por exemplo manutenções, calibrações, aferições, etc.

#### **4º S - Normalização**

No final da terceira etapa da metodologia dos 5S, poderá ter-se a sensação que o mais difícil foi conseguido, já que se dispõe das condições óptimas para desenvolver o trabalho.

No entanto, existe ainda um longo caminho a percorrer, já que se não forem definidas regras e metodologias para sistematizar a manutenção do trabalho inicial, a empresa poderá correr o risco de voltar à situação inicial.

Assim, a quarta fase dos 5S, vai centrar-se na definição de uma metodologia que permita manter e controlar os 3 primeiros S,

Como forma de exemplo é necessário definir por escrito os aspectos a controlar, de forma a que se possam atingir os objectivos traçados, sejam eles:

- a) Definição de níveis de stocks mínimos;
- b) Periodicidade para limpar os postos de trabalho;
- c) Datas para a identificação dos destinos a dar aos itens desnecessários;

#### **5º S - Disciplina**

A última fase dos 5S, consiste na necessidade de um trabalho contínuo, para que os esforços e recursos com a metodologia dos 5S seja mantida na empresa, cada vez com mais e melhores resultados.

Nesta última fase, as principais preocupações são:

- a) Assegurar a manutenção da aderência da metodologia dos 5S através de comunicação, formação e auto-disciplina;
- b) Assegurar que os 5S se tornem o hábito de toda a gente.

Para que todo o trabalho desenvolvido até esta fase não seja desperdiçado, torna-se necessário definir um sistema de medição e monitorização das novas regras e práticas, para que se consiga saber quando as situações estão fora do que estava definido e esperado.

Para atingir este objectivo torna-se necessário que sejam definidos planos de trabalho para os 5S, com objectivos claro e determinar uma forma de comunicação dos benefícios e progressos dos 5S a toda a organização.

### Aplicação dos 5S na Martifer Alumínios

Após a análise da fábrica em geral e dos postos de trabalho em pormenor, ficou clara a necessidade de aplicação dos 5S.

Podemos observar nas figuras seguintes exemplos onde é bem visível que a aplicação desta técnica irá proporcionar a curto prazo alguns benefícios.

*Tabela 10- Locais de aplicação dos 5S.*

	Desperdícios e materiais fora do sítio		Caixotes do lixo, junto aos Big-Bag
	Caixa de varão fora do sítio e perigo de queda.		Contentor de sucata a impedir a passagem
	Extintor a servir de cabide		Chapas de sucata encostadas aos Big-Bag
	Aquecedor fora do sítio		Extintor obstruído

	<b>Frigorífico e águas deveriam estar nouro lugar</b>		<b>Vassouras sem sitio definido</b>
	<b>Chapa a tapar as tomadas eléctricas</b>		<b>Mangueira de ar comprimido desenrolada</b>
	<b>Balde de limalha em cima das linhas</b>		<b>Desarrumação da bancada de trabalho</b>
	<b>Carro de chapas no local de passagem junto a bancada de trabalho</b>		<b>Tábuas fora do sitio</b>
	<b>Material para reaproveitar fora do sitio</b>		<b>Armário desarrumado</b>
	<b>Armário azul desarrumado e com óleo</b>		<b>Alicata em cima da máquina</b>



*Figura 17- Antes 5S.*



*Figura 18- Depois 5S.*

## **Conclusão**

Como se pode ver, a técnica dos 5S é muito mais do que uma simples limpeza dos locais de trabalho e tem muito mais a ver com aspectos de análise e melhoria dos processos, com o objectivo de eliminar e corrigir o que de menos positivo se encontra nos diversos processos de trabalho, do que com uma simples tarefa de arrumar.

É uma técnica que pela sua grande abrangência, pode ser utilizada em qualquer tipo de empresa ou actividade, quer seja nas áreas fabris, quer seja nas áreas administrativas, já que em todas elas existem processos, com possibilidades e necessidades de melhoria.

No caso particular do Projecto desenvolvido, a nota dominante em termos de 5S foi a aplicação dos três primeiros fundamentos da lista atrás explicitada, com particular destaque para a eliminação de desperdícios. Este ponto em particular assume destaque na medida em que a eliminação de desperdícios é essencial para melhorar a eficácia do trabalho, aumentando assim a parte do valor acrescentado.

### **2.4.2 Modificação do layout**

A implantação ou *layout* de um sistema produtivo é a forma como esse sistema produtivo está organizado no espaço físico: a forma como estão dispostas as máquinas, os armazéns, como estão dispostos os sistemas de transporte, etc.

Tem a ver com a disposição espacial dos meios intervenientes num processo produtivo.

A circulação de materiais pode constituir uma grande fonte de custo porque induz custo sem benefício para o produto.

Actividades que envolvem movimentação de materiais e pessoas:

- Transporte de materiais do armazém para a oficina;
- Transporte de materiais entre postos de trabalho, entre oficinas ou entre sistemas produtivos;
- Cargas ou descargas de veículos de transporte;
- Deslocações de operários até às ferramentas;
- etc.

#### **Objectivos do estudo das Implantações:**

Aumentar a produtividade graças a uma melhor utilização dos meios produtivos.

Uma boa implantação provocará:

- Utilização mais eficiente das instalações e do equipamento;
- Economia de mão-de-obra;
- Redução do ciclo de produção;
- Maior flexibilidade dos meios de produção.

### Uma implantação deficiente provocará:

- Ineficácia na laboração da fábrica, devido a:
  - Pouca eficiência na utilização da mão-de-obra qualificada;
  - Fadiga inútil em transportes desnecessários;
  - Dificuldade no controlo da progressão da produção;
  - Paragens no fabrico por falta de materiais, de ferramentas e de consumíveis;
- Aumento do tempo de Produção e do custo dos produtos, devido a:
  - Custos inúteis com transportes desnecessários;
  - Aumento dos “em curso” de fabrico (*WIP - work-in-progress*);
  - Aumento dos tempos de espera e de transporte;
  - Aumento de custos com controlos e verificações desnecessárias;
  - Sobre-investimentos em equipamentos;
  - Maior probabilidade de existência de acidentes e imprevistos;

### **Tipologia dos Sistemas Produtivos**

#### *Classificação por Fluxo de Materiais*

Produção contínua - possui um fluxo contínuo de materiais (indústrias de processo tais como as indústrias de celulose, do papel, do aço, da cerveja e refrigerantes, etc.).

#### Características:

- Laboram 24 h/dia;
- Elevados níveis de automatização;
- Eficiência de 90 a 100% (tempo real de fabrico/tempo total);
- Produtos pouco diversificados.

Produção repetitiva - os produtos são produzidos em grandes séries de acordo com uma mesma sequência de operações (linhas de montagem de automóveis, a indústria de electrodomésticos, de componentes electrónicos, de parafusos, etc.).

Características:

- Sequência linear de várias operações;
- Eficiência de 90 a 100%;
- Pouca versatilidade.

Produção intermitente - caracterizada pela produção de um conjunto de produtos diferenciados, em pequenas séries e em intervalos de tempo descontínuos (mobiliário, componentes metálicos (matrizes, sem-fins, etc.), candeeiros, etc.).

Características:

- Pequenas séries em intervalos de tempo descontínuos;
- Organização em postos de trabalho;
- Vários produtos circulam pelos postos de trabalho;
- Grande flexibilidade na alteração de produtos (equipamentos universais);
- Possibilidade de produzir o produto “à medida” do cliente;
- Menor eficiência (10 a 40%).

Produção unitária - caracterizada pelo fabrico de produtos únicos (obras públicas, equipamentos sofisticados, navios, etc.). Não existe um fluxo de materiais mas apenas uma sequência de operações a realizar sobre o produto.

Características:

- Produto estático, o fabrico consiste numa sequência de operações;
- Automatização difícil, pouca repetibilidade;
- Alterações e inovações constantes;
- Equipamento universal.

Tabela 11- Características por tipo de produção.[2]

<i>Características</i>	<i>Produção em linha - contínua e repetitiva</i>	<i>Produção intermitente</i>	<i>Produção unitária</i>
<i>Produto</i>			
<i>Volume da ordem de fabrico</i>	<i>Contínua ou grandes lotes</i>	<i>Lotes Desordenado</i>	<i>Unitário Nenhum</i>
<i>Fluxo do produto</i>	<i>Sequencial</i>	<i>Elevada</i>	<i>Muito elevada</i>
<i>Variabilidade do produto</i>	<i>Baixa</i>	<i>“Costumizado”</i>	<i>Único</i>
<i>Tipo de mercado</i>	<i>Massificado</i>	<i>Médio</i>	<i>Unitário</i>
<i>Volume de produção</i>	<i>Elevado</i>		
<i>Mão-de-obra</i>			
<i>Qualificação</i>	<i>Baixa</i>	<i>Elevada</i>	<i>Elevada</i>
<i>Tipo de operações</i>	<i>Repetitivas</i>	<i>Sem repetição</i>	<i>Sem repetição</i>
<i>Custo</i>	<i>Baixo</i>	<i>Elevado</i>	<i>Elevado</i>
<i>Capital</i>			
<i>Investimento</i>	<i>Elevado</i>	<i>Médio</i>	<i>Baixo</i>
<i>Inventários</i>	<i>Baixo</i>	<i>Elevado</i>	<i>Elevado</i>
<i>Equipamentos</i>	<i>Específicos</i>	<i>Universais</i>	<i>Universais</i>
<i>Objectivos</i>			
<i>Flexibilidade</i>	<i>Baixa</i>	<i>Média</i>	<i>Elevada</i>
<i>Custo</i>	<i>Baixo</i>	<i>Média</i>	<i>Elevada</i>
<i>Qualidade</i>	<i>Consistente</i>	<i>Maior variabilidade</i>	<i>Grande</i>
<i>Prazos de entrega</i>	<i>Elevados</i>	<i>Médios</i>	<i>variabilidade Baixos</i>
<i>Planeamento e Controlo</i>			
<i>Controlo da produção</i>	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>	<i>Difícil</i>
<i>Controlo da qualidade</i>	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>	<i>Difícil</i>
<i>Controlo de inventários</i>	<i>Fácil</i>	<i>Difícil</i>	<i>Difícil</i>

### *Classificação por Ligação ao Mercado*

Produção por Encomenda - directamente associada ao pedido de um produto pelo cliente (mobiliário, componentes metálicos, obras públicas, equipamentos sofisticados, navios, etc.).

Características:

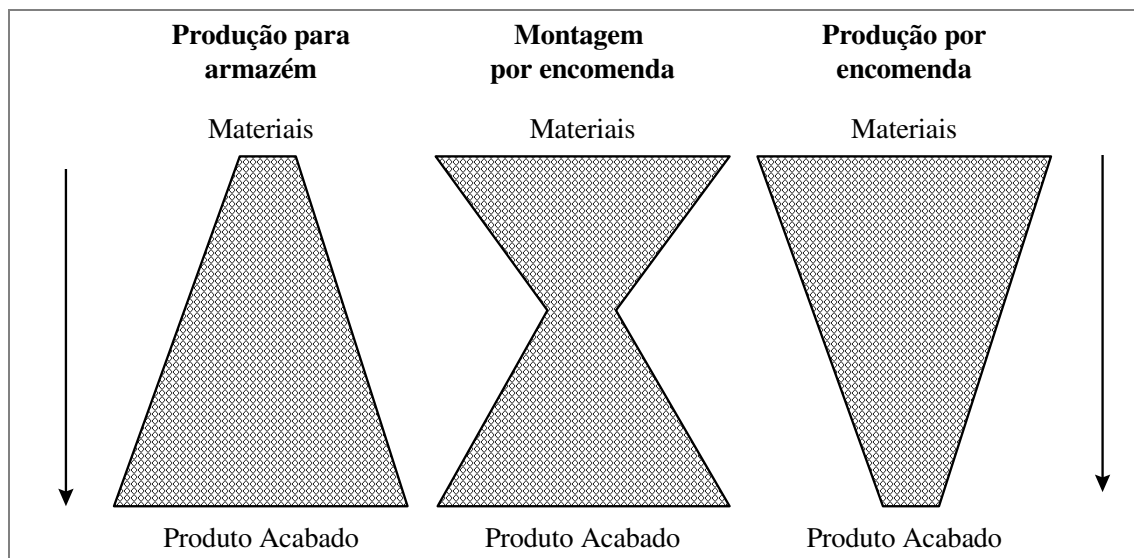
- Existência de prazo de entrega;
- Adequação do produto às necessidades do cliente;
- Garantir o cumprimento das exigências do cliente;
- Actividade comercial de extrema importância.

Produção para Stock - o objectivo é fornecer ao cliente um produto uniforme existente no armazém da empresa (indústria dos electrodomésticos, brinquedos, parafusos, componentes electrónicos, celulose, aço, refrigerantes, etc.).

**Características:**

- Serviço rápido
- Baixa versatilidade nas características do produto
- Equilíbrio dos níveis de produção
- Níveis de produção com base em previsões

Montagem por encomenda - situação híbrida das duas anteriores. Os produtos finais são montados a partir de componentes standard (automóveis, electrodomésticos, candeeiros, móveis de escritório, equipamento informático, etc.).



*Figura 19- Classificação por ligação ao mercado. [2]*

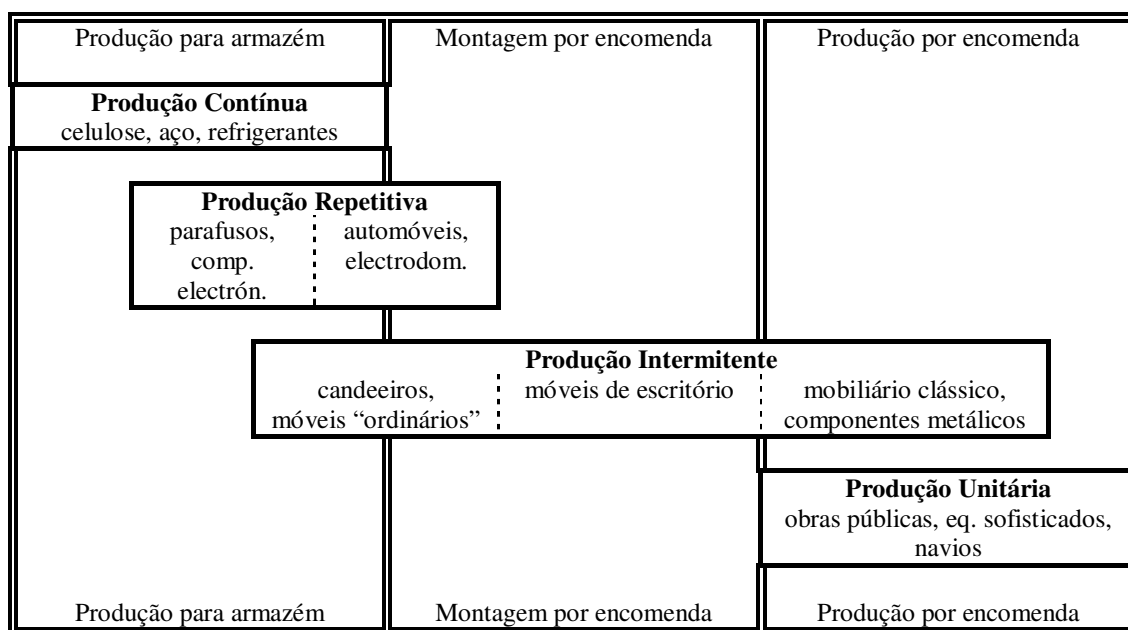


Figura 20- Classificação por ligação ao mercado e tipo de produção.[2]

### Tipologia das Implantações

Posições fixas - O produto não se move, são os meios de produção que se deslocam à medida que são necessários (construção civil e naval, etc.). Produção unitária ou contínua.

Implantação por processo - Os meios de tipo semelhante estão agrupados e os produtos a fabricar movem-se de um grupo para outro de acordo com a sequência operatória relativa a cada um. Adequado à produção em lotes (<3000).

Tabela 12- Implantação por processo: vantagens e desvantagens.[2]

Pontos fortes	Pontos fracos
Maior flexibilidade	Difícil movimentação de materiais
Equipamento universal	Mão-de-obra qualificada
Menor vulnerabilidade a alterações do volume de produção	Reduzida ocupação dos equipamentos
Maior motivação dos trabalhadores	Gestão da produção mais complexa

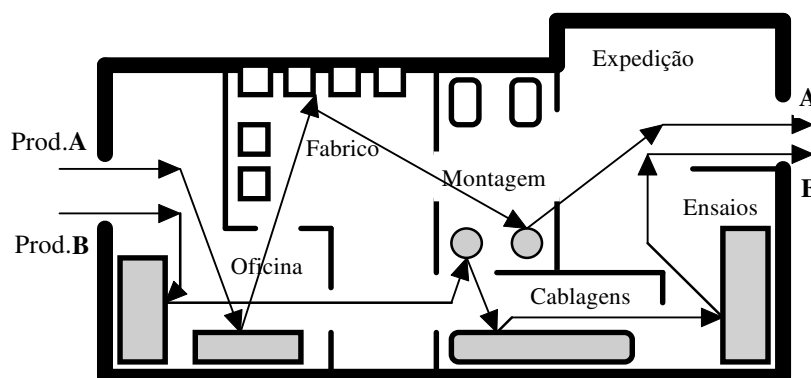


Figura 21- Representação de uma implantação por processo.[2]

Implantação por produto - Os meios dispõem-se de acordo com as necessidades de fabrico do produto.

Tabela 13- Implantação por produto: vantagens e desvantagens.[2]

Pontos fortes	Pontos fracos
Grande ocupação do pessoal e do equipamento	Sistema inflexível (a menos que tenha sido criado para a flexibilidade)
Baixo custo de movimentação de materiais	Equipamento especializado de alto custo
Stocks nulos ou reduzidos de produtos em vias de fabrico	Operações interdependentes
Planeamento da produção mais simplificado.	Tarefas monótonas

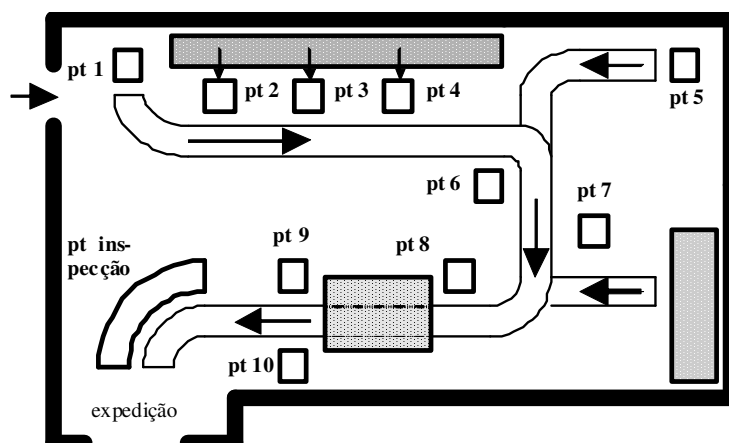
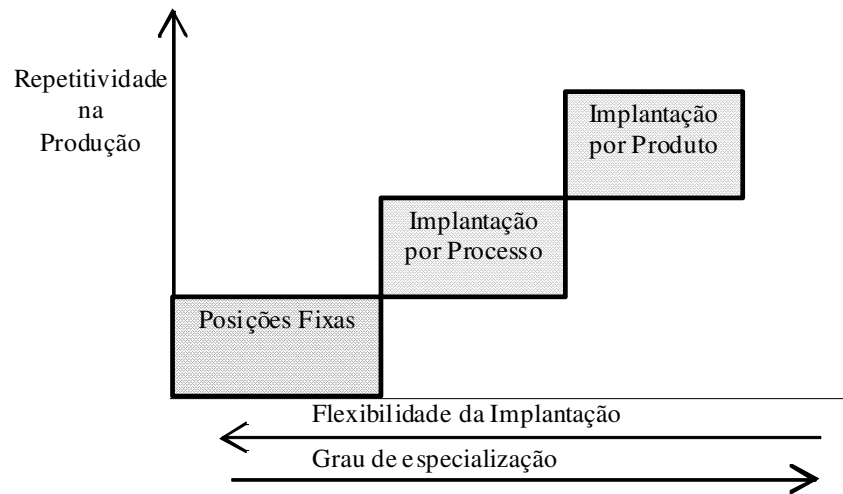


Figura 22- Representação de uma implantação por produto.[2]



*Figura 23- Posicionamento estratégico dos diversos tipos de implantações.[2]*

Recentemente, a Martifer Alumínios teve a necessidade de modificar o seu *layout* devido à ampliação da área de produção. Assim, foi possível uma aplicação rápida de algumas ideias e observar a sua operacionalidade.

As figuras seguintes mostram a disposição antiga e a actual do *layout* da fábrica.

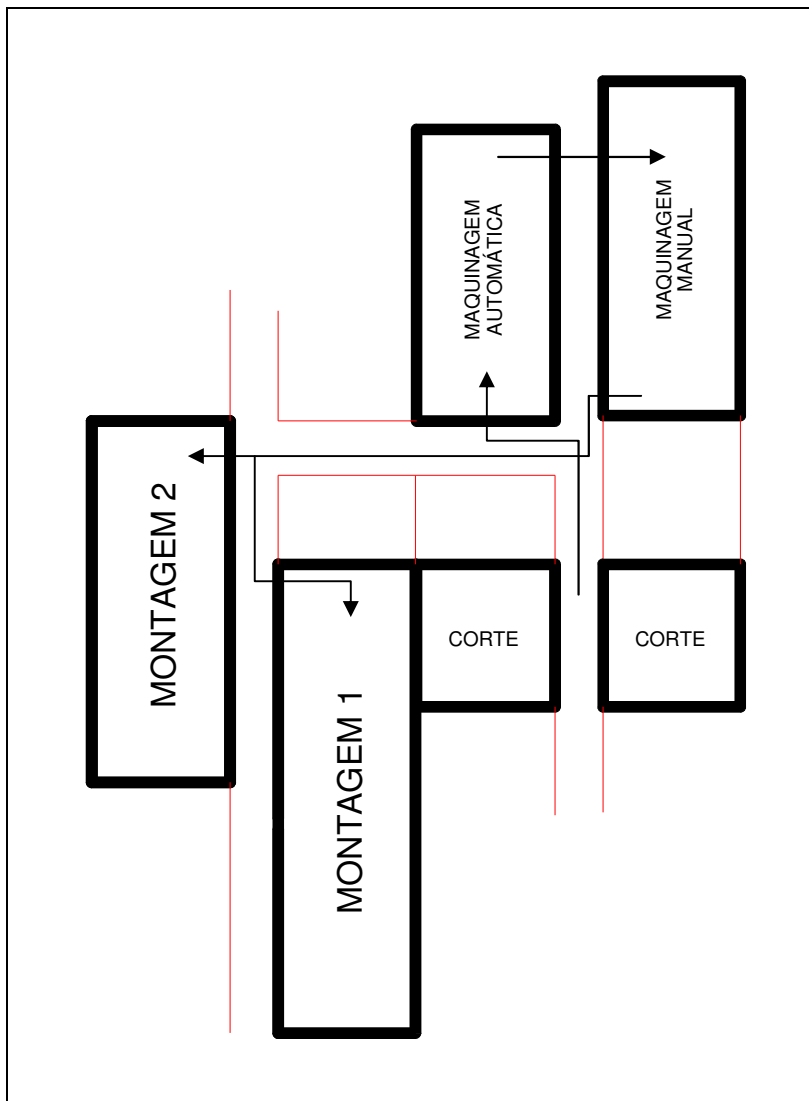


Figura 24- Layout antigo.

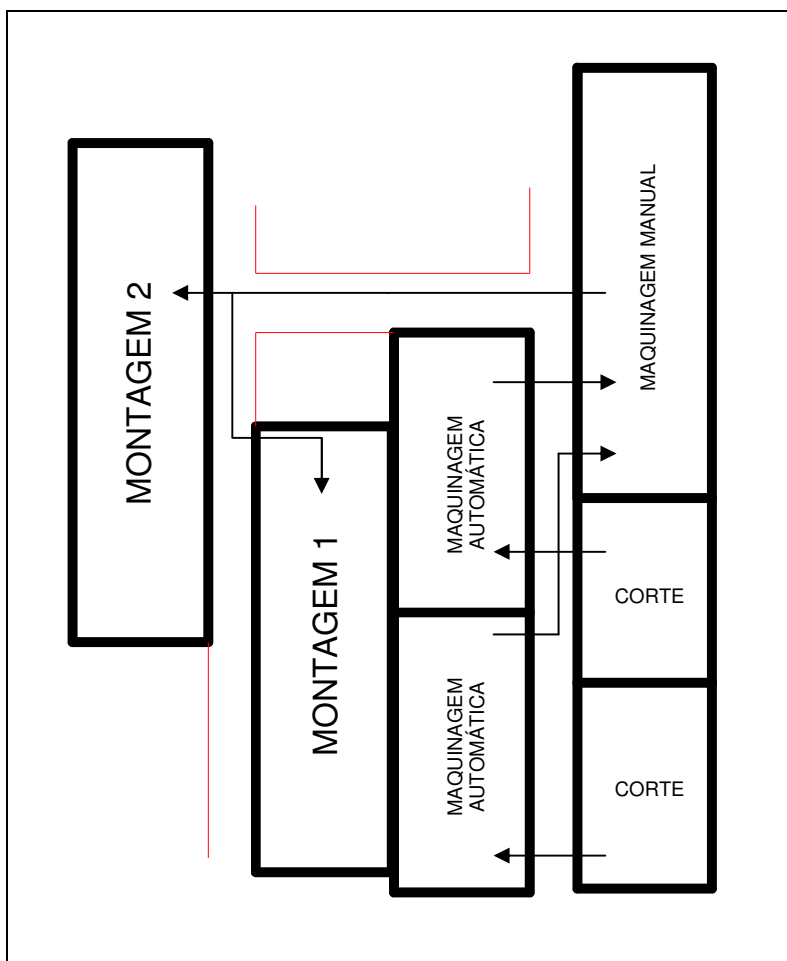


Figura 25- Layout actual.

Constatou-se logo de início que através da nova implantação por processo passou a existir uma maior flexibilidade. As movimentações passaram a ser mais reduzidas e existem menos cruzamentos de fluxos.

No entanto, como houve uma necessidade urgente de uma readaptação às novas dimensões da fábrica não foi possível aplicar um estudo mais aprofundado do *layout*.

Após uma análise mais pormenorizada seria desejável a introdução de células de fabrico.

## Células de Fabrico

O uso de células de fabrico tem aumentado enormemente, quer em sistemas que tradicionalmente eram do tipo linha quer do tipo oficina.

Características:

- Utiliza-se quando existem trajectos diferentes de peças diferentes.
- Podem originar maiores investimentos, mas aumenta-se bastante a eficiência.
- Melhora significativamente a qualidade ⇨ auto-controlo.
- Os operadores são utilizados a 100%.

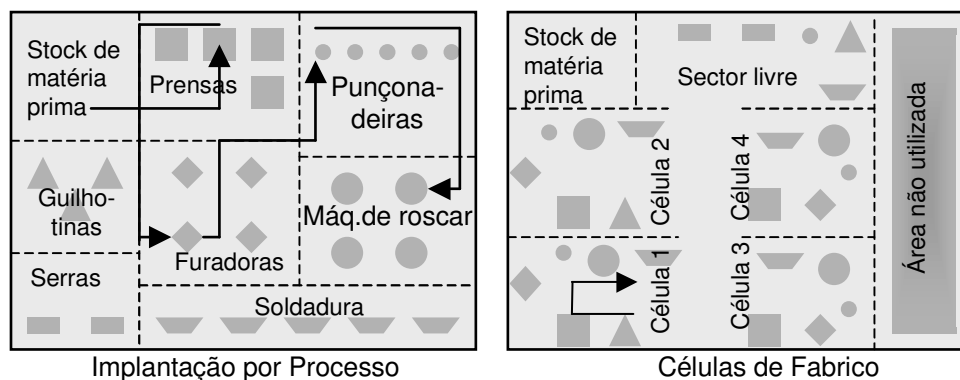


Figura 26- Comparação: Implantação por processo vs Células de fabrico.[2]

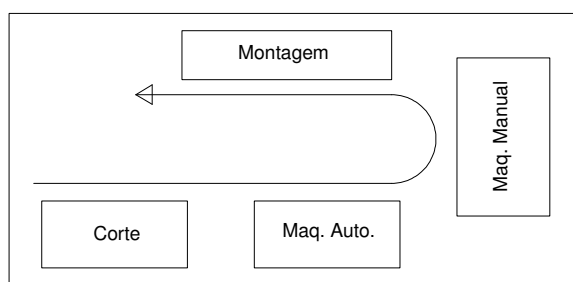


Figura 27- Representação de uma célula de fabrico.

As implantações do tipo oficina são pouco eficientes em termos dos trajectos que as peças têm de percorrer. Além disso a gestão do fluxo das peças é particularmente difícil nesses casos. Uma implantação do tipo linha nem sempre é

possível pela simples razão de que a variedade de produtos pode ser elevada. Sendo possível este tipo de implantação é o mais apropriado pois como processos consecutivos estão perto uns dos outros temos que, pequenas quantidades de peças podem ser movimentadas entre eles facilitando a fluidez da produção. Quando isso não é possível, uma forma de obter implantações mais adequadas é pelo uso da tecnologia de grupo. Consiste em criar famílias de produtos que têm processos de fabrico similares.

Assim para cada uma das famílias criamos uma célula de fabrico. A cada célula de fabrico fica associado um grupo (família) de produtos onde são completamente produzidos sem necessidade de movimentações adicionais. As movimentações de materiais ficam reduzidas ao local da célula de fabrico.

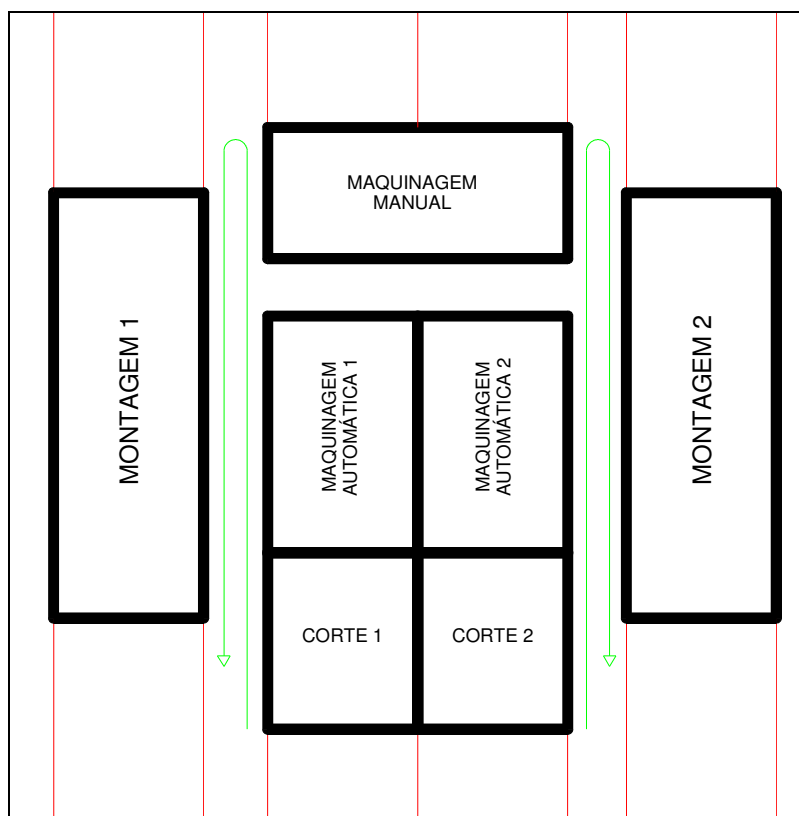


Figura 28- Layout com 2 células de fabrico.

### Polivalência dos operadores

Nas implantações do tipo oficina é comum que um mesmo operário acompanhe mais do que uma máquina do mesmo tipo pois as máquinas são similares em termos de operação. Alterando-se a implantação para células, é necessário dar formação aos operários para que eles possam operar mais do que um tipo de máquina. A polivalência num ambiente de *JIT* é vital para que o espírito de grupo exista na célula e para que o grupo possa gerir-se a si próprio na atribuição de tarefas para satisfazer os caprichos da procura.

Além da formação em aspectos técnicos de operação também é necessário referir-se a formação em qualidade e em fiabilidade tão necessárias em ambiente *JIT*. Os operadores deverão ter capacidade de levar a cabo pequenas operações de manutenção e de entender o papel de cada um na qualidade dos produtos finais.

## 2.5 Acompanhamento / Resultados

### 2.5.1 Análise dos Indicadores

Para projectar e gerir um sistema produtivo é necessário definir objectivos de desempenho para esse sistema. Muitos são os sistemas produtivos que são projectados e geridos sem uma definição cuidada das medidas de desempenho mas não são de certeza sistemas produtivos competitivos. Um sistema produtivo pode até sobreviver sem nenhuma avaliação do seu desempenho mas a sua competitividade fica extremamente debilitada e vulnerável às mudanças do mercado.

Sem se medir continuamente o desempenho de um sistema produtivo como se pode saber de facto que uma determinada decisão foi bem ou mal tomada? Como se sabe se uma determinada reorganização foi eficiente ou não? Sem medir, corre-se o risco de descobrir tarde de mais que esta ou aquela decisão foi mal tomada. Poder-se-á dizer com alguma certeza que saber medir o desempenho de um sistema produtivo é meio caminho para o saber gerir e de alguma forma saber projectá-lo.

As medidas de desempenho são muitas vezes usadas com o objectivo de mostrar aos investidores o comportamento da empresa (normalmente medidas relacionadas com contabilidade) mas também podem ser usadas para motivar e de alguma forma premiar o trabalho dos empregados. Não esquecer que este segundo objectivo revela-se de grande importância nos sistemas produtivos mais competitivos.

#### 2.5.1.1 Produtividade

A produtividade pode ser definida como o quociente entre as entradas e as saídas de um sistema produtivo sendo interpretada como a relação entre os recursos usados na produção e as unidades de produtos produzidos durante um período de tempo especificado. A produtividade representa assim a eficiência com que se usam os recursos para produzir os produtos. Como vários são os recursos que são utilizados para se produzirem os produtos, então pode-se dizer que produtividade  $P$  é definida analiticamente da seguinte forma:

$$P = \frac{O}{R_1 + R_2 + \dots + R_r}$$

Onde O representa as unidades de produtos produzidos e os vários R representam os vários recursos utilizados para conseguir essas unidades de produtos num determinado período de tempo. A forma mais típica de se medir a produtividade está relacionada com o recurso mão-de-obra pois é normalmente o recurso mais caro. Desta forma a produtividade em relação à mão-de-obra resulta na seguinte equação:

$$P = \frac{O}{R_1},$$

Sendo  $R_1$  as unidades de mão-de-obra, por exemplo em horas\*homem.

A título de exemplo: Numa fábrica de montagem de bicicletas, 80 trabalhadores montam aproximadamente 500 bicicletas por dia. Isto resulta numa produtividade de aproximadamente 6,25 bicicletas por trabalhador por dia.

#### 2.5.1.2 Medidas relacionadas com o tempo de percurso

O tempo de percurso (*Flowtime*) de uma entidade (peça, lote, produto, etc.) é o tempo que essa entidade demora a percorrer todas as etapas necessárias à sua produção no sistema produtivo. Dito de outra forma, é o tempo que dista entre o momento que a entidade em causa inicia a sua primeira operação até que a última operação seja concluída.

O tempo de percurso de uma entidade  $i$  será representado por  $F_i$

Uma medida de desempenho que está relacionada com o tempo de percurso e que diz respeito a um conjunto de entidades é o tempo de percurso médio:

$$F_{med} = \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

Sendo  $n$  o número de entidades consideradas para a medida.

Na literatura em língua inglesa esta medida de desempenho é designada normalmente por *Average Flowtime* ou *Mean Flowtime*. Esta medida dá ideia do tempo que em média uma entidade demora a “atravessar” o sistema produtivo fornecendo informação importante para se prever uma data de entrega.

Existe uma relação muito estreita entre esta medida de desempenho e o nível de entidades em curso. Quanto maior for o nível de entidades em curso maior será o tempo de percurso. John D. C. Little forneceu a prova matemática desta relação com uma lei que ficou conhecida como a Lei de Little.

**Lei de Little:**

$$WIP = F_{med} \times TP$$

Onde TP é a taxa de produção.

Outra medida de desempenho que está relacionada com o tempo de percurso e que diz respeito a um conjunto de entidades é o tempo de percurso total (*Makespan*) ou tempo de percurso máximo.

$$F_{max} = \max_{1 \leq i \leq n} \{F_i\}$$

Pode-se dizer que, para um conjunto de entidades, esta medida representa o tempo entre o instante em que a primeira entidade iniciou o processamento na primeira operação até que a última entidade concluiu o processamento na sua última operação. Este cenário apenas é válido quando há um número finito de entidades a serem processadas no sistema produtivo. Neste caso o termo tempo de percurso total é mais adequado. Por outro lado também podemos dizer que das  $n$  entidades que atravessaram o sistema produtivo em causa, a entidade que demorou mais tempo é a que dita o tempo de percurso máximo, sendo este termo mais adequado para este último caso. Esta medida é importante para termos uma ideia pessimista sobre o tempo que uma entidade pode demorar a atravessar o sistema produtivo em causa.

### 2.5.1.3 Taxa de produção

A taxa de produção (*Throughput* ou *Output Rate*) de um sistema produtivo está intimamente ligada à taxa de produção do estrangulamento do sistema. Um estrangulamento é um recurso (máquina, posto de trabalho, etc.) que produz a uma taxa inferior à taxa de procura. Aumentar a taxa de produção desse recurso equivale a aumentar a taxa de produção de todo o sistema produtivo. Uma das formas possíveis de aumentar a capacidade de um estrangulamento é evitar que esse recurso esteja inactivo.

A taxa de produção está de alguma forma ligada aos tempos de percursos pois para um mesmo nível de entidades em curso (WIP) quanto maior for a taxa de produção menor será o tempo que cada entidade permanece no sistema ou demora a atravessá-lo. Por outras palavras, podemos ter taxas de produção elevadas com tempos de percurso também elevados bastando para tal haver grandes níveis de entidades em curso.

### 2.5.1.4 Taxa de Utilização

A taxa de utilização de um recurso representa a parte do tempo que esse recurso foi utilizado para processamento em relação ao tempo total que esse mesmo recurso esteve disponível. Assim a taxa de utilização  $U$  do recurso  $i$  é dada pela seguinte equação:

$$U_i = \frac{tu_i}{td_i}$$

Onde  $tu_i$  equivale ao tempo útil de processamento e  $td_i$  o tempo disponível.

Para um determinado conjunto de recursos temos que a sua taxa de utilização pode ser dada por:

$$U = \frac{\sum U_i}{m}$$

Onde  $m$  é o número de recursos considerado.

#### 2.5.1.5 Entidades em Curso (“WIP”)

O número de entidades em curso (*Work-in-Process*) é uma importante medida de desempenho do sistema produtivo pois é um bom barómetro da organização do sistema produtivo. Um sistema produtivo com elevados níveis de entidades em curso é um sistema produtivo pouco competitivo, pouco ágil, com grandes prazos de entrega e com dificuldade em lidar com problemas de qualidade. Níveis altos de entidades em curso (ou trabalhos em curso) implica capital empatado, custos com a sua gestão, perda de espaço, custos do seu manuseamento e em alguns casos pode levar a deterioração ou obsolescência. O baixo nível de entidades em curso está intimamente ligado com a filosofia japonesa de produção *just-in-time*.

O nível de entidades em curso está também intimamente ligado ao tempo de percurso, ou seja, ao tempo que as entidades demoram a atravessar o sistema produtivo. Quanto maior for o nível de entidades em curso maior será o tempo de percurso.

#### 2.5.1.6 Custo de Armazenamento de Produtos Acabados

Um objectivo importante de um sistema produtivo é o de minimizar o custo de armazenamento de produtos acabados. Num ambiente de produção por encomenda o custo de armazenamento destes produtos equivale ao custo dos atrasos negativos. Por outro lado, num ambiente de produção para inventário, importa levar em linha de conta os custos de encomenda/preparação e os custos de posse de forma a minimizar o custo total de armazenamento. O conhecimento do comportamento da variação da procura é fundamental para a definição dos níveis mínimos de inventário.

#### 2.5.1.7 Considerações sobre medidas de desempenho

O uso de uma ou outra medida de desempenho bem como o uso de um grupo ou outro de medidas de desempenho depende, por um lado, do tipo de sistema produtivo, e por outro, do estilo de gestão da produção levada a cabo.

Um conjunto de medidas de desempenho são importantes para uns e pouco importantes para outros. Num ambiente de *JIT*, o nível de *WIP* e os tempos de percurso são medidas de desempenho muito mais importantes do que a produtividade.

É importante notar que nem sempre que uma ou um conjunto de medidas de desempenho são boas quer dizer que se esteja a fazer o trabalho certo. (Qual o interesse em ter altas taxas de produtividade quando o que se produz não passa no controlo de qualidade ou se deteriora em armazém?)

Muitas outras medidas de desempenho poderiam ser consideradas aqui. Poder-se-ia enumerar medidas de desempenho relacionadas com:

1. Qualidade: média de defeitos por peça, número de entidades defeituosas por semana, média de lotes rejeitados, níveis de severidade de defeitos, etc.
2. Ergonomia, Higiene e segurança: número de acidentes de trabalho, severidade dos acidentes, doenças profissionais, erro humano, etc.
3. Recursos Humanos: Absentismo, Polivalência, formação média, média de idades, etc.
4. Outros: Custos de preparação das máquinas, custo de armazenamento de matéria.

#### 2.5.1.8 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

O OEE não é mais do que um indicador global de eficiência com que uma unidade produtiva (máquina, célula, linha ou fábrica) é utilizada.

A eficiência de uma unidade produtiva é habitualmente afectada por acontecimentos e incidentes vários a que chamamos perdas.

As perdas de eficiência mais usuais são:

- Perdas de disponibilidade: “paragens”.
  - paragens por avaria;
  - mudanças de produto;

- substituição de ferramentas ou de materiais consumidos.
- Paragens por falta de abastecimento (matérias-primas, energia,...).
  - indisponibilidade de pessoal;
- Perdas de qualidade: “não conformidades”.
  - rejeições;
  - retoques;
  - erros

### As Fórmulas:

O cálculo do *OEE* baseia-se nos três factores OEE: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade.

#### **Disponibilidade**

$$\text{Disponibilidade} = \text{período de funcionamento} / \text{tempo de produção planeada}$$

#### **Desempenho**

$$\text{Desempenho} = \text{tempo Ideal de ciclo} / (\text{tempo de operação} / \text{total peças})$$

#### **Qualidade**

$$\text{Qualidade} = \text{peças boas} / \text{total peças}$$

#### **OEE**

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

## 2.6 Conclusão

### 2.6.1 Análise Crítica

Pela análise feita à produção da Martifer Alumínios pode-se tirar várias conclusões. Várias melhorias podem ser atingidas.

Das sete categorias de desperdícios identificadas por Shigeo Shingo, apenas o primeiro, “Excesso de produção”, se pode afirmar não existir. Isto acontece porque toda a produção é feita por encomenda, logo só se produz a quantidade necessária. As restantes causas de desperdícios foram identificadas e, como foi exposto, existem algumas formas de as eliminar.

No caso das “Esperas”, o maior responsável é a capacidade não balanceada. No entanto, uma capacidade balanceada na Martifer Alumínios é muito difícil de obter, uma vez que existe uma grande quantidade de diferentes produtos finais. Estes, têm tempos de produção muito díspares e alguns com a sua sequência própria de máquinas a visitar. Por isso, mesmo que indesejável, torna-se inevitável encontrar quer pessoas, quer máquinas à espera. Assim, para fazer o balanceamento de fabrico utilizaram-se tempos médios, tendo em atenção os produtos mais fabricados.

“Transporte e movimentações”, tentou-se minimizar esta forma de desperdício com a implementação do novo *layout*. Reduziu-se as distâncias percorridas e eliminaram-se alguns fluxos cruzados.

Os “*Stocks*” são praticamente inexistentes, uma vez que só se produz o que é encomendado e também porque todos os aprovisionamentos são feitos em função dos pedidos dos clientes. Alguns *stocks* existem porque são o resultado de estrangulamentos na produção.

Os “Defeitos” apesar de não serem frequentes, podem ser eliminados aplicando várias metodologias, entre elas o *Poka-Yoke*.

## 2.6.2 Objectivos realizados e Conclusão

Este trabalho procura alertar a empresa Martifer Alumínios para a importância da identificação das diferentes manifestações de desperdícios. Desperdício é uma actividade que apenas consome recursos e não contribui para a satisfação dos clientes. O potencial de ganho com a eliminação de desperdícios é enorme.

Por norma, na análise que se faz ao valor dos produtos apenas se olha para o resultado final, dando-se pouca atenção aos processos a montante. Todos os processos internos para criar esse produto final com o valor desejado para o cliente ficam nas mãos do fabricante.

A identificação clara do que são desperdícios ao longo do processo interno vai levar à possibilidade de eliminar os desperdícios existentes e de tomar medidas para que no futuro não haja tendência para fazer operações que não criem valor. Não é fácil eliminar de repente todos os desperdícios que existem ao longo do processo. É necessário, em primeiro lugar, ter a noção clara do que são desperdícios e, depois de um grande esforço para conseguir mudar as mentalidades das pessoas envolvidas, procurar que tudo o que se faz ao longo do processo crie valor.

Infelizmente, há operações no processo que não criam valor mas são necessárias. Nestes casos temos que reduzir ao máximo estas operações, quer seja procurando a sua automatização quer a sua realização em paralelo, de forma a minimizar a sua influência.

Vencida a luta no combate ao desperdício, a Martifer Alumínios deve orientar a sua atenção no sentido da criação de valor. Ao focar apenas na eliminação do desperdício, esquecendo a criação de valor, as empresas correm o risco de atrofiar as suas capacidades de desenvolvimento. É importante criar um equilíbrio entre estas duas actividades. Numa fase inicial, o combate ao desperdício é fundamental, no entanto é crítico o empenho na criação de valor.

A criação de valor poderá passar por novos produtos, novos processos, de modo a atrair novos mercados. As alternativas são muitas, compete à Martifer Alumínios definir a sua orientação neste sentido. O desafio está lançado.

O *Lean Management* pode ter um raio de acção muito vasto.

Para implementar os conceitos *Lean* é imperativo que exista uma equipa coesa, motivada, interessada na melhoria e plenamente consciente do objectivo principal. As metodologias podem ser boas, mas o sucesso do projecto deve-se muito ao espírito de equipa.

Neste projecto, mais concretamente, não foi possível uma abordagem prática profunda. Todavia, creio terem sido abordados todos os temas inicialmente propostos, alguns de uma forma mais prática, outros mais teoricamente. Do meu ponto de vista, uma exposição clara e objectiva dos conceitos associados à filosofia *Lean* deixa o caminho aberto à sua aplicação e assim, poderá ser possível, de alguma forma, dar continuidade a este projecto.

## 3 Preparação de Obra

### 3.1 Descrição técnica

A necessidade de Preparadores nas obras surgiu de um conjunto de factores relativamente recentes na realidade das construções modernas. Hoje em dia os projectos de construção são cada vez mais complexos, sendo os edifícios construídos estruturas tecnologicamente avançadas combinadas com uma marcante componente artística. A quantidade de informação apresentada é imensa e é sempre necessário detalhar mais um pouco determinado elemento, esclarecer determinado pormenor, complementá-lo com informação que apenas pode ser obtida nos desenhos fornecidos da obra.

A preparação de obras de construção é pois uma actividade complexa que tem como principal objectivo fornecer às várias frentes de trabalho elementos gráficos que permitam compreender de forma clara e exacta o que se pretende construir. A grande diferença entre a preparação e o projecto de execução, é que a preparação não é uma ferramenta de concepção, mas sim de interpretação daquilo que já foi projectado.

A preparação produz um conjunto de novos desenhos que resultam da compilação de todas as informações contidas no projecto, quer nas suas peças escritas quer nas peças desenhadas, e que antes de serem compiladas passaram por uma série de exercícios de resolução das incompatibilidades que sempre existem em qualquer projecto de execução.

De seguida, no âmbito da Preparação de Obra, descrevo o trabalho desenvolvido na Martifer Alumínios.

## 3.2 Formação

As primeiras 6 semanas na Martifer Alumínios foram um período de Formação.

Esta Formação, recentemente introduzida na empresa, tem o objectivo de capacitar os colaboradores mais recentes.

Durante estas primeiras semanas, responsáveis de vários departamentos, explicaram o funcionamento da empresa.

- Administração;
- Direcção Comercial;
- Direcção de Fabrico;
- Direcção de Obra;
- Direcção de Montagens;
- Direcção de Aprovisionamentos.

Houve também formação em “Sistemas de Alumínio e Revestimentos”, em “Qualidade, Ambiente, Segurança e Higiene no Trabalho”, assim como nos vários softwares utilizados: AutoCAD 2008, Solidworks 2008, Plan-IQ, Baan, FP Pro e Job.

No final, houve uma alocação dos novos colaboradores nas várias Direcções de Obra. No meu caso, fui indicado para a Direcção de Obra do Eng.º Filipe Capela, obra 4956-*Palacio de Congresos de Zaragoza*.

### 3.3 Obra 4956 - *Palacio de Congresos de Zaragoza*

A próxima Exposição Internacional - Expo 2008 - decorrerá em Saragoça e abrirá as suas portas ao público entre 14 de Junho e 14 de Setembro. O tema escolhido é "A água e o desenvolvimento sustentável"

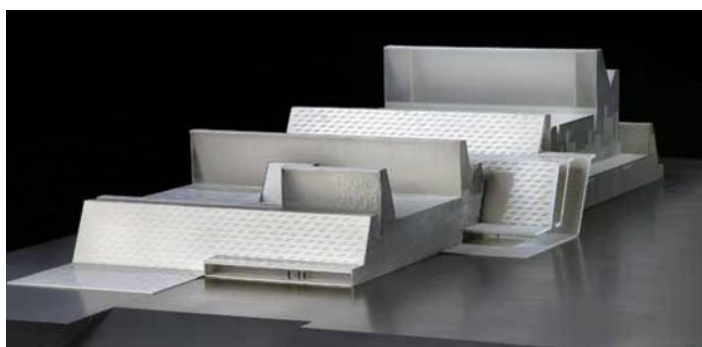
O recinto da Expo de Saragoça é constituído por 145 hectares e o evento terá a duração de 93 dias.



- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pabellón Puente: "Agua Recurso Único"</li> <li>2. Plaza temática: "Inspiraciones acuáticas"</li> <li>3. <b>Palacio de Congresos</b></li> <li>4. Torre del Agua: "Agua para la vida"</li> <li>5. Anfiteatro</li> <li>6. Plaza temática: "Agua extrema"</li> <li>7. Faro: Pabellón de las Iniciativas Ciudadanas</li> <li>8. Pabellón Tribuna del Agua</li> <li>9. Plaza Temática: "Sed"</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Pabellones de participantes</li> <li>11. Plaza temática: "Ciudades de agua"</li> <li>12. Plaza temática: "Oikos, agua y energía"</li> <li>13. Plaza temática: "Agua compartida"</li> <li>14. Acuario: "Los paisajes del agua"</li> <li>15. Pabellón de España: "Ciencia y Creatividad"</li> <li>16. Pabellón de comunidades autónomas, organismos internacionales y empresas</li> <li>17. Pabellón de Aragón: "Agua y futuro"</li> </ol> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Figura 29- Recinto Expo Zaragoza 2008.*

Um dos edifícios mais emblemáticos da exposição é o Palácio de Congressos.



*Figura 30- Maqueta do Palácio de Congressos.*

O Palácio de Congressos é uma obra dos arquitectos *Sobejano* e de *Fuensanta Nieto*. A sua silhueta é definida através de um sistema de clarabóias intercaladas.

As salas modulares e as muitas salas têm tanto ou mais destaque que o salão principal, com uma capacidade de 1500 lugares.



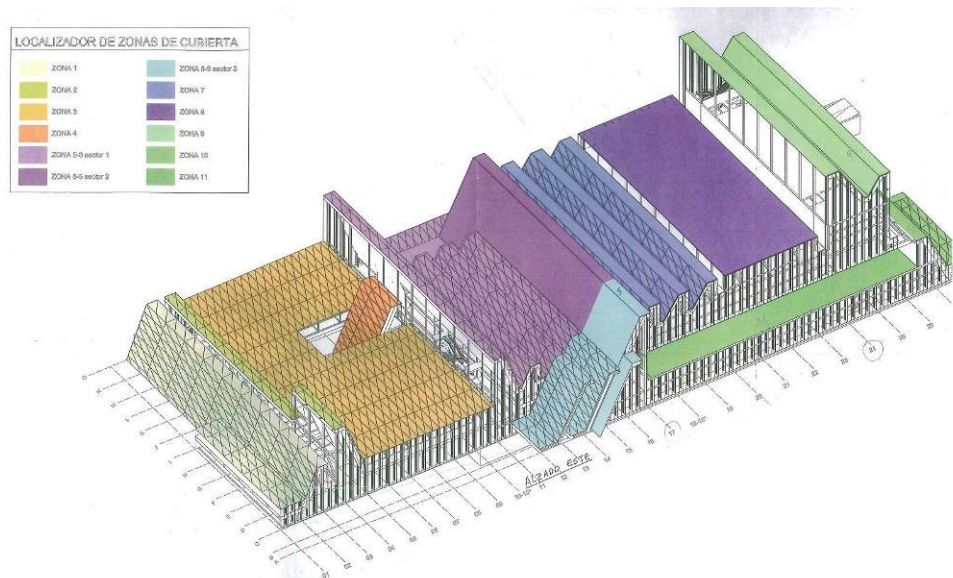
*Figura 31- Palácio de Congressos, vista em corte.*

Uma construção com cerca de 9.000 m<sup>2</sup>. A área total do edifício construído eleva-se a 22.285 m<sup>2</sup>, distribuídos por nove pisos.

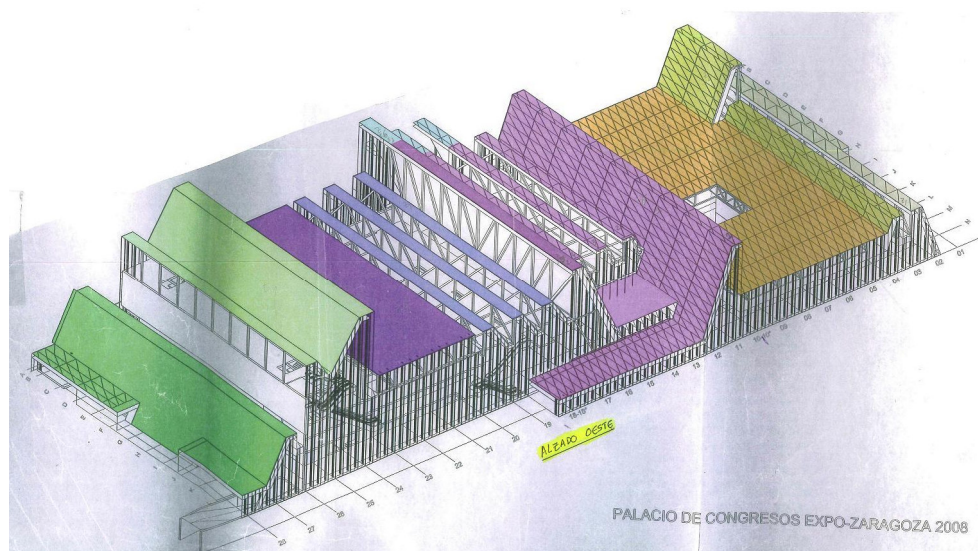
À Martifer Alumínios coube a execução de todas as fachadas em alumínio, revestimentos com Alucobond, chapa e outros trabalhos suplementares propostos pela empresa responsável.

### 3.3.1 Trabalho Proposto

O Palácio de Congressos tem uma área de implantação com cerca de 9.000 m<sup>2</sup> e uma complexa estrutura metálica. Para uma melhor visualização foi-me entregue um cd com ficheiros dos planos 2D e 3D com uma descrição detalhada de toda a estrutura.



*Figura 32- Alçado Este.*



*Figura 33- Alçado Oeste.*

O edifício é composto por dois alçados: alçado Este e alçado Oeste. Cada alçado está dividido em várias secções, desde o MC1 ao MC19. As clarabóias estão numeradas desde a LC1 à LC13.

## i. Barras de Suporte do Deployé

Os alçados Este e Oeste do Palácio de Congressos são totalmente revestidos por um material chamado “*deployé*”. O *deployé* é aparafusado a barras de aço que por sua vez são fixadas a uma estrutura metálica.

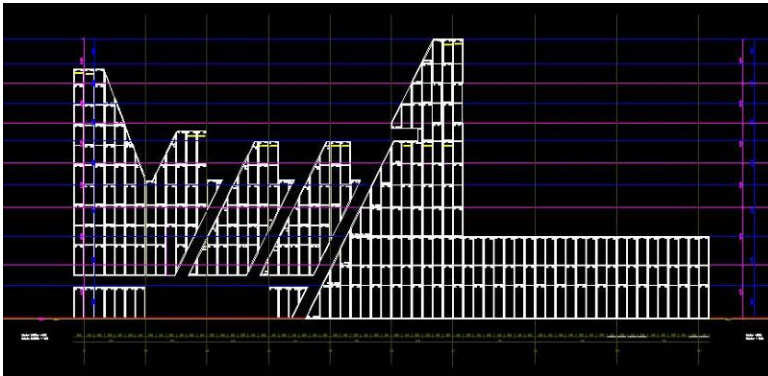


Figura 34- *Deployé*.

### Dimensionamento das barras.

Atendendo à dimensão média do *deployé* calculou-se as dimensões máximas da barra.

#### Resultados finais:

- Comprimento máximo: 6500mm;
- Comprimento máximo em consola superior: 600mm;
- Comprimento máximo em consola inferior: 400mm;
- Largura: 140mm;
- Espessura: 12mm.
- Distância entre furos de Ø12: 450mm

As barras têm dois tipos de furos. Uns para a fixação à estrutura metálica, outros para fixar o *deployé*.



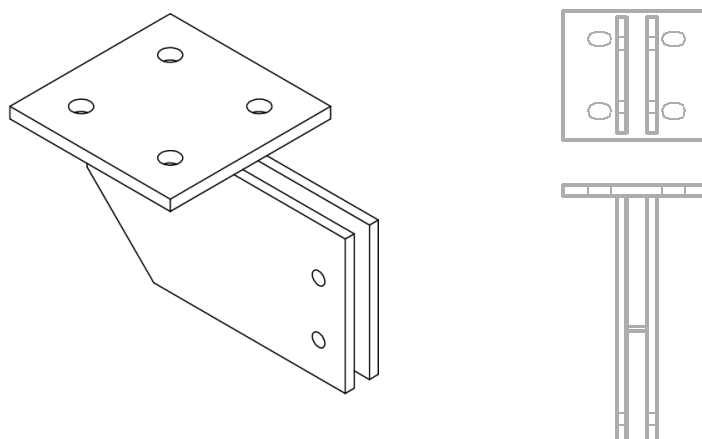


Figura 38- Peça de Amarração A e B.

As barras foram dimensionadas e encomendadas por cada secção de alçado (MC). Isto facilita o planeamento da produção e da montagem.

Depois de dimensionar cada barra é necessário elaborar um plano para aprovisionar (figura 39), de seguida envia-se os desenhos ao fornecedor.

		PLANO PARA APROVISIONAR				21-Fev-2008	21:01			
		PERFIS	Aprovisionar	1						
Reserva										
Fabrico			DATA ENTREGA:							
Montagem										
Obra N.º	4956	DO	Filipe Capela	Rubrica						
Designação:	Palacio de Congressos Zaragoza	PO	Rui Gonçalves	Rubrica						
Armazens : ACS - accesorios AUT - zona armazen automatico VED - vedantes A03 - assentamento A04 - consumido										
CHF - chapa aluminio, alcan,alucobond 1XX - gaveta armazen automatico 1 2XX - gaveta armazen automatico 2										
Desconto	CC Comp Custo	Código	Descrição	emb	Quantidades / Unidades					
					previstas	Entregues				Em Falta
	23		Barra BO_01			reserv	armaz	stock	armaz	
			espessura=12mm		10					

Figura 39- Plano para Aprovisionar.

Antes de cada entrega de barras faz-se uma lista de expedição. Assim, logo que são recepcionadas podem ser conferidas e estão prontas a ser despachadas para obra. É também necessário preparar uma lista de expedição com todo o material necessário em obra para a fixação das barras e do *deployé*: peças de amarração, parafusos, porcas autoblocantes, varão roscado, anilhas, buchas, etc.

Para a obra envia-se um dossier de montagem das barras que contém todos os dados importantes para que fossem montadas da forma mais correcta.

Os passos seguidos pelas PAs desde o projecto até à obra são idênticos aos das barras: Dimensionamento, Plano para Aprovisionar, Contacto com o Fornecedor, Lista de Expedição; Dossier de Montagem.



*Figura 40- Estrutura suporte das barras.*



*Figura 41- Barras e deployé.*



*Figura 42- Fixação do deployé (exemplo1).*



Figura 43- Fixação do deployé (exemplo 2).

Alguns valores a reter:

- Nº de barras diferentes: 229;
- Nº total de barras: 1585;
- Soma do comprimento total das barras: 5.457 m;
- Peso total das barras: 71.978 Kg;
- Preço total: 137.144,16 €

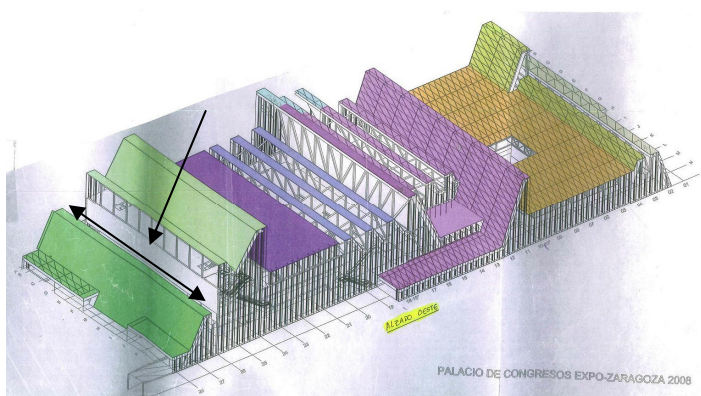
De referir que acompanhei o processo das barras do *deployé* durante todo o período na Direcção de Obra. A qualquer momento poderia ser necessário informar sobre o estado de uma secção do alçado. As barras podiam estar já montadas, em obra, em fabrico ou ainda por dimensionar.



Figura 44- Fixação do deployé (exemplo 3).

## ii. Clarabóia 13 - LC13

O Palácio dos Congressos é composto por 13 clarabóias identificadas nos desenhos técnicos por LC1 a LC13. Tive a responsabilidade de modelar a clarabóia 13 (LC13) que se encontra identificada nas figuras seguintes.



*Figura 45- Clarabóia 13.*



*Figura 46- Clarabóia 13.*

A clarabóia é composta por duas fachadas: interior e exterior. Cada uma tem um comprimento aproximado de 63m por 8m de altura.

De início foi feita uma análise cuidada da estrutura metálica que iria suportar toda a clarabóia. Teve-se que ter em atenção o posicionamento de certos elementos como, por exemplo:

- Estrutura para amarração;
- Tecto-falso;
- Paredes interiores;
- Laje.

Como pressupostos iniciais, consideramos:

- 900mm - a distância entre fachada interior e exterior;
- 1800mm - distância entre montantes;
- As travessas posicionavam-se, sempre que possível, frente a frente.

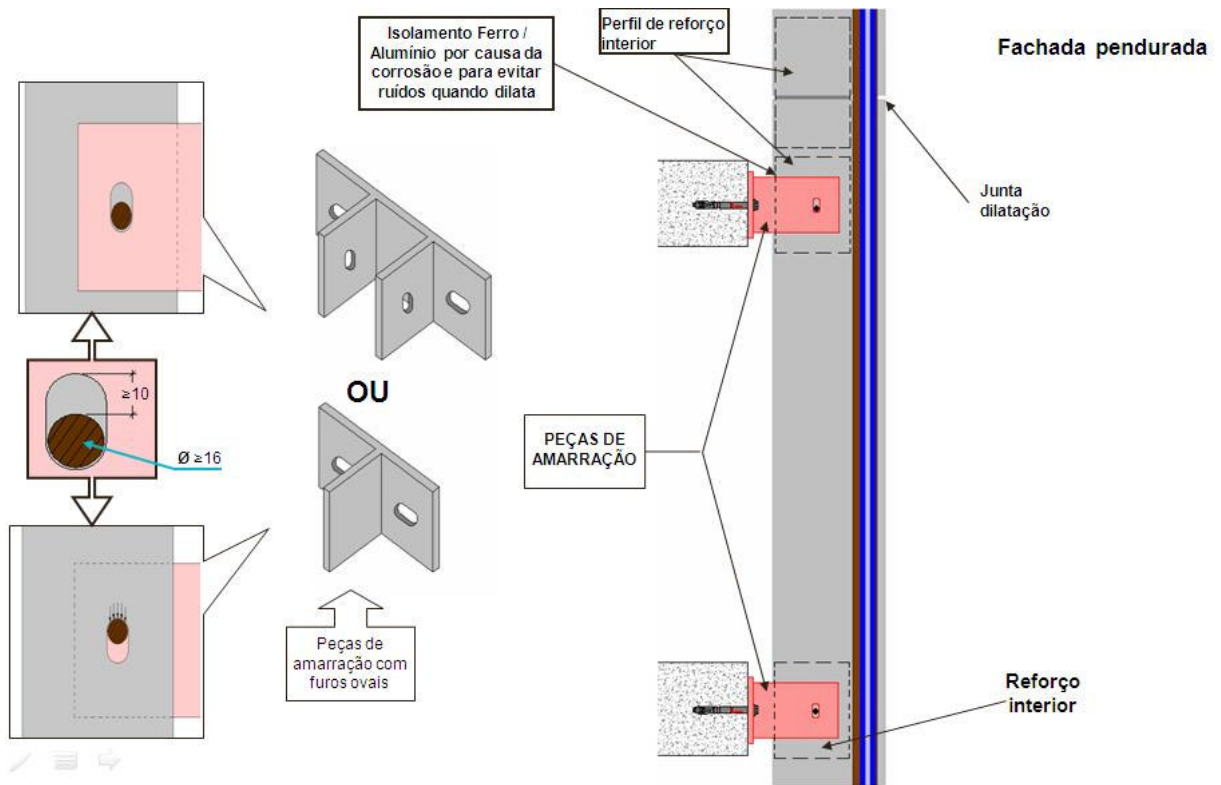


Figura 47- Pormenor Amarração.

O tipo de amarração usado foi o de uma “Fachada pendurada”, representado na figura 47, neste caso a amarração foi feita à estrutura metálica existente.

Posto isto, começou-se a fazer a modelação 2D em AutoCAD 2008.



Figura 48- Estrutura metálica.



Figura 49- Fachada interior e exterior.

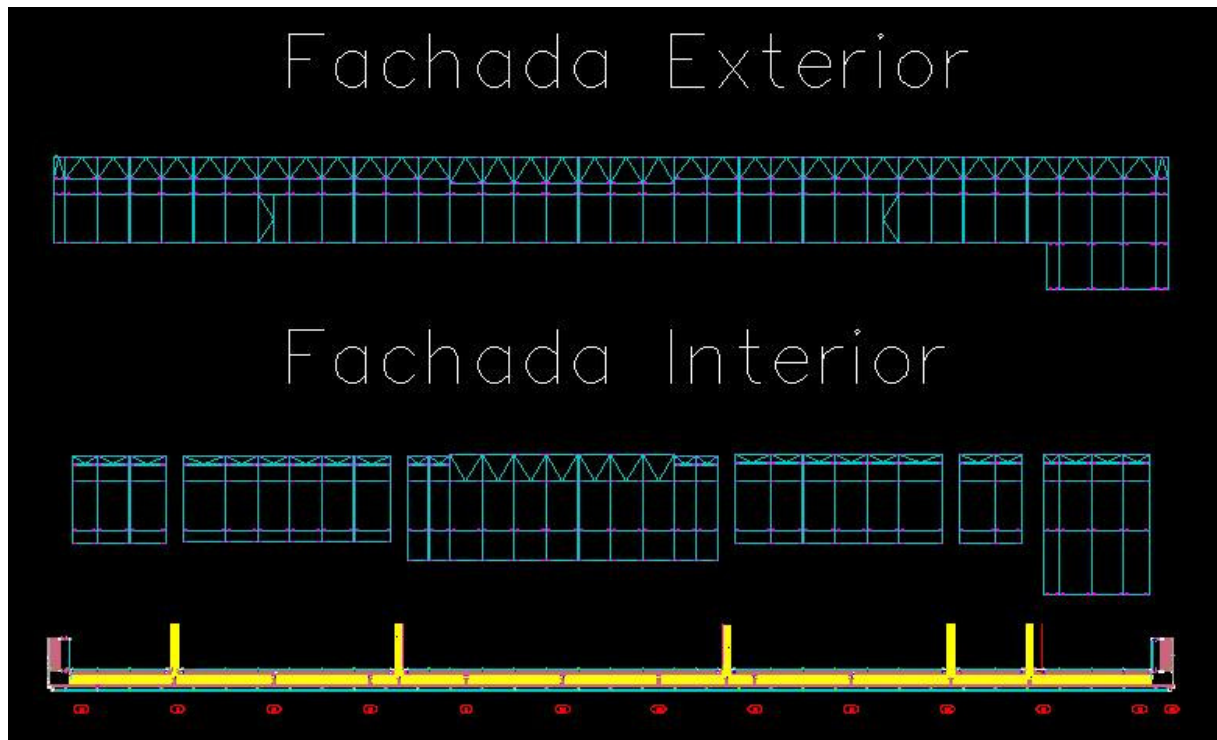


Figura 50- Fachada interior, fachada exterior e corte transversal.

Depois de preparar um *layout* com as vistas e pormenores, este foi enviado para aprovação. Durante este período, a clarabóia foi objecto de algumas alterações propostas pelo gabinete de arquitectura.

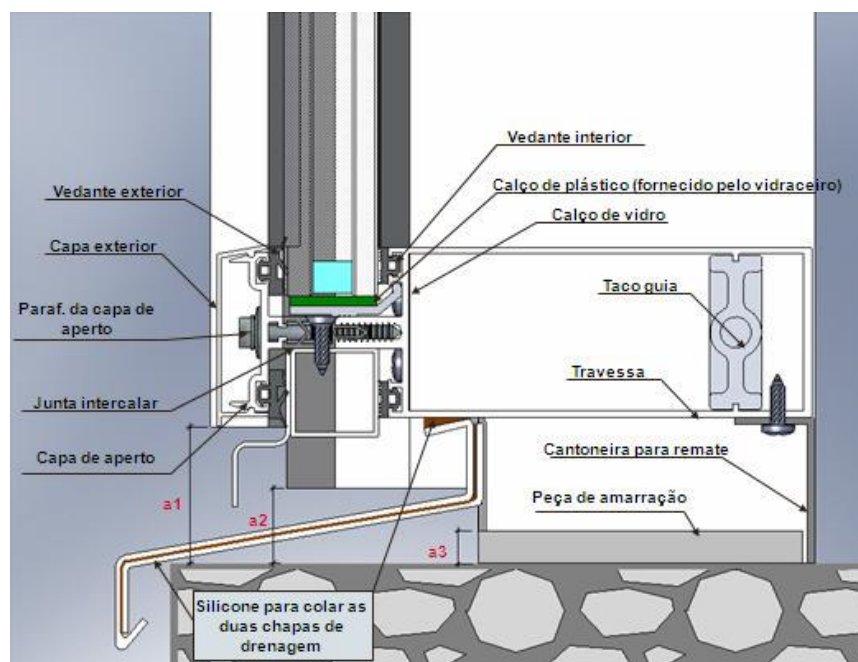
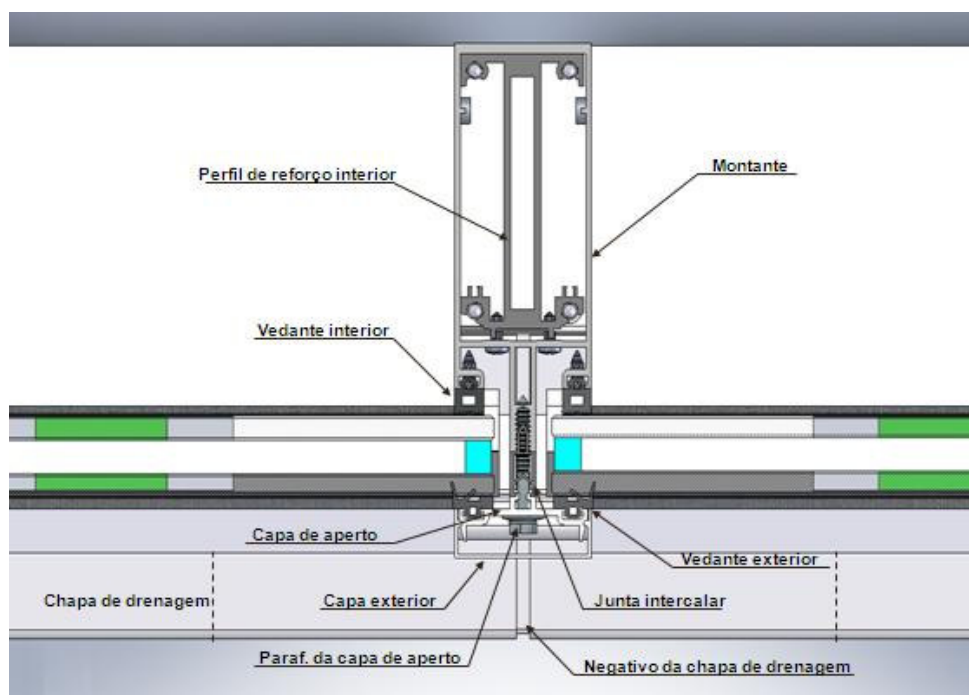
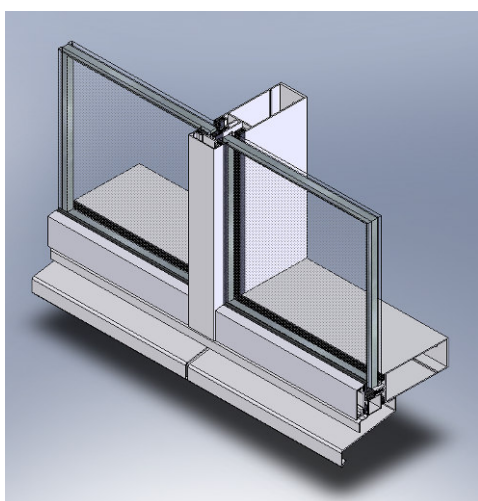


Figura 51- Acessórios.

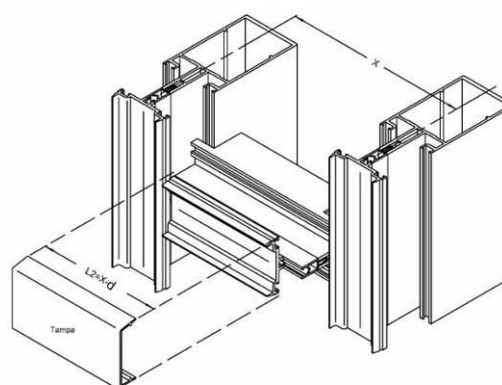
Antes de começar a modelar uma fachada é necessário conhecer o maior número de pormenores da mesma. Desde os vedantes e acessórios a usar até ao parafuso que fixa o tubo compensador. Também se deve saber que maquinagens se vão fazer e onde vão ser aplicadas. Se vai levar juntas de dilatação, etc.



*Figura 52- Acessórios.*

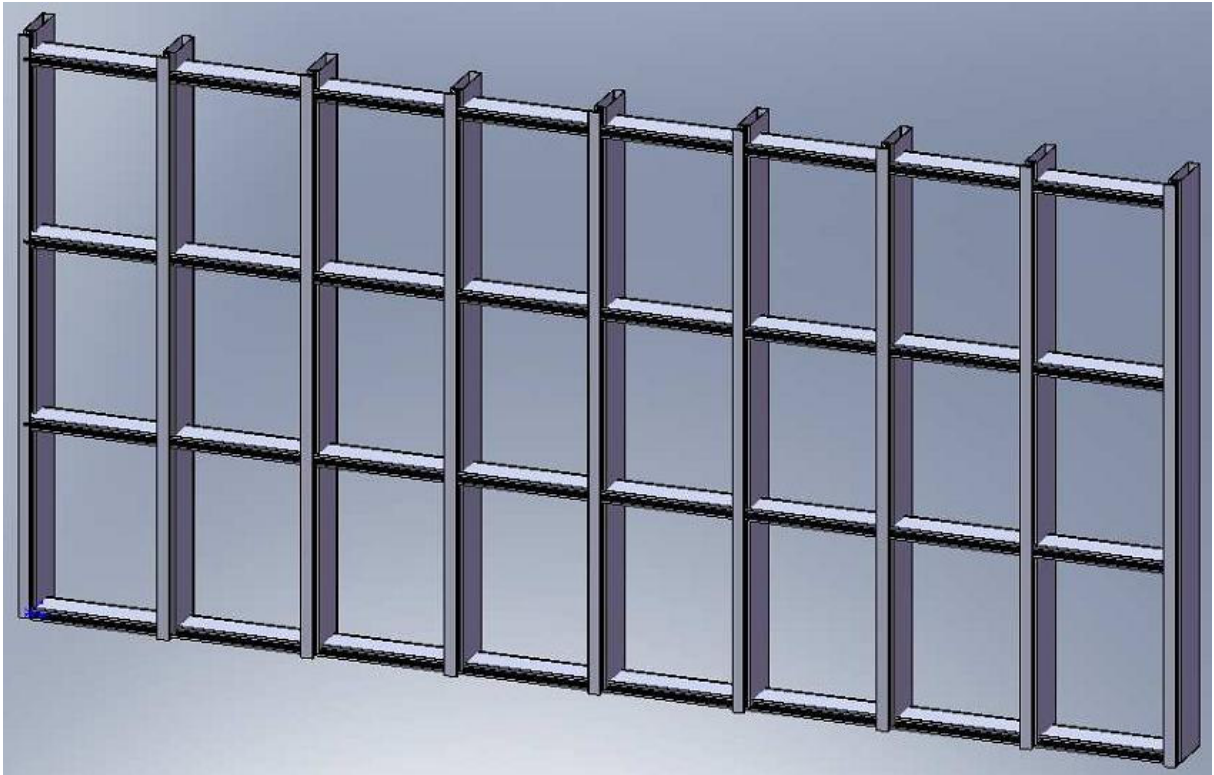


*Figura 53- Pormenor A.*



*Figura 54- Pormenor B.*

Passada esta fase, deu-se início à modelação 3D em SolidWorks 2008.



*Figura 55- Fachada tridimensional.*

Fases seguintes:

1. Preparar um dossier com informação necessária para cada processo:

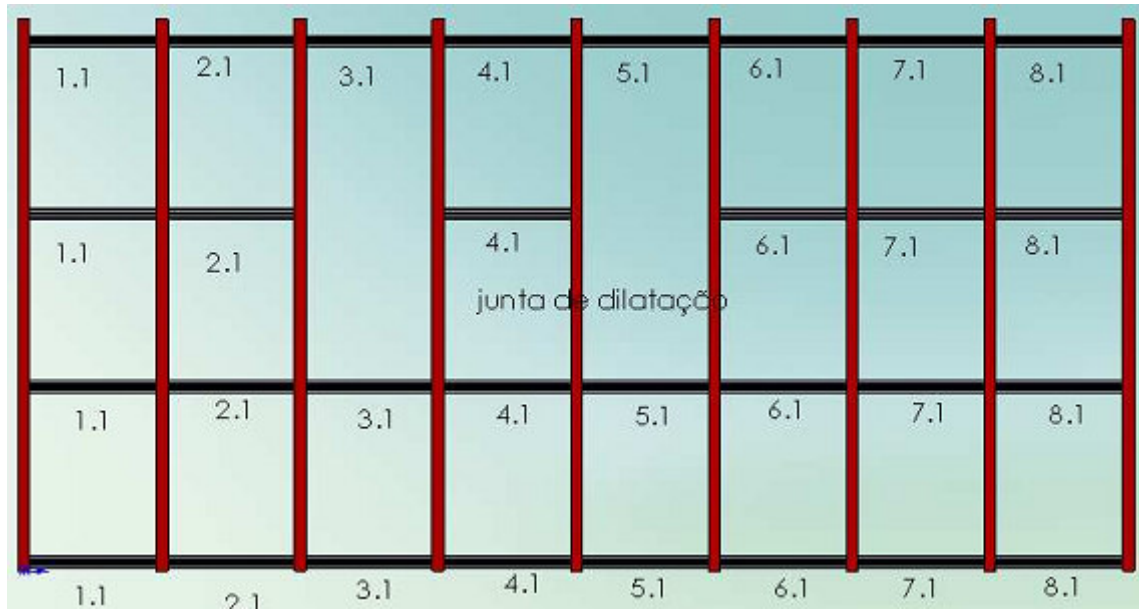
- Corte;
- Maquinagem Automática;
- Maquinagem Manual;
- Montagem Interna;

O dossier inclui: requisição de material ao armazém, mapa de vãos, cotas altimétricas, lista de corte otimizado e maquinagem.

2. Exportar dados para fabrico;

3. Preparar dossier de montagem;

4. Expedir os acessórios necessários para montar na obra.



*Figura 56- Mapa de Vãos.*

### 3.4 Conclusão

A obra “Palácio de Congressos de Saragoça” foi um projecto muito aliciante, não só pela sua importância, dimensão e complexidade, mas também pelo facto de ser um projecto na área da construção, para mim, uma área quase desconhecida.

O facto de a equipa na Direcção de Obra ser jovem e muito dinâmica fez com que a integração fosse rápida. A interacção na Martifer, com os colegas de gabinete, com o pessoal do fabrico, dos aprovisionamentos, das montagens, com os fornecedores, revelou-se uma mais-valia na aquisição de conhecimentos, nomeadamente, no que diz respeito à gestão de recursos humanos.

Durante o projecto existiram vários pontos críticos, designadamente, na secção MC6 e nas zonas com laje. Não existiam estruturas de suporte do *deployé*, por isso, foi necessário projectar essas mesmas estruturas. Na secção MC17, uma zona com palas, muito complexa, mereceu também uma atenção redobrada.

O trabalho desenvolvido exigiu grande responsabilidade, no entanto, acredito ter estado à altura da exigência.

Também tive a oportunidade de visitar a obra para registo de medidas e observação da montagem final. No entanto, o mais surpreendente foi ver que tudo o que estava algumas semanas antes no nosso computador, já estava ali, colocado no seu devido lugar.

## 4 Conclusão global

Estando a Direcção de Obra imediatamente a montante do fabrico na sequência normal de produção na Martifer Alumínios, a minha presença nos dois departamentos tornou a minha aprendizagem mais integrante e abrangente.

Ao realizar este projecto fui-me apercebendo da realidade no mundo empresarial, das dificuldades e dos desafios que surgem no dia-a-dia.

Para se ser rentável tem que existir uma adaptação às necessidades da empresa e de seguida, com perseverança e persistência será possível atingir os objectivos.

Apesar de algumas contrariedades ao longo do projecto, temos que saber adaptar-nos a novas variáveis. Aprendi que elas fazem parte do nosso percurso.

Por isso, mesmo nas situações mais desconfortáveis, devemos sempre retirar aspectos positivos, é uma aprendizagem constante.

Foi uma grande lição de vida. Uma recta final suada, com alguns obstáculos, mas que me deram um grande prazer ultrapassar.

## Bibliografia

Chase-Jacobs-Aquilano, (2007), *Operation Management For Competitive Advantage*, McGraw -Hill;

Heizer & Render, (2004), *Operations Management*, Prentice Hall;

Womack, James P., Jones, Daniel T., and Roos, Daniel, (1991), *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, Harper Perennial;

Womack, James P. and Jones, Daniel T, (2003), *Lean Thinking*, Free Press;

Shingo, Shigeo, (1989), *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint (Produce What Is Needed, When It's Needed)*, Productivity Press;

Courtois A., Pillet M. e Martin C., (1997), *Gestão da Produção*, Lidel - edições técnicas, Lda;

<http://www.lean.org>;

[1] <http://pt.kaizen.com>;

[2] [http://www.dem.ist.utl.pt/~m\\_gpl](http://www.dem.ist.utl.pt/~m_gpl);

Documentação interna da Martifer Alumínios.