

Aplicação de Técnicas Lean na Montagem Laser na ADIRA, S.A.

Filipe Ruben Mendonça Bezugo

Dissertação

Orientador na FEUP: Prof. José Moura Borges

Orientador na ADIRA, S.A.: Eng.^a Rita Dias



FEUP

**Faculdade Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Janeiro de 2010

*Aos meus Pais,
E a ti, Joana*

Resumo

No âmbito da disciplina Projecto de Dissertação do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica - Gestão da Produção - da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi-me proposto realizar um projecto em ambiente empresarial.

O projecto consistiu em aumentar a produtividade da montagem das máquinas laser, reduzindo os tempos de montagem e criando uma norma de trabalho de maneira a que os *lead times* de montagem fossem reduzidos.

No fundo o que estava em causa era melhorar o processo de montagem, através de ferramentas e métodos que permitissem que a produção fluísse. Com base neste princípio, recorreu-se à filosofia *lean*, segundo a qual a redução de desperdício ao longo de todo o processo de fabrico é o ponto-chave. Para essa redução utilizaram-se algumas ferramentas *lean*, nomeadamente os 5S e a uniformização do processo ou *standard work*.

Este projecto teve duas fases distintas: a primeira foi a aplicação da filosofia 5S, implementando assim um conjunto de melhorias com vista à redução de desperdício, criando ferramentas de apoio ao processo de montagem e à redução dos tempos de montagem; a segunda fase consistiu na elaboração de uma norma que apoiasse todo o processo de montagem de maneira a uniformizá-lo. Como houve a necessidade de medir os tempos de montagem, estes acabaram por servir de “barómetro” para as mudanças efectuadas na primeira fase.

Utilizando a filosofia 5S actuou-se no chão da fábrica conseguindo criar e reorganizar as zonas de montagem. Intervindo a nível do dimensionamento dos componentes conseguiu-se que estes passassem a corresponder às necessidades das zonas de montagem. Com estas medidas e com uma correcta monitorização do processo de montagem conseguiu-se que os tempos fossem reduzidos e que o processo de montagem fosse uniformizado.

Tendo em conta as metodologias e os processos aplicados, a montagem laser da ADIRA, S.A. é uma unidade que tem as bases lançadas para uma caminhada de sucesso no seio dos grandes construtores mundiais. Os colaboradores são neste momento pessoas confiantes na obtenção dos objectivos a médio longo prazo, que visam o aumento da produção para 4 máquinas por mês.

Abstract

In the context of the subject Dissertation Project of the 5th year of the Integrated Master's Degree in Mechanical Engineering - Production Management - School of Engineering, University of Porto, it was proposed to me, do a project in a business environment.

The project was to increase the productivity of machine assembly, laser, reducing assembly times and creating a standard work so that the assembly lead times were reduced. Basically what was at issue was to improve the assembly process, using tools and methods that would allow production to flow. Based on this principle, we used the lean philosophy, that the reduction of waste throughout the manufacturing process is the key point. For this reduction resorted to some lean tools, such as 5S and standardized procedure or standard work.

This project had two distinct phases: the first was the implementation of the 5S philosophy, thus implementing a number of improvements to reduce waste, thereby creating tools to support the assembly process and reducing assembly times and the second phase was to draft a standard that would support the entire assembly process in order to standardize it. There was a need to measure the times of assembly, they ultimately served as a "barometer" for the changes in the first phase.

Using the 5S philosophy we acted on the shop floor to create and reorganize the assembly areas. In the matter of sizing of the components we were able to pass these to meet the needs of the areas of assembly. With these measures and a proper monitoring of the assembly process we have ensured that the times were reduced and the assembly process were standardized.

The laser assembly ADIRA, S.A. is a unit that has the foundations laid for a long walk of success within the major manufacturers worldwide. Employees are now confident people in achieving the objectives in the medium term, aimed at increasing production to 4 machines per month.

Agradecimentos

À ADIRA S.A., como empresa, pela oportunidade de formação e ajuda proporcionada ao longo do desenvolvimento do Projecto.

À Eng.^a Rita Dias, orientadora do Projecto na empresa, pelo apoio, pela disponibilidade e pelas oportunidades de implementação dos projectos.

Ao Eng.^o José Figueira, Eng.^o Rui César e Eng.^a Joana Morgado por todo apoio ao longo do projecto.

Um especial agradecimento para a equipa da montagem, pelo apoio e pela disponibilidade para a mudança.

Ao Professor José Moura Borges, orientador do Projecto por parte da FEUP, pela sua orientação e disponibilidade ao longo de todo o projecto.

A todos aqueles que contribuíram de forma positiva para a realização do projecto.

Glossário

5S – Cinco palavras japonesas, todas começadas como o som “s”, que estabelecem o ambiente cultural para a melhoria contínua. As cinco palavras japonesas são: *Seiri*, triar; *Seiton*, organizar; *Seiketsu*, limpar; *Seisou*, normalizar; *Shitsuke*, disciplinar.

Aviamento – Palavra utilizada na ADIRA, S.A., para definir o abastecimento do bordo de linha.

Bordo de linha – Local no posto de trabalho onde se encontra o material a ser usado no fabrico ou montagem.

Conjunto – Palavra utilizada para definir o conjunto de peças que fazem parte de uma determinada operação de montagem.

Heijunka – Palavra de origem japonesa que significa: nivelar. A programação *heijunka* envolve o nivelamento da carga de forma a garantir um fluxo contínuo de materiais e informação pela fábrica.

Jidoka – Palavra de origem japonesa que significa automação com características humanas. Isto significa que equipamentos e processos param na presença de erros ou defeitos.

Kanban - Palavra japonesa que significa “cartão”. É um dos mais simples sistemas de controlo de operações que se conhece e um dos elementos primários do TPS. O sistema kanban coordena o fluxo de materiais e de informação ao longo do processo de fabrico.

Layout – Arranjo físico dos recursos num determinado espaço de trabalho. Existem vários tipos de *layouts* em função de diferentes estratégias de fabrico ou serviço.

Lead Time – Tempo necessário para realizar uma dada tarefa, trabalho, produto ou serviço.

Lean Production - Uma abordagem sistemática para a identificação e eliminação de desperdícios (actividades sem valor adicionado), através da melhoria contínua, fazendo os produtos fluir, sempre que o cliente os “puxa”, na senda da perfeição.

Muda - Palavra japonesa que significa desperdício

Stock – Artigos, materiais em inventário.

Takt time - tempo de produção de um componente ou produto, baseado no ritmo da procura para responder às necessidades do cliente. Quociente entre o tempo disponível para produção e a procura do cliente no mesmo período.

Tempo de Ciclo - período de tempo entre o final da produção de uma peça e o final da produção da peça seguinte.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	ADIRA, S.A.	1
1.2	A Máquina Laser	2
1.3	O Projecto na ADIRA, S.A.	4
	Objectivos	4
1.4	Organização e Temas Abordados	5
2	Enquadramento Teórico.....	6
2.1	Lean Production.....	6
	Os sete desperdícios	6
2.2	O TPS – Toyota Production System	7
2.3	Métodos e Ferramentas Lean.....	8
	O Ciclo PDCA	8
	Filosofia 5S.....	9
	Gestão Visual.....	11
	Sistema Kanban	11
	Standard Work	12
2.4	Layout	13
3	Implementação Lean na Montagem Laser.....	14
3.1	A Situação Inicial.....	14
3.2	Filosofia 5S.....	16
	Housekeeping.....	18
	Redimensionamento do Bordo de Linha	26
	Reorganização do Layout	34
3.3	Standard Work.....	39
	Monitorização dos Tempos.....	40
	Identificação das Tarefas e precedências.....	41
	Normalização do Processo de Montagem.....	42
4	Conclusões	48
5	Referências e Bibliografia	49
	Anexo A: Calendarização.....	50
	Anexo B: Documentos referentes aos 5S.....	52
	Anexo C: Informações referentes aos parafusos	56
	Anexo D: Tabelas com as necessidades dos kanbans	59
	Anexo E: Medidas das novas zonas do layout	62
	Anexo F: Informações referentes à uniformização do processo.....	63

Índice de Figuras

Figura 1 – Constituição do Grupo ADIRA	2
Figura 2 – A Máquina Laser.....	3
Figura 3 – Vista em pormenor da máquina laser.....	3
Figura 4 – Organização dos temas da segunda parte.....	5
Figura 5 – Estrutura do sistema de produção da Toyota (TPS) (adaptado de: Pinto, 2008).....	7
Figura 6 – O ciclo de melhoria de Deming e a Melhoria Contínua (adaptado de: Pinto2006)..	9
Figura 7 – Etapas da metodologia 5S	10
Figura 8 – Exemplo de um <i>layout</i> tipo “ <i>Job-Shop</i> ”	13
Figura 9 – Esquema do terceiro capítulo.....	14
Figura 10 – Variação dos tempos de montagem da máquina laser.....	15
Figura 11 – Sequência de montagem da máquina ZZ12668.....	16
Figura 12 – Zona de montagem antes de ser implementar a filosofia 5S	16
Figura 13 – Quadro informativo acerca dos 5S.....	18
Figura 14 – Vista geral da zona provisória de arrumação.....	18
Figura 15 – Armazém anexo	19
Figura 16 – Mesa do computador e bancadas antes da aplicação dos 5S	19
Figura 17 – Depois da aplicação dos 5S	20
Figura 18 – Zona de montagem antes da arrumação e organização	20
Figura 19 – Zona de montagem depois de estar limpa e arrumada	20
Figura 20 – Bancada das pré-montagens antes de substituir o papelão.....	21
Figura 21 – Bancada das pré-montagens com a borracha.....	21
Figura 22 – Arrumação dos parafusos antes dos 5S	21
Figura 23 - Arrumação dos parafusos depois da filosofia 5S.....	22
Figura 24 – Chão da zona de montagem antes de ser pintado.....	22
Figura 25 – Chão da zona de montagem depois ser pintado	22
Figura 26 – Identificação das posições dos itens.....	23
Figura 27 – Tubo abocardado.....	23
Figura 28 – <i>Shuttle Table</i>	24
Figura 29 – Pormenores do tubo hidráulico	25
Figura 30 – Mangueira hidráulica.....	25
Figura 31 - Parafusos de Cabeça Hexagonal.....	26

Figura 32 - Parafusos de Cabeça Cilíndrica de Oco Hexagonal.....	26
Figura 33 - Parafusos de Cabeça de Embeber de Oco Hexagonal	27
Figura 34 – Parafusos em aço zincados (8.8).....	27
Figura 35 – Parafusos em aço (12.9)	27
Figura 36 – Protótipo do carrinho para os <i>kanbans</i>	32
Figura 37 – Carrinho com os <i>kanbans</i> (solução provisória)	32
Figura 38 – Etiqueta do carrinho dos <i>kanbans</i>	32
Figura 39 – Etiqueta de identificação do <i>kanban</i>	33
Figura 40 – Utilização do <i>kanban</i> do bordo de linha.....	33
Figura 41 – Layout existente	34
Figura 42 – <i>Layout</i> a implementar.....	36
Figura 43 – Estrutura do pórtico.....	37
Figura 44 – Estrutura da <i>shuttle table</i>	37
Figura 45 – Mesas da <i>shuttle table</i>	37
Figura 46 - Gavetas.....	37
Figura 47 – Evolução da zona de pré-montagem da <i>shuttle table</i>	38
Figura 48 – Fluxo das pré-montagens.....	38
Figura 49 – <i>Standard Work</i> Inicial	44
Figura 50 – <i>Standard Work</i> actual.....	45
Figura 51 – <i>Standard Work</i> provável.....	46

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Objectivos propostos.....	4
Tabela 2 – Análise de custo da mudança de tubo hidráulico para mangueira hidráulica	25
Tabela 3 - Medidas propostas.....	28
Tabela 4 – Tabela de parafusos zincados a implementar.....	29
Tabela 5 – Análise de custos da implementação dos parafusos zincados.....	29
Tabela 6 – Necessidades dos <i>kanbans</i> do bordo de linha do pórtico.....	31
Tabela 7 – Zonas da montagem laser.....	35
Tabela 8 – Resultados das auditorias	39
Tabela 9 – Objectivos a alcançar para a montagem das 4 máquinas	39
Tabela 10 – Tempos medidos.....	40
Tabela 11 – Tarefas de montagem e precedências	41
Tabela 12 – Pré-montagens	42
Tabela 13 – Recursos necessários.....	42
Tabela 14 – Recursos afectos às operações.....	43

1 Introdução

Este projecto insere-se no primeiro semestre do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, opção Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O projecto foi efectuado nas instalações da ADIRA, S.A. na área da montagem laser, com início em Setembro de 2009 e conclusão em Janeiro de 2010.

Com o intuito de aumentar o seu volume de negócios e a sua própria visibilidade, esta empresa está a apostar forte nos mercados internacionais. A elevada concorrência a nível internacional, mercado onde a ADIRA, S.A. pretende reforçar a sua presença, faz com que os consumidores procurem um produto de qualidade, a baixo custo e com prazos de entrega reduzidos.

Este projecto insere-se na vontade e na necessidade de melhorar a montagem laser, visto que com o crescimento dos mercados internacionais a ADIRA, S.A. sente a necessidade de aumentar a sua produção para fazer face à carteira de encomendas.

Referimo-nos a um processo de montagem que tem elevados *lead times*, em média o *lead time* de montagem situa-se nos 34 dias. Esta é uma indústria *make-to-order*, ou seja, o cliente faz uma encomenda e é despoletada uma ordem de montagem, daí a necessidade de ter um *lead time* baixo de forma a responder o mais rapidamente possível às necessidades do cliente.

A redução necessária do *lead time* de montagem, levou a que os responsáveis pela ADIRA, S.A. definissem como objectivos para o projecto a redução dos tempos de montagem e a uniformização do processo de montagem. Havia pois, a necessidade de implementar processos de forma a que esses objectivos fossem alcançados, correspondendo assim da melhor maneira ao desafio proposto pela ADIRA, S.A..

Sendo a melhoria contínua um dos pilares fundamentais deste projecto, recorreu-se à filosofia *lean* e às suas ferramentas, visto que, esta filosofia assenta na redução e eliminação de tudo o que é desperdício nos processos de fabrico, com vista à melhoria dos mesmos.

Estamos a falar em reformular processos de montagem, mudar mentalidades, mudar rotinas, tudo aspectos que normalmente são difíceis de serem alterados, pois normalmente a mudança é sempre complicada.

De forma a ser o mais objectivo possível indo de encontro aos problemas existentes recorreu-se à aplicação da filosofia 5S e também à uniformização do processo, tudo ferramentas *lean*.

1.1 ADIRA, S.A.

A ADIRA, S.A. é uma empresa que se dedica à produção máquinas de corte e conformação de chapa. Faz parte do Grupo ADIRA, constituído pela ADIRA, S.A. e pela OXISOL, empresa de construção soldada.

A ADIRA, S.A. opera em 5 áreas de negócio distintas: Laser, Produção Especial, Produção *Standard*, Serviço de pós-venda e modernizações e Vendas de equipamento importado. Na Figura 1 é possível vermos o organigrama do Grupo



Figura 1 – Constituição do Grupo ADIRA

A principal missão é ouvir os clientes e fornecer soluções inovadoras, customizadas e com eficiência, para corte e conformação de chapa, ao longo de todas as etapas/necessidades dos clientes, garantindo-lhes competitividade mundial.

O grande objectivo da ADIRA, S.A. é evoluir de “*Leader Ibérico*”, para uma estrutura multi-continental, a fim de estar mais perto de cada um dos seus clientes e tirar partido das vantagens competitivas de cada delegação no mundo.

1.2 A Máquina Laser

A Máquina Laser é o produto mais sofisticado da gama Adira e uma das máquinas de corte por laser mais avançadas da actualidade. Existem dois tipos de configuração mais usuais são as máquinas direitas e as esquerdas, excepcionalmente podem existir máquinas frontais. Esta designação deriva da posição da fonte laser. Quando nos encontramos de frente para a máquina, tal qual as Figuras 2 e 3, se a fonte de laser se encontrar à nossa esquerda, a máquina é direita e vice-versa. A máquina frontal é a única em que a fonte laser fica na posição frontal.

O projecto de construção da primeira versão da máquina de corte a laser CCL3015 teve início na ADIRA em 2002 e deve o seu nome à função para que foi desenhada; CCL é a abreviatura de “centro de corte a laser”. O número que se segue á denominação corresponde ao tamanho de chapa que corta. Assim, 3015 significa que a máquina corta chapa de 3,0m por 1,5m, 4020 significa 4,0m por 2,0m. Na Figura 2 é possível observar a máquina laser.



Figura 2 – A Máquina Laser

Na Figura 3 é possível ver uma máquina laser direita em pormenor, permitindo assim que os componentes principais sejam conhecidos. De salientar que nesta figura não estão consideradas as blindagens, parte integrante da máquina.

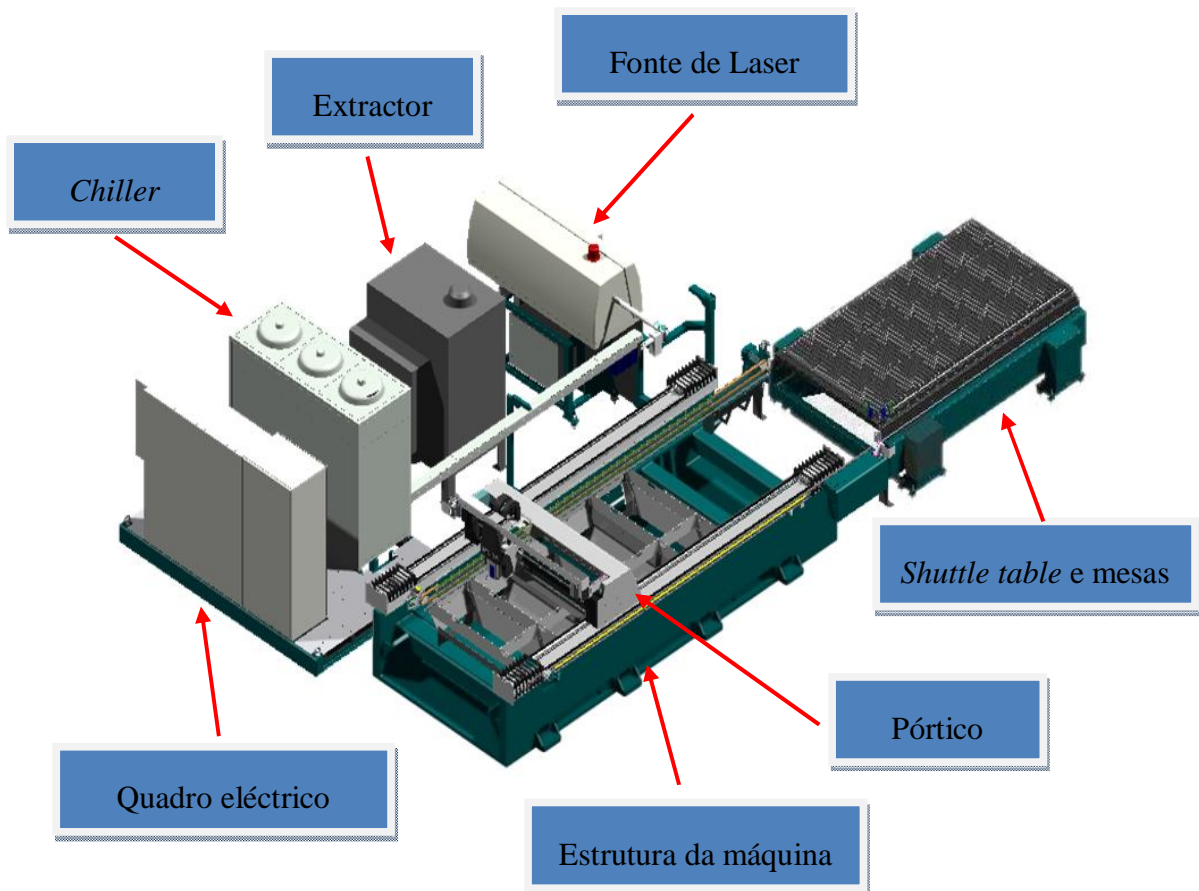


Figura 3 – Vista em pormenor da máquina laser

Como podemos verificar pela Figura 3:

- *Shuttle table* e mesas – São o conjunto que faz a alimentação de chapa para a máquina, a *shuttle* sobe e desce e as mesas entram e saem da máquina. Normalmente isto é efectuado num ciclo automático.
- Pórtico – Estrutura que suporta a cabeça de corte, ou seja, o centro nevrálgico da máquina.
- Estrutura da máquina – Suporta o pórtico e é onde se insere parte da montagem, nesta estrutura são montados os carris, a movimentação da mesa, a exaustão, o caminho óptico, a placa gás, as carruagens que vão permitir o pórtico se deslocar e as esteiras onde passam todos os cabos.
- Quadro eléctrico – Onde encerra toda a parte eléctrica.
- *Chiller* – Sistema de arrefecimento da máquina.
- Extractor – Sistema para extrair o fumo devido à operação de corte.
- Fonte laser - A fonte *laser*, como o próprio nome indica, é a fonte do feixe.

1.3 O Projecto na ADIRA, S.A.

O aumento da carteira de encomendas de máquinas laser, fez com que a ADIRA, S.A. sentisse a necessidade de aumentar a sua produção, para fazer face ao incremento das encomendas.

Para responder de forma adequada às necessidades apresentadas houve necessidade de realizar algumas alterações, implementando um conjunto de processos, para que todo o processo de montagem fosse melhorado.

Os *lead times* de montagem elevados são um problema para a unidade laser da ADIRA. De forma a solucionar essa questão é necessário apurar as suas causas. Estas estão relacionadas com alguns problemas a nível do fornecimento de componentes e também com a falta de organização dos espaços de montagem. Relativamente aos espaços, parece-nos que os problemas poderão estar relacionados com o facto da área onde a montagem laser está inserida não ter sido criada para esse efeito mas sim adaptada. Os problemas a nível do abastecimento de peças passam pelo facto de não existir uma norma de trabalho, fazendo com que não se saiba com exactidão quando as operações começam ou acabam. Devido a esta indefinição o processo de encomenda de peças torna-se complicado, fazendo com que muitas vezes existam faltas de peças, que provocam atrasos na montagem.

Objectivos

Face a estas questões foram definidos os objectivos do projecto, que podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1 – Objectivos propostos

Objectivos
- Redução dos tempos de montagem em 25%
- Normalização das tarefas de montagem

A primeira abordagem do projecto foi a implementação da filosofia 5S, isto porque é uma ferramenta abrangente e que através dos métodos utilizados é possível perceber os problemas

existentes. A técnica dos 5 S's, pretende criar zonas e locais de trabalho que permitam um fácil controlo visual e potencie a gestão com base na filosofia *lean*, isto é, eliminação de desperdícios e aumentos de produtividade.

De forma a se conseguir criar fluxo produtivo com vista ao aumento da produtividade, foram criadas novas zonas de montagem, foi redimensionado o bordo de linha e foi ainda implementado um novo sistema de reabastecimento dos componentes de aperto, pois o sistema usado era ineficaz. O sistema implementado para o reabastecimento do bordo de linha foi o sistema *kanban*.

A segunda abordagem passou pela criação de um conjunto de métodos com vista à uniformização do processo de montagem devido há inexistência de um documento ou uma norma que indique como este deve ser efectuado. Neste momento a montagem é realizada em função da existência de peças.

Houve então a necessidade de medir os tempos de montagem e de identificar as operações de forma a se poder uniformizar o processo de montagem. A uniformização do processo passou também pela afectação de recursos às operações a efectuar.

1.4 Organização e Temas Abordados

A tese está dividida em 3 partes distintas sendo a primeira a apresentação do projecto e as ferramentas disponíveis para a sua realização, a segunda parte a implementação dos processos e respectivos resultados e a terceira parte são conclusões.

A segunda parte desenvolveu-se em diferentes fases, iniciando-se com o levantamento da situação inicial, seguindo-se a implementação da filosofia 5S e por fim toda a uniformização do processo de montagem através do *standard work*. De forma a ser melhor compreendida esta segunda parte pode ser visto na Figura 4 um esquema da organização dos temas.

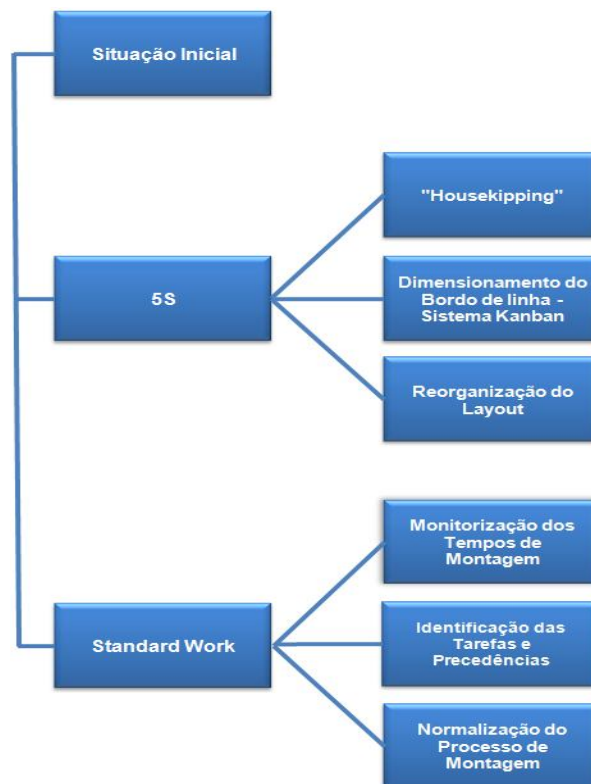


Figura 4 – Organização dos temas da segunda parte

2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo pretende-se fazer uma introdução teórica ao conceito *lean production* e a todo um conjunto de processos e métodos inerentes a esta filosofia.

2.1 Lean Production

A filosofia *lean production* surgiu na Toyota, no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial. O seu criador foi Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota apoiado por diversos seguidores, nomeadamente, Sakichi Toyoda, fundador do Grupo Toyoda em 1902; Kiichiro Toyoda e Eiji Toyoda. Esta filosofia surgiu como um sistema de gestão cujo objectivo é desenvolver processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios em todas as fases do processo de fabrico ou montagem.

Os sete desperdícios

Como disse Taiichi Ohno:

“Tudo o que estamos a fazer é observar a linha temporal, desde o momento em que o cliente coloca a encomenda, até recebermos o seu pagamento. Estamos a reduzir essa linha de tempo removendo todas as actividades que não acrescentam valor.”

Taiichi Ohno

Num processo produtivo, o desperdício pode representar até 95% do tempo total. Normalmente as empresas apenas se concentram nos componentes que adicionam valor (5%), desperdiçando assim o enorme potencial de ganho que pode existir nas actividades que não acrescentam valor.

Esta permanente preocupação em identificar e eliminar o desperdício é uma das características centrais da filosofia *lean*. As sete fontes de desperdício (em Japonês: *muda*) são:

- Excesso de produção: Produzir excessivamente ou cedo demais, resultando fluxos irregulares de materiais e informação;
- Tempos de espera: Longos períodos de paragem de pessoas, equipamentos, materiais e peças e informação, resultando em fluxos irregulares bem como lead times elevados;
- Transportes: Deslocações excessivas de pessoas, materiais e informação resultando em dispêndio de desnecessários de capital, tempo e energia;
- Processos inadequados: Utilização incorrecta de equipamentos e ferramentas, aplicação de recursos e processos inadequados às funções, aplicação de procedimentos complexos ou incorrectos ou sem informação necessária;
- Excesso de stocks (inventário): Demasiado tempo e locais de armazenamento, falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho e mau serviço prestado ao cliente;

- Movimentação desnecessária: desorganização dos locais de trabalho, resultando em mau desempenho despreocupação por aspectos ergonómicos e pouca atenção às questões associadas ao estudo do trabalho;
- Defeitos (qualidade): Problemas frequentes nas fases do processo, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.

2.2 O TPS – Toyota Production System

O sistema TPS, base da filosofia *lean*, procura fazer a gestão das operações de maneira simples e eficiente, tentando otimizar o uso de recursos. O resultado é um sistema capaz de atender às exigências de qualidade e entrega do cliente ao menor custo. Este sistema serviu de referência para muitos sistemas de produção de empresas que utilizaram os conceitos da filosofia TPS e adaptaram às suas realidades empresariais. Na figura 5 pode observada a estrutura geral do TPS.

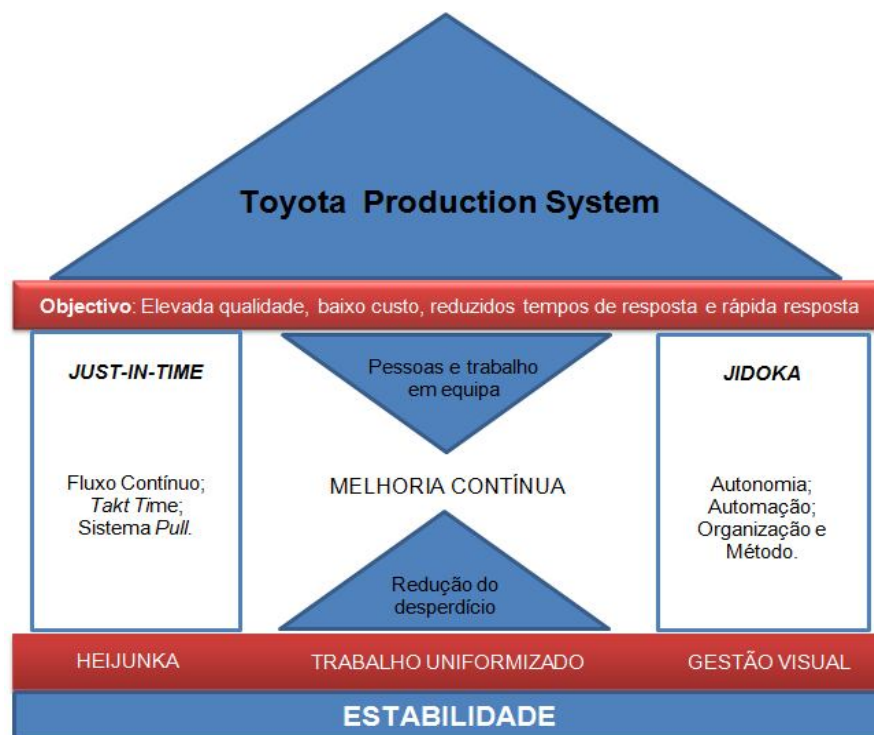


Figura 5 – Estrutura do sistema de produção da Toyota (TPS) (adaptado de: Pinto, 2008)

Da figura anterior onde são identificados um conjunto de elementos fundamentais do TPS, destacam-se:

- Processos *just-in-time* – Produzir em JIT requer um fluxo contínuo de materiais e de informação coordenados de acordo com os sistema *pull* (em que o cliente desencadeia os processos desde a montagem até à matéria prima) a trabalhar com um tempo de ciclo o mais perto do *takt time*;

- *Jidoka* – criação de condições que levem à perfeição dos processos;
- *Heijunka* – criação de condições para a manutenção de um fluxo contínuo de fabrico; redução de stocks e maior estabilidade e consistência dos processos;
- Trabalho uniformizado – a uniformização torna os processos estáveis e previsíveis e consequentemente mais fáceis de gerir. A uniformização é um dos principais requisitos para a estabilidade dos processos;
- Melhoria contínua – é um compromisso no sentido da melhoria do desempenho da organização (procurando a total eliminação do desperdício), algo que se faz de modo continuado e apoiado em pessoas e sistemas simples;
- Estabilidade – o desperdício apenas consegue ser eliminado através de sistemas desenhados para serem estáveis. Todos os elementos atrás referidos reforçam a estabilidade do TPS. Só após o estabelecimento de um sistema de fabrico estável é que é possível a redução de custos através da eliminação do desperdício.

Em suma podemos dizer que o TPS é um sistema que foi desenvolvido para fornecer às pessoas métodos e ferramentas que lhes permita a melhoria contínua do seu desempenho. Significa mais dependência nas pessoas e não menos. As empresas dependem dos seus colaboradores para melhorar processos, reduzir stocks, identificar e eliminar desperdício. (Pinto, 2008)

2.3 Métodos e Ferramentas Lean

Um grande número de ferramentas e técnicas foram desenvolvidas para apoiar a filosofia *lean*, para permitir às organizações a aplicação de conceitos de forma a implementar a mudança.

O Ciclo PDCA

O ciclo da melhoria denominado por PDCA (*plan, do, check, act*), é uma ferramenta simples e poderosa e está no centro da filosofia da melhoria contínua. Esta ferramenta foi introduzida no Japão, em 1950, por W. Edwards Deming, é uma ferramenta de gestão e de tomada de decisões para garantir que os objectivos necessários à sobrevivência de uma organização são atingidos. Esta filosofia é composta pelas seguintes etapas:

- Planear (*PLAN*) – Definir objectivos a serem atingidos;
- Executar (*DO*) - Executar as tarefas exactamente como foi previsto na etapa de planeamento;
- Verificar (*CHECK*) – Verificação dos resultados e medição dos desvios;
- Agir (*ACTION*) – Análise e redução dos desvios.

Na Figura 6 pode ser visto o ciclo de Deming e a Melhoria Contínua.

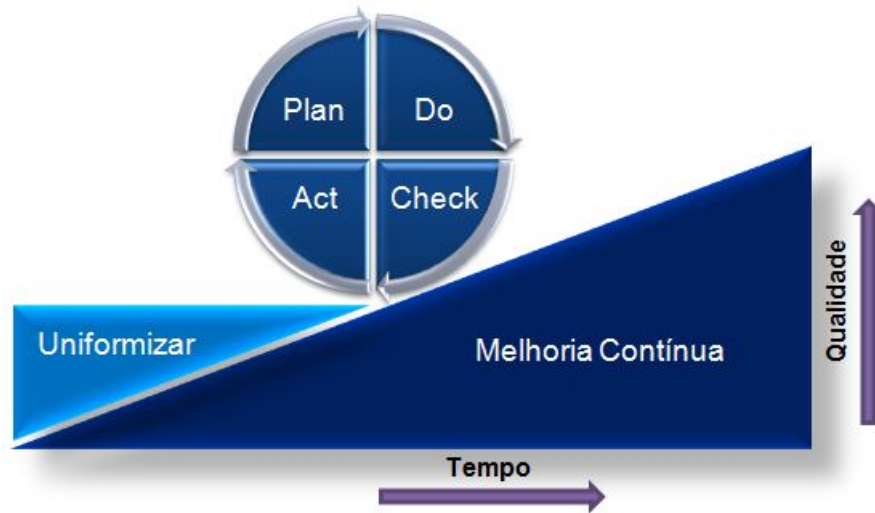


Figura 6 – O ciclo de melhoria de Deming e a Melhoria Contínua (adaptado de: Pinto2006)

Filosofia 5S

A filosofia 5S surgiu no Japão no início dos anos 50, provavelmente inspirada na necessidade que havia de colocar em ordem a grande confusão, resultado da derrota do país para as forças aliadas. Esta filosofia demonstrou ser tão eficaz enquanto reorganizadora das empresas e da própria economia japonesa que é considerada o principal instrumento de gestão da qualidade e produtividade utilizado naquele país.

O objectivo da filosofia 5S é promover a alteração do comportamento das pessoas visando a total organização da empresa através da eliminação de materiais obsoletos, execução constante da limpeza no local de trabalho, construção de um ambiente que proporcione bem estar, redução de desperdícios e aumento da produtividade.

Os objectivos da implementação desta ferramenta são:

- Melhorar a qualidade dos produtos/serviços;
- Melhorar o ambiente de trabalho;
- Melhorar o relacionamento humano;
- Desenvolver o trabalho em equipa;
- Reduzir custos;
- Promover a melhoria contínua dos processos – eliminar desperdícios;
- Dar ênfase à segurança;
- Estimular a motivação dos colaboradores.

O sistema 5S tem a sua origem em cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke*, que traduzidas para português significam: Triagem, Arrumação, Limpeza, Normalização e Disciplina.

Na Figura 7 pode ser visto uma representação das etapas da filosofia 5S.

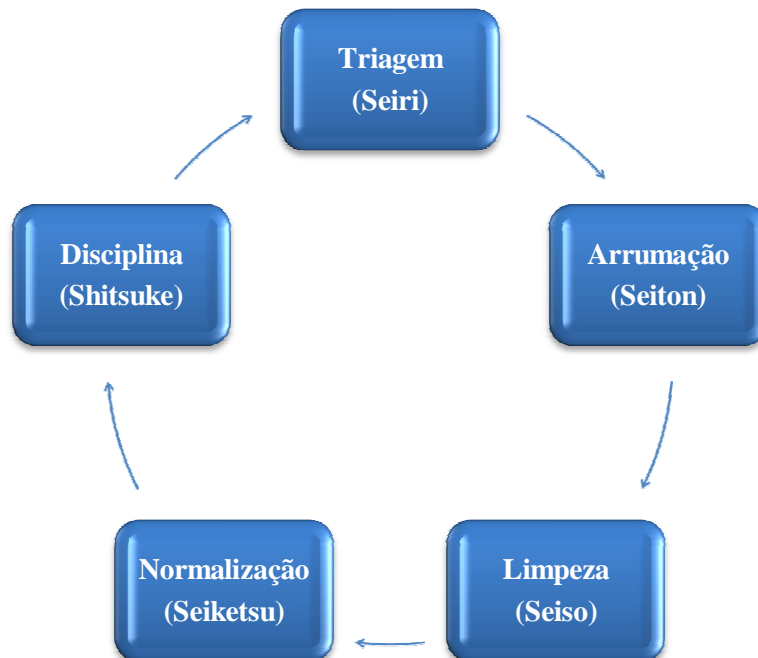


Figura 7 – Etapas da metodologia 5S

Triagem (*Seiri*)

O primeiro S centra a sua atenção na eliminação dos itens desnecessários. Nesta fase as principais tarefas e questões a responder são basicamente duas: procurar e identificar itens desnecessários e deslocá-los para uma área temporária e deixar apenas o essencial.

Arrumação (*Seiton*)

Depois da triagem e com a retirada de tudo o que é dispensável para a realização das tarefas, procede-se à criação de uma nova metodologia de organização dos postos de trabalho. As principais questões que os intervenientes nas tarefas devem colocar são: o que é que eu necessito para a minha tarefa? Onde devo colocar os itens necessários? Qual a quantidade desses itens que necessito?

Limpeza (*Seiso*)

A limpeza deve ser feita por todos, ou seja, cada um é responsável pela sua área de trabalho. Através de um ambiente de trabalho limpo evitam-se problemas, descobrem-se eventuais anomalias, além do facto de ser muito mais agradável trabalhar num ambiente limpo.

Normalização (*Seikutsu*)

A quarta fase dos 5 S, vai centrar -se na definição de uma metodologia que permita manter e controlar os 3 primeiros S's. Como forma de exemplo é necessário definir por escrito os

aspectos a controlar, de maneira a se poderem atingir os objectivos traçados, sendo eles, definição de níveis de stocks mínimos, períodos de tempo para limpar os postos de trabalho, datas para a identificação dos destino a dar aos itens desnecessários, entre outros.

Disciplina (*Shitsuke*)

A última fase dos 5 S, consiste na necessidade de um trabalho contínuo, para que tudo o que foi implementado seja mantido e cada vez com mais e melhores resultados. Nesta última fase, as principais preocupações são: assegurar a manutenção da aderência da metodologia dos 5 S através de comunicação, formação e autodisciplina e assegurar que os 5 S se tornem um hábito de toda a empresa. (Imai Masaaki, 1997)

Gestão Visual

O objectivo da gestão ou controlo visual é poder usar sinais visuais adequados para tornar os inimigos da excelência operacional (o desperdício, a variabilidade, e a inflexibilidade) óbvios para todos, para que uma acção correctiva possa ser tomada de imediato. As ferramentas de gestão visual dividem-se em cinco categorias:

1. Etiquetar com precisão o local e a identificação dos objectos;
2. Expor visualmente a condição do equipamento ou objectos;
3. Expor os *standards* visualmente;
4. Expor os indicadores de desempenho fundamentais para a gestão do desempenho;
5. Promover o processo da melhoria contínua.

Estas informações devem estar disponíveis para todos, da forma mais simples possível. Assim, normas de trabalho, regras de segurança e utensílios de trabalho, devem estar munidos de auxílios visuais que facilitem a transmissão de informação. Ao expor a informação também se aumenta a responsabilidade de todas as pessoas da organização dado que vêem o resultado das suas acções traduzidos em determinados indicadores chave.

Sistema Kanban

Kanban é um termo do vocabulário japonês que significa cartão, quadro de aviso ou bilhete. É um método que baseia o seu funcionamento na circulação de etiquetas. Foi criado no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, por Ohno, na Toyota Motor Company, e a partir de 1958, algumas das linhas de produção da Toyota passaram a funcionar em *kanban*.

Este é um sistema que ocupa um lugar muito especial entre as ferramentas *lean* em virtude do compromisso que oferece pela simplicidade do conceito e a sua eficácia. É sobretudo um sistema de informação e um método de organização e gestão de unidades de produção que não integra elementos de gestão industrial global, como o planeamento. Este método funciona como uma espécie de encomenda interna dirigida a um posto de trabalho e como guia de remessa quando acompanha o produto resultante dessa encomenda. (Courtois et al., 2007)

Actualmente, é possível identificar dois tipos de *kanban*:

- *Kanban* de produção (que autorizam a produção) – Nenhuma operação de fabrico é autorizada sem que haja um *kanban* de produção autorizando;

- *Kanban* de transporte (que autorizam a movimentação do material de um ponto para outro) – Este cartão contém, em geral, as mesmas informações do *kanban* de produção, acrescentado da indicação do centro de produção de destino.

Condições necessárias para implementação de um sistema *kanban*

Para se gerir um fluxo de produtos pelo método *kanban* é necessária uma grande fluidez no escoamento dos produtos. Como tal, é importante verificar um conjunto de alterações estratégicas, organizacionais e tecnológicas para o sucesso da aplicação do sistema *kanban*, muitas delas já referidas anteriormente para o bom funcionamento do JIT entre as quais se destacam:

- Necessidade de um bom *layout* dos postos de trabalho;
- Necessidade de reduzidos tempos de *setup*;
- Eliminação de situações imprevistas;
- Desenvolvimento e extensão das relações entre clientes e fornecedores a todo o processo (necessidade de uma definição abrangente de cliente e fornecedor);
- Necessidade de polivalência das pessoas através de formação e treino;
- Processos uniformizados e estáveis;

Vantagens da aplicação do sistema *kanban*

- Sistema simples, de funcionamento óbvio e independente de complexos sistemas informáticos;
- Rápida movimentação entre postos de trabalho, da informação respeitante a problemas que surjam nos processos;
- Diminuição dos *stocks* que se reflecte: numa maior facilidade de contabilização do inventário, mais espaço físico disponível entre postos de trabalho, maior facilidade de gestão de *stocks* e uma reacção mais rápida a alterações.

Standard Work

A uniformização ou estandardização de processos é um dos aspectos mais importantes da filosofia *lean*. Esta uniformização significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas. Este processo passa pela documentação dos modos operatórios garantido que todos seguem o mesmo procedimento, utilizam do mesmo modo as ferramentas e sabem o que fazer quando confrontados com diversas situações. As maiores vantagens de uniformizar o processo são:

- Aumento da previsibilidade dos processos
- Redução dos desvios
- Menores custos

Ao tornar o processo de fabrico ou montagem uniformizado, a empresa estará a contribuir para a redução dos desvios (variação ou oscilação dos processos) e a garantir a consistência das operações, produtos e serviços. A consistência é actualmente, uma das características de qualidade mais apreciadas. (Liker e Meier, 2005)

2.4 Layout

Um *layout* é a distribuição dos recursos pelo espaço disponível. Trata-se de uma configuração espacial em que é dada especial atenção ao fluxo de pessoas, materiais e informação através do sistema de operações.

O planeamento do *layout* acontece em duas fases decisivas das organizações: na implementação e nos momentos de adaptação das instalações a novas funções ou desafios.

Layout “Posição-Fixa”

É utilizado na produção de produtos de grandes dimensões, nos quais ou a posição do produto está pré-determinada ou os custos associados à movimentação dos produtos entre os diferentes postos de trabalho são muito elevados. Como as máquinas a serem construídas permanecem no mesmo sítio, os trabalhadores, equipamentos e materiais deslocam-se para perto do produto, à medida que vão sendo necessários. Normalmente a produção é unitária (por exemplo, aviões) ou produz-se apenas um produto de cada modelo (por exemplo, edifícios) – produção por projecto.

O principal problema reside na movimentação dos recursos para as áreas em redor da montagem (bordo de linha). Para colmatar alguns destes problemas algumas empresas tentam completar a maior parte dos componentes do projecto fora da localização.

Layout tipo “Job-Shop”

Num *layout* tipo “*job-shop*” os equipamentos e processos são organizados em secções. Este tipo de configuração é o mais clássico e o mais frequente nas organizações e empresas. Trata-se de um *layout* muito flexível mas de difícil gestão. O arranjo dos equipamentos e processos origina muitos transportes, *setups* frequentes e tempos não produtivos. Se a empresa pretende fabricar vários produtos em quantidades variáveis este é o *layout* mais adequado. (Jacob et al., 2008)

Cada secção executa funções específicas; os materiais e produtos viajam de secção em secção até estarem concluídos.

Na Figura 8 pode ser visto um exemplo de um *layout* desse género.

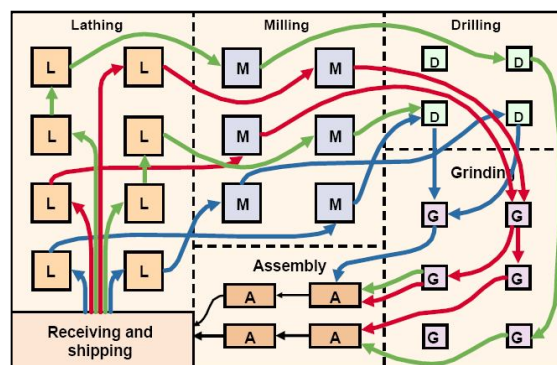


Figura 8 – Exemplo de um *layout* tipo “*Job-Shop*”

3 Implementação Lean na Montagem Laser

Neste capítulo são postos em prática os conceitos apresentados no capítulo anterior. Dividindo-se em três fases como já foi referido.

Sendo o objectivo do projecto a redução dos tempos de montagem e a uniformização do processo de montagem, neste capítulo são descritos os métodos adoptados para se chegar a esses objectivos.

Foi feito um levantamento da situação inicial para se ter noção daquilo que nos esperava e também para se ter valores para no final do projecto se poder fazer uma comparação entre a situação inicial e a final.

Seguindo a filosofia *lean*, começou-se por implementar os 5S. Seguindo esta filosofia, fez-se o redimensionamento do bordo de linha e a implementação do novo *layout*.

Após esta fase passou-se a uma outra que se caracterizou pela medição dos tempos de montagem e uniformização do processo. Pode ser consultado na Figura 9 um esquema de como está organizado o capítulo.

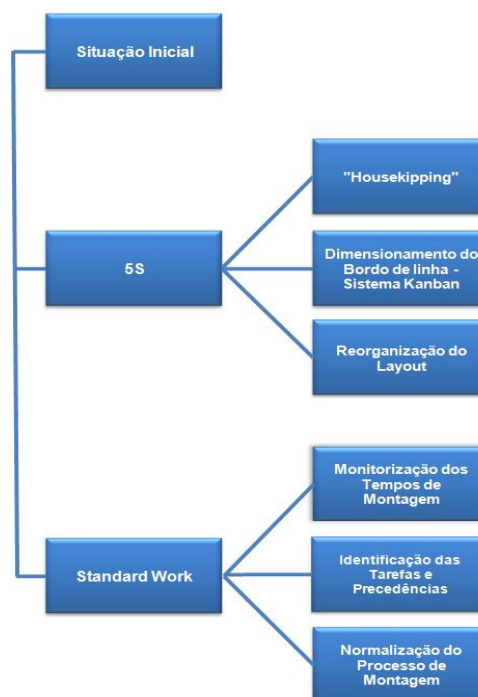


Figura 9 – Esquema do terceiro capítulo

3.1 A Situação Inicial

Os elevados tempos de montagem e ausência de uma norma de trabalho, caracterizam a situação inicial na montagem laser. São problemas que estão directamente relacionados e que fazem com que existam grandes flutuações nos tempos.

Como o processo não está uniformizado leva a que existam falhas de planeamento da montagem, falhas essas que se traduzem na falta de peças e que levam a que existam quebras de produção fazendo com que os tempos disparem.

No gráfico da Figura 10 é possível verificar as flutuações nos tempos de montagem. São comparados os tempos de cinco máquinas. O ZZ é a referência que as máquinas têm na ADIRA, S.A..

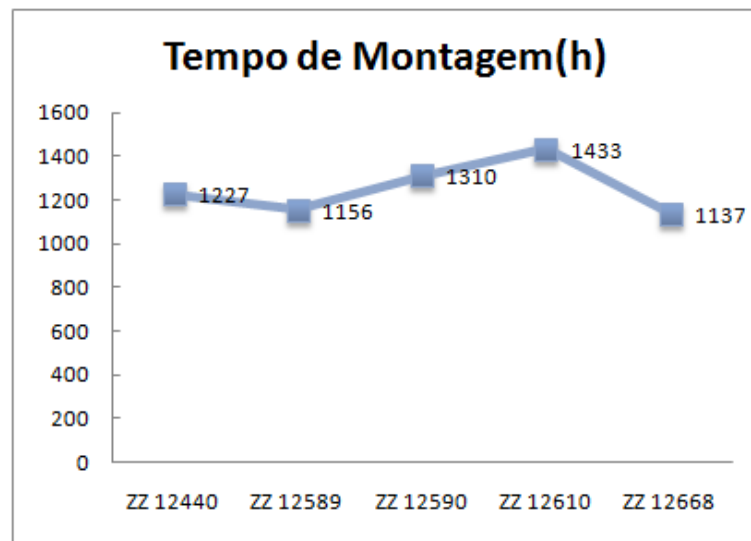


Figura 10 – Variação dos tempos de montagem da máquina laser

Estas flutuações nos tempos das operações tornam o planeamento da montagem incerto. O facto de não se saber com certeza quando vão ser realizadas as operações, faz com que a encomenda das peças se torne incerta. Estes factores associados fazem com que as encomendas muitas vezes falhem. Com a uniformização do processo espera-se que os tempos estabilizem tornando assim o planeamento mais fiável.

Neste momento a montagem é feita em função da existência de peças, o que provoca constantes paragens na produção. O facto de faltarem peças significa por vezes ter que se mudar de operação, deixando a outra pendente até chegarem as peças necessárias. Ao voltar atrás para recomeçar na operação incompleta vai-se perder tempo a rever o que já tinha sido efectuado.

A par disto existe ainda a falta de componentes de aperto no bordo de linha devido ao reabastecimento pouco eficaz, fazendo com que os colaboradores tenham que parar a montagem para ir reabastecer.

Para se poder perceber as implicações que os problemas referidos anteriormente causam, pode ser consultado na Figura 11 a sequência de montagem máquina laser ZZ12668.

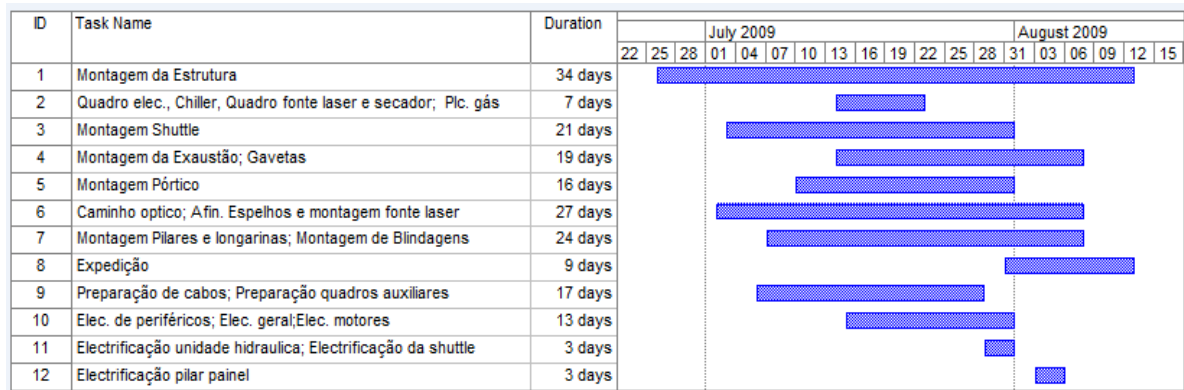


Figura 11 – Sequência de montagem da máquina ZZ12668

Como se pode observar a *lead time* de montagem foram 34 dias.

Usou-se este exemplo porque foram estes os tempos de montagem que foram utilizados para se efectuarem as comparações, visto estes tempos terem sido os que foram melhor medidos. A falta de controlo dos tempos de montagem é outro dos problemas existentes, provocando por vezes erros de análise face às cargas horárias reais. Na figura está apenas o tempo total de cada operação, algumas operações ainda têm sub-operações, serve para dar uma panorâmica do problema.

Outra questão era a organização das zonas de montagem. Existiam demasiados objectos na zona de montagem provocando alguma confusão e também alguma dificuldade em encontrar as peças de maneira a seguir com a montagem. Pode ser visto um exemplo na Figura 12.



Figura 12 – Zona de montagem antes de ser implementar a filosofia 5S

3.2 Filosofia 5S

Uma casa arrumada é sempre outra coisa, e o que se passava inicialmente na montagem laser era exactamente essa necessidade de “arrumar a casa”, localizar os itens e implementar métodos que facilitassem todo o processo de montagem. A desorganização dos postos de

trabalho e o acumular de material era por demais evidente daí a necessidade de se efectuar uma intervenção a esse nível.

Sendo a filosofia *lean*, uma filosofia de emagrecimento e redução de tudo aquilo que não cria valor, ou seja, desperdício, a primeira preocupação foi criarem-se postos de trabalho ou zonas de montagem onde existisse apenas o indispensável para a máquina laser ser montada.

Os problemas

Foi feito um levantamento dos problemas existentes de maneira a se perceber onde era necessário intervir e de que forma poderiam ser resolvidos. Existiram umas soluções mais fáceis de implementar e outras um bocadinho mais complexas. Foram efectuadas mudanças a vários níveis, desde a arrumação das zonas de montagem já existentes, à alteração do *layout* com a criação de novas zonas de montagem e ainda ao redimensionamento do bordo de linha.

Os problemas encontrados foram os seguintes:

- Acumulação de material no bordo de linha, faz com que por vezes a zona de montagem sirva para deixar material, ocupando espaços que deviam estar vazios;
- Bancadas junto à parede, só servem para acumular lixo;
- Muitos itens não têm uma localização específica, e são deixados no primeiro sítio vago;
- Papelão usado nas mesas de pré-montagem não é eficaz, acumula demasiado lixo, rasga-se com facilidade e é visualmente feio;
- Apenas um local para parafusos;
- Mesa do computador, demasiado grande, acumula itens desnecessários;
- Estante dos desenhos e esquemas sem condições;
- Ausência de caixotes de lixo em algumas zonas;
- Necessidade de pintar o chão, devido à pintura estar degradada;
- Serrote mecânico avariado, colaboradores têm de se deslocar a outro ponto da fábrica para ir cortar tubo para a *shuttle table*.

Depois de efectuado o levantamento dos problemas houve a necessidade de ser feita uma triagem de forma a se perceber quais os que seriam de intervenção mais rápida e os que levariam mais algum tempo.

Os primeiros problemas a serem tratados, foram aqueles, que devido às suas características tinham uma resolução mais acessível, sendo estes os relacionados com a limpeza e a arrumação das zonas de montagem.

Housekeeping

O *housekeeping* é como a tradução indica, a “arrumação da casa”. Esta foi a primeira abordagem da filosofia 5S: triar, arrumar e limpar.

Informação

Como esta é uma metodologia que nunca tinha sido aplicada, foi necessário fazer uma pequena acção de formação em que foi explicado o que consistia a filosofia 5S. Posteriormente, foi distribuída pelos colaboradores da montagem e afixada num quadro os documentos usados para que pudessem ser consultados sempre que necessário. Assim além dos colaboradores da zona de montagem laser, todos os visitantes sabiam o que estava a ser implementado e o porquê de se encontrar tudo tão arrumado. Esses documentos podem ser encontrados nas Figuras 54 a 60 no anexo B. Na Figura 13 é possível ver uma imagem do quadro informativo.



Figura 13 – Quadro informativo acerca dos 5S

Metodologia

Nesta fase foi necessário fazer a triagem de muitos dos componentes existentes. Foi criada uma zona de arrumação provisória, onde os materiais foram divididos em material utilizado, material não utilizado e lixo. De salientar que estas zonas eram apenas para materiais de pequenas dimensões, como pode ser visto na Figura14.



Figura 14 – Vista geral da zona provisória de arrumação

O material de grandes dimensões era logo movido para um armazém anexo (Figura 16) ao da montagem e que posteriormente era decidido o seu destino final, o lixo ou outra zona da fábrica. Desta maneira foi possível mover o material utilizado para as suas localizações, quer fosse para armazém quer fosse para as novas localizações, mover o material não utilizado para outros sectores da empresa e o lixo para o seu respectivo sítio.



Figura 15 – Armazém anexo

As soluções

Das soluções encontradas existiram umas mais acessíveis de concretizar e outras mais complexas. As mais acessíveis estavam directamente relacionadas com arrumação e limpeza das zonas de montagem, inseridas no *housekeeping*. Embora sejam referidas todas as soluções encontradas, existem umas que serão mais aprofundadas nos respectivos sub-capítulos.

- Para as bancadas junto à parede, a solução encontrada, para além da sua retirada, foi a da criação de um armário onde se pudessem colocar todas as ferramentas espalhadas pelos armários, bem como uma secção para os desenhos e esquemas ficando assim tudo concentrado no mesmo sítio, evitando que se ande a “passar” pelo chão da fábrica;
- A Mesa do computador foi substituída por uma mesa onde apenas fica o computador e o essencial. Nas figuras 16 e 17 pode-se ver o antes e o depois das medidas aplicadas;



Figura 16 – Mesa do computador e bancadas antes da aplicação dos 5S



Figura 17 – Depois da aplicação dos 5S

- Foram retirados todos os materiais que se encontravam a mais nas zonas de montagem, permitindo assim libertar esses espaços. As Figuras 18 e 19 ilustram as alterações efectuadas;



Figura 18 – Zona de montagem antes da arrumação e organização



Figura 19 – Zona de montagem depois de estar limpa e arrumada

- Papelão usado nas mesas de pré-montagem foi substituído por borracha, que além de ter outro aspecto visual, é mais fácil de limpar e tem maior durabilidade, como se verifica pelas Figuras 20 e 21;



Figura 20 – Bancada das pré-montagens antes de substituir o papelão



Figura 21 – Bancada das pré-montagens com a borracha

- A solução encontrada para os componentes de aperto foi criar carrinhos que os possam alojar diminuindo assim as “viagens” que tinham que se efectuar sempre que era necessário um componente. A solução do carrinho vem da necessidade dos colaboradores terem que se deslocar muitas vezes ao sítio onde estavam os parafusos perdendo assim muito tempo, visto que apenas existia um local para as 4 zonas de montagem (este assunto vai ser mais aprofundado no sub-capítulo do dimensionamento do bordo de linha). Ver as figuras 22 e 23;



Estante de arrumação dos parafusos

Figura 22 – Arrumação dos parafusos antes dos 5S



Figura 23 - Arrumação dos parafusos depois da filosofia 5S

- A pintura do chão era essencial de maneira a que fossem criadas zonas mais agradáveis de se poder trabalhar. Essa mudança pode ser consultada nas Figuras 24 e 25.



Figura 24 – Chão da zona de montagem antes de ser pintado



Figura 25 – Chão da zona de montagem depois ser pintado

- Como se pode observar pela Figura 26, foram criados locais nas zonas de montagem para que não existam dúvidas da localização de cada item. Foram também colocados caixotes do lixo em todas as zonas;



Figura 26 – Identificação das posições dos itens

- Para o problema da acumulação de material, a solução encontrada foi a de deslocar algumas operações que podiam ser efectuadas fora das zonas habituais de montagem, criando assim algumas zonas novas (assunto que será visto no sub-capítulo de reorganização do *layout*). Além de diminuir o material no bordo de linha vai diminuir também o *lead time* total de montagem.

Tubo hidráulico vs Mangueira hidráulica

Na sequência de resolução dos problemas encontrados, surgiu a questão do serrote mecânico. Se por um lado repará-lo significava reduzir significativamente o percurso para ir cortar tubo por outro havia ainda a necessidade de se deslocarem a outro armazém para o tubo ser abocardado. A Figura 27 ilustra o que é um tubo abocardado.



Figura 27 – Tubo abocardado

Uma vez que o serrote mecânico só era utilizado para cortar o tubo para o circuito hidráulico da *shuttle* estudou-se a possibilidade substituir o tubo hidráulico. Na Figura 28 pode ser vista a *shuttle table*, a negro está um esquema do circuito.



Figura 28 – *Shuttle Table*

De maneira a fazer o circuito, o tubo tem de ser cortado à medida e abocardado e depois têm que ser feitos os ângulos e curvas de forma a este ser encaminhado em torno da *shuttle*. A sequência é a seguinte:

- Medir a distância entre cilindros;
- Ir cortar o tubo e “abocardar”;
- Fazer os ângulos e curvas;
- Acertar (este acerto pode levar algum tempo porque é necessário verificar se correspondem ao que é necessário para a *shuttle*, caso não esteja bem é necessário ir rectificar e voltar à *shuttle* até este ficar bem).

A necessidade de fazer acertos é devido à soldadura existente nos apoios das colunas e que faz com que, estas por vezes fiquem mais distantes ou mais perto umas das outras. Mesmo que estas distâncias sejam uns milímetros, é o suficiente para que não possamos ter medidas já definidas. Toda esta medição e acerto são operações que não acrescentam valor e como tal devem ser eliminadas. Na figura 29 pode ser visto parte do circuito, neste caso as zonas mais críticas.

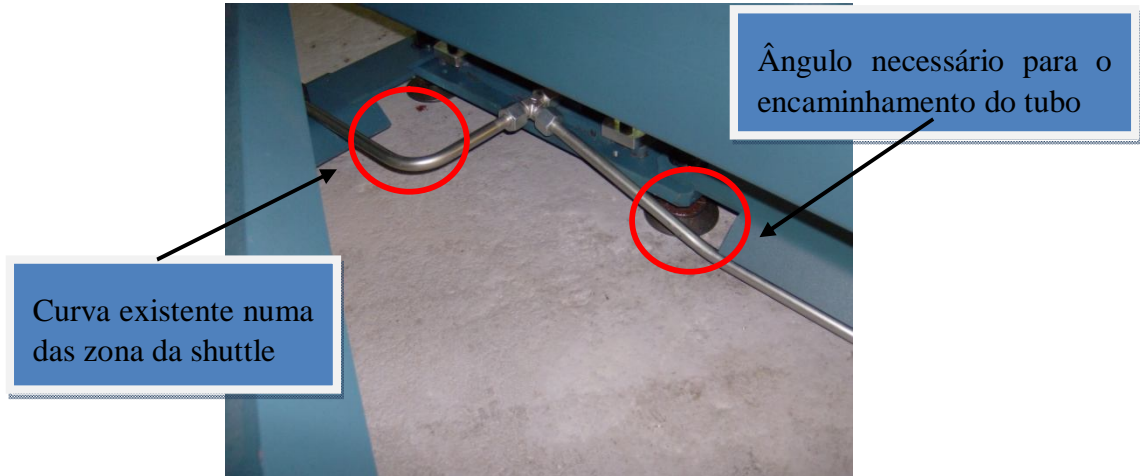


Figura 29 – Pormenores do tubo hidráulico

Como a opção de consertar o serrote não era muito viável devido às razões apresentadas a outra opção era substituir o tubo hidráulico por mangueira hidráulica, que pode ser vista na Figura 30, facilitando assim todo o processo de montagem. Como a mangueira é flexível não existe a necessidade cortar à medida, pode vir ligeiramente sobredimensionada. Não é necessário fazer nem ângulos nem curvas, para esta ser encaminhada basta apenas fazer uns suportes na *shuttle* e também não tem necessidade de ser abocardada, em resumo, passamos de quatro operações para apenas uma, montagem da mangueira.



Figura 30 – Mangueira hidráulica

De maneira a validar esta mudança foi feita uma análise de custo, para ver até que ponto seria vantajoso a mudança. Para isso foram usados alguns dados referentes a preços e tempos de montagem. Usando as expressões seguintes chegaram-se aos valores que se podem encontrar na Tabela 2.

$$\text{Tempo poupado} = \text{Tempo de montagem tubo} - \text{Tempo montagem mangueira}$$

$$\text{Poupança por máquina} = \text{Tempo poupado} \times \text{Custo hora} - \text{Diferença}$$

$$\text{Poupança anual} = \text{Poupança mensal} \times 11$$

Tabela 2 – Análise de custo da mudança de tubo hidráulico para mangueira hidráulica

Tempo de montagem tubo hidráulico(h)	Tempo montagem mangueira (previsão) (h)	Tempo poupado (h)	Custo hora (€)	Custo tubo metálico (€)	Custo mangueira hidráulica (€)	Diferença (€)	Poupança p/ máquina (€)	Poupança mensal (4 máquinas) (€)	Poupança anual (€)
7h	1h	6h	19,23	33,85	38,97	5,12	110,26	441,04	4.851,44

Como se pode observar pela tabela, o tempo poupado situa-se à volta das 6 horas. Esta é apenas uma previsão porque ainda não existe um tempo medido para a montagem da mangueira hidráulica. Esta opção foi discutida com o gabinete técnico que não viu qualquer tipo de objecção à alteração.

Redimensionamento do Bordo de Linha

O redimensionamento do bordo de linha nasce da necessidade de tornar o reabastecimento de parafusos, anilhas e fêmeas mais eficaz. O método existente era ineficaz, pois além de existir apenas uma estante com estes componentes que servia todas as zonas de montagem, estes não eram repostos como deveriam ser. O que se verificou na maior parte das vezes era que, quando acabavam os parafusos os colaboradores tinham que se deslocar ao armazém para irem reabastecer, provocando assim paragens e conseqüentemente quebras de produção. Além disto residia ainda o facto de muitos dos parafusos que se encontravam na estante já não serem utilizados, provocando assim maior confusão.

Antes de se efectuar o dimensionamento dos componentes da montagem, e seguindo uma orientação do gabinete técnico, fez-se um estudo acerca da possibilidade de se implementar parafusos zincados.

Parafusos Zincados

A busca pela redução do desperdício e dos custos é constante, daí a necessidade de se implementarem melhorias com vista a essas reduções.

Na tentativa de estandardizar ao máximo o processo de montagem, e dando seguimento a um documento lançado pelo gabinete técnico, fez-se o estudo acerca da possibilidade da redução da variedade de medidas dos parafusos usados na montagem laser e a respectiva substituição por parafusos zincados.

A substituição dos parafusos de aço classe 12.9 usados actualmente, por parafusos em aço zincados classe 8.8 será apenas para as medidas até M8 (inclusive). Esta será uma medida aplicada aos parafusos de cabeça cilíndrica de oco hexagonal (PSICC) e parafusos de cabeça de embeber de oco hexagonal (PSICE). Os parafusos de cabeça hexagonal (PCSE) já são zincados, por isso é apenas uma questão de normalização das medidas usadas. Nas Figuras 31, 32 e 33 é possível ver uma representação dos parafusos em causa. Os restantes tipos de parafusos continuarão como estão, ou seja, os parafusos em latão e inox.

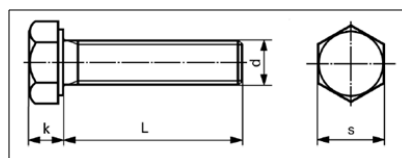


Figura 31 - Parafusos de Cabeça Hexagonal

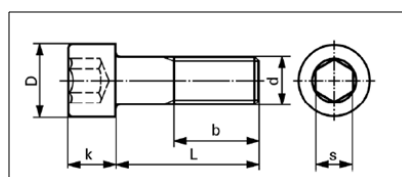


Figura 32 - Parafusos de Cabeça Cilíndrica de Oco Hexagonal

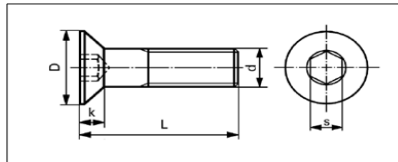


Figura 33 - Parafusos de Cabeça de Embeber de Oco Hexagonal

As medidas *standard* podem ser consultadas nas Tabelas 15 a 17 no anexo C.

A escolha dos parafusos zincados deve-se ao facto de:

- Serem parafusos que cumprem a sua função da mesma maneira, apesar de serem de uma classe inferior;
- Serem mais limpos e não enferrujarem, enquanto os normais são uma fonte de sujidade, porque têm uma camada de óleo, enferrujam;
- Serem mais baratos.

Através das figuras 34 e 35 é possível observar os parafusos.



Figura 34 – Parafusos em aço zincados (8.8)



Figura 35 – Parafusos em aço (12.9)

Foi necessário fazer um levantamento dos parafusos usados na máquina laser para se poder verificar quais os que eram passíveis de serem modificados. Os parafusos que coincidiam com as medidas *standard* propostas pelo gabinete técnico passavam directamente para zincados. A dificuldade verificou-se nos parafusos que tinham medidas diferentes, porque existiram peças que tiveram que ser alteradas. O levantamento foi efectuado conjunto a conjunto, de maneira a que fossem localizados os parafusos para posterior verificação.

Com base nas medidas fornecidas pelo gabinete técnico e depois de ter sido efectuado o levantamento de todos os parafusos elaborou-se uma lista em que foram colocadas as medidas usadas e as propostas, que pode ser consultada na Tabela 3. As indicações do gabinete técnico foram no sentido de subir uma medida aos parafusos usados. Desta maneira não se corre o risco de ter um parafuso que não tenha rosca suficiente para ser apertado.

Tabela 3 - Medidas propostas

Usado	Proposto (Standard)
PARAF CIL SXT INT M4x10 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M4x12 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M4x16 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M4x20 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M4x25 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M4x30 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M5x10 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M5x12 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M5x16 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M5x20 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M5x25 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M5x30 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M5x45 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M5x50 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x10 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x12 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x25 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x30 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x35 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x40 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x45 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x50 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x55 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x60 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x75 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x80 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M6x110 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M6x100 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M8x10 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M8x12 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M8x25 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M8x30 DIN912 8.8
PARAF CIL SXT INT M8x35 DIN912 12.9	PARAF CIL SXT INT M8x40 DIN912 8.8
(PSICE) PARAF. DIN7991-10.9-M4x10	(PCISE) PARAF. DIN7991-8.8-M4x16
(PSICE) PARAF. DIN7991-10.9-M5x10	(PCISE) PARAF. DIN7991-8.8-M5x12
(PSICE) PARAF. DIN7991-10.9-M5x25	(PCISE) PARAF. DIN7991-8.8-M5x30
(PSICE) PARAF. DIN7991-10.9-M6x10	(PCISE) PARAF. DIN7991-8.8-M6x12
(PSICE) PARAF. DIN7991-10.9-M6x16	(PCISE) PARAF. DIN7991-8.8-M6x20

A verificação foi feita através da consulta dos desenhos em 3D, de maneira a ser mais rápida e de forma a se poderem verificar quais as alterações que teriam que ser feitas nas peças, para se poder implementar estes parafusos.

Este foi um processo moroso porque foi obrigatório consultar cada desenho de conjunto e quando necessário proceder à sua alteração. Estas verificações foram efectuadas sempre com a supervisão do gabinete técnico.

Depois deste processo concluído chegou-se finalmente à lista de parafusos a implementar. Na Tabela 4 pode ser consultada a lista de parafusos, que contém todas as medidas, incluindo as que passaram directamente para zincados.

Tabela 4 – Tabela de parafusos zincados a implementar

Descrição
PARAF CIL SXT INT M3x8 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M4x12 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M4x20 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M4x30 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M5x10 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M5x12 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M5x20 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M5x30 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M5x40 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M5x60 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x12 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x16 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x20 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x30 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x40 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x50 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x60 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x70 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x80 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x90 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M6x110 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x16 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x20 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x30 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x40 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x50 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x60 DIN912 8.8 Zinc
PARAF CIL SXT INT M8x70 DIN912 8.8 Zinc
(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M4x16
(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M5x20
(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M5x30
(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x20
(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x20
(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x50

Após esta fase em que se verificou que parafusos eram passíveis de serem alterados procedeu-se a uma análise de custo em que se compararam os parafusos normais com os parafusos zincados, de maneira a verificar a rentabilidade desta mudança. Esta análise pode ser consultada na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise de custos da implementação dos parafusos zincados

Preço Total Parafusos Aço 12.9 (p/ maq)	Preço Total Parafusos Zincados 8.8 (p/ maq.)	Poupança por máquina	Poupança mensal	Poupança anual
51,96 €	24,25 €	53,33%	110,84 €	1.219,26 €

Como se pode ver, conseguiu-se uma redução de 53,33% no valor dos parafusos. Quando esta medida for alargada à montagem das quinadoras e das guilhotinas, pode significar uma poupança ainda maior para a empresa.

Após a verificação teve que se criar uma codificação de forma a se poderem criar os artigos para os parafusos, para que estes fossem inseridos no sistema e posteriormente fossem substituídas as listas de peças.

De maneira a informar os colaboradores dos apertos necessários para os novos parafusos foi criado um documento com os apertos em função da classe do parafuso e da lubrificação. Esse documento juntamente com a codificação dos parafusos pode ser encontrado no anexo C na Tabela 18 e na Figura 62, respectivamente

Com esta alteração diminuiu-se o total de medidas usadas na montagem de 97 para 85.

Kanban de Bordo de linha

Após a actualização das listas de peças, partiu-se para uma nova etapa, o dimensionamento do bordo de linha contando já com os novos parafusos, visto que estes já tinham sido introduzidos nas listas de peças.

Para se efectuar esse novo dimensionamento teve-se em conta as diferentes zonas de montagens a criar. Partindo da lista de peças, separaram-se os conjuntos que correspondiam a cada zona de montagem, de maneira a ser possível ficar com uma lista de componentes de aperto por zona.

Como o pretendido era dois *kanbans* houve então a necessidade de calcular a capacidade de cada caixa. Desta maneira não existem quebras no fluxo de montagem, porque existe sempre uma caixa com componentes.

Com o número de *kanbans* definidos, faltavam agora saber quantos componentes eram necessários por *kanban*. Para esse cálculo usou-se a seguinte fórmula:

$$K = \frac{D \times L(1 + S)}{C}$$

em que:

- K – Número de *kanbans*;
- D - O consumo diário de componentes;
- L - O tempo para efectuar a reposição dos *kanban*;
- S - *Stock* de segurança (percentagem do consumo diário);
- C - Capacidade da caixa.

O *stock* de segurança considerado foi de 100%, coeficiente este fornecido pelo gabinete técnico, enquanto o tempo necessário para efectuar a reposição do *kanban*, foi definido em que seria de 3 dias, visto ser este o tempo necessário para fazer a recolha das caixas e estas irem para o armazém para serem cheias. Com estes dados chegou-se às necessidades de cada *kanban*, que pode ser consultado na tabela 6.

Tabela 6 – Necessidades dos *kanbans* do bordo de linha do pórtico

Artigo	Designação	Capacidade
120200006	ANILHA M6 AN C/ GOLA A2 51350-INOX 6,6mm	36
120202002	ANILHA M4 DIN125 FE ZNB	36
120202003	ANILHA M5 DIN125 FE ZNB	24
120202044	ANILHA M6 NORD-LOK AÇO ZNA	12
120206002	ANILHA TORNEADA D6.5xD16x2 AnT	24
120207006	ANILHA MOLA M6 DIN127 AÇO ZNB	12
120212005	ANILHA SEGURANÇA M5 SCHNORR	24
120405006	FEMEA CRAVAR M6-8 WURTH REF.917-76	12
120501004	FEMEA M4-8 DIN934	12
120501005	FEMEA M5-8 DIN934	24
120501006	FEMEA M6-8 DIN934	24
120816006	(PSICE)PARAF. DIN7991 M6x16 INOX A2	36
120818001	PARAF. DIN912 M5x20 INOX A2	48
120901054	(PESI) PERNO DIN916-M6x12	24
120901055	(PESI) PERNO DIN916-M6x16	36
121807005	PARAF CIL SXT INT M3x8 DIN912 8.8 Zinc	12
121807020	PARAF CIL SXT INT M4x12 DIN912 8.8 Zinc	24
121807024	PARAF CIL SXT INT M4x30 DIN912 8.8 Zinc	24
121807034	PARAF CIL SXT INT M5x10 DIN912 8.8 Zinc	24
121807035	PARAF CIL SXT INT M5x12 DIN912 8.8 Zinc	12
121807037	PARAF CIL SXT INT M5x20 DIN912 8.8 Zinc	12
121807039	PARAF CIL SXT INT M5x30 DIN912 8.8 Zinc	12
121807041	PARAF CIL SXT INT M5x40 DIN912 8.8 Zinc	24
121807045	PARAF CIL SXT INT M5x60 DIN912 8.8 Zinc	24
121807054	PARAF CIL SXT INT M6x12 DIN912 8.8 Zinc	24
121807055	PARAF CIL SXT INT M6x16 DIN912 8.8 Zinc	36
121807056	PARAF CIL SXT INT M6x20 DIN912 8.8 Zinc	12
121807058	PARAF CIL SXT INT M6x30 DIN912 8.8 Zinc	60
121807062	PARAF CIL SXT INT M6x50 DIN912 8.8 Zinc	12
121807064	PARAF CIL SXT INT M6x60 DIN912 8.8 Zinc	24
121807068	PARAF CIL SXT INT M6x80 DIN912 8.8 Zinc	24
121807069	PARAF CIL SXT INT M6x90 DIN912 8.8 Zinc	12
121807071	PARAF CIL SXT INT M6x110 DIN912 8.8 Zinc	12
121807080	PARAF CIL SXT INT M8x20 DIN912 8.8 Zinc	24
121809017	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M4x16	24
150405011	ANILHA DE FREIO ref. 82.32.301.12	24

As restantes necessidades podem ser consultadas nas Tabelas 19 e 20 no anexo D. De salientar que no dimensionamento dos bordos de linha das pré-montagens, partiu-se do pressuposto que serão montadas quatro máquinas por mês e para as zonas de montagem da máquina laser foi considerada uma.

A Implementação

A solução de arrumação encontrada para os *kanbans*, e de maneira a minimizar o número de “viagens” entre apertos, foi um carrinho, para que o colaborador o possa levar consigo.

Foi idealizado um carrinho (Figura 36) com várias prateleiras, que variam em função do número caixas necessárias. Vão existir carrinhos com 3 e 4 prateleiras, sendo que uma destas será só para as caixas vazias, de maneira a facilitar quem fizer a recolha das caixas. O dimensionamento dos carrinhos pode ser encontrado no anexo D nas Tabelas 21 a 23.

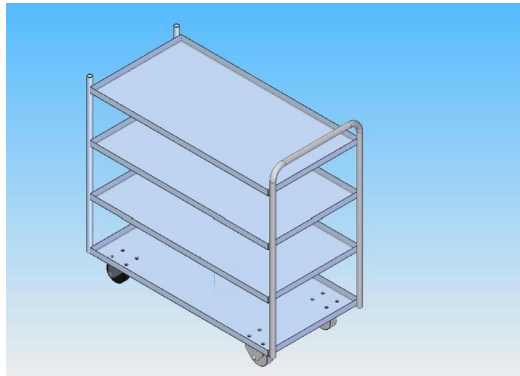


Figura 36 – Protótipo do carrinho para os *kanbans*

Enquanto os carrinhos não estão prontos foi encontrada uma solução provisória, que foi, utilizar carrinhos já existentes, como se pode ver na Figura 37.



Figura 37 – Carrinho com os *kanbans* (solução provisória)

Cada carrinho contém o número de caixas correspondente aos componentes dimensionados e devidamente identificados.

A identificação no carrinho é feita através de uma etiqueta (Figura 38), que tem uma correspondência com a etiqueta colocada nas caixas. Essa etiqueta contém várias informações, de maneira a que quando for efectuada a reposição esta seja feita de maneira expedita (Figura 39).

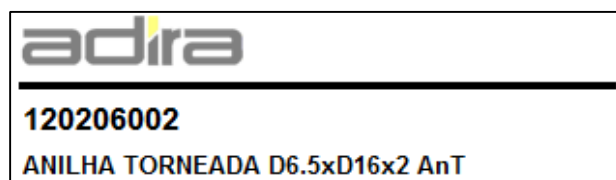


Figura 38 – Etiqueta do carrinho dos *kanbans*

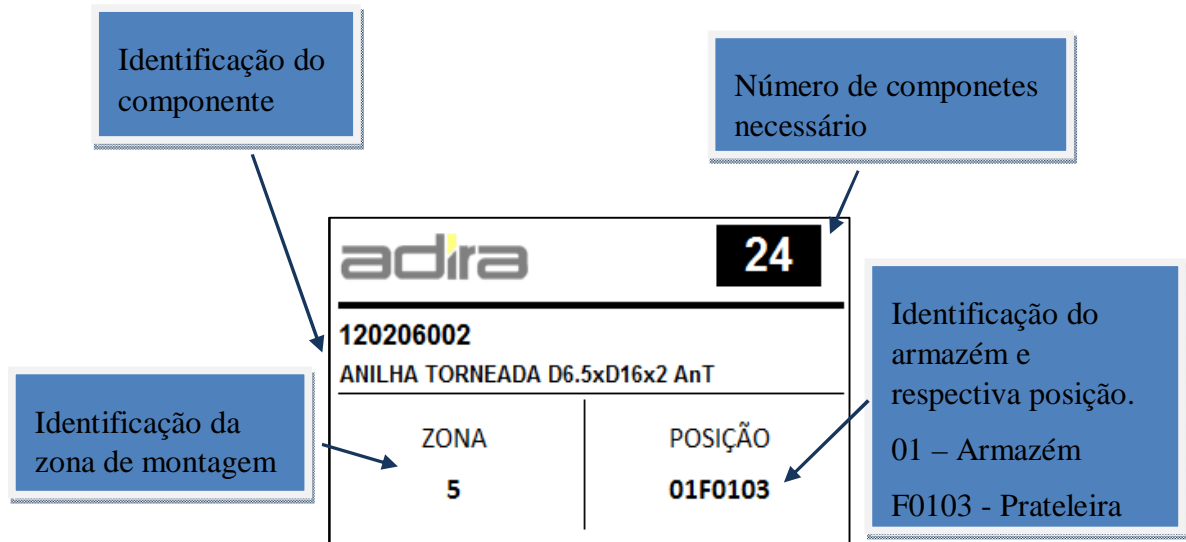


Figura 39 – Etiqueta de identificação do *kanban*

Foi criado um documento de maneira a auxiliar a implementação dos *kanbans*. Deste modo quem utilizar o *kanban*, já saberá de que maneira proceder. Esse documento pode ser consultado na Figura 40.

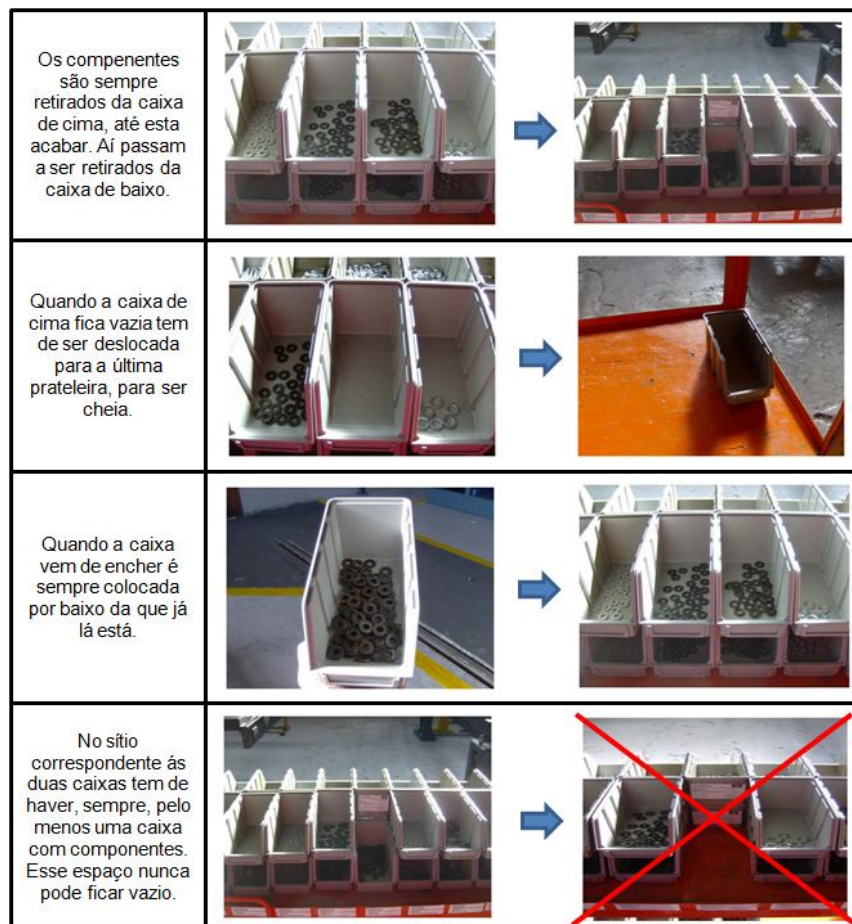


Figura 40 – Utilização do *kanban* do bordo de linha

A reposição é feita de 3 em dias 3, ou seja, o responsável pelo armazém passa pelas diferentes zonas a verificar quais as caixas que estão vazias, que são posteriormente colocadas numa palete na zona de *cross-dock*. Assim, são levadas para o armazém para serem cheias.

Reorganização do Layout

O *Layout* existente

O tipo de *layout* característico deste tipo de montagens é o *layout* de “posição-fixa” em que todos os meios materiais e humanos têm que ser deslocados para perto da máquina. É um tipo de montagem que envolve muito *stock* no bordo de linha, devido a todas as peças terem que estar disponíveis para a montagem. Na figura 41 pode ser visto o *layout* existente.

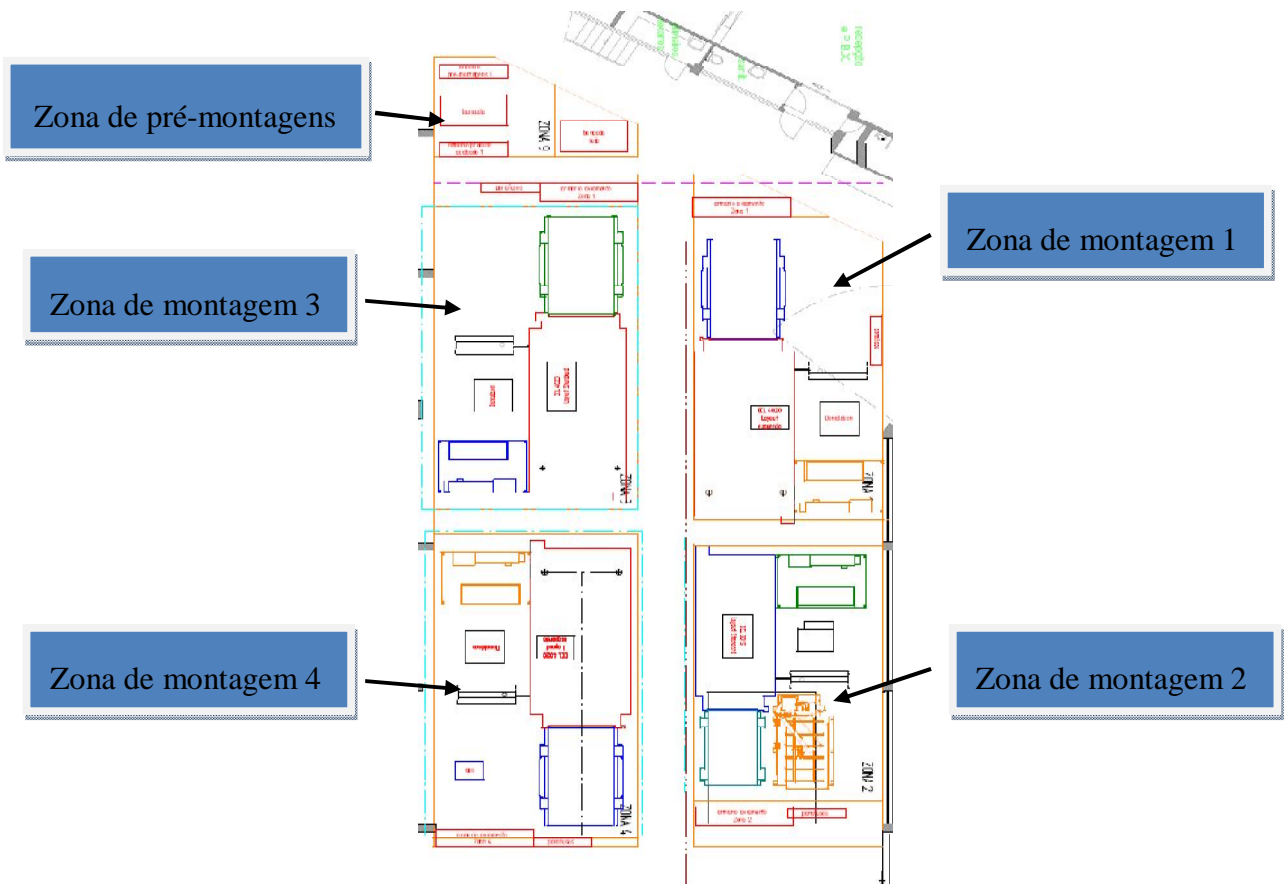


Figura 41 – Layout existente

A reorganização do *layout* nasce da necessidade de diminuir o *stock* no bordo de linha das zonas de montagem da máquina laser e de criar fluxo na produção. No *layout* existente ao ser tudo efectuado no mesmo sítio, embora já existissem pequenas pré-montagens, era tudo muito confuso, pois existia demasiado material na mesma zona, o que acabava por criar alguma confusão. Acontecia que devido à falta de espaço, as montagens que poderiam ser executadas não o eram, provocando assim tempos de montagem elevados.

Layout a implementar

Como o objectivo a médio prazo será produzir quatro máquinas por mês, havia a necessidade de reestruturar o *layout* de maneira a garantir um fluxo produtivo com vista à satisfação das encomendas.

Por estas razões foi proposto que fossem criadas 3 novas zonas de pré-montagem, uma zona de montagem híbrida em que fosse possível montar uma CCL ou um LAP (periférico que não foi abordado no projecto) e criar também uma zona de *picking* do armazém onde serão feitos os “aviamentos”. Na Tabela 7 podem ser vistas as zonas da montagem laser. A criação de novas zonas permitirá a deslocação dos componentes de montagem e respectivo material de apoio para essas zonas, libertando assim espaço para a montagem da máquina laser. Estas novas zonas serão dedicadas apenas a essas pré-montagens.

Tabela 7 – Zonas da montagem laser

Zona	Montagem
1	Montagem CCL4020/3015
2	Montagem CCL4020/3015
3	Montagem CCL4020/3015/LAP
4	Pré-montagem do pórtico
5	Pré-montagem Shuttle e da mesa
6	Pré-montagem do suporte do espelho, caixa Y e placa gás
7	Montagem de LAF
8	Pré-montagem das gavetas
9	Chiller de ensaios
10	Picking(inbound, outbound)
11	Montagem CCL4020/3015
12	Montagem CCL4020/3015
13	Zona picking do armazém

Com estas novas zonas de pré-montagem passa-se a ter um *layout* híbrido, isto porque as pré-montagens estão agrupadas numa zona, e o que for montado terá que posteriormente ser transportado para a zona de montagem da máquina laser. Passa-se a ter uma junção de *layout* de “posição-fixa” com *layout* tipo “*job-shop*”. Apesar de este ser um tipo de *layout* que implica transporte é a única maneira de reduzir o material no bordo de linha e criar fluxo na produção.

De salientar que não se está a projectar um *layout* para ser construído de raiz, mas sim, um *layout* que irá ser implementado num espaço já existente, daí ter sido dimensionado tendo em conta todas as condicionantes de espaço, instalações eléctricas e equipamentos já existentes.

O dimensionamento teve em consideração os diferentes tipos de configuração das máquinas e os seus diferentes tamanhos. Tal como foi referido no início as máquinas podem ser esquerdas ou direitas dependendo da localização da fonte de laser.

Como se pode ver pela Figura 42 as montagens da máquina laser estão agrupadas numa zona e as pré-montagens noutra. A zona 3 numa primeira fase será apenas para a montagem de LAP, mas caso a produção aumente, está dimensionada para a montagem de máquina laser.

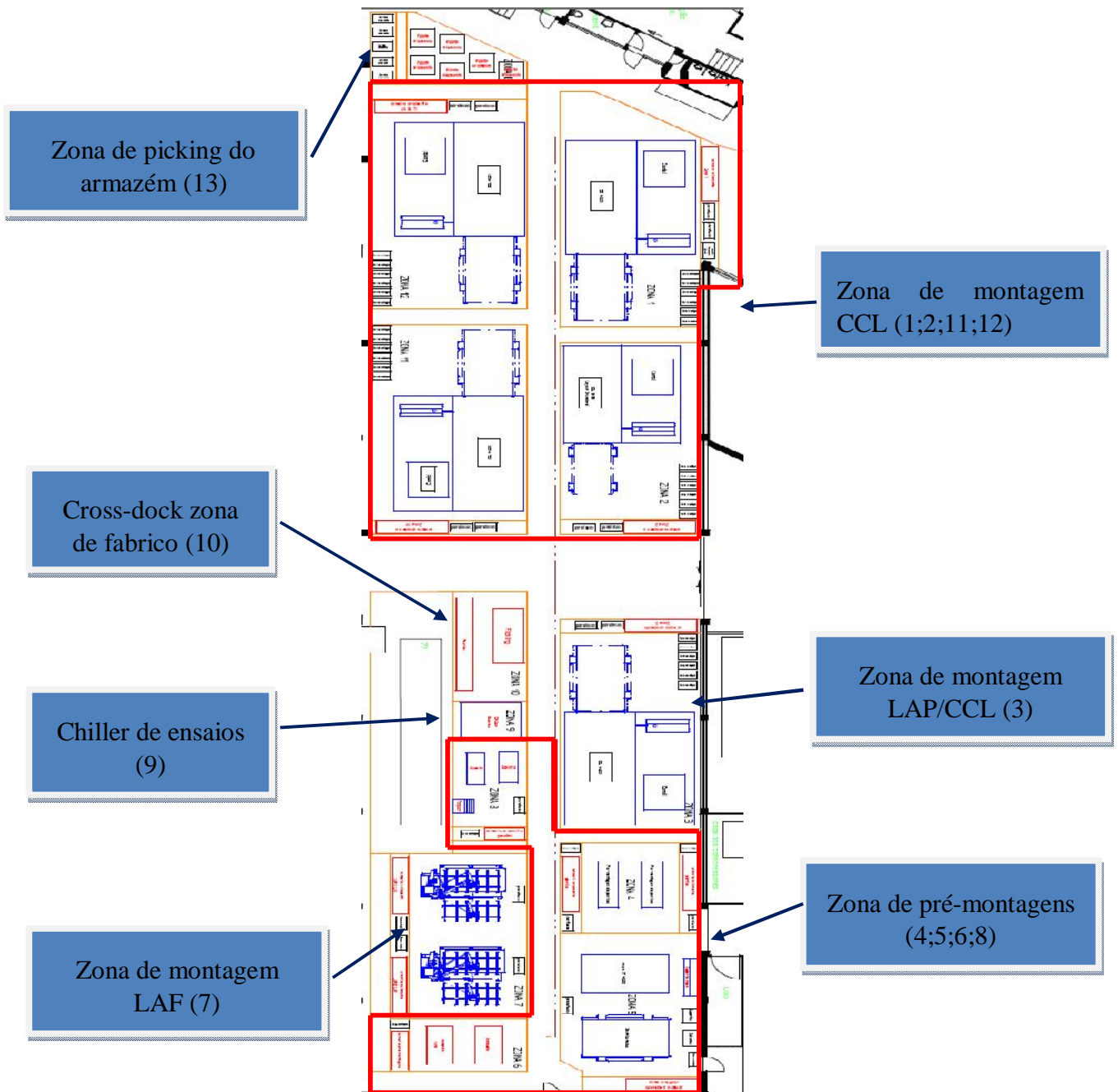


Figura 42 – *Layout* a implementar

O dimensionamento das zonas de montagem foi feito segundo a filosofia dos 5S, ou seja, apenas o indispensável para cada montagem.

Foram consultadas as medidas do pórtico, da *shuttle*, das mesas e das gavetas, que serão os componentes a serem montados nas novas zonas bem como das bancadas para a zona de pré-montagem 6. Para as dimensões das estantes falou-se com o responsável do armazém. A zona de montagem da máquina laser/LAP será igual às zonas de montagem já existentes. Nas Figuras 43, 44, 45 e 46 podem ser vistos as estruturas a serem montadas.

As dimensões das zonas e dos respectivos componentes podem ser consultados no anexo E na Tabela 24.



Figura 43 – Estrutura do pórtico



Figura 44 – Estrutura da *shuttle table*



Figura 45 – Mesas da *shuttle table*



Figura 46 - Gavetas

O *layout* foi sendo implementado à medida que foi sendo possível, ou seja, à medida que os espaços foram ficando livres.

Na figura 47 podemos ver a evolução de uma das zonas implementadas.



Figura 47 – Evolução da zona de pré-montagem da *shuttle table*

Com o *layout* implementado o fluxo de materiais é o que pode ser visto na Figura 48. A caixa Y tem que ser montada na zona 6 e posteriormente passar para a zona 4 para ser montada no pórtico. As restantes pré-montagens da zona 4, 5, 6 e 8 seguirão directamente para as zonas 1, 2, 11 e 12 para serem montadas na máquina laser.

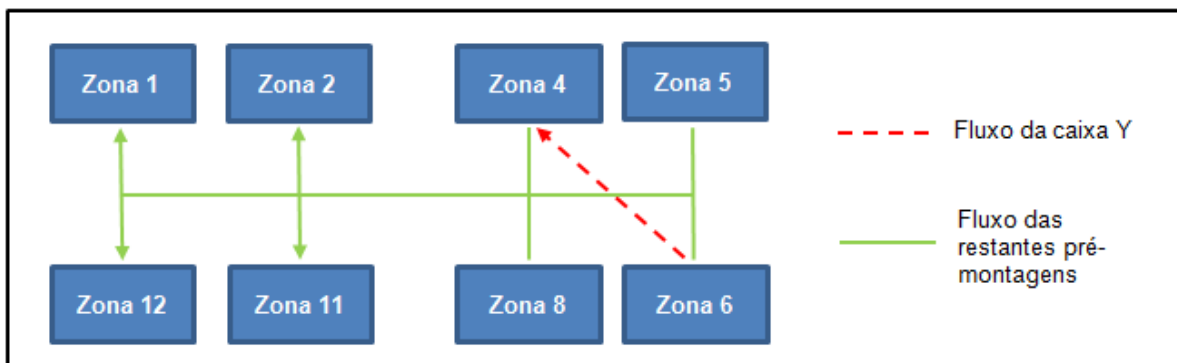


Figura 48 – Fluxo das pré-montagens

O controlo

O controlo do processo 5S será efectuado através de auditorias quinzenais, de maneira a se conseguir perceber se os requisitos estão a ser cumpridos. Para esse efeito foi elaborado um documento com alguns itens considerados importantes para o bom funcionamento da montagem. Será um documento que terá em conta os aspectos da limpeza, da organização de materiais, organização do posto de trabalho e falta de peças. Esse documento pode ser consultado na Figura 61 do anexo B.

Deste modo e após se efectuar cada auditoria, serão vistos os problemas existentes e determinadas as causas desses problemas. Desta maneira controlaremos o processo de maneira a que os erros ou falhas que existiam não se repitam no futuro.

Na tabela 8 podem ser vistos os resultados das auditorias efectuadas.

Tabela 8 – Resultados das auditorias

Zonas	1ª auditoria		2ª auditoria	
	Sub-total	Avaliação	Sub-total	Avaliação
2	30	75,0%	33	82,5%
3	23	57,5%	35	87,5%
4	28	70,0%	33	82,5%
5	31	77,5%	36	90,0%
6	27	75,0%	30	83,3%
11	32	80,0%	35	87,5%
12	27	67,5%	33	82,5%

Após a primeira auditoria foram reunidos os colaboradores e informados dos problemas encontrados, estas estavam relacionados com a arrumação da zona de montagem e também com algumas faltas dos *kanbans*. Na altura da segunda auditoria já se conseguiram ver melhorias em relação à primeira. A zona 8 não está contemplada porque ainda não se encontra pronta.

3.3 Standard Work

Esta foi a 2ª fase do projecto, em que depois de serem implementados os processos, no fundo, fomos medir se realmente tinham tido algum resultado.

O objectivo de todo este projecto é a implementação de um processo capaz de dar resposta à necessidade de aumento de produção para 4 máquinas.

Para esse objectivo ser atingido existe a necessidade do processo de montagem ser uniformizado. Foram definidas algumas orientações, de maneira a ser possível medir o processo. Essas directrizes podem ser encontradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Objectivos a alcançar para a montagem das 4 máquinas

	Tempo (h)	Tempo (d)
Lead Time Total	160	20
Takt Time	40	5

O *lead time* de 160 horas, apesar de normalmente termos 168 horas disponíveis, torna a gestão do processo mais acessível na medida em que, permite ter um *takt time* de 40 horas (5 dias). Sabe-se que, ao se cumprir as 40 horas temos ainda alguma folga. A fórmula usada para o *takt time* é:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponivel\ para\ a\ montagem}{Procura}$$

Para se montarem 4 máquinas por mês, tem que sair uma máquina por semana.

Monitorização dos Tempos

De maneira a efectuar o *standard work* houve a necessidade de monitorizar os tempos de montagem. Essa monitorização foi também uma forma de verificar se as mudanças efectuadas anteriormente tanto nos postos de trabalho, como no dimensionamento do bordo de linha, nomeadamente os *kanbans*, surtiram algum efeito.

Com base nas tarefas já existentes foi criada uma ficha de controlo de tempos. A necessidade de criar esta ficha é devido ao facto de cada operação conter várias tarefas. Quando aberta operação no computador, este apenas vai contabilizar o tempo total da operação. Tendo o início e fim de cada tarefa é possível fazer a consulta através das datas e ficar a saber o tempo despendido para a tarefa. Encontra-se no anexo F na Tabela 25.

Com vista à obtenção dos tempos o mais fidedignos possíveis, só foram considerados os tempos de montagem em que não faltava nenhum componente, e que a montagem era levada do princípio ao fim sem interrupções. Isto porque houve a necessidade de alguns colaboradores se ausentarem para irem fazer montagens em feiras ou em clientes.

Podem existir algumas diferenças na mesma montagem, que pode ter a ver com o facto de um colaborador ter mais experiência que outro.

Na Tabela 10 podemos ver os tempos medidos e também a redução em relação aos tempos existentes. Os tempos considerados, foram os da máquina laser ZZ12668, que podem ser consultados na Tabela 27 no anexo F.

Tabela 10 – Tempos medidos

Operações	Tempos existentes (h)	Tempo medido (h)	Tempo medido (h)	Redução
Nivelamento e graficos	22,9	6,967	5,92	74,2%
Montagem X1, X2, carruagens e graficos	172,0		122,5	28,8%
Montagem de esteiras porta-cabos XX	28,7		19,4	32,3%
Montagem de esteiras porta-cabos YY	28,7		19,4	32,3%
Montagem prolongas estrutura e carris	9,2		4,1	55,6%
Montagem movimentação mesa	34,8		32,0	8,0%
Montagem da ST	73,2	42	37,0	49,5%
Montagem das mesas	14,6		11,3	22,7%
Pré-montagem portico	78,0	55,8	49,1	37,1%
Montagem do portico	27,7	20	16	42,3%
Pre-montagem da caixa Y	26,0	18,6	16,4	37,0%
Pré-montagem caminho optico	23,7	20	18	23,9%
Montagem de pilares e longarinas	31,3		26,7	14,7%
Electrificação motores	16,9		8	52,6%
Electrificação shuttle	9,8		7,2	26,2%
Electrificação pilar painel	18,0		12,3	31,7%

Os tempos que foram medidos evoluíram de forma positiva, ou seja, houve sempre uma redução, o que faz prever que os restantes tempos também tenham essa redução. O objectivo era reduzir 25% do tempo de montagem. As únicas operações onde não se conseguiu isso foi na montagem da movimentação da mesa, na montagem das mesas e na montagem dos pilares e longarinas. Apesar disto a maioria teve reduções superiores a 25%. A redução na tabela tem em conta o tempo mais baixo medido. A fórmula usada para calcular a redução foi:

$$Redução = \frac{Tempo\ existente - Tempo\ medido}{Tempo\ existente}$$

Identificação das Tarefas e precedências

Visto que as operações existentes, como já foi referido, serem efectuadas conforme as existências de componentes, existia a necessidade de criar uma sequência de maneira à obtenção de uma norma de trabalho.

Esta foi uma tarefa de consulta de vários níveis da empresa de maneira a conseguir perceber o processo de montagem, as precedências existentes, o que poderia ser montado em simultâneo e o que deveria ser em sequência.

Na altura de definir o *layout* houve a necessidade de identificar que montagens iriam ser executadas em cada zona, para efeitos de dimensionamento; as pré-montagens já estavam definidas. Faltavam definir as restantes operações. Na Tabela 11 podemos ver as operações que serão efectuadas nas zonas de montagem CCL (1; 2; 11; 12)

Tabela 11 – Tarefas de montagem e precedências

Nº de operação	Operação	Precedências
1	Nivelamento e graficos	
2	Montagem X1, X2, carruagens e graficos	1
3	Montagem de esteiras porta-cabos XX	2
4	Montagem de esteiras porta-cabos YY	3
5	Montagem carris da mesa	1
6	Montagem da movimentação da mesa	5
7	Montagem sistema exaustão de fumos	1
8	Electrificação de periféricos	4
9	Montagem do portico	2
10	Electrificação motores	8;9
11	Montagem caminho optico	4;9
12	Montagem fonte laser	11
13	Montagem do combi	12
14	Montagem do pilar de comando	2
15	Montagem blindagens	2
16	Electrificação pilar comando	14
17	Electrificação unidade hidraulica	13
18	Electrificação shuttle	17
19	Electrificação geral	8;10;16;17;18
20	Arranque refrigeração	19
21	Arranque do CNC	20
22	Arranque eixos	21
23	Ensaio shuttle table	22
24	Afinação espelhos	23
25	Ensaio de corte	24
26	Expedição	25

De salientar que o número das operações é meramente identificativo, não corresponde a nenhuma sequência, serve para identificar as precedências.

Na Tabela 12 podemos ver as pré-montagens, agrupadas por zona. A única precedência é a do pórtico em relação à caixa Y. As restantes pré-montagens não têm precedências, apenas vão depender do número de colaboradores que irão montar, visto que podem todas ser montadas em simultâneo.

Tabela 12 – Pré-montagens

Nº Operação	Operação	Zona
40	Pré-montagem do pórtico	4
50	Pré-montagem da shuttle	5
51	Pré-montagem das mesas	
60	Pré-montagem da caixa Y	6
61	Montagem da placa gás, ar e água	
62	Montagem dos espelhos	
80	Montagem das gavetas	8
140	Preparação de cabos	14
141	Preparação de quadros auxiliares	

As pré-montagens eléctricas são efectuadas numa zona que já existia, mas que não consta do *layout*, visto ficar ligeiramente afastada da zona de montagem.

Ainda sem tempos de montagem e de maneira a perceber todo o processo de montagem elaborou-se uma primeira sequência de montagem em que se consideraram apenas as precedências e recursos ilimitados. Essa sequência ser vista na Figura 63 no anexo F.

Normalização do Processo de Montagem

O tempo de montagem vai depender do número de colaboradores e da capacidade de se conseguir efectuar o maior número de operações em paralelo ou sobrepostas. Para o caso dos colaboradores não é viável mais do que dois a executar a mesma tarefa, caso contrário em vez ganharmos tempo estamos a perder. Com base nas informações disponíveis calcularam-se os recursos necessários para que se conseguisse cumprir os *lead times* de montagem pretendidos, podem ser consultados na Tabela 13.

Tabela 13 – Recursos necessários

Operações	Carga (h)	Lead Time de montagem pretendido (h)	Nº de recursos necessários
Montagens eléctricas	94,32	40	2,4
Chaparia	135,60	40	3,4
Montagem laser	403,99	160	2,5
Carris, Movi e Exaustão	161,23	40	4,0
Pré-montagens laser	242,80	40	6,1
Pré-montagens elec.	131,14	40	3,3

Para o cálculo do nº de recursos necessários usou-se a seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de Recursos} = \frac{\text{Carga (h)}}{\text{Tempo de ciclo}}$$

O objectivo era criar uma norma de trabalho que envolvesse os trabalhadores e os respectivos tempos de montagem. Os tempos de montagem usados como referência foram os da máquina laser ZZ12668, pois foi a única em que os tempos foram bem medidos.

Tendo a sequência de montagem, os tempos e os recursos necessários faltava agora fazer a afectação às tarefas a executar, consultar Tabela 14.

Tabela 14 – Recursos afectos às operações

Operação	Zona	Colaboradores
Nivelamento e graficos	(1; 2; 11; 12)	Equipa 1 (2 Colaboradores)
Montagem X1, X2, carruagens e graficos		
Montagem de esteiras porta-cabos XX		
Montagem de esteiras porta-cabos YY		
Montagem do portico		
Montagem caminho optico		
Montagem fonte laser		
Montagem do combi		
Arranque refrigeração		
Arranque eixos		
Ensaio shuttle table		
Afinação espelhos		
Expedição		
Montagem carris da mesa	(1; 2; 11; 12)	Equipa 2 (2 Colaboradores)
Montagem da movimentação da mesa		
Montagem sistema exaustão de fumos		
Montagem do pilar de comando	(1; 2; 11;12)	Equipa 3 (2 Colaboradores)
Montagem blindagens		
Electrificação de periféricos	(1; 2; 11; 12)	Equipa 4 (2 Colaboradores)
Electrificação motores		
Electrificação pilar comando		
Electrificação unidade hidraulica		
Electrificação shuttle		
Electrificação geral		
Pré-montagem da caixa Y	6	1 Colaborador
Montagem dos espelhos	4	1 Colaborador
Pré-montagem do pórtilo		
Montagem placa gas, ar e água	6	1 Colaborador
Pré-montagem das gavetas	8	
Pré-montagem das mesas	5	
Pré-montagem da shuttle	5	1 Colaborador
Preparação de cabos	14	Equipa 5 (2 Colaboradores)
Preparação de quadros auxiliares		

A equipa 1 é a equipa que fará o acompanhamento do início ao fim da montagem laser, ou seja, executará no fundo a montagem da estrutura da máquina laser. As equipas 2, 3 e 4 serão equipas que farão montagens também na máquina laser, mas acompanharão o *takt time*, ou seja, farão as montagens em cinco dias numa máquina e passarão para outra e assim sucessivamente. Em relação às pré-montagens e com base nos tempos que existiam, o que foi dimensionado foram quatro colaboradores para as pré-montagens laser (1 por zona) e 2 para as pré-montagens eléctricas (preparação de cabos e preparação de quadros auxiliares).

Traçaram-se 4 cenários evolutivos. O 1º cenário foi traçado com os tempos recolhidos do ZZ12668 e com as respectivas datas de início e fim das operações. Foi traçado um diagrama de *Gantt* e o tempo total de montagem foi de 34 dias. Este cenário pode ser encontrado na Figura 64 no anexo F. Os restantes cenários são os seguintes: 2º cenário foi traçado com os tempos do ZZ12668 e já com pré-montagens; o 3º cenário foi obtido a partir de tempos medidos, ou seja, o cenário actual; o 4º cenário obtido através dos tempos medidos e da extrapolação dos tempos não medidos, elaborou-se este cenário com a redução de 25% nos tempos que não foram medidos. Os 25% vêm do facto de ter sido um dos objectivos do projecto.

Usou-se como ferramenta de apoio o programa *Excel*, de maneira a se conseguir perceber como iria ficar o processo de montagem, de maneira a se poder “jogar” com as operações de forma a atingir o *lead time* pretendido. Um exemplo dessa folha de *Excel* pode ser consultado na Figura 65 anexo F.

Para se ter uma melhor visão da realidade e tempos mais fidedignos, já que os obtidos através do *Excel* eram apenas aproximações, usou-se o programa *Project*. Podemos ver na Figura 49 2º cenário.

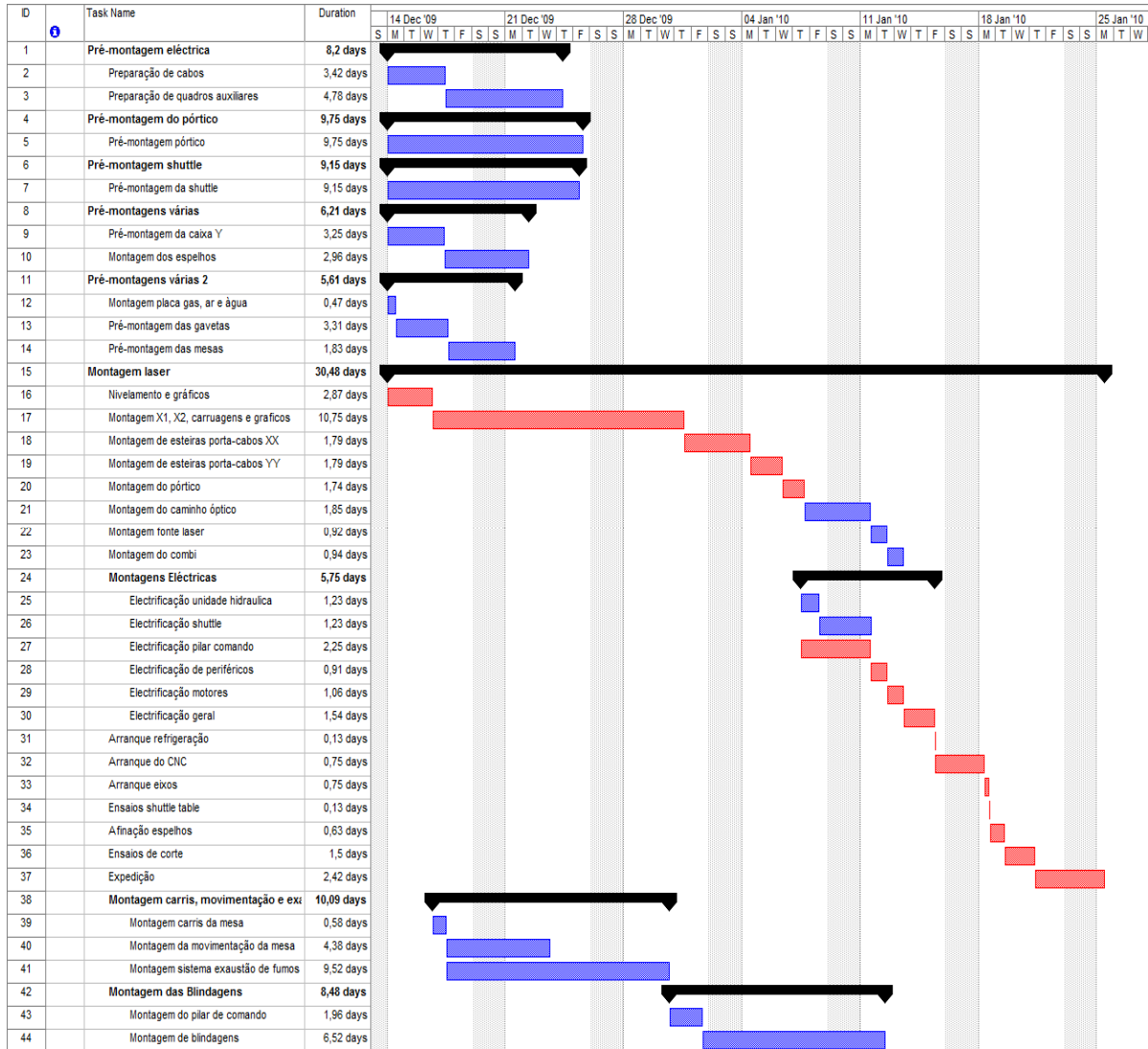


Figura 49 – *Standard Work* Inicial

Com os mesmos tempos mas com uma sequência de montagem definida e com a introdução das pré-montagens foi possível reduzir o processo de montagem em aproximadamente 3,5 dias relativamente ao do ZZ12668 que era de 34 dias. Passou-se a ter um *lead time* de 30,48 dias. Através deste documento é possível fazer um acompanhamento das operações e do que tem que ser melhorado. De salientar que este é um processo que evidencia a relevância dos colaboradores. Este foi o cenário que serviu de ponto de partida. As operações que se encontram a vermelho são operações referentes ao caminho crítico, ou seja, são operações que não têm qualquer tipo de folga, caso demorem mais do que está previsto implicará um aumento do *lead time* de montagem.

À medida que foram sendo medidos tempos este documento foi sendo actualizado, de maneira que à data da última medição efectuada o cenário que se encontrava era o que pode ser visto na figura 50.

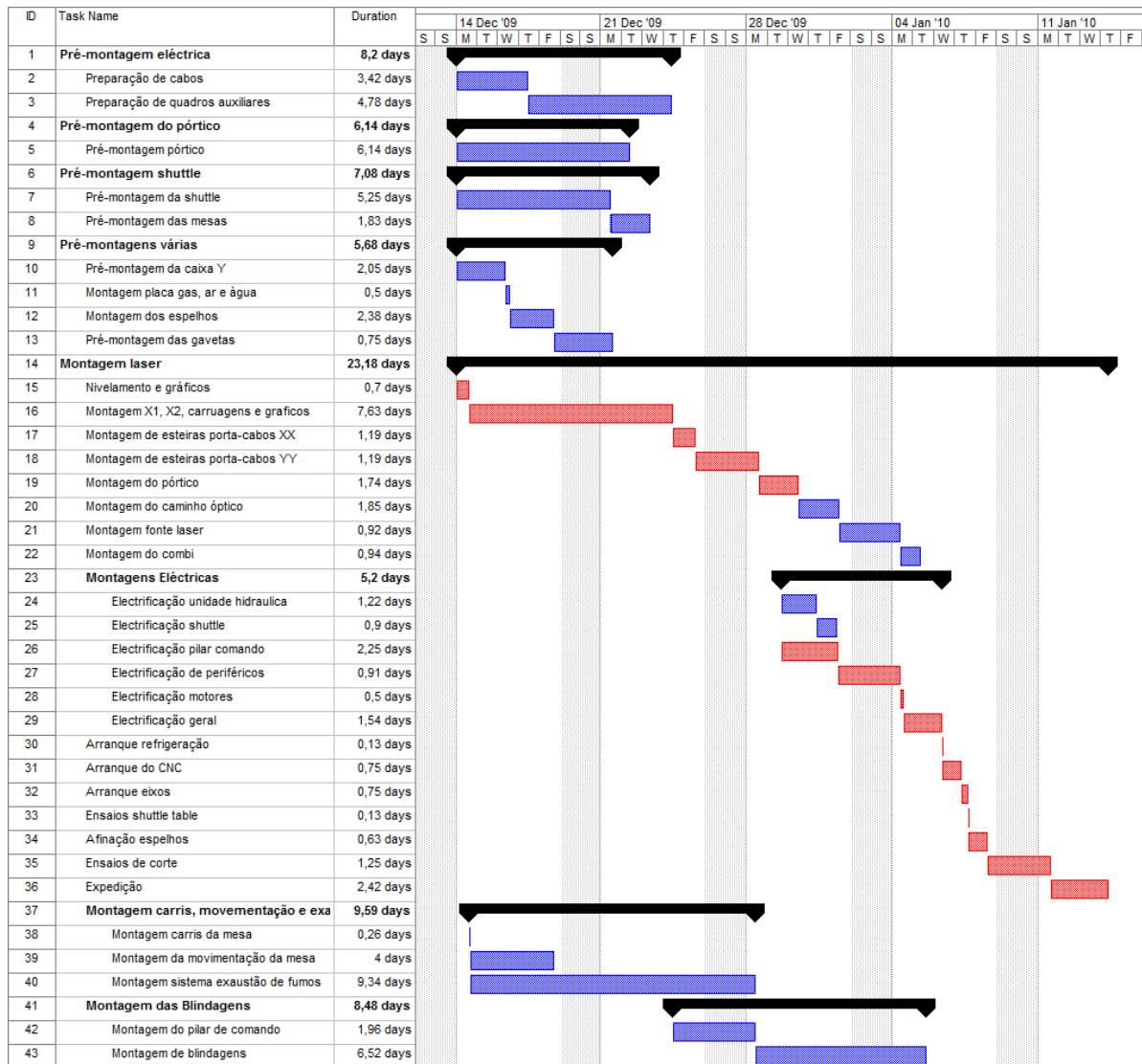


Figura 50 – Standard Work actual

Como a redução dos tempos foi superior ao esperado, foi possível reduzir um colaborador nas pré-montagens passando assim para três colaboradores. O que aconteceu foi que se anteriormente havia a necessidade de um dos colaboradores se movimentar entre as zonas 5, 6 e 8, com esta redução passa apenas a se movimentar entre as zonas 6 e 8. Agora quem montar a *shuttle table* monta também as mesas. Isso pode ser compreendido melhor através da consulta da Tabela 28 que se encontra no anexo F.

Conseguiu-se reduzir o *lead time* total, passando para 23,18 dias, aproximadamente 185,44 horas. Esta redução foi possível porque se reduziram tempos de operações que fazem parte do caminho crítico. Quanto às tarefas na montagem laser que têm que acompanhar o *takt time* estão ainda acima dos cinco dias, com excepção das montagens eléctricas. Existe pois a necessidade de continuar a melhorar essas operações de forma a ser possível efectua-las em cinco dias.

As pré-montagens eléctricas são o ponto mais crítico, são assim as que necessitam de uma intervenção maior. Os tempos das restantes pré-montagens melhoraram, mas existe também a necessidade de se continuar a trabalhar de maneira a que estes tempos cheguem aos cinco dias. Assim se processa a uniformização do processo de montagem: melhorar, fazer os ajustes necessários, traçar novos objectivos.

Através da implementação do *standard work*, vai ser possível fazer um planeamento baseado nos tempos de montagem conseguindo-se assim reduzir os *stocks*, visto que, vai ser possível adoptar uma filosofia JIT de fornecimento de peças. Vai permitir ainda que toda a maneira de abastecimento do bordo de linha seja revista, passando assim, o aviamento a ser feito tendo em conta o início de cada operação, libertando ainda mais o stock no bordo de linha. O que passa a acontecer é que no dia anterior ao início de cada operação os itens vão para o bordo de linha, fazendo com que não existam quebras de produção, fluindo assim de forma normal e sustentada.

Como não foi possível a medição de todos os tempos, mas como a maioria teve reduções superiores a 25%, elaborou-se um cenário provável. Para tal, usaram-se os tempos medidos e reduziu-se 25% aos que não foram medidos, esse cenário pode ser consultado na Figura 51.

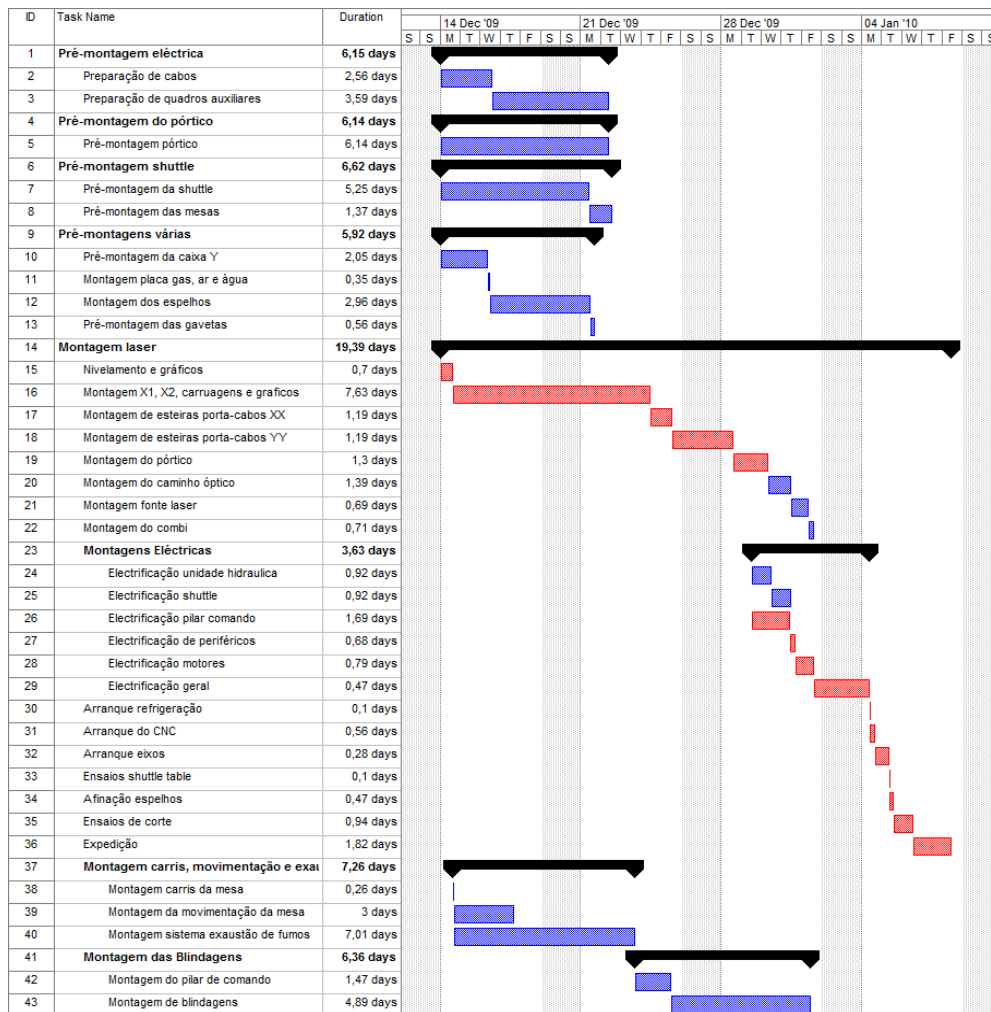


Figura 51 – *Standard Work* provável

Caso se consiga reduzir, em pelo menos 25%, o tempo das montagens que faltam, pode-se reduzir o *lead time* total para 156,08 horas aproximadamente 19,39 dias (ver figura 52).

Consegue-se assim ficar abaixo das 160 horas de *lead time* pretendido. Quanto às tarefas que têm que acompanhar o *takt time*, mesmo reduzindo 25% ainda continuam acima das 40 horas ou 5 dias, com excepção das montagens eléctricas.

Este é um cenário que serve para traçar objectivos futuros e que passam pela redução dos tempos de todas as pré-montagens e das operações montagem dos carris, movimentação da mesa e exaustão e também da operação de montagem das blindagens.

4 Conclusões

Ao implementar este projecto na unidade laser conseguiu-se a introdução de ferramentas e métodos de apoio a todo o processo de montagem, sendo este agora, um processo que caminha para a estabilidade e para todo um planeamento sustentado. Conseguiu-se também capacitar todos os envolvidos na unidade para a necessidade de melhorar constantemente, a necessidade de traçar novos objectivos e querer sempre mais.

Os objectivos foram atingidos. Foram implementados os sub-projectos de forma que se conseguiu reduzir os tempos de montagem e elaborar um documento que auxilie todo o processo de montagem. Este é um processo que não pode parar, pois, tem que existir uma monitorização do processo de montagem, de forma a serem feitos os ajustes necessários sempre com o pensamento na melhoria.

Conseguiram-se implementar as ferramentas a que nos tínhamos proposto e as zonas de montagem são hoje locais onde reina a limpeza e a arrumação.

Foi um projecto que me deu imenso prazer realizar porque, através do que foi implementado pude contribuir para a melhoria das condições de trabalho na montagem laser. Os processos implementados tiveram sucesso e são hoje ferramentas importantes de apoio ao processo de montagem, garantido assim que os objectivos serão alcançados.

Nem sempre foi “fácil”, porque foi um projecto que teve uma grande componente prática que se caracterizou por toda uma mudança no *layout* da montagem e respectiva implementação; estando assim sujeito a um conjunto de dificuldades inerentes a implementações industriais, tais como *lead time* dos fornecedores e disponibilidade por parte dos colaboradores.

Neste momento e ao olhar para trás reconheço que provavelmente se começasse hoje teria feito as coisas de maneira diferente. A vontade de mudar e de querer fazer alguma coisa que fosse visível talvez tenha falado mais alto. Se começasse hoje, faria primeiro a monitorização dos tempos e depois então efectuar as mudanças que fossem necessárias. Isto porque apesar de ter conseguido diminuir os tempos de montagem e uniformizar o processo, era necessário mais algum tempo para realmente perceber onde se pode ir ganhar mais tempo, como executar uma montagem ou outra, efectuar mais alterações do tipo da que foi efectuada na *shuttle table* sempre com o intuito de diminuir custos e tempos.

Quanto ao futuro parece risonho, mas não se pode baixar os braços, pois existe a necessidade de continuar a monitorizar o processo de montagem. A busca pela perfeição tem de ser constante, por isso, há que continuar a reduzir os tempos de montagem, seja através de mudanças nas peças da laser que tornem a montagem mais simples, seja através da análise de como é feita a montagem de maneira a torná-la mais simplificada. A aplicação de ferramentas que reduzam o desperdício é essencial.

Pode-se dizer que a montagem laser é hoje uma unidade de cara lavada, confiante e pronta para enfrentar novos desafios.

5 Referências e Bibliografia

Courtois, Alain, Pillet, Maurice e Martin-Bonnefous, Chantal, (2006), *Gestão da Produção*, LIDEL.

Chase, R. B., Jacobs, F. R. e Aquilano, N. J., (2008), *Operations and Supply Management*, McGraw-Hill.

Sequeira Roldão, Vitor, (2007), *Gestão de Projectos*, Monitor.

Heizer, Jay e Render, Barry, (2006), *Operations Management*, Pearson/Prentice Hall.

Imai, Masaaki, (1997), *Gemba Kaizen*, IMAM.

Liker, Jeffrey K., Meier, David, (2005), *Toyota Field Way*, McGraw-Hill.

Pinto, João Paulo, (2006), *Gestão de Operações*, LIDEL.

Pinto, João, (2008), *Introdução ao Lean Thinking*, último acesso: Janeiro de 2010, <http://www.leanthinkingcommunity.org/>.

Roldão, Victor Sequeira, (2007), *Gestão das Operações - Uma abordagem integrada*, Monitor.

S.A., ADIRA, (2008), *Lista de Peças*, último acesso: Dezembro de 2009, http://intrabaan.adira.pt/atc/estruturas_multin.asp

Anexo A: Calendarização

Calendarização

Com vista a se ter uma sequência de trabalho, efectuou-se a calendarização das tarefas a executar ao longo do projecto. Até porque tendo este tipo de documento foi possível ir verificando se os prazos estavam a ser cumpridos.

Para definir a calendarização das tarefas atribuíram-se duas semanas para a concretização das tarefas permitindo assim ficar com alguma folga para as últimas duas tarefas. Na figura 53 é possível ver essa calendarização.

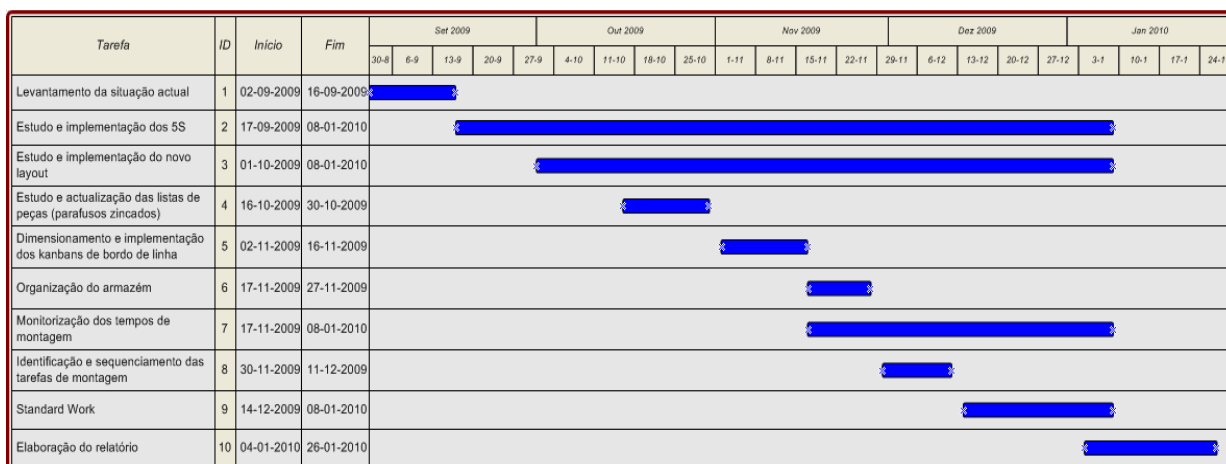


Figura 52 – Calendarização inicial

Com o desenrolar do projecto foi havendo a necessidade de ir ajustando a calendarização visto terem existido tarefas ou que demoraram menos do que o esperado ou mais. Na figura 54 é possível ver a calendarização final.

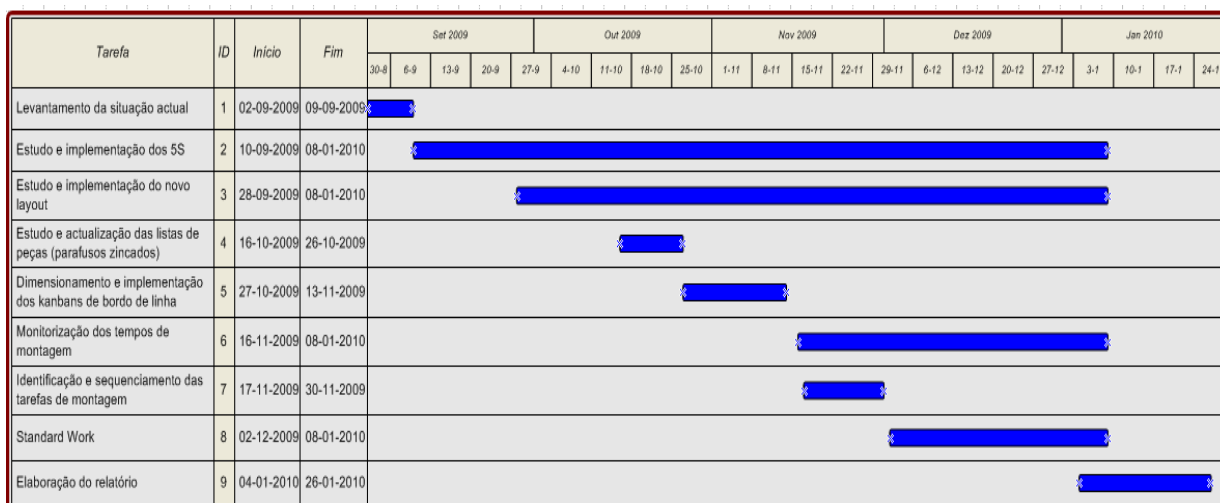


Figura 53 – Calendarização final

Pela análise da calendarização final é possível ver que a tarefa, organização do armazém, não foi efectuada, porque deixou de ser prioridade. Este tempo foi utilizado para a execução de outras tarefas. Tempo esse que foi muito útil visto o projecto ter tido uma componente prática muito elevada e como tal ter existido a necessidade de passar mais tempo do que era previsto no chão da fábrica. Além disso esse tempo foi também importante porque foi utilizado nas tarefas, identificação e sequenciamento das tarefas de montagem e *standard work*.

Anexo B: Documentos referentes aos 5S

De maneira a poder informar correctamente os colaboradores do que iria ser implementado, foi-lhes dada uma acção de formação, acerca da filosofia 5S. Essa informação ficou posteriormente colocada num quadro. Informação essa que pode ser consultada nas figuras seguintes.



Figura 54 – Ilustração inicial

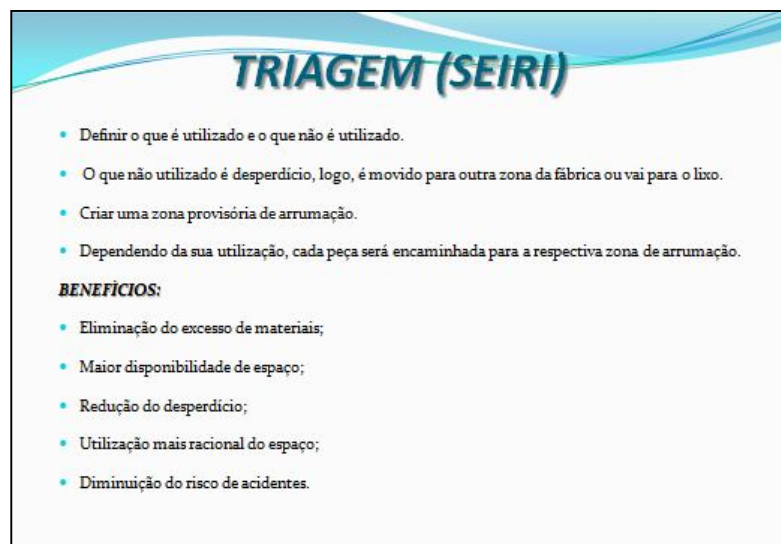


Figura 55 - Triagem

ARRUMAÇÃO (SEITON)

- Identificar a melhor localização para os restantes itens (os necessários), para que possam facilmente ser utilizados e arrumados
- 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

BENEFÍCIOS:

- Facilidade de localizar, armazenar, aceder a materiais por diversas pessoas e diversas vezes.
- Economia de tempo.
- Diminuição de acidentes.
- Melhoria do processo de comunicação e interacção com o meio ambiente.

Figura 56 - Arrumação

LIMPEZA (SEISO)

- *Consiste em limpar, eliminando a sujidade, por forma a possibilitar a manutenção do material/objecto/... nas melhores condições auxiliar a pesquisa de fontes de origem de problemas.*

BENEFÍCIOS:

- Melhoria do nível de segurança operacional e pessoal.
- Prevenção através da manutenção e limpeza após o uso.
- Melhor identificação e solução de problemas.
- Melhoria do ambiente de trabalho e, conseqüentemente, da satisfação dos funcionários, bem como da qualidade e produtividade da empresa.

Figura 57 – Limpeza

NORMALIZAÇÃO (SEIKETSU)

- **A Organização, a Arrumação e a Limpeza** devem ser efectuados sistematicamente, promovendo:
- a definição de padrões e implementação de melhorias.
- a manutenção, limpeza e organização do local de trabalho e materiais afectos.
- a motivação através de recursos audio-visuais.
- a higiene pessoal.
- **"Manter a organização, a ordenação e a manutenção/ limpeza."**

Figura 58 - Normalização

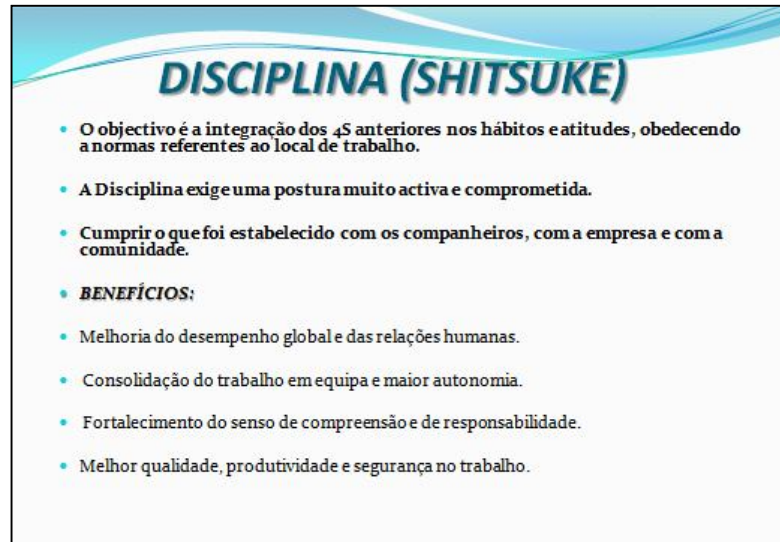


Figura 59 - Disciplina



Figura 60 - Objectivo

A imagem no final é de uma empresa concorrente e serve de referência para que os colaboradores saibam como trabalha a concorrência e se apercebam qual o caminho a seguir.

adira innovation works >>>		Auditoria 5S				
Ficha de avaliação da zona de montagem						
Auditor						
Zona						
Avaliação	0 - Muito mau 1 - Mau 2 - Médio 3 - Bom 4 - Muito Bom					
		0	1	2	3	4
Estante de aviamento arrumada						
Peças arrumadas na estante de aviamento						
Carrinhos de ferramentas nos sítios devidos						
Ferramentas arrumadas						
Carrinhos de parafusos nos sítios devidos						
Caixas de parafusos arrumadas no carro						
Parafusos nas caixas						
Caixas de parafusos suficientes						
Mangueiras nos sítios correctos						
Zona de montagem limpa						
Máximo Possível	40					
Sub-Total						
Avaliação						

Figura 61 – Ficha de auditoria 5S

Na zona 6, uma das zonas de pré-montagem, como não têm carrinho com parafusos esse item não existe na ficha de controlo, ficando assim a avaliação com um máximo possível de 36 pontos.

Anexo C: Informações referentes aos parafusos

Tabela 15 - Parafusos de Cabeça de Embeber de Oco Hexagonal

L	Md								
	3	4	5	6	8	10	20	24	30
8	M3x8								
10									
12	M3x12	M4x12	M5x12	M6x12	M8x12	M10x12			
16				M6x16	M8x16	M10x16			
20	M3x20	M4x20	M5x20	M6x20	M8x20	M10x20			
25									
30		M4x30	M5x30	M6x30	M8x30	M10x30			
35									
40			M5x40	M6x40	M8x40	M10x40	M20x40		
45									
50		M4x50	M5x50	M6x50	M8x50	M10x50	M20x50	M24x50	
55									
60			M5x60	M6x60	M8x60	M10x60	M20x60	M24x60	
65									
70				M6x70	M8x70	M10x70	M20x70	M24x70	
80				M6x80	M8x80	M10x80	M20x80	M24x80	
90				M6x90	M8x90	M10x90	M20x90	M24x90	
100				M6x100	M8x100	M10x100	M20x100	M24x100	M30x100
110						M10x110		M24x110	
120						M10x120		M24x120	
130						M10x130			
140						M10x140			
150						M10x150			
160						M10x160			

Tabela 16 - Parafusos de Cabeça de Embeber de Oco Hexagonal

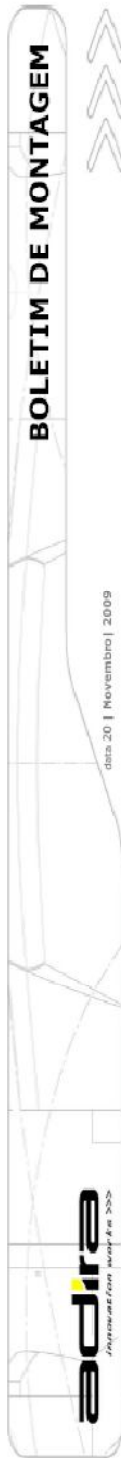
L	Md					
	6	8	10	12	16	20
10						
12	M6x12	M8x12				
16	M6x16	M8x16				
20	M6x20	M8x20	M10x20			
25				M12x25		
30	M6x30	M8x30	M10x30	M12x30	M16x30	
35						
40	M6x40	M8x40	M10x40	M12x40	M16x40	M20x40
45						
50		M8x50	M10x50	M12x50	M16x50	M20x50
55						
60			M10x60	M12x60	M16x60	M20x60
65						
70	M6x70	M8x70	M10x70	M12x70	M16x70	M20x70
80		M8x80	M10x80	M12x80	M16x80	M20x80
90		M8x90	M10x90		M16x90	M20x90
100		M8x100	M10x100	M12x100	M16x100	M20x100
110		M8x110				M20x110
120				M12x120	M16x120	M20x120

Tabela 17 - Parafusos de Cabeça Hexagonal

L	Md						
	4	5	6	8	10	12	16
12		M5x12	M6x12	M8x12			
16	M4x16						
20		M5x20	M6x20	M8x20	M10x20		
25							
30	M4x30	M5x30	M6x30	M8x30	M10x30		
35							
40			M6x40	M8x40	M10x40	M12x40	M16x40
45							
50			M6x50	M8x50	M10x50	M12x50	M16x50
55							
60				M8x60	M10x60		

Tabela 18 – Codificação dos parafusos implementados

Artigo	Descrição	English description
121807005	PARAF CIL SXT INT M3x8 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M3x8 DIN912 8.8 Zinc
121807007	PARAF CIL SXT INT M3x12 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M3x12 DIN912 8.8 Zinc
121807009	PARAF CIL SXT INT M3x20 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M3x20 DIN912 8.8 Zinc
121807020	PARAF CIL SXT INT M4x12 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M4x12 DIN912 8.8 Zinc
121807022	PARAF CIL SXT INT M4x20 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M4x20 DIN912 8.8 Zinc
121807024	PARAF CIL SXT INT M4x30 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M4x30 DIN912 8.8 Zinc
121807028	PARAF CIL SXT INT M4x50 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M4x50 DIN912 8.8 Zinc
121807034	PARAF CIL SXT INT M5x10 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x10 DIN912 8.8 Zinc
121807035	PARAF CIL SXT INT M5x12 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x12 DIN912 8.8 Zinc
121807037	PARAF CIL SXT INT M5x20 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x20 DIN912 8.8 Zinc
121807039	PARAF CIL SXT INT M5x30 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x30 DIN912 8.8 Zinc
121807041	PARAF CIL SXT INT M5x40 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x40 DIN912 8.8 Zinc
121807043	PARAF CIL SXT INT M5x50 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x50 DIN912 8.8 Zinc
121807045	PARAF CIL SXT INT M5x60 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M5x60 DIN912 8.8 Zinc
121807054	PARAF CIL SXT INT M6x12 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x12 DIN912 8.8 Zinc
121807055	PARAF CIL SXT INT M6x16 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x16 DIN912 8.8 Zinc
121807056	PARAF CIL SXT INT M6x20 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x20 DIN912 8.8 Zinc
121807058	PARAF CIL SXT INT M6x30 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x30 DIN912 8.8 Zinc
121807060	PARAF CIL SXT INT M6x40 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x40 DIN912 8.8 Zinc
121807062	PARAF CIL SXT INT M6x50 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x50 DIN912 8.8 Zinc
121807064	PARAF CIL SXT INT M6x60 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x60 DIN912 8.8 Zinc
121807066	PARAF CIL SXT INT M6x70 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x70 DIN912 8.8 Zinc
121807068	PARAF CIL SXT INT M6x80 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x80 DIN912 8.8 Zinc
121807069	PARAF CIL SXT INT M6x90 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x90 DIN912 8.8 Zinc
121807070	PARAF CIL SXT INT M6x100 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x100 DIN912 8.8 Zinc
121807071	PARAF CIL SXT INT M6x110 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M6x110 DIN912 8.8 Zinc
121807078	PARAF CIL SXT INT M8x12 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x12 DIN912 8.8 Zinc
121807079	PARAF CIL SXT INT M8x16 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x16 DIN912 8.8 Zinc
121807080	PARAF CIL SXT INT M8x20 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x20 DIN912 8.8 Zinc
121807082	PARAF CIL SXT INT M8x30 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x30 DIN912 8.8 Zinc
121807084	PARAF CIL SXT INT M8x40 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x40 DIN912 8.8 Zinc
121807086	PARAF CIL SXT INT M8x50 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x50 DIN912 8.8 Zinc
121807088	PARAF CIL SXT INT M8x60 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x60 DIN912 8.8 Zinc
121807090	PARAF CIL SXT INT M8x70 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x70 DIN912 8.8 Zinc
121807092	PARAF CIL SXT INT M8x80 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x80 DIN912 8.8 Zinc
121807093	PARAF CIL SXT INT M8x90 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x90 DIN912 8.8 Zinc
121807094	PARAF CIL SXT INT M8x100 DIN912 8.8 Zinc	HEX SOCKET SCREW M8x100 DIN912 8.8 Zinc
121809017	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M4x16	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M4x16
121809020	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M4x30	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M4x30
121809028	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M5x12	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M5x12
121809030	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M5x20	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M5x20
121809032	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M5x30	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M5x30
121809042	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x12	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M6x12
121809044	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x20	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M6x20
121809046	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x30	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M6x30
121809048	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x40	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M6x40
121809050	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x50	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M6x50
121809056	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x12	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M8x12
121809058	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x20	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M8x20
121809060	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x30	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M8x30
121809062	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x40	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M8x40
121809064	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x50	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M8x50
121809065	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M8x60	HEX SOCK FLAT HD SCR DIN7991-8.8-Zinc-M8x60
121810031	(PSICO)PARAF. ISO7380-Inox-M6x16	BUTTON HEAD SOCKET SCREW ISO7380-Sts-M6x16



CONDIÇÕES DE APERTO DOS PARAFUSOS

1. BINÁRIO DE APERTO DOS PARAFUSOS PARA DIFERENTES TIPOS DE LUBRIFICAÇÃO (Kgf.m / N.m)

Tolerância 0 a -10%

Classe	8.8				10.9				12.9			
	Seco		Pouco lubrificado		Seco		Pouco lubrificado		Seco		Pouco lubrificado	
Condições	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m	Kgf.m	N.m
M3	0.14	1.4	0.12	1.2	0.21	2.1	0.18	1.8	0.25	2.4	0.21	2.1
M4	0.33	3.2	0.28	2.8	0.48	4.8	0.42	4.1	0.56	5.5	0.49	4.8
M5	0.65	6.4	0.56	5.5	0.96	9.4	0.83	8.1	1.12	11	0.97	9.5
M6	1.13	11	0.97	9.5	1.66	16.3	1.43	14	1.95	19	1.67	16.4
M8	2.76	27	2.35	23	3.98	39	3.47	34	4.69	46	4.08	40
M10	5.41	53	4.69	46	7.96	78	6.84	67	9.39	92	8.06	79
M12	9.39	92	8.06	79	13.88	136	11.84	116	16.22	159	13.88	136
M14	15.10	148	12.96	127	22.24	218	19.08	187	26.02	255	22.35	219
M16	23.67	232	20.20	198	34.80	341	29.69	291	40.71	399	34.80	341
M20	48.06	471	41.02	402	68.06	667	58.16	570	79.89	781	68.06	667
M24	82.55	809	70.51	691	117.14	1148	100.10	981	137.04	1343	117.14	1148
M27	122.55	1201	104.29	1022	174.08	1706	148.16	1452	203.78	1997	173.47	1700
M30	166.12	1628	141.53	1387	235.82	2311	200.92	1969	275.92	2704	235.20	2305
M36	289.80	2840	246.73	2418	411.84	4036	350.51	3435	481.94	4723	410.20	4020

2. IMOBILIZAÇÃO DOS PARAFUSOS

Utilizar 'Kasco' (ou equivalente) em todos os parafusos, incluindo os que levam anilha de pressão.

Para a aplicação do Kasco, deve ser retirada a gordura (óleo) dos parafusos.

Exceções :

- Intermediários,
- parafusos de centragem,
- Conjuntos a ser transportados desmontados.

Figura 62 – Tabela de apertos em função da classe e da lubrificação dos parafusos

Anexo D: Tabelas com as necessidades dos kanbansTabela 19 – Necessidades dos *kanbans* de bordo de linha da *shuttle*

Cod.Artigo	Designação	Capacidade
120202042	ANILHA M5 NORD-LOK AÇO ZNA	12
120202044	ANILHA M6 NORD-LOK AÇO ZNA	12
120202046	ANILHA M8 NORD-LOK AÇO ZNA	12
12206002	ANILHA TORNEADA D6.5xD16x2 AnT	24
120206003	ANILHA TORNEADA D8.3xD17x2.3 AnT	24
120207010	ANILHA MOLA M10 DIN127 AÇO ZNB	12
120501008	FEMEA M8-8 DIN934	12
120501010	FEMEA M10-8 DIN934	12
120807112	PARAF CIL SXT INT M10x40 DIN912 12.9	12
120824055	(PCSE) PARAF. DIN933 M6X16 LATÃO	60
120901108	(PESI) PERNO DIN916-M12x40	12
121807020	PARAF CIL SXT INT M4x12 DIN912 8.8 Zinc	12
121807035	PARAF CIL SXT INT M5x12 DIN912 8.8 Zinc	24
121807037	PARAF CIL SXT INT M5x20 DIN912 8.8 Zinc	12
121807054	PARAF CIL SXT INT M6x12 DIN912 8.8 Zinc	12
121807055	PARAF CIL SXT INT M6x16 DIN912 8.8 Zinc	24
121807056	PARAF CIL SXT INT M6x20 DIN912 8.8 Zinc	12
121807058	PARAF CIL SXT INT M6x30 DIN912 8.8 Zinc	24
121807060	PARAF CIL SXT INT M6x40 DIN912 8.8 Zinc	12
121807062	PARAF CIL SXT INT M6x50 DIN912 8.8 Zinc	12
121807084	PARAF CIL SXT INT M8x40 DIN912 8.8 Zinc	12
121809017	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M4x16	12
121809044	(PCISE)PARAF. DIN7991-8.8-Zinc-M6x20	24
240303002	ANILHA FREIO MB 2	12
240311002	FEMEA FIXACAO KM 2	12

Tabela 20 – Necessidades dos *kanbans* de bordo de linha da máquina laser

Artigo	Designação	Capacidade
120200006	ANILHA M6 AN C/ GOLA A2 51350-INOX 6,6mm	21
120202002	ANILHA M4 DIN125 FE ZNB	24
120202003	ANILHA M5 DIN125 FE ZNB	18
120202004	ANILHA M6 DIN125 FE ZNB	21
120202005	ANILHA M8 DIN125 FE ZNB	18
120202006	ANILHA M10 DIN125 FE ZNB	18
120202007	ANILHA M12 DIN125 FE ZNB	24
120202042	ANILHA M5 NORD-LOK AÇO ZNA	15
120202044	ANILHA M6 NORD-LOK AÇO ZNA	24
120202046	ANILHA M8 NORD-LOK AÇO ZNA	15
120202052	ANILHA M16 NORD-LOK AÇO ZNA	18
120206013	ANILHA TORNEADA D12.5xD24x2.6 AnT	21
120206015	ANILHA TORNEADA D17.4xD30x3 AnT	18
120206016	ANILHA TORNEADA D10.5xD21x4 AnT	21
120207005	ANILHA MOLA M5 DIN127 AÇO ZNB	24
120207006	ANILHA MOLA M6 DIN127 AÇO ZNB	18
120207008	ANILHA MOLA M8 DIN127 AÇO ZNB	18
120212004	ANILHA SEGURANÇA M4 SCHNORR	21
120212006	ANILHA SEGURANÇA M6 SCHNORR	24
120405005	FEMEA CRAVAR M5-8 WURTH REF.917-275	15
120405006	FEMEA CRAVAR M6-8 WURTH REF.917-76	15
120406006	FEMEA SEXT. CRAVAR M6-8 WURTH REF.948 306 14	15
120501004	FEMEA M4-8 DIN934	21
120501005	FEMEA M5-8 DIN934	21
120501006	FEMEA M6-8 DIN934	21
120501008	FEMEA M8-8 DIN934	21
120501010	FEMEA M10-8 DIN934	21
120501012	FEMEA M12-8 DIN934	21
120506005	FEMEAS SEXTAVADAS CEGAS BOLEADAS DIN1587 M5 INOX A2	18
120807118	PARAF CIL SXT INT M10x70 DIN912 12.9	15
120807128	PARAF CIL SXT INT M10x160 DIN912 12.9	15
120807145	PARAF CIL SXT INT M12x60 DIN912 12.9	15
120807178	PARAF CIL SXT INT M16x90 DIN912 12.9	15
120807188	PARAF CIL SXT INT M16x250 DIN912 12.9	15
120810022	(PSICO)PARAF. ISO7380-10.9-M5x16	15
120811002	PARAFUSO DIN933-M6x16 ZINCADOS	15
120811008	PARAFUSO DIN933-M8x20 ZINCADOS	18
120811032	PARAFUSO DIN933-M12x40 ZINCADOS	21
120811037	PARAFUSO DIN933-M12x80 ZINCADOS	18
120816002	(PSICE)PARAF. DIN7991 M4x35 INOX A2	21
120816004	(PSICE)PARAF. DIN7991 M6x10 INOX A2	21
120816006	(PSICE)PARAF. DIN7991 M6x16 INOX A2	21
120818005	PARAF. DIN912 M3x8 INOX A2	27
120818006	PARAF. DIN912 M3x12 INOX A2	30
120818020	PARAF. DIN912 M4x12 INOX A2	18
120818035	PARAF. DIN912 M5x12 INOX A2	21
120818036	PARAF. DIN912 M5x16 INOX A2	24
120818037	PARAF. DIN912 M5x8 INOX A2	27
120818054	PARAF. DIN912 M6x12 INOX A2	6
120818056	PARAF. DIN912 M6x20 INOX A2	21
120818057	PARAF. DIN912 M6x25 INOX A2	24
120818058	PARAF. DIN912 M6x30 INOX A2	18
120818062	PARAF. DIN912 M6x50 INOX A2	27
120818064	PARAF. DIN912 M6x60 INOX A2	21
120818084	PARAF. DIN912 M8x40 INOX A2	24
120819001	PARAF. DIN6912 M8x25 INOX A2	30
120821004	PARAF. DIN933 M5x8 INOX A2	21
120821005	PARAF. DIN933 M5x12 INOX A2	24
120821007	PARAF. DIN933 M5x20 INOX A2	15
120823001	PARAF. ISO7380 M5x16 INOX A2	15
120823004	PARAF. ISO7380 M5x12 INOX A2	21
120823008	(PSICO) PARAF. ISO7380-M6x10-A2-80	24
120826036	(PSICC) ISO7379/12.9 -M5x16(Ø6) INOX A2	15
120826058	(PSICC) ISO7379/12.9 -M6x30(Ø8) INOX A2	15
120901023	(PESI) PERNO DIN916-M4x8	21
120901026	(PESI) PERNO DIN916-M4x16	21
120901053	(PESI) PERNO DIN916-M6x10	21
120901057	(PESI) PERNO DIN916-M6x25	21
120901075	(PESI) PERNO DIN916-M8x30	21
121807005	PARAF CIL SXT INT M3x8 DIN912 8.8 Zinc	24
121807020	PARAF CIL SXT INT M4x12 DIN912 8.8 Zinc	18
121807022	PARAF CIL SXT INT M4x20 DIN912 8.8 Zinc	15
121807024	PARAF CIL SXT INT M4x30 DIN912 8.8 Zinc	15
121807034	PARAF CIL SXT INT M5x10 DIN912 8.8 Zinc	18
121807035	PARAF CIL SXT INT M5x12 DIN912 8.8 Zinc	21
121807039	PARAF CIL SXT INT M5x30 DIN912 8.8 Zinc	24
121807054	PARAF CIL SXT INT M6x12 DIN912 8.8 Zinc	21
121807055	PARAF CIL SXT INT M6x16 DIN912 8.8 Zinc	21
121807056	PARAF CIL SXT INT M6x20 DIN912 8.8 Zinc	18
121807058	PARAF CIL SXT INT M6x30 DIN912 8.8 Zinc	15
121807062	PARAF CIL SXT INT M6x50 DIN912 8.8 Zinc	15
121807064	PARAF CIL SXT INT M6x60 DIN912 8.8 Zinc	15
121807066	PARAF CIL SXT INT M6x70 DIN912 8.8 Zinc	15
121807079	PARAF CIL SXT INT M8x16 DIN912 8.8 Zinc	15
121807080	PARAF CIL SXT INT M8x20 DIN912 8.8 Zinc	15
121807082	PARAF CIL SXT INT M8x30 DIN912 8.8 Zinc	15
121807084	PARAF CIL SXT INT M8x40 DIN912 8.8 Zinc	42
121807086	PARAF CIL SXT INT M8x50 DIN912 8.8 Zinc	18
121807088	PARAF CIL SXT INT M8x60 DIN912 8.8 Zinc	18
121807090	PARAF CIL SXT INT M8x70 DIN912 8.8 Zinc	21
121809017	(PCISE)PARAF. DIN7991-10.9-Zinc-M4x16	15
121809030	(PCISE)PARAF. DIN7991-10.9-Zinc-M5x20	18
121809032	(PCISE)PARAF. DIN7991-10.9-Zinc-M5x30	21
121809058	(PCISE)PARAF. DIN7991-10.9-Zinc-M8x20	18
121809064	(PCISE)PARAF. DIN7991-10.9-Zinc-M8x50	18
121810031	(PSICO)PARAF. ISO7380-Inox-M6x16	12
210309221	ANILHA DE VEDAÇÃO 1/8	15
210309229	ANILHA DE VEDAÇÃO M5	15
240311009	FEMEA FIXACAO KM 9	15

Tabela 21 – Dimensionamento dos carrinhos para os *kanbans* (zona 4)

Carrinho Pórtico	
medidas da caixa média	
Comprimento	19,5 cm
Largura	10 cm
Altura	10 cm
medidas carrinho	
Comprimento	108 cm
Largura	53 cm
Capacidade p/ prateleira	20 caixas
Componentes	36
Caixas	72
Prateleiras p/caixa	2
Prateleira p/troca	1

Tabela 22 – Dimensionamento dos carrinhos para os *kanbans* (zona 5)

Carrinho Shuttle	
medidas da caixa média	
Comprimento	19,5 cm
Largura	10 cm
Altura	10 cm
medidas carrinho	
Comprimento	108 cm
Largura	53 cm
Capacidade p/ prateleira	20 caixas
Componentes	25
Caixas	50
Prateleiras p/caixa	2
Prateleira p/troca	1

Tabela 23 – Dimensionamento dos carrinhos para os *kanbans* (zonas 1, 2, 11 e 12)

Carrinho Laser	
medidas da caixa média	
Comprimento	19,5 cm
Largura	10 cm
Altura	10 cm
medidas carrinho	
Comprimento	108 cm
Largura	53 cm
Capacidade p/ prateleira	20 caixas
Componentes	99
Caixas	198
Prateleiras p/caixa	5
Prateleira p/troca	1

As zonas 6 e 8 não necessitam de carrinho, a opção para a zona de montagem laser foi criar dois carrinhos de quatro prateleiras.

Anexo E: Medidas das novas zonas do layoutTabela 24 – Medidas das zonas do *layout*

Zona	Montagem	Necessidades	Medidas (CxL) (mm)
3	CCL/LAP	Estante de "aviamento"	3520x800
		Carrinho de parafusos	1080x530
		CCL/LAP	7300x6360 / 9520x5363
		Dimensões da zona	12600x6800
4	Pórtico	Estante	1800x800
		Carrinho de parafusos	1080x530
		Pórtico	3000x1000 / 2400x400
		Dimensões da zona	5000x6800
5	Shuttle e Mesas	Estante de "aviamento"	3520x800
		Carrinho de parafusos	1080x530
		Mesas	4260x2380 / 3200x1800
		Shuttle	4257x3018 / 3259x2356
		Suporte mesas	2400x700
		Entre Mesas e Shuttle	800
6	Espelhos; Caixa Y; Placa gás	Bancada	2x (2400x1310)
		Dimensões da zona	3400x5768
8	Gavetas	Estante de "aviamento"	1800x800
		Carrinho de parafusos	1080x530
		Gavetas	900x2000
		Suporte gavetas	1040x1100
		Dimensões da zona	5880x3660
9	Chiller ensaios	Chiller ensaios	2000x1500
		Dimensões da zona	3000x2000
13	Picking armazém	carrinhos	1000x600
		Dimensões da zona	3000x1300

Anexo F: Informações referentes à uniformização do processo

Tabela 25 – Tabela de registo do início e o fim de cada tarefa

Nº operação	Operação	Início	Fim
10	Nivelamento e graficos		
	Montagem X1, X2, carruagens e graficos		
	Montagem de esteiras porta-cabos XX		
	Montagem de esteiras porta-cabos YY		
20	Montagem do combi		
	Montagem placa gas, ar e água		
31	Montagem prolongas estrutura e carris		
	Montagem movimentação mesa		
	Montagem da ST		
	Montagem das mesas		
40	Montagem sistema exaustão de fumos		
	Montagem das gavetas		
50	Pré-montagem portico		
	Montagem do portico		
	Pre-montagem caixa Y		
60	Pré-montagem caminho optico		
	Montagem caminho optico		
	Afinação espelhos		
	Montagem fonte laser		
70	Montagem de pilares e longarinas		
	Montagem de blindagens		
80	Expedição		
90	Preparação de cabos		
	Preparação de quadros auxiliares		
91	Electrificação de periféricos		
	Electrificação geral		
	Electrificação motores		
92	Electrificação unidade hidraulica		
	Electrificação shuttle		
93	Electrificação pilar painel		
94	Arranque refrigeração		
	Arranque do CNC		
	Arranque eixos		
	Ensaio shuttle table		
	Ensaio de corte		

Tabela 26 – Pré-montagens e montagens e respectivas precedências

Nº Operação	Operação (pré-montagens)	Precedência
40	Pré-montagem do pórtico	60
50	Pré-montagem da shuttle	-
51	Pré-montagem das mesas	-
60	Pré-montagem da caixa Y	-
61	Montagem da placa gás, ar e água	-
62	Montagem dos espelhos	-
80	Montagem das gavetas	-
140	Preparação de cabos	-
141	Preparação de quadros auxiliares	-
Nº de operação	Operação (montagem laser)	Precedências
1	Nivelamento e graficos	
2	Montagem X1, X2, carruagens e graficos	1
3	Montagem de esteiras porta-cabos XX	2;140
4	Montagem de esteiras porta-cabos YY	3
5	Montagem carris da mesa	1
6	Montagem da movimentação da mesa	5
7	Montagem sistema exaustão de fumos	1
8	Electrificação de periféricos	4;141
9	Montagem do portico	2;40
10	Electrificação motores	8;9
11	Montagem caminho optico	4;9;62
12	Montagem fonte laser	11
13	Montagem do combi	12;61
14	Montagem do pilar de comando	2
15	Montagem blindagens	2
16	Electrificação pilar comando	14
17	Electrificação unidade hidraulica	13
18	Electrificação shuttle	17;50
19	Electrificação geral	8;10;16;17;18
20	Arranque refrigeração	19
21	Arranque do CNC	20
22	Arranque eixos	21
23	Ensaio shuttle table	22;51
24	Afinação espelhos	23
25	Ensaio de corte	15;24;80
26	Expedição	25

A numeração das pré-montagens é relativa à zona onde vão ser efectuadas. Por exemplo a operação pré-montagem do pórtico vai ser efectuada na zona 4 logo passa a operação 40 e assim sucessivamente.

Na figura 62 é possível observar a sequência de montagem com recursos ilimitados com as pré-montagens.

Tabela 27 – Tempos de montagem do ZZ12668

Operação	Tempos existentes
Nivelamento e graficos	22,9
Montagem X1, X2, carruagens e graficos	172,0
Montagem de esteiras porta-cabos XX	28,7
Montagem de esteiras porta-cabos YY	28,7
Montagem Combi	15,0
Montagem placa gas, ar e água	3,8
Montagem prolongas estrutura e carris	9,2
Montagem movimentação mesa	34,8
Montagem da ST	73,2
Montagem das mesas	14,6
Montagem sistema exaustão de fumos	117,3
Montagem das gavetas	23,5
Pré-montagem portico	78,0
Montagem do portico	27,7
Pre-montagem caixa Y	26,0
Pré-montagem caminho optico	23,7
Montagem caminho optico	29,6
Afinação espelhos	10,0
Montagem fonte laser	14,8
Montagem de pilares e longarinas	31,3
Montagem de blindagens	104,3
Expedição	38,6
Preparação de cabos	54,6
Preparação de quadros auxiliares	76,5
Electrificação de periféricos	15,4
Electrificação geral	24,6
Electrificação motores	16,9
Electrificação unidade hidraulica	9,8
Electrificação shuttle	9,8
Electrificação pilar painel	18,0
Arranque refrigeração	2,0
Arranque do CNC	6,0
Arranque eixos	12,0
Ensaio shuttle table	2,0
Ensaio de corte	12,0

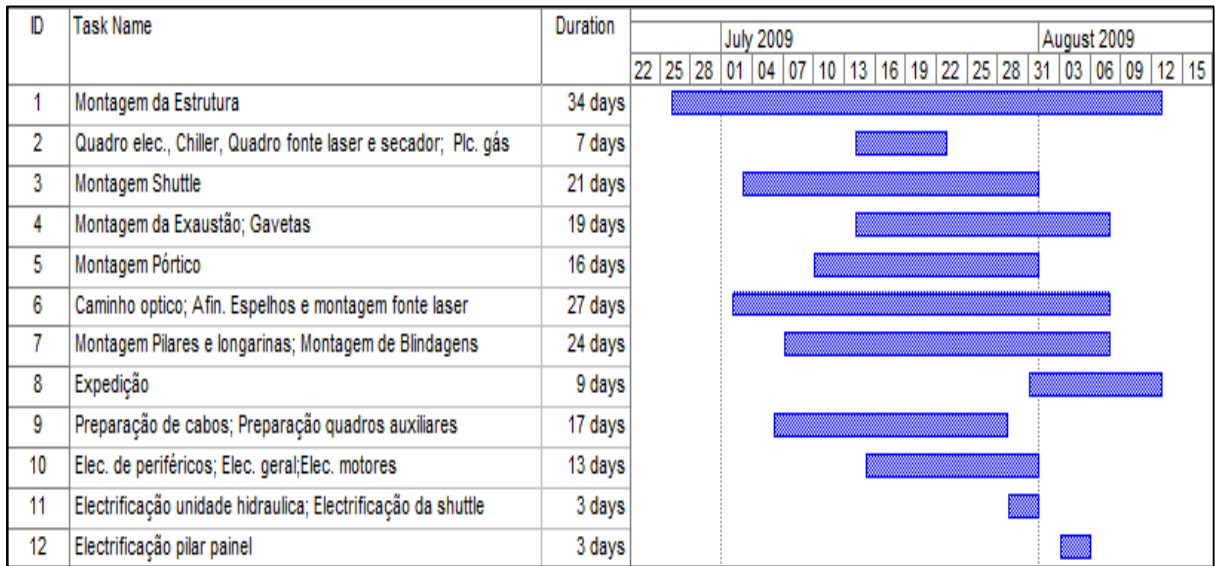


Figura 64 – Tempo de montagem do ZZ12668

Aplicação de Técnicas Lean na Montagem Laser na ADIRA, S.A.

Montagem 1 máquina (tempos do ZZ12668)										
Dias	Horas	Montador 1	Montador 2	Montador 3	Montador 4	Chapeiro	Chapeiro	Electricista	Electricista	Engenheiro
1	2	1								
	4	1								
	6	1								
	8	1								
2	2	1								
	4	1								
	6	1								
	8	1								
3	2	1								
	4	1								
	6	1								
	8	1								
4	2	2		5	5					
	4	2	2	5	5					
	6	2	2	7	5 6					
	8	2	2	7	6					
5	2	2	2	7	6					
	4	2	2	7	6					
	6	2	2	7	6					
	8	2	2	7	6					
6	2	2	2	7	6					
	4	2	2	7	6					
	6	2	2	7	6					
	8	2	2	7	6					
7	2	2	2	7	6					
	4	2	2	7	6					
	6	2	2	7	6					
	8	2	2	7	6					
8	2	2	2	7	6					
	4	2	2	7	6					
	6	2	2	7	6					
	8	2	2	7	6					
9	2	2	2	7	7					
	4	2	2	7	7					
	6	2	2	7	7					
	8	2	2	7	7					
10	2	2	2	7	7					
	4	2	2	7	7					
	6	2	2	7	7					
	8	2	2	7	7					
11	2	2	2	7	7					
	4	2	2	7	7					
	6	2	2	7	7					
	8	2	2	7	7					
12	2	2	2	7	7					
	4	2	2	7	7					
	6	2	2	7	7					
	8	2	2	7	7					
13	2	2	2	7	7					
	4	2	2	7	7					
	6	2	2	7	7					
	8	2	2	7	7					
14	2	2	2	7/		14	14			
	4	2	2			14	14			
	6	2	2			14	14			
	8	2	2			14	14			
15	2	3	3			14	14			
	4	3	3			14	14			
	6	3	3			14	14			
	8	3	3			14	14			
16	2	3	3			14	14			
	4	3	3			14	14			
	6	4	4			15	15			
	8	4	4			15	15			
17	2	4	4			15	15			
	4	4	4			15	15			
	6	4	4			15	15			
	8	4	4			15	15			
18	2	9	9			15	15			
	4	9	9			15	15			
	6	9	9			15	15	16	17	
	8	9	9			15	15	16	17	
19	2	9	9			15	15	16	17	
	4	9	9			15	15	16	17	
	6	9	9			15	15	16	17	
	8	9	9			15	15	16	17	
20	2	11	11			15	15	16	18	
	4	11	11			15	15	16	18	
	6	11	11			15	15	16	18	
	8	11	11			15	15	16	18	
21	2	11	11			15	15	8	8	
	4	11	11			15	15	8	8	
	6	11	11			15	15	8	8	
	8	11	11			15	15	8	8	
22	2	11 12	11 12			15	15	10	10	
	4	12	12			15	15	10	10	
	6	12	12			15	15	10	10	
	8	12	12			15	15	10	10	
23	2	13	13					10 19		
	4	13	13					19	19	
	6	13	13					19	19	
	8	13	13					19	19	
24	2	13/						19/		21
	4	20/								21
	6									21
	8									21
25	2	22	22							
	4	22	22							
	6	22	22							
	8	23	24							
26	2	24	24							
	4	24	24							
	6	24/								26/
	8									26
27	2									26
	4									26
	6									26
	8	27/								26/
28	2	27	27							
	4	27	27							
	6	27	27							
	8	27	27							
29	2	27	27							
	4	27	27							
	6	27	27							
	8	27	27							
30	2	27	27							
	4	27/								
	6									
	8									

Lead Time pretendido

Figura 65 – Exemplo da folha Excel usada para o processo de montagem

Tabela 28 - Afecção de recursos com base nos tempos de montagem actuais

Operação	Zona	Colaboradores
Nivelamento e graficos	(1; 2; 11; 12)	Equipa 1 (2 Colaboradores)
Montagem X1, X2, carruagens e graficos		
Montagem de esteiras porta-cabos XX		
Montagem de esteiras porta-cabos YY		
Montagem do portico		
Montagem caminho optico		
Montagem fonte laser		
Montagem do combi		
Arranque refrigeração		
Arranque eixos		
Ensaio shuttle table		
Afinação espelhos		
Expedição		
Montagem carris da mesa	(1; 2; 11; 12)	Equipa 2 (2 Colaboradores)
Montagem da movimentação da mesa		
Montagem sistema exaustão de fumos		
Montagem do pilar de comando	(1; 2; 11;12)	Equipa 3 (2 Colaboradores)
Montagem blindagens		
Electrificação de periféricos	(1; 2; 11; 12)	Equipa 4 (2 Colaboradores)
Electrificação motores		
Electrificação pilar comando		
Electrificação unidade hidraulica		
Electrificação shuttle		
Electrificação geral		
Pré-montagem da caixa Y	6 ; 8	1 Colaborador
Montagem dos espelhos		
Montagem placa gas, ar e água		
Pré-montagem das gavetas	4	1 Colaborador
Pré-montagem do pórtico		
Pré-montagem das mesas	5	1 Colaborador
Pré-montagem da shuttle		
Preparação de cabos	14	Equipa 5 (2 Colaboradores)
Preparação de quadros auxiliares		