

Implementação da linha de montagem do projecto AUDI – AU37X na Preh Portugal

Liliana Filipa Cardoso Ferreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professor Hermenegildo Pereira

Orientador na Preh Portugal: Engenheiro José Cavaleiro



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

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

2011-07-25

A Rubens Cardoso, meu avô

Resumo

As empresas, hoje em dia, vivem num ambiente de forte concorrência e crescente pressão por resultados positivos, racionalização de recursos e aprimoramento de competências. Desta forma, torna-se imperioso encontrar um caminho para a obtenção de competitividade, produtividade e qualidade.

Nesta perspectiva, surge a filosofia *Lean*, que engloba um conjunto de ferramentas e metodologias propensas a auxiliar a eliminação de actividades que geram custo e não agregam valor ao produto/serviço.

O resultado pretendido com a realização deste projecto foi a implementação no terreno, de uma linha de montagem suportada por esta filosofia, para que fosse possível elaborar um conjunto de acções que proporcionassem a estabilidade e o aumento da eficiência do processo e das operações.

A implementação das acções iniciou-se pela metodologia 5S's com ênfase na prevenção de defeitos e na padronização/revisão contínua das operações e o balanceamento da linha de produção foi de extrema importância para obter resultados positivos no decorrer do projecto.

Constatou-se como resultado da implementação do projecto uma redução no desperdício de produção, aumento da eficiência e produtividade, melhoria das condições de cada posto de trabalho e perspectivou-se a continuidade do seu desenvolvimento.

Implementation of the assembly line project AUDI – AU37X

Abstract

Companies today live in an environment of strong competition and growing pressure for positive results, rationalization of resources and improvement of skills. This way, it is imperative to find a way to achieve competitiveness, productivity and quality.

In this perspective, there is the Lean philosophy, which includes a set of tools and methodologies liable to assist the elimination of activities that generate cost and do not add value to the product/service.

The desired result with this project was the implementation on the ground of an assembly line supported by this philosophy, prepare a set of actions that would provide stability and increased process / operations efficiency.

The implementation of the actions has initiated by the 5S's methodology with an emphasis on defects prevention, standardization / continuous review of operations and line balancing production that were extremely important to achieve positive results during the project.

The results of this project implementation were a reduction in waste production, increased efficiency and productivity, improvement of each workstation and perspective to the continuity of this work.

Agradecimentos

Após um longo percurso académico até à conclusão deste trabalho, gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todos os que, directa ou indirectamente, me ajudaram a efectuá-lo, particularmente:

Ao Engenheiro José Cavaleiro, orientador da dissertação na Preh Portugal, pela acessibilidade e orientação ao longo do projecto.

Ao Engenheiro Hermenegildo Pereira, orientador da dissertação por parte da FEUP, pelas valiosas contribuições e conselhos na escrita desta dissertação.

Ao Engenheiro Filipe Arantes pela excelência dos conhecimentos transmitidos, pelo seu apoio e amizade.

A todos os colaboradores da Preh Portugal, em especial ao Departamento de Engenharia pelo apoio e integração, por tudo o que me ensinaram e ao Engenheiro Henrique Soares por ter tornado este projecto possível.

A todas as pessoas da FEUP em particular aos docentes do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial e a todos os meus colegas de curso pela amizade e companheirismo ao longo destes anos.

Aos meus pais, Paula e Filinto, meu irmão Rafael, meus avós maternos Rubens e Leopoldina e ao Tiago pelo amor, compreensão, conforto e incentivo em todos os momentos. Em especial, sou grata à minha mãe pela importante contribuição na organização desta dissertação, ao Tiago pelo auxílio prestado na concretização da dissertação e ao meu avô pela inspiração.

Obrigada ainda a todos aqueles, que apesar de não serem mencionados, me ajudaram e contribuíram na realização deste trabalho.

Índice de conteúdos

1	Introdução	2
1.1	Apresentação da Preh Portugal	2
1.2	A implementação da linha de montagem do projecto AU37X	3
1.3	Método seguido no projecto	3
1.4	Objectivos do projecto	3
1.5	Temas abordados e sua organização no presente relatório	4
2	Revisão bibliográfica	5
2.1	Introdução ao pensamento <i>Lean</i>	5
2.2	Os princípios do pensamento	7
2.3	Identificação do desperdício	8
2.4	Ferramentas e metodologias	10
2.4.1	Melhoria contínua	10
2.4.2	Metodologia 5S's	10
2.4.3	<i>Poka-Yoke</i>	12
2.4.4	<i>Standard Work</i>	12
2.4.5	<i>FMEA</i>	13
2.4.6	Outras ferramentas	14
3	Industrialização do produto (apresentação do problema)	15
3.1	Apresentação do projecto AU37X	15
3.2	Estudo e definição do <i>layout</i> da linha do projecto AU37X	16
3.3	Balanceamento da linha do projecto AU37X	18
3.4	Dimensionamento dos bordos de linha e do comboio logístico	21
4	Apresentação das acções desenvolvidas	26
4.1	Implementação da linha de montagem com a metodologia 5S's	26
4.1.1	Mecanismos <i>Poka-Yoke</i>	28
4.1.2	Padronização do trabalho	30
4.1.3	Gestão visual	32
4.1.4	Estudo dos modos de falha e seus efeitos – Metodologia <i>FMEA</i>	34
4.2	Análise dos tempos médios de ciclo – Optimizações	36
4.3	Sistema de transferência de peças – <i>Buffer</i> do <i>WIP</i>	40
5	Validação das soluções propostas	42
5.1	Análise dos resultados da implementação	42
5.2	Soluções de melhoria	43
5.3	Eficiência das soluções propostas	45
6	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	47
	Referências	49
ANEXO A:	Organigrama da Preh Portugal	50
ANEXO B:	Plano e Cronograma do projecto	51
ANEXO C:	<i>Layout</i> da linha de montagem e da linha de testes do projecto AU37X	57
ANEXO D:	Fluxogramas do processo de montagem AU37X	58
ANEXO E:	Caderno de encargos para a construção dos bordos de linha	62
ANEXO F:	Folha <i>Standard</i> para dimensionamento dos bordos de linha	64
ANEXO G:	Exemplo de uma instrução de trabalho	65
ANEXO H:	Exemplo de uma folha de trabalho padronizado	68

Índice de Figuras

Figura II.1: Edifício TPS.....	6
Figura II.2: Partes e etapas do ciclo <i>PDCA</i>	10
Figura II.3: Os benefícios da aplicação prática da ferramenta 5S's.....	11
Figura III.1.1: Esquema do protótipo do comando <i>climatronic</i> AU37X	15
Figura III.1.2: Protótipo do futuro Audi A3.....	15
Figura III.2.1: <i>Layout</i> da linha de montagem e da linha de testes do projecto AU37X.....	17
Figura III.2.2: <i>Gemba</i> antes da implementação da linha AU37X	17
Figura III.2.3: <i>Gemba</i> após implementação da linha AU37X	17
Figura III.3.1: Tempos de ciclo vs. <i>takt time</i> da linha de montagem AU37X.....	19
Figura III.3.2: Diagrama de precedências da linha de montagem do produto AU37X.....	20
Figura III.4.1: Fluxograma da montagem que ocorre no equipamento n.º 6.....	21
Figura III.4.2: Esquema da montagem que ocorre no equipamento n.º 6.....	21
Figura III.4.3: Desenho 3D do bordo de linha n.º 6	22
Figura III.4.4: Fotografia do bordo de linha n.º 6 inserido na linha de montagem.....	22
Figura III.4.5: Desenho 3D do bordo de linha n.º 11	22
Figura III.4.6: Fotografia dos bordos de linha do dispositivo n.º 1	22
Figura III.4.7: Desenho ilustrativo do uso da mão direita	23
Figura III.4.8: Fotografia do comboio logístico (<i>mizusumashi</i>)	24
Figura III.4.9: Etiqueta representativa de um <i>Kanban</i>	25
Figura IV.1.1: Aparafusadora eléctrica na estação de <i>rework</i>	26
Figura IV.1.2: Simbologia de segurança	26
Figura IV.1.3: Exemplo de uma lista de confirmação de limpeza.....	27
Figura IV.1.1.1: Mecanismo <i>Poka-Yoke</i> no dispositivo n.º 5.....	28
Figura IV.1.1.2: Esquema da montagem realizada no posto de trabalho n.º 1	29
Figura IV.1.1.3: Componente sem um <i>design</i> antierro	29
Figura IV.1.1.4: Componente com <i>design</i> antierro	29
Figura IV.1.2.1: Exemplo de uma folha de trabalho padronizado.....	30
Figura IV.1.2.2: Exemplo de uma <i>Checklist</i>	31
Figura IV.1.3.1: Exemplo de recipientes etiquetados	32
Figura IV.1.3.2: Exemplo de um bordo de linha etiquetado	32
Figura IV.1.3.3: Exemplo do controlo visual disponibilizado num dispositivo da linha de montagem	33
Figura IV.1.3.4: Luzes <i>Andon</i>	33
Figura IV.1.3.5: Quadro informativo	34
Figura IV.1.4.1: Esquema ilustrativo do processo de montagem realizado no posto de trabalho n.º 3.....	36
Figura IV.1.4.2: Esquema ilustrativo da acção tomada na análise do <i>FMEA</i>	36
Figura IV.2.1: Optimização efectuada no dispositivo n.º 5.....	37
Figura IV.2.2: Optimização efectuada no dispositivo n.º 9	38
Figura IV.2.3: Evolução do mecanismo desenvolvido para a optimização da operação n.º 3.....	38
Figura IV.2.4: Optimização efectuada no dispositivo n.º 3.....	39
Figura IV.2.5: Optimização efectuada na mesa de trabalho do dispositivo n.º 8	39
Figura IV.3.1: Exemplo de <i>buffer</i> criado no bordo de linha n.º 4	40
Figura IV.3.2: Exemplo de <i>buffer</i> criado no bordo de linha n.º 8	41
Figura IV.3.3: Carro que transporta o material da linha de montagem para a linha de testes	41
Figura V.2.1: Alteração proposta nos bordos de linha n.º 1 e n.º 9	43
Figura V.2.2: Proposta de optimização no dispositivo n.º 2	44
Figura V.2.3: Proposta de optimização no bordo de linha n.º 11.1	45
Figura V.3: Tempos de ciclo vs. <i>takt time</i> propostos para a linha de montagem AU37X	45

Índice de Tabelas

Tabela III.3.1: Dados de planeamento	18
Tabela III.3.2: Duração e precedências de cada operação necessária à montagem do produto	19
Tabela III.3.3: Aplicação do método heurístico “tempo de operação mais longo”	20
Tabela III.4.1: Medidas <i>standard</i> para a construção dos bordos de linha.....	23
Tabela III.4.2: Representação da folha <i>standard</i> da Preh (bordo de linha)	24
Tabela III.4.3: Representação da folha <i>standard</i> da Preh (comboio logístico)	25
Tabela IV.1.4.1: Representação do <i>FMEA</i> do processo do projecto AU37X.....	35
Tabela IV.2.1: Tempos medidos na fase inicial de implementação	37
Tabela V.1: Tempos medidos após implementação	42
Tabela V.3: Comparação dos tempos de ciclo antes e depois do balanceamento	46

1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se a Empresa onde decorreu o projecto, o seu enquadramento e etapas. É descrito o método seguido no projecto, os principais objectivos e a descrição da organização da Dissertação desenvolvida a partir do projecto.

1.1 Apresentação da Preh Portugal

O Grupo Preh já conta com mais de oito décadas, sendo que foi fundado em Bad Neustadt, Alemanha, no ano 1919. É um consórcio internacional que envolve cerca de 2470 pessoas distribuídas por países como Alemanha, França, Portugal, Roménia, México, China e Estados Unidos. Desenvolveu o “*Preh-Funk*”, um dos primeiros receptores de rádio em todo o mundo. Actualmente a empresa tem como seu principal núcleo de negócios a indústria automóvel, cliente de soluções incorporando sistemas electrónicos e electromecânicos.

A Preh em Portugal nasceu em 1969 e foi a primeira fábrica de Electromecânica criada fora Alemanha, sendo então uma imposição de proximidade para fornecer a *Grundig* sediada em Braga. Actualmente conta com 580 colaboradores, distribuídos por nove departamentos, e foi no de Engenharia que decorreu este projecto. A Preh Portugal é uma empresa certificada, sendo de salientar que foi das primeiras empresas a nível europeu a adquirir o certificado *Sony Greenpartner*. A filosofia *Lean* tem vindo a ser implementada na empresa, o que contribui, de facto, para a sistemática eliminação do desperdício e criação de valor, de que beneficiam todos os que, directa ou indirectamente, se servem dos seus produtos inovadores e serviços de excelência.

Um compromisso permanente da Gerência é a permanente melhoria contínua da eficácia do Sistema de Gestão da Qualidade

- Clientes satisfeitos
- Produtos e serviços melhores que os concorrentes
- Colaboradores flexíveis e motivados
- Integração com harmonia na sociedade e no ambiente
- Sócios satisfeitos
- Fornecedores integrados,

e do Sistema de Gestão do Ambiente

- Prevenção da poluição
- Comunicação
- Responsabilidade ambiental,

assumindo a Gestão pela Qualidade Total e daí resultante o zero-defeitos para os produtos e serviços.

As exigências do sistema requerem que:

- Todas as operações da área do negócio automóvel cumpram os procedimentos da Norma ISO TS 16949:2009.
- Todas as operações da área do negócio de Electrónica cumpram os procedimentos da Norma ISSO 9001:2008.

1.2 A implementação da linha de montagem do projecto AU37X

O propósito condutor deste projecto, materializado através de todas as actividades desenvolvidas, foi a implementação no terreno de uma linha de montagem para um novo projecto do cliente AUDI, o AU37X, com a aplicação de metodologias e ferramentas *Lean* de combate ao desperdício¹.

Neste contexto o projecto contemplou as seguintes etapas:

- Análise do planeamento já realizado pelo engenheiro responsável da linha, com o objectivo de ajudar a compreender e propor melhorias durante a implementação.
- Elaboração de documentação processo/produto após estudo do fluxo do material e de informação na Empresa, necessária à montagem do produto AU37X e posterior entrega ao cliente.
- Implementação, com a metodologia 5S's, da nova linha de montagem na empresa, analisando todos os equipamentos bem como os tempos e métodos de cada posto de trabalho.
- Desenvolvimento de acções de correcção (propostas de melhoria) e posterior avaliação quanto à sua viabilidade e impacto.
- Identificação de indicadores que permitiram suportar matematicamente o trabalho desenvolvido.
- Formação específica de operadores na linha de montagem, com ênfase na normalização das tarefas e na utilização da técnica *Poka-Yoke*, para que qualquer operador que vier a operar na linha de montagem possa realizar o trabalho com rigor e eficazmente.

1.3 Método seguido no projecto

Com o objectivo de conseguir uma boa familiarização com o produto, foi necessário recorrer a vários tipos de análise e observação com o intuito de fundamentar, sólida e estruturadamente, este trabalho. Para este desenvolvimento, utilizou-se a seguinte metodologia:

- Planeamento do processo Standard Preh
- Cálculo da eficiência do planeamento
- Análise de tempos e métodos
- Ciclo *PDCA*
- Bibliografia.

1.4 Objectivos do projecto

Implementar, através de métodos seleccionados ou recomendados pela Empresa, uma linha produtiva específica na Preh Portugal para criar valor a todos os seus *stakeholders* com custos controlados pela eliminação do desperdício. O projecto constituirá uma oportunidade para a aluna que desta forma pode adequar os conhecimentos académicos à realidade da indústria percebendo como se planeia e implementa de raiz uma linha de montagem e ter acesso à aplicação de novos conceitos e ideias que permitam uma nova e diferente abordagem produtiva e a realização de tarefas do projecto com alguma autonomia.

¹ O plano e cronograma do projecto encontram-se no anexo B.

1.5 Temas abordados e sua organização no presente relatório

Este capítulo é uma introdução ao trabalho efectuado, que descreve o seu contexto, relevância e objectivo. Apresentam-se as fases envolvidas e a metodologia aplicada.

No segundo capítulo é exposta a revisão bibliográfica, que sustenta conceitualmente o conhecimento adquirido por meio deste projecto e permite o entendimento do resultado do trabalho desenvolvido.

O terceiro capítulo retrata a análise que inicialmente se realizou para compreender todo o planeamento do processo e as primeiras actividades desenvolvidas nesse contexto para preparar a implementação da linha de produção.

O quarto capítulo apresenta as acções que foram desenvolvidas e implementadas durante o projecto que possibilitaram ganhos produtivos imediatos.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos com as acções referidas no capítulo anterior e apresentam-se as soluções que permitem atender às necessidades da empresa.

O capítulo final relata as conclusões do trabalho e aponta oportunidades de melhoramento futuro.

Por fim, são citadas as referências utilizadas para a elaboração desta Dissertação.

2 Revisão bibliográfica

Para o desenvolvimento do projecto recorreu-se a literatura relevante do pensamento *Lean* e suas metodologias.

2.1 Introdução ao pensamento *Lean*

Num mundo cada vez mais global e competitivo, tornou-se crucial orientar os esforços das empresas para o aumento da qualidade e para a redução dos custos. Tendo estes dois factores como objectivo, o conceito *Lean manufacturing* surge pela primeira vez em 1990, quando Womack, Jones e Roos publicaram o livro *The Machine That Changed The World* que, descrevendo os conceitos e métodos de trabalho aplicados no sistema de produção Toyota (TPS, *Toyota Production System*), fundamentaram este novo sistema produtivo através de um estudo comparativo, realizado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology), onde se mostra a superioridade dos métodos japoneses nas principais dimensões dos negócios (manufatura, desenvolvimento de produtos e relacionamento com clientes e fornecedores).

O nascimento do TPS surge com o fim da II Guerra Mundial, em 1945, quando a Toyota retomou os seus planos de alcançar a indústria automobilística norte-americana, muito desenvolvida através de Henry Ford, que fora o pioneiro da produção em massa, alterou os paradigmas de produção manual para a produção em série, reduzindo o desperdício na montagem. Mais tarde foi considerado como o primeiro pensador *Lean*, na medida em que já identificava o processo de criação de valor em fluxo.

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), Eiji Toyoda e o seu principal engenheiro de produção, Taiichi Ohno, ao visitarem as fábricas Ford, nos anos 50, perceberam que seria difícil implementar no Japão a filosofia observada. Segundo Liker (2004), o que mais os havia impressionado tinha sido a grande quantidade de *stocks* intermédios (*i.e.*, *WIP*, *Work In Process*) que ocupando espaços na fábrica, resultado da produção de lotes de grande dimensão. Entenderam que isto acontecia para compensar os elevados tempos de mudança (*setup*) e outros custos fixos.

Com esta constatação a *Toyota Motors Corporation (TMC)* percebeu que, trabalhando com lotes pequenos conseguiria reduzir tempos e custos na produção dos veículos e assim competir com marcas há muito estabelecidas no mercado. Em vez de utilizar grandes lotes que resultavam em *lead time* e custos de aprovisionamento e transformação maiores, optou por reduzir as quantidades que fluíam pela fábrica e, para que isso acontecesse, orientou a sua atenção para os factores que levaram os norte-americanos a aumentar os seus lotes. Ao proceder desta forma descobriu que os tempos de *setup*, as avarias, os transportes, os defeitos, os atrasos e os erros de planeamento baseado em previsões de consumo para produtos acabados eram os factores que mais contribuíam para aumentar o lote de produção e, consequentemente, o custo dos seus produtos (Pinto, 2009).

Em 1955, a *TMC* contratou Shingeo Shingo para desenvolver metodologias de redução drástica dos tempos de *setup* para flexibilizar a produção disponibilizando maior variedade de produtos com *lead time* e custos minimizados (Strategos, 2001). A partir daí, o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas em cada etapa do processo produtivo. Outros métodos foram surgindo ao longo do tempo com o intuito de flexibilizar a linha de produção da Toyota; no entanto, o centro do sucesso do TPS foi Taiichi Ohno, com a sua grande capacidade de aprendizagem, liderança e dinâmica de mudança.

Em 1973, ano em que o aumento vertiginoso do preço do barril de petróleo afectou profundamente toda a economia mundial, a Toyota alcançou o reconhecimento mundial escapando praticamente

ileza ao efeito da crise, deixando claro que havia algo de especial na qualidade e na eficiência japonesa. No início da década de 90 ficou evidente que algo diferenciava a Toyota quando comparada com os outros fabricantes mundiais, não pelo *design* ou desempenho dos carros, mas sim pelo modo como concebia e fabricava os seus veículos evidenciando uma inacreditável consistência nos processos e fiabilidade nos produtos (Liker, 2004).

Em 2007 a *TMC* tornou-se o maior fabricante da indústria automóvel, acumulando vitórias ao longo destas décadas e apresentando as vantagens e benefícios do sistema que desenvolveu através da utilização de equipas multifuncionais, com elevada qualificação a todos os níveis da organização e uma infra-estrutura altamente flexível assegurando a produção de grande variedade e volume de produtos em compromisso de prazo com os clientes.

Como referido anteriormente, o TPS, nos anos de 1990's, passou a ser designado como *Lean Manufacturing* ou *Lean Production* por implementar uma diversidade de métodos em comparação com a produção em massa, metade do espaço físico, metade do esforço humano, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo para desenvolver um novo produto. E a ideia que está subjacente a este sistema passa pela manutenção de um fluxo contínuo de produtos que facilmente se possa adaptar a alterações da procura. Este sistema assenta em dois pilares fundamentais: *Just-in-time* e *Jidoka*. Estes alicerces podem ser visualizados no edifício TPS, que consta na figura II.1, desenvolvido por Taiichi Ohno e Shingeo Shingo, com a finalidade de explicar a evolução e a estabilidade do sistema aos seus colaboradores.

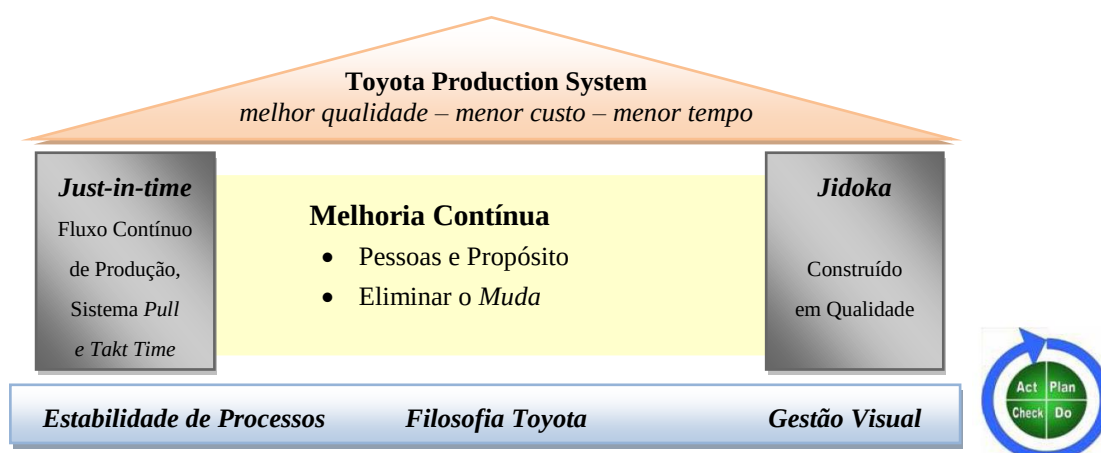


Figura II.1 – Edifício TPS

Fonte: Adaptado de João Paulo Pinto, 2009

A filosofia TPS é a fundação a partir da qual todo o sistema é estruturado, pois assenta em princípios e valores imutáveis, que nascem da recusa em aceitar o desperdício (*Muda*, em japonês) e da promoção do “respeito pelas pessoas”. A estabilidade é igualmente essencial, uma vez que apenas processos estáveis podem ser padronizados para garantir uma produção livre de defeitos (pilar *Jidoka*), na quantidade e no momento certo (pilar *Just-in-time*). A Gestão visual é um dos conceitos mais relevantes no controlo de processos, pois permite ao sistema comunicar com os trabalhadores e gestores, melhorando a capacidade de detecção de problemas e sua correcção antes de se interromper o fluxo. Promove a eficiência e a eficácia das operações ao tornar as coisas visíveis, lógicas e intuitivas, sendo que, ao nível do *Gemba*, os sinais visuais podem aparecer em diferentes formas, como cartões *Kanban*, sombras das ferramentas num quadro, marcas pintadas no chão ou paredes, fardas diferentes, semáforos ou LEDs, etc. A metodologia PDCA – *plan, do, check, act* (planear, fazer, controlar e agir), centrada na resolução de problemas, identificação da causa e procura da melhor solução.

Just-in-time (JIT) define-se como um sistema de gestão de operações de suporte à filosofia *Lean*, no qual a produção e movimentação de materiais ocorrem à medida que estes são necessários – produto certo, no momento certo, nas quantidades certas e no local combinado. Esta técnica, que leva à melhoria permanente, recorre à dinâmica do *Pull*, ao *Kanban*, para controlar e disciplinar o fluxo de materiais, pessoas e informação, a sistemas de armazenamento e abastecimento dinâmicos (comboio logístico, supermercados e bordos de linha) e ao nivelamento da produção.

Para se atingir 100% de qualidade, é necessário evitar os defeitos na origem e não entregar um produto defeituoso ao processo seguinte, pois “se desperdiçarmos tempo a procurar defeitos e a resolvê-los, o custo para a empresa será elevado; e se não tivermos um bom controlo dos nossos processos, a empresa pode não conseguir manter a sua posição no mercado” (Suzaki, 2010). Assim, com a finalidade de tornar os problemas visíveis, surge o termo *Jidoka*, ou, como é vulgarmente traduzido do japonês para o português, “automação com rosto humano”. *Jidoka* é um sistema que transfere inteligência humana para máquinas automáticas, para que estas sejam capazes de detectar o processamento de qualquer peça defeituosa e pararem de imediato a produção accionando um alarme e não permitindo que estas transitem dos postos de trabalho ou máquinas onde estão a ser produzidas (Pinto, 2009).

2.2 Os princípios do pensamento

O conceito do pensamento *Lean* foi divulgado por Womack e Jones (1996) para se referirem à evolução do *TPS* e aos conceitos de gestão de cadeia de fornecimento (*SCM*, *Supply Chain Management*) e centralização no cliente (*customer service*), desenvolvidos na década de 90 e referidos anteriormente, demonstrando que esta filosofia e as metodologias associadas tinham extrapolado a indústria automóvel.

No livro *Lean Thinking*, Womack e Jones identificaram cinco princípios básicos do pensamento *Lean*: i) criar valor, ii) definir a cadeia de valor, iii) otimizar fluxos, iv) implementar o sistema *pull* e v) melhoria contínua. No entanto, a Comunidade *Lean Thinking* (CLT, 2008) sugere a adição de outros princípios, que seguidamente se descrevem.

- **Conhecer quem servimos.** Se uma organização se concentrar apenas nas necessidades do cliente, negligenciando as demais partes envolvidas, inclusive o ambiente, não se pode augurar um futuro próspero.
- **Definir os valores.** A existência de uma organização é baseada na criação de valor para a satisfação de todas as pessoas que, directa ou indirectamente, se servem dos seus produtos ou serviços. Deste modo, podem ser identificadas actividades que acrescentam valor e actividades elimináveis, por serem consideradas formas de desperdício. Assim, a vantagem competitiva das organizações pode medir-se pelo valor que criam e por aquilo que pedem em troca.
- **Definir as cadeias de valor.** A organização tem de definir para cada um dos seus *stakeholders* as respectivas cadeias de valor (*value stream*). A cadeia de valor garante que toda a actividade de negócio, desde a criação do produto até à venda final, acrescenta valor ao produto e, consequentemente, ao consumidor. Esta deve ser mapeada de modo a identificar todo o fluxo de actividades. As actividades devem ser devidamente especificadas relativamente ao conteúdo, sequência, tempos e resultados.
- **Otimizar o fluxo.** Os produtos ou serviços devem fluir continuamente, através de actividades simples e directas, que procurem sincronizar todos os meios envolvidos na criação de valor. Este princípio implica suprimir os *stocks* entre cada etapa do processo e as esperas para a execução de tarefas, o que permite à empresa atender às necessidades dos

clientes quase instantaneamente. Para Liker (2004), deve acompanhar-se o processo de trabalho no local onde ele é realizado, fazer perguntas e anotar respostas, para ser possível compreender bem a natureza e a extensão do fluxo, colectando dados significativos para melhorar a operação.

- **Sistema Pull.** É um dos princípios fundamentais do *JIT*, pois permite que seja o cliente e outros *stakeholders* a “puxar” a produção, ou seja, todo e qualquer processo só é activado quando o processo a jusante o permite. Assim evita-se a acumulação de *stocks* e garante-se a entrega do produto e/ou serviço ao cliente na quantidade e altura certa. Em oposição a este sistema temos o tradicional *push*, que assenta no conceito *Just-In-Case (JIC)*, ao “empurrar” produtos ou serviços para os clientes na expectativa de, mais cedo ou mais tarde, a procura acontecer, o que resulta num aumento de *stocks*, custos e tempo. O sistema *pull* puro já demonstrou não ter resposta para todos os desafios, daí a necessidade de outras alternativas serem avaliadas (Pinto, 2009).
- **A procura pela perfeição.** Pressupõe que o processo de redução de tempo, esforço, espaço, custos e erros seja contínuo e infinito, uma vez que as necessidades e expectativas das diferentes partes interessadas se encontram em constante evolução. Os esforços da empresa centram-se em processos transparentes, dos quais qualquer membro da cadeia tenha um conhecimento profundo e global, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de valor. Será esta predisposição de insatisfação constante que permitirá o sucesso da implementação da filosofia *Lean*.
- **Inovar sempre.** Após a fase inicial da eliminação do desperdício é crucial inovar para criar novos produtos, serviços e processos, para a constante criação de valor.

2.3 Identificação do desperdício

Fujio Cho (presidente da Toyota e “discípulo” de Ohno) define desperdício como “tudo o que está para além da mínima quantidade de equipamento, materiais, peças, espaço e mão-de-obra estritamente essencial para acrescentar valor ao produto” (Suzaki, 2010). Existem diversas técnicas e ferramentas para identificar o desperdício. Destas destacam-se: os três MUs (*Muda*, desperdício, ou seja, actividade que não acrescenta valor e consome recursos; *Muri*, inconsistência ou variação; *Mura*, instabilidade, problema), os 5M+Q+S (*Men*, *Machines*, *Materials*, *Management*, *Method*, *Quality* e *Safety*, que são as áreas onde estes podem ocorrer), o fluxo de operações e os 7W (sete desperdícios, *seven wastes*, que de acordo com Ohno, são responsáveis por 95% do total de custos dos ambientes *non-Lean*). A seguir mostra-se os 7W caracterizados dentro do *TPS*:

1. **Sobreprodução.** Produzir em excesso conduz a uma filosofia *JIC*, antagónica à dos princípios *JIT*. Gera consequências graves para a empresa, uma vez que aumenta o nível de *stocks*, elimina a flexibilidade no planeamento produtivo, cria a necessidade de antecipar as compras e ocupar recursos desnecessários para sustentar a produção, sem que isso represente retorno financeiro, etc. É considerado pela Toyota um dos piores desperdícios, pois cria dificuldades que muitas vezes ocultam problemas mais graves, embora quando o mercado se encontra em ascensão este desperdício possa não ser relevante. É possível suprimi-lo, definindo que máquinas e operários utilizar em pleno para cumprir as exigências do mercado e assegurar que se produz apenas a quantidade necessária e no momento necessário.
2. **Espera.** Representa períodos de inactividade de pessoas ou máquinas devido a problemas a jusante, motivados por atrasos nos transportes, *layouts* problemáticos, diferença de

operadores na cadência de trabalho, máquinas paradas, lotes de produção de grande dimensão, falta de informação, etc. Contrariamente à sobreprodução, este desperdício é fácil de identificar, embora nem sempre aos operários seja permitido permanecer parados quando terminam de produzir a quantidade necessária de trabalho, ocupando as máquinas com a sobreprodução de artigos. Desse modo, os supervisores têm mais dificuldade em avaliar a situação, para sua posterior correcção.

3. **Transporte.** Refere-se à deslocação ou transferência de materiais de um local para outro, como no caso *WIP*. Embora esta fonte de desperdício na maioria das vezes seja de difícil eliminação, devido à necessidade de deslocação dos materiais durante o processo produtivo, deve ser reduzida ao mínimo, visto contribuir significativamente para o uso indevido do espaço na fábrica e para o aumento do tempo de fabrico, além de possivelmente originar danos nos materiais/produtos. Assim, para reduzir a frequência e a distância entre cada deslocação, deve-se corrigir *layouts*, rever o planeamento da produção e optar por transportes mais céleres, pequenos e modulares.
4. **Processo.** Diz respeito à complexidade desnecessária ou à ineficiência de alguns processos de produção, que conduzem a um aumento na taxa de defeituosos. A falta de formação dos colaboradores e/ou a falta de uniformização dos processos, conduzem à afectação indevida de recursos, manuseamento incorrecto de ferramentas, entre outros. Embora em todas as etapas se gerem perdas, estas devem ser reduzidas ao mínimo, através da análise e automatização dos processos e formação de colaboradores.
5. **Stock.** O excesso de *stock* aumenta o custo do produto, pois implica mais espaço em armazém, manuseamento, juros, pessoas, aumento de burocracia, etc. De facto, níveis de *stocks* acima das necessidades resultam de tempos de *setup* longos, da existência de *bottlenecks* na produção, problemas da qualidade, dessincronização dos processos ou da adopção do sistema *JIC*, etc. Portanto, é necessário prestar atenção aos problemas que estão associados ao *stock*, para posteriormente se proceder à sua redução. Suzuki (2010) refere-se a este desperdício como a “raiz de todos os problemas”.
6. **Movimento.** Reflete as movimentações que não são necessárias na execução das actividades de um processo, que, por isso, não acrescem valor. A falta de formação dos operadores e a pouca enfatização, por parte da organização, de aspectos relacionados com o estudo do trabalho podem originar esta forma de desperdício. Um *layout* mal concebido do ponto de vista ergonómico e funcional e/ou a instabilidade nas operações podem levar um operador a manter-se ocupado durante horas, sem que isso signifique um acréscimo ao valor do produto. Pinto (2009) menciona que “o trabalho é o movimento que se faz para criar valor ao produto ou ao serviço”.
7. **Defeitos.** Os problemas de qualidade ou da não conformidade dos produtos, para além de criarem incertezas no processo, influenciam a capacidade de produção, podendo mesmo limitá-la. A estes estão associados custos de materiais consumidos, mão-de-obra utilizada que não é recuperável, mão-de-obra novamente requisitada para retocar, reparar, refazer e inspeccionar, e de recursos para responder a potenciais reclamações dos clientes. É possível a redução dos defeitos através de um processo contínuo de melhoria com envolvimento das equipas de trabalho, dispositivos antierro e controlo esquematizado.

Em 1996, Womack e Jones identificaram um oitavo desperdício que designaram por subutilização de operadores, ou seja, não usar as suas ideias e criatividade. Isto pode ser considerado como um desperdício de capacidades, tempo e aprendizagem, uma vez que, sendo estes que melhor conhecem os processos, são os que mais podem acrescentar valor.

2.4 Ferramentas e metodologias

A produção *Lean* é um sistema de gestão de produção, qualidade, logística e fornecedores orientada para a mudança de paradigmas. Para a realização deste trabalho, além de se rever os conceitos desenvolvidos anteriormente, estudaram-se algumas ferramentas e metodologias da filosofia *Lean* no âmbito deste projecto, nomeadamente: Melhoria Contínua, *Poka-Yoke*, a prática dos 5S's, o *Standard Work* e o *FMEA*.

2.4.1 Melhoria contínua

A melhoria contínua (em japonês, *Kaizen*, que literalmente significa “mudar para melhor”) assegura a qualidade superior de produtos e serviços, proporcionando resultados significativos ao longo do tempo, uma vez que as melhorias são pequenas e incrementais.

Cada pequeno incremento dado no sentido da melhoria contínua é apoiado num ciclo de melhoria contínua (ciclo *PDCA*, ver figura II.2). O ciclo *PDCA* é frequentemente conhecido como o ciclo de Deming, pois foi a partir dos anos 50, pela mão de W. Edwards Deming, que começou a ser popularizado. A sua simplicidade é tão grande que não requer qualquer grau académico, contudo a sua aplicação prática é bastante reduzida, resultado talvez de falta de disciplina ou método (Pinto, 2009). O ciclo é apresentado sob a forma de um círculo e trata-se de uma sequência que deve ser repetida continuamente até que a perfeição seja alcançada.

4.º Ajustar

5. Se as contramedidas forem eficazes: uniformizar;
6. Partilhar e registar as lições aprendidas;
7. Se as contramedidas não forem eficazes: recomençar do *Plan*.

3.º Verificar

8. Comparar os resultados com o planeado;
9. Determinar os desvios e perceber a sua origem;
10. Procurar perceber o que correu bem e mal;
11. Enfrentar os factos;

1.º Planear

1. Definir objectivamente o problema;
2. Definir o *background* e o contexto para que todos possam ter uma base de entendimento comum;
3. Realizar a análise 5W para identificar as causas;
4. Realizar *brainstorming* de contramedidas e criar hipóteses para as testar;

2.º Fazer

5. Aplicar o método científico para testar as hipóteses;
6. Em vez de esperar pela solução perfeita, avançar com pequenas iniciativas que resultem em *quick-wins*;
7. Reunir factos baseados na observação directa;



Figura II.2 – Partes e etapas do ciclo *PDCA*

Fonte: Adaptado de João Paulo Pinto, 2009

O *Kaizen*, baseando-se na criatividade dos colaboradores para melhorar a prática dos seus processos de trabalho, dispõe de soluções baratas para a eliminação de desperdícios. Para isso, deve encorajar-se activamente as pessoas a cometerem erros, para que cada um perceba as suas causas, incentivar e recompensar as pessoas que identifiquem os problemas e os solucionem, e deve promover-se o *empowerment* proactivo, *i.e.*, pedir às pessoas que identifiquem formas de fazer ainda melhor, levando-as à insatisfação constante.

2.4.2 Metodologia 5S's

A Metodologia 5S's é uma prática de qualidade idealizada no Japão no pós-guerra e os industriais japoneses costumam dizer que qualquer acção *JIT* deve começar com pelo

menos dois anos de campanha 5S's (Courtois, 2007). O seu nome corresponde às iniciais de cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke*. Centra-se na organização do local de trabalho e na padronização dos processos de trabalho de maneira a torná-los efectivos. Cada uma das fases representa uma etapa na implementação da metodologia:

1. **Seiri** (seleccionar). Manter no local de trabalho unicamente aquilo que é necessário e adequado às actividades e ao ambiente. Os itens considerados desnecessários devem ser marcados com uma etiqueta vermelha e colocados na zona de quarentena. Posteriormente serão analisados e será definido o seu destino final. Ter somente o que é útil e na quantidade correcta, ajuda a lutar contra o hábito de guardar tudo, na esperança de se usar um dia e a melhorar significativamente a procura de ferramentas ou materiais.
2. **Seiton** (arrumar). Dispor ferramentas, materiais ou documentos (ajudas visuais), de modo a encontrar o que é necessário, no preciso momento e na quantidade certa, possibilita a eliminação de desperdícios e a redução do risco de acidentes.
3. **Seiso** (limpar). Manter o local de trabalho limpo, identificar as fontes de sujidade e fazer o reconhecimento dos pontos difíceis de limpar, segregando os materiais danificados e encontrando soluções para eliminar as causas. Um posto de trabalho limpo confere segurança, que se traduz em qualidade, possibilita maior produtividade e garante uma menor exposição ao erro e acidente.
4. **Seiketsu** (padronizar). As situações mais adequadas devem ser padronizadas, para manter os ganhos e as melhorias alcançadas durante a aplicação dos três primeiros S's e distinguir à vista desarmada se há algum desvio ou funcionamento irregular. O propósito deste S é descobrir funcionamentos defeituosos por simples observação directa.
5. **Shitsuke** (disciplinar). Converter em rotina, numa parte integrante dos nossos afazeres, as melhorias alcançadas com os quatro S's anteriores. Este quinto S, sendo o melhor exemplo de compromisso com a melhoria contínua e por isso o de maior dificuldade de implementação e alcance, tem como objectivo institucionalizar e manter bons hábitos.

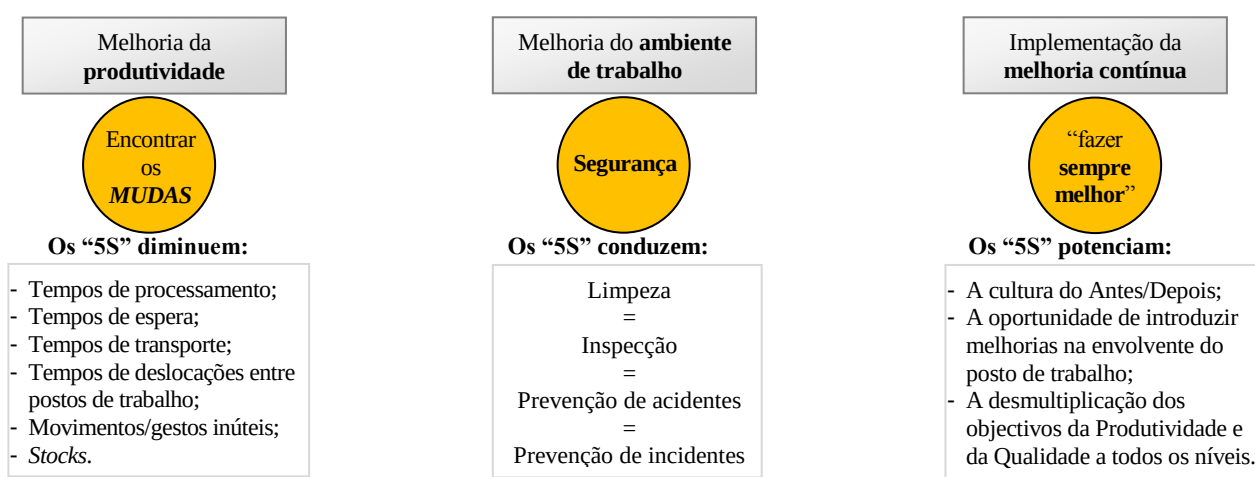


Figura II.3 – Os benefícios da aplicação prática da ferramenta 5S's

As valências desta ferramenta são amplamente reconhecidas e podem ser visualizadas, de uma forma resumida, na figura II.3. Esta técnica de reeducação é sustentada pela facilidade de utilização e ganhos garantidos e é um enorme contributo para a implementação do controlo visual (Pinto, 2009). De referir que, embora alguns autores considerem outros termos para a tradução dos 5S's, decidiu-se que esta seria a terminologia mais indicada.

2.4.3 *Poka-Yoke*

Segundo Liker (2004), é fundamental praticar o *empowerment*, isto é, investir de poder os funcionários, para que estes possam sinalizar e parar a linha de produção quando se detecta um problema, evitando que o problema se mantenha no processo seguinte. Para isso, deve criar-se uma cultura de fazer certo à primeira, onde a ideia central é trazer os problemas para a superfície, tornando-os visíveis e possível a sua correcção imediata. Então para se obter qualidade na fonte, tendo presente que os defeitos são resultados dos erros, deve usar-se ao máximo os *Poka-Yoke*, embora o autor defenda que o ponto mais importante para evitar que defeitos sejam construídos no processo seja tornar os operadores conscientes do seu poder de controlo da qualidade.

Poka-Yoke é uma palavra japonesa que significa “sistema à prova de erros” e é um método que previne/impede, por exemplo, erros humanos devido a distrações, falhas operacionais devido à falta de conhecimentos do operador no desempenho de determinada tarefa, entre outros. Assim, e de acordo com Shigeo Shingo, que introduziu o conceito de *Poka-Yoke* em 1961, os erros ocasionais podem justificar avisos, mas, no entanto, os erros frequentes ou aqueles com grandes consequências negativas devem ser colmatados com este método. Shingo afirma ainda que a inspecção é o objectivo e que o *Poka-Yoke* é apenas um dos métodos possíveis de prevenção de erros, não apenas pela colocação de sistemas de alerta para problemas, mas também pela criação de produtos com *design* antierro.

Segundo Pinto (2009), este sistema inclui métodos de prevenção e métodos de aviso. Os métodos de prevenção podem ser classificados em três tipos:

- **Controlo:** é desenvolvida uma acção que autocorrigue o problema.
- **Paragem:** é projectado um sistema que pára o processo na presença de um erro ou quando condições de erro surgem.
- **Factores humanos:** recorre-se a cores, formas, símbolos, tamanhos, sons e *checklists* para simplificar os processos e evitar a ocorrência ou propagação de erros.

Os métodos de aviso não controlam erros, mas enviam um sinal ao operador quando detectam um problema ou condições que levarão ao erro.

Os *Poka-Yoke* podem ser mecanismos eléctricos, mecânicos, humanos, visuais, procedimentais, ou outros que previnam a execução incorrecta de uma dada tarefa durante o processo e devem ser desenvolvidos não só pelos operários do chão da fábrica, mas também por engenheiros de desenvolvimento de produto. Podem ser aplicados na melhoria e/ou desenvolvimento de produtos, serviços e processos em todos os tipos de organizações, e até mesmo em produtos de uso do quotidiano (por exemplo, as entradas periféricas dos computadores).

Em suma, a ferramenta *Poka-Yoke*, para além de ajudar os operários a trabalhar mais facilmente, possibilita a interrupção de um processo sempre que não se detecte um erro e ele aconteça, com o objectivo de restaurar o processo de produção da forma mais rápida e eficaz possível.

2.4.4 *Standard Work*

O trabalho padronizado ou *Standard Work* (SW) é um conceito fundamental da filosofia *Lean*, na medida em que é responsável pela uniformização dos processos, o que possibilita um fluxo contínuo de produção.

Este conceito foi inicialmente desenvolvido por Ford, quando estabeleceu que o operador deveria ser apenas o apoio da máquina, não valorizando a liberdade e a criatividade destes. Actualmente,

o conceito conhece uma abordagem diferente, ainda que com muitas das características desenvolvidas por Ford.

Ao uniformizar processos, materiais e equipamentos, reduzem-se desvios (variação ou oscilação), garante-se a consistência das operações, produtos e serviços e aumenta-se a previsibilidade dos processos. Esta uniformização passa pela documentação dos modos operatórios, para garantir que todos seguem a mesma sequência e utilizam do mesmo modo as mesmas ferramentas. Pinto (2009) identifica os três elementos principais do SW:

- **Tempo de ciclo** – expressa a frequência com que uma peça deve sair da linha, ou, por outras palavras, é o intervalo de tempo entre a conclusão de dois produtos.
- **Sequência de produção** – conjunto de operações executadas pelo operário, segundo uma ordem predefinida, que permite a repetição do ciclo de forma consistente ao longo do tempo. Assim evita-se que o operador execute aleatoriamente as suas tarefas, reduzindo flutuações no tempo de ciclo de um produto.
- **Nível WIP** – quantidade mínima de peças em circulação que garante o fluxo constante de produção, quando o processo está a decorrer sem nenhuma variabilidade.

Segundo Liker (2004), para se atingir os padrões de trabalho desejados, deve-se:

- ✓ Padronizar o trabalho de uma forma clara e suficientemente específica para se obter guias úteis do processo. Porém, à medida que a procura do mercado se altera, as operações na fábrica também precisam ser alteradas. Por esse motivo, os SW(s) também devem ser flexíveis, necessitando ser revistos periodicamente.
- ✓ Permitir que a melhoria dos padrões de trabalho seja efectuada pelos operadores, pois, sendo estes que executam as tarefas, detêm o conhecimento detalhado das mesmas.

Suzaki (2010) define ainda o seguinte ciclo de melhoria, para os SW(s):

1. Estudo da operação actual e procedimentos de SW.
- ➔ 2. Identificação de áreas problemáticas.
3. Resolução de problemas e desenvolvimento de métodos melhorados.
4. Implementação dos novos métodos.
5. Se os novos métodos forem adequados, desenvolvimento de novo SW.

O SW é uma ferramenta de informação que pode ser utilizada para futuras actividades *kaizen*. Pressupõe o envolvimento de operários e supervisores no seu desenvolvimento, de forma a simplificar e melhorar a documentação existente. Desta forma consegue-se operários polivalentes e o cumprimento dos requisitos de segurança, qualidade, custo e entrega. Portanto, pode concluir-se que sem esta uniformização o potencial de melhoria fica limitado.

2.4.5 FMEA

A análise de modos de falha e seus efeitos (*FMEA, Failure Mode and Effect Analysis*) é uma metodologia orientada para a identificação, avaliação e monitorização dos modos potenciais como um produto, processo ou serviço pode falhar. É uma técnica de prevenção, uma vez que faculta orientações para a eliminação ou redução dos efeitos associados às falhas durante a concepção/desenvolvimento e a industrialização de um novo projecto, o que aumenta a sua fiabilidade. Assim, através de uma intervenção multidisciplinar e em equipa, baseada na partilha de conhecimentos, é possível reduzir-se os custos de correcções futuras e definir prioridades para as acções que devem ser implementadas (Pereira, 2011). Segundo Pinto (2009), esta metodologia baseia-se nos seguintes passos:

1. Para cada entrada do processo definir de que modo o processo pode falhar – estes são os modos de falha (MF).

2. Identificar os efeitos possíveis das falhas.
3. Identificar as potenciais causas de cada MF.
4. Listar os controlos actuais para cada causa identificada.
5. Atribuir graus de severidade (S, grau de gravidade para cada um dos efeitos), ocorrência (O, grau de ocorrência para a frequência de cada causa) e detecção (D, grau de detecção para a capacidade dos controlos actuais detectarem a causa e/ou modo de falha).
6. Calcular o número de prioridade de risco (NPR, *number of priority risk*). Cálculo efectuado com os resultados da avaliação efectuada anteriormente: $NPR = S \times O \times D$.
7. Desenvolver acções para reduzir os NPR mais elevados.
8. Implementar as acções apropriadas e documentar os resultados.
9. Voltar a calcular o NPR e iniciar as intervenções para os valores mais elevados.

2.4.6 Outras ferramentas

De seguida serão introduzidos outros conceitos relacionados com o *Lean*, que, embora não tenham influenciado directamente o trabalho desenvolvido, se considera importante rever.

Value Stream Mapping (VSM): é uma técnica que faz a análise de toda a cadeia de valor. Todas as actividades presentes, quer acrescentem valor ou não, são reproduzidas graficamente, o que proporciona uma visão global de toda a cadeia e a visualização dos respectivos *muda*. O VSM considera tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informação e inclui o mapeamento físico do “estado actual – *as-is*” –, enquanto foca o estado pretendido ou “estado futuro – *to-be*” –, que representa as melhorias a fazer para permitir a implementação *Lean*.

Heijunka: palavra japonesa para “programação nivelada”. O sistema *heijunka* consegue produzir peça a peça (princípio “*one-piece flow*”) de acordo com um tempo padrão predefinido e na quantidade certa, o que implica a distribuição e uniformização das várias tarefas pelos postos de trabalho, de forma a ser atingido um ritmo de operação semelhante em todos eles.

Total Productive Maintenance (TPM): refere-se à manutenção periódica dos equipamentos, com o objectivo de maximizar os resultados da produção mantendo as condições de operação ideais. Indicadores-chave como o OEE (*Overall Equipment Efficiency*) tiveram a sua origem no TPM.

Total Quality Management (TQM): é uma filosofia de gestão integrada com um conjunto de práticas que enfatiza a melhoria contínua e a qualidade na fonte, atendendo às necessidades dos clientes, aumentando o envolvimento dos trabalhadores e o trabalho em equipa.

Single Minute Exchange of Die (SMED): ferramenta orientada para a redução dos desperdícios associados ao processo produtivo, sobretudo o tempo de paragem dos *setups* e/ou ajustes. O propósito é tornar os processos flexíveis e reduzir o tamanho dos lotes de fabrico.

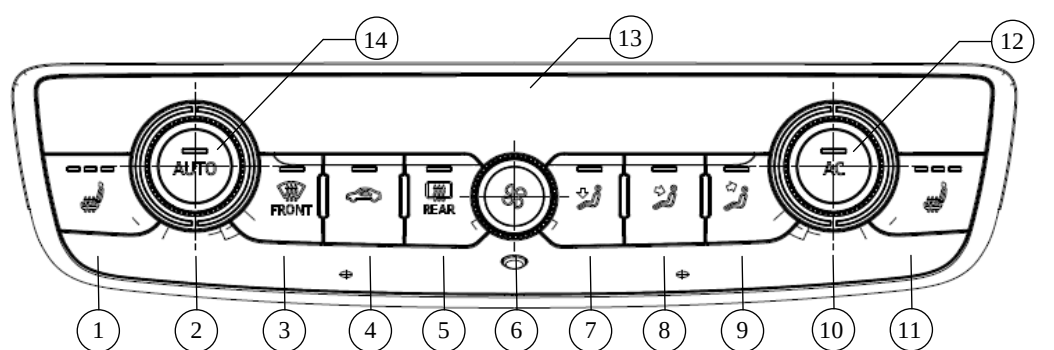
Five Whys (5W): é uma ferramenta de melhoria contínua que ajuda a encontrar a causa-raiz de um problema.

3 Industrialização do produto (apresentação do problema)

Este capítulo apresenta a análise inicial para compreender o planeamento deste projecto, uma breve descrição do produto com definição e caracterização do *layout* da linha de montagem e o diagnóstico dos pontos susceptíveis de melhoria e inclui o estudo da eficácia do planeamento terminando com o dimensionamento para a construção dos bordos de linha.

3.1 Apresentação do projecto AU37X

O produto designado por AU37X é um comando de climatização. Este comando será incorporado no próximo Audi A3 e actualmente possui duas versões. A versão mais completa é caracterizada pela possibilidade extra de aquecer electricamente os assentos e os encostos dos bancos dianteiros. Para compreender melhor do que se trata este trabalho, na figura III.1.1 está esquematizado o protótipo deste comando.



- | | |
|--|--|
| 1. Aquecimento do banco do condutor; | 8. Saída do ar orientada para o tórax; |
| 2. Regulador rotativo para ajustar a temperatura interior – lado esquerdo. | 9. Saída do ar orientada para a zona da cabeça; |
| 3. Função de desembaciamento do pára-brisas; | 10. Regulador rotativo para ajustar a temperatura interior – lado direito |
| 4. Recirculação manual do ar; | 11. Aquecimento do banco do passageiro da frente; |
| 5. Função de desembaciamento do vidro traseiro; | 12. Botão para ligar o ar condicionado; |
| 6. Selector da velocidade do ventilador; | 13. LCD do comando de climatização; |
| 7. Saída do ar orientada para a zona dos pés; | 14. Botão que regula automaticamente o ventilador, a temperatura e a distribuição do ar. |

Figura III.1.1 – Esquema do protótipo do comando *climatronic* AU37X*

*devido a regras de confidencialidade não é possível mostrar o desenho explodido do produto

Na figura III.1.2 é possível visualizar o protótipo do futuro A3, onde o comando de clima anteriormente apresentado será incorporado.



Figura III.1.2 – Protótipo do futuro Audi A3

Fonte: www.km77.com

3.2 Estudo e definição do *layout* da linha do projecto AU37X

É um *layout* feito à imagem do produto com o objectivo de maximizar a utilização de recursos na montagem e testes finais sem descuidar os factores ergonómicos e de segurança. Um *layout* eficaz proporcionará à organização uma vantagem competitiva que sustentará a sua posição no mercado.

Os equipamentos dos processos são dispostos rigorosamente de acordo com a sequência de montagem e testes do produto, o que minimiza *setups*, tempos em movimentos não produtivos (duplo ou triplo manuseamento de materiais) e transportes, evitando a acumulação de *WIP* e possibilitando a simplificação e balanceamento das operações. É possível o fluxo contínuo (*one-piece flow*) no processamento dos componentes com uma velocidade determinada pelas necessidades do cliente que deve evitar atrasos e esperas.

Para melhor compreender o referido anteriormente na figura III.2.1 encontra-se representado o *layout* final da linha do projecto AU37X², sendo possível verificar que:

- O produto percorre as linhas, visitando cada posto sequencialmente num sentido de produção anti-horário, porque, por norma, os operadores disponíveis têm mais facilidade no uso da mão direita;
- Os equipamentos e dispositivos encontram-se próximos e dispostos em forma de “U” reduzindo-se a distância e o tempo de deslocação dos operadores, promovendo-se o trabalho em equipa e minimizando a ocupação de espaço. Por exemplo, quando a linha estiver a produzir numa quantidade mínima, com um número reduzido de operadores polivalentes, o *layout* em forma de “U” para além de apresentar as vantagens enunciadas facilitará a deslocação rápida dos operadores para intervirem em mais do que um posto;
- A linha AU37X *climatronic* é composta por uma linha de montagem e uma linha de testes, e cada uma possui 12 postos. A linha de montagem é uma sequência de tarefas realizadas, essencialmente, por recursos humanos, enquanto a linha de testes é uma sequência de tarefas de inspecção realizadas, essencialmente, por equipamento específico e automatizado;
- Cada dispositivo da linha de montagem dispõe de bordos de linha próprios, com recipientes onde são colocados os materiais necessários à realização de cada tarefa, acessíveis aos operadores com o mínimo de movimentação;
- Na linha de montagem existem dois sistemas de transporte que permitem a transferência de peças, entre os postos 5-7 e 7-9. Como os postos 6 e 8 são independentes (não têm actividades antecessoras), o transportador permite eliminar tempos improdutivos;
- Existem duas estações para *rework* (A – análise, e Q – qualidade) próximas da linha de montagem, equipadas com ferramentas auxiliares.

² O *layout* final da linha AU37X *climatronic* encontra-se legendado no anexo C.

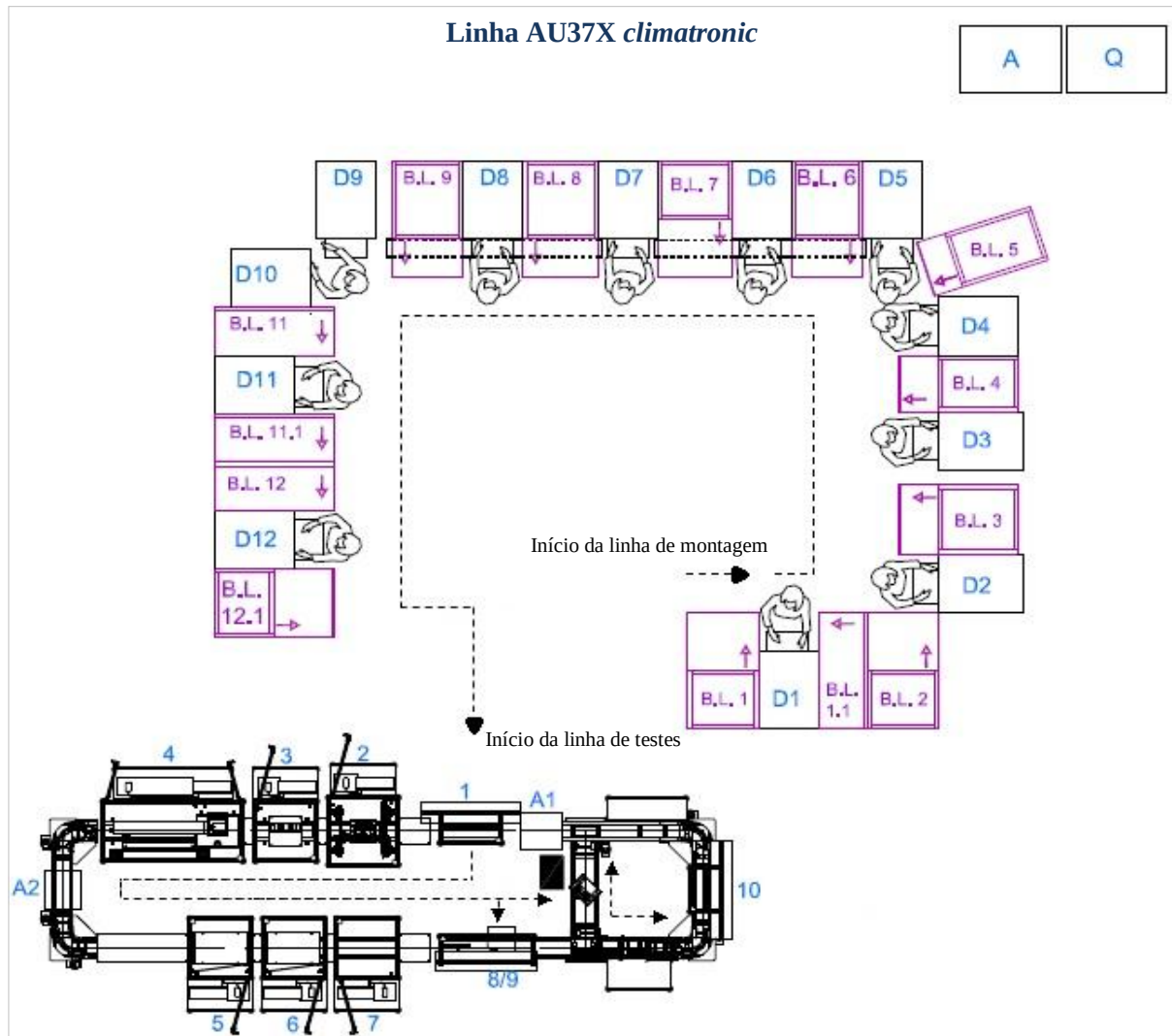


Figura III.2.1 – Layout da linha de montagem e da linha de testes do projecto AU37X

É importante referir que o *layout* que inicialmente se encontrava planeado foi modificado no decorrer do trabalho, devido a alterações efectuadas nos bordos de linha, que serão enunciadas posteriormente no capítulo 4.2. Nas duas figuras seguintes, é possível observar o chão da fábrica (*shop floor* ou *Gemba*) antes e depois da linha ser implementada na empresa, o que também ocorreu durante a realização deste trabalho.



Figura III.2.2 – Gemba antes da implementação da linha AU37X



Figura III.2.3 – Gemba após implementação da linha AU37X

3.3 Balanceamento da linha do projecto AU37X

A linha de montagem é um conjunto de postos de trabalho (PT) cuja posição é fixa e cuja sequência é imposta pela lógica das sucessivas operações a realizar e descritas na gama operatória. Um PT pode ser constituído por um ou mais operadores que realizam uma ou um subconjunto de tarefas com ou sem o auxílio de máquinas, e uma tarefa é a mais pequena unidade de trabalho produtivo, *i.e.*, uma actividade que acrescenta valor.

Quando se planeia a montagem de um novo produto identificam-se e estudam-se todas as operações necessárias, estimando-se a sua duração. Assim, tendo em conta as relações de precedência entre todas as operações, torna-se possível proceder ao chamado balanceamento da linha que se vai construir para fabricar aquele produto. No balanceamento distribui-se, de modo uniforme, a carga das várias operações pelos vários PT's, para assegurar uma utilização eficiente do tempo dos operadores e das máquinas e minimizar o tempo em vazio.

Identificam-se todos os factores e dados do planeamento que influenciam o *takt time* (termo que em alemão significa compasso musical), o qual corresponde ao ritmo de produção necessário para responder à procura, para se construir a tabela seguinte e efectuar o cálculo:

Tabela III.3.1 – Dados de planeamento

1 - Número máximo de turnos por dia	3
2 - Necessidades do cliente por ano (unidades)	350.000
3 - Tempo disponível por turno (minutos)	480
4 - Número de dias por ano	250
5 - Paragens (minutos/turno)	20
6 - Limpeza (minutos/turno)	10

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Necessidades\ do\ mercado} = \frac{3 \times (480 - 20 - 10) \times 60}{\frac{350000}{250}} = \frac{3 \times 450 \times 60\ [s / dia]}{1400\ [unid / dia]} = 58\ s / unid$$

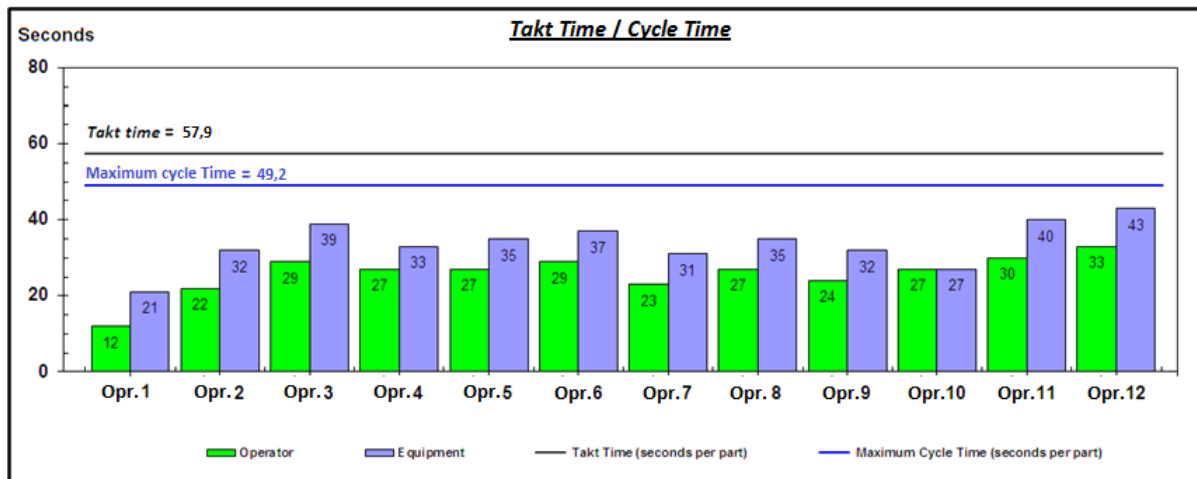
Sendo que o tempo de ciclo (TC) corresponde ao intervalo de tempo entre duas peças sucessivas, como visto no capítulo 2.4, é necessário considerar que cada PT possui tempos de operação diferentes, e que, portanto, o TC é definido pela estação (ou operação) mais lenta (*bottleneck* do processo). O *bottleneck* define então a capacidade do processo que se traduz numa limitação para o *takt time*.

Embora o *takt time* possa ser definido como o TC variável, calculado em função da procura, em momento algum ele poderá ser superior ao *takt time*, para que não haja atrasos nas entregas, mas não deverá ser inferior para que não haja desperdício de tempo no processo. Então, para sintonizar o TC com o *takt time*, as operações deverão ser balanceadas, tendo em conta o intervalo de tempo definido pelo TC.

Na Preh estima-se um factor para a eficiência da linha no valor de 85%, em que 10% são perdas por disponibilidade (*setup's* + avarias) e 5% perdas de qualidade (produto segregado). Assim o tempo de ciclo não deverá exceder os 49 segundos por unidade.

$$TC_{max} = 58 \times 85 = 49s / unid$$

A montagem do produto requer 12 operações. Na figura III.3.1 identificam-se os tempos médios de cada operação em relação ao *takt time*.

Figura III.3.1 – Tempos de ciclo vs. *takt time* da linha de montagem AU37X

A partir do tempo de ciclo, determinou-se o número mínimo de PT(s) ou operadores que, teoricamente seriam necessários para atingir a produção (número teórico, N). Para isso, foi necessário contabilizar o tempo total (estimado) da sequência (desde que entra até que sai). Sendo T_i o tempo em cada operação, temos:

$$N = \frac{\sum T_i}{TC} = \frac{12 + 22 + 29 + 27 + 27 + 29 + 23 + 27 + 24 + 27 + 30 + 33}{49,2} = \frac{310,0}{49,2} = 6,3 = 7 \text{ PT's}$$

Em seguida, verificou-se se o número teórico de PT's seria suficiente para os requisitos de produção determinando o número real (NR) de PT(s) através do balanceamento da linha.

De notar que, embora os tempos gastos pelos operadores e pelas máquinas sejam diferentes, para este balanceamento apenas se considerou o tempo gasto pelo operador em cada operação já que o número de operadores se ajusta à procura (necessidades do cliente). No capítulo 4.2 apresenta-se o procedimento efectuado para equilibrar estes tempos.

Não existe nenhum método exacto para o cálculo do balanceamento de uma linha de produção. Na prática utilizam-se métodos heurísticos, entre os quais o do “tempo de operação mais longo” (LTT, *Longest-Task-Time rule*). Os tempos médios de cada operação e suas precedências são as seguintes:

Tabela III.3.2 – Duração e precedências de cada operação necessária à montagem do produto

Operações	Descrição	Duração [s]	Antecessor directo
1	Fixação termoplástica	12	-
2	Montagem das molas ressalto e dos rolamentos nos eixos dos botões <i>AUTO</i> e <i>AC</i> .	22	1
3	Montagem da mola ressalto e do rolamento no eixo do botão <i>Blower</i>	29	2
4	Montagem do suporte de teclas	27	3
5	Montagem dos condutores de luz das teclas	27	4
6	Montagem do <i>LCD</i> completo	29	-
7	Montagem do <i>LCD</i> completo na placa-base e dos condutores de luz dos botões <i>AUTO</i> e <i>AC</i>	23	5,6
8	Montagem das molas fixação e da electrónica na tampa	27	-

9	Montagem da blenda e do sensor <i>UIF</i> no conjunto tampa + placa-base	24	7,8
10	Aparafusamento automático da tampa	27	9
11	Montagem das teclas e do botão Blower	30	10
12	Montagem dos botões <i>AUTO</i> e <i>AC</i>	33	11

Desenhou-se o diagrama de precedências da sequência operatória:

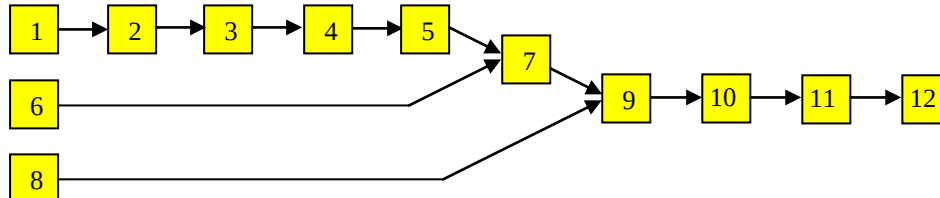


Figura III.3.2 – Diagrama de precedências da linha de montagem do produto AU37X

Observando a figura III.3.2 verifica-se que as estações 6 e 8 não têm operações precedentes, mas é importante salientar que como o *layout* já se encontrava planeado, de nada serve tratar estas operações como tal. Portanto, tendo em conta o que foi dito, aplicou-se a heurística LTT:

Tabela III.3.3 – Aplicação do método heurístico “tempo de operação mais longo”

<i>Work station</i>	Operação	Duração [s]	Folga [s]	Operações disponíveis
	-	-	-	1
1	1	12	37	2
	2	22	15	3
2	3	29	20	4
3	4	27	22	5
4	5	27	22	6
5	6	29	20	7
6	7	23	26	8
7	8	27	22	9
8	9	24	25	10
9	10	27	22	11
10	11	30	19	12
11	12	33	16	

Para esta alocação considerou-se que o tempo de cada estação deveria ser menor ou, no limite, igual ao TC_{max} . Uma vez determinada a solução, calculamos a eficiência do balanceamento (ε):

$$\varepsilon = \frac{\sum T_i}{NR \times TC} = \frac{310,0}{11 \times 49} = 57,5\%$$

Sendo que o conteúdo de trabalho é de 310 segundos, o tempo gasto com cada unidade é (T_g):

$$T_g = 11 \times 49 = 539 \text{ segundos}$$

Existe uma perda de tempo (folga, F) no valor de:

$$F = 539 - 310 = 229 \text{ segundos}$$

Uma vez que a menor folga é de 15 segundos, o valor do TC efectivo é de 34 segundos. Isso traduz-se numa eficiência de balanceamento de 83%. Como se trata de PT(s) fixos, melhorar esta eficiência será possível apenas com a implementação de melhores métodos de trabalho que permitam a redução significativa da duração das operações para o seu posterior agrupamento.

3.4 Dimensionamento dos bordos de linha e do comboio logístico

No bordo de linha (BL) encontram-se todos os materiais necessários ao processo de fabrico. Como se pode observar na figura III.2.1, cada PT tem o seu próprio BL de localização única e fixa.

Os materiais são fornecidos ao BL, em intervalos de tempo regulares, com o comboio logístico (*mizusumashi*) a seguir sempre a mesma rota. O *mizusumashi* é o meio de transporte usado para abastecer as áreas de produção e apenas o condutor (“operador logístico”) do comboio intervém no manuseamento de materiais.

Para o correcto dimensionamento de ambos, estudou-se pormenorizadamente cada tarefa realizada em cada PT, assim como cada componente necessário a essa realização. Para exemplificar este estudo recorreu-se ao BL n.º 6, sendo que o restante dimensionamento segue o mesmo raciocínio.

No PT n.º 6 realiza-se a montagem do LCD que integra o produto AU37X. No fluxograma da figura III.4.1 é possível perceber cada passo realizado para essa montagem e o esquema da figura III.4.2 funciona como que um complemento à compreensão fluxograma³.

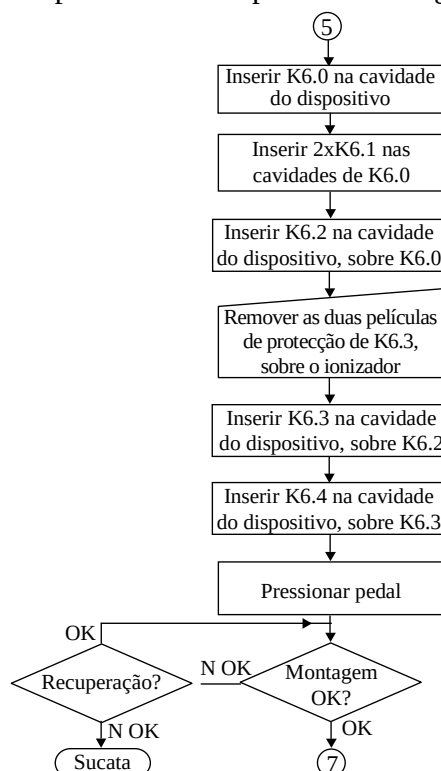


Figura III.4.1 – Fluxograma da montagem que ocorre no equipamento n.º 6

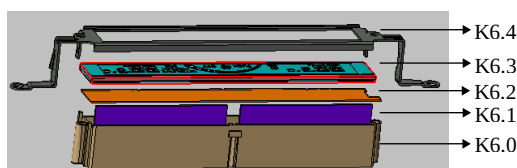


Figura III.4.2 – Esquema da montagem que ocorre no equipamento n.º 6

³ O fluxograma completo do processo encontra-se no anexo D.

O passo seguinte foi dimensionar o BL de modo a que todas as referências possuíssem um lugar único e fixo, tendo em conta as dimensões padrão das caixas ou contentores que as armazenam. Nas figuras III.4.3 e III.4.4 podemos ver, respectivamente, o seu desenho em 3D, que serviu para aprovar a sua concepção e o BL já construído e inserido na linha de montagem.

É possível visualizar algumas diferenças na forma como os contentores/caixas dos componentes se encontram dispostos. Embora isso tenha acontecido em mais do que um BL tal deveu-se ao facto de não haver um local livre junto ao PT para depositar as películas de protecção. Como remover estas películas é uma tarefa necessária atribuída a esse posto, optou-se por colocar no BL um contentor para as depositar, uma vez que este para além de flexível, possuía espaço livre. Numa fase mais avançada, constatou-se que esta tarefa era a mais minuciosa de todas. Como se pode observar na figura III.4.4 todo o material necessário a essa realização foi colocado próximo do braço direito do operador não se comprometendo o TC.

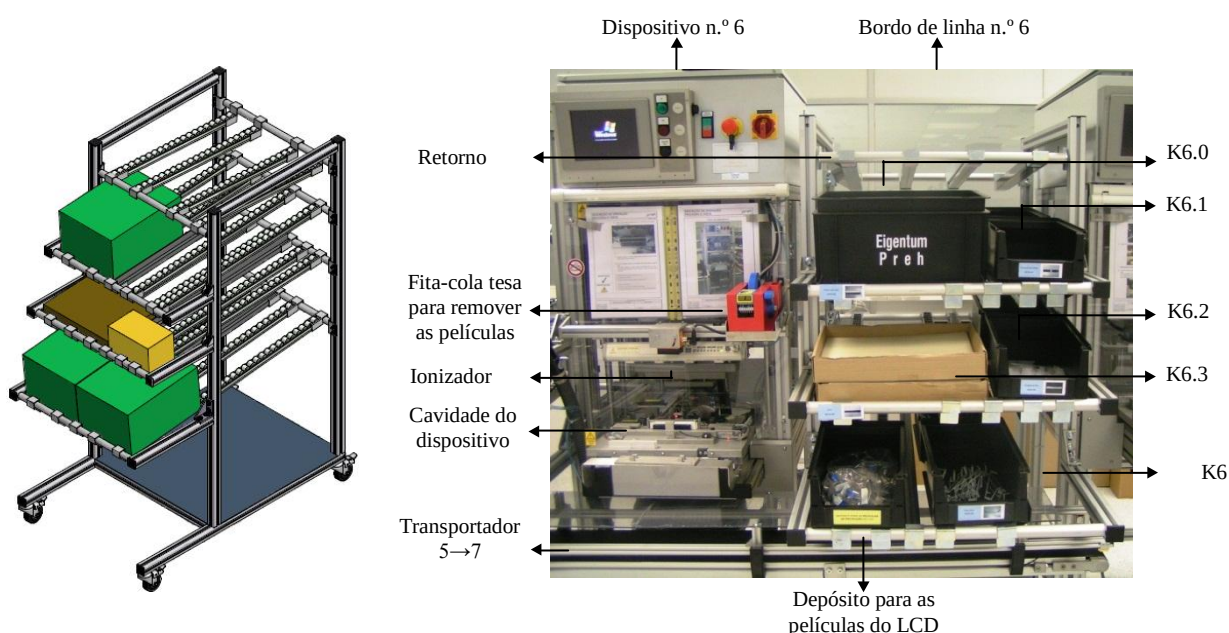


Figura III.4.3 – Desenho 3D do bordo de linha n.º 6

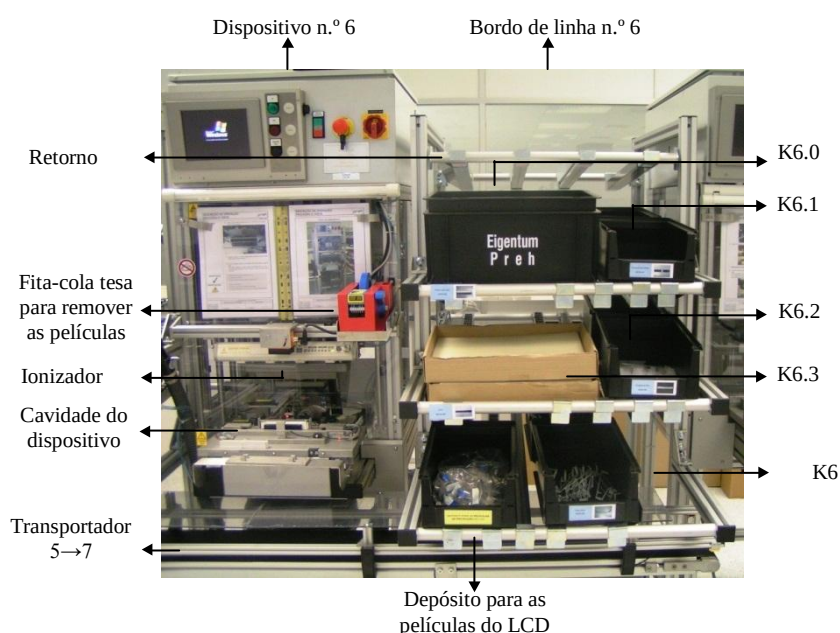


Figura III.4.4 – Fotografia do bordo de linha n.º 6 inserido na linha de montagem

Na linha de montagem existem dois tipos de BL. Este caso retrata um BL “linear”, mas os bordos de linha 1.1, 11, 11.1 e 12, são do tipo “L”, como podemos observar nas figuras III.4.5 e III.4.6. Esta diferença deve-se ao facto de alguns materiais chegarem ao BL em tabuleiros de pintura, provenientes do departamento de pintura da empresa.



Figura III.4.5 – Desenho 3D do bordo de linha n.º 11

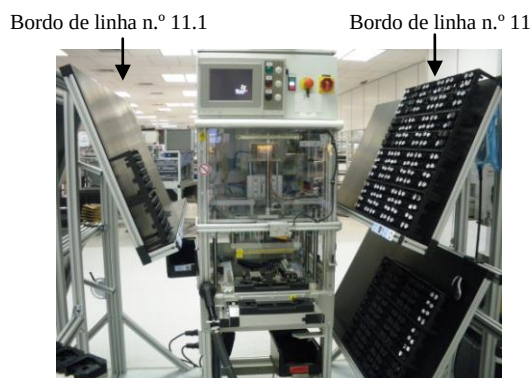


Figura III.4.6 – Fotografia dos bordos de linha n.ºs 11 e 11.1 inseridos na linha de montagem

Para a construção dos BL exigiu-se:

- ✓ Uma estrutura flexível e facilmente adaptável.
- ✓ Material ESD antiestático utilizado para reduzir ou mesmo anular danos em componentes electrónicos provocados por passagens de correntes eléctricas geradas por cargas estáticas.
- ✓ Um retorno próprio em cada BL, para que estes estejam aptos à mudança de contentores (facilita a troca de cheio para vazio), o que depende só do operador logístico.
- ✓ Uma zona própria de *picking* para simplificar operações e tempos de manuseamento de materiais.
- ✓ Medidas *standard* que podem ser visualizadas na tabela III.4.1.

Tabela III.4.1 – Medidas *standard* para a construção dos bordos de linha

MEDIDAS STANDARD PARA CONSTRUÇÃO DE BORDOS DE LINHA				
Tipo	Prateleira	Altura do chão à prateleira [mm]	Profundidade [mm]	Altura [mm]
Linear	Nível 1	750	1200	1700
	Nível 2	–	1100	
	Nível 3	–	1000	
“L”	1	–	1200	1700
	2	1700		

- Analisando a tabela, podemos constatar que a altura dos BL(s) foi uniformizada. O valor para a altura foi definido tendo em vista não exceder a altura, também *standard* dos dispositivos. É ainda importante explicar que, a medida designada por profundidade refere-se ao conjunto estrutura-base mais zona de *picking* e que embora a medida do conjunto esteja também normalizada a medida individual de cada parte é variável, uma vez que a zona de *picking* deve ser definida conforme o tipo de caixa existente e consoante a necessidade do PT. No entanto, a profundidade da estrutura-base não excede a profundidade dos equipamentos.

No anexo E encontra-se um caderno de encargos que foi desenvolvido e proposto à empresa para se usar em construções futuras de bordos de linha.

Cada BL está situado do lado direito do PT porque as operações mais complexas devem ser realizadas pela mão direita do operador. Quando os PT(s) possuem mais do que um BL próprio, como no exemplo da figura III.4.6, colocam-se os componentes que exigem um manuseio mais complexo ao alcance da mão direita do operador.

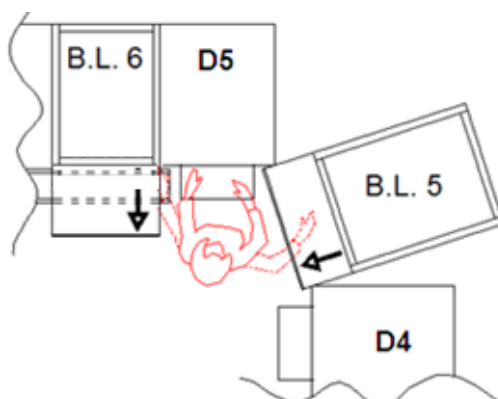


Figura III.4.7 – Desenho ilustrativo do uso da mão direita

Como se pode visualizar na figura III.4.7, a mão direita do operador retira do BL os componentes necessários e coloca-os no alojamento previsto no dispositivo para realizar a montagem. A mão esquerda do operador retira a peça finalizada e coloca-o no transportador que a leva até ao posto seguinte, o que claramente é uma actividade menos complexa.

Para estimar o intervalo de tempo necessário para a passagem do comboio logístico efectuaram-se alguns cálculos sendo necessário saber a quantidade de cada componente por contentor.

A folha *standard* da empresa, relativamente aos bordos de linha foi actualizada e pode ser visualizada no anexo F. Na tabela III.4.2 encontra-se representada parte dessa folha para o BL n.º 6, para ser possível prosseguir com a exemplificação do estudo.

Tabela III.4.2 – Representação da folha *standard* da Preh relativamente ao dimensionamento do bordo de linha n.º 6

Componente	Factor inc. (f)	Posição no PT			Tipo de BL		Caixa do componente			Localização do BL		
		Lado Esq.	Centro	Lado Dir.	Linear	“L”	Dimensão [mm]	Tipo	Quantidade por caixa (Q)	Estante	Nível	Posição
K6.0	1			X	X		400x300x205	Caixa ESD	200	6	1	1
K6.1	2			X	X		350x210x145	Caixa ESD	900	6	3	1
K6.2	1			X	X		350x210x145	Caixa ESD	900	6	3	2
K6.3	1			X	X		285x370x60	Blister	220	6	2	1
K6.4	1			X	X		350x210x145	Caixa ESD	100	6	2	2

Após a pesagem que definiu a quantidade de cada componente por caixa/contentor, calculou-se o número de peças a produzir na linha por hora (NP):

$$NP = \frac{350000}{\frac{250}{85\%}} = 1495 \text{ unidades / dia} \Rightarrow \frac{1645}{3 \times \frac{450}{60}} = 74 \text{ unidades / hora}$$

As deslocações do comboio logístico devem ser iniciadas em intervalos de tempo curtos e regulares (geralmente entre 20 a 60 minutos), para se ter uma quantidade reduzida de inventário no BL e minimizar os recursos envolvidos no transporte e movimentação de materiais. Assim, tendo em conta todas as referências necessárias na linha, definiu-se um intervalo para a passagem do comboio logístico que não comprometesse o processo com paragens por falta de material (*stockout*).

O *Mizumashi* é responsável por desempenhar as seguintes funções:

- Satisfazer os pedidos de recolha.
- Reunir no supermercado os materiais/componentes necessários indicados nos *Kanbans*.
- Recolher os contentores vazios existentes nos bordos de linha.
- Repor materiais e componentes no bordo de linha.



Figura III.4.8 – Fotografia do comboio logístico (*mizumashi*)

- O modelo de *Kanban* implementado é conhecido por sistema de duas caixas (*two bin*), ou sistema de *Kanban* fixos. Neste modelo, são colocados pelo menos dois contentores/caixas para cada material necessário no BL, tendo fixado em cada um deles um *Kanban* (na figura III.4.9 pode observar-se uma das etiquetas que se criou). O contentor/caixa (*Kanban* produção) é, portanto, recolhido pelo *Mizusumashi* quando fica vazio e devolvido ao BL preenchido com o mesmo material, na quantidade indicada na etiqueta.

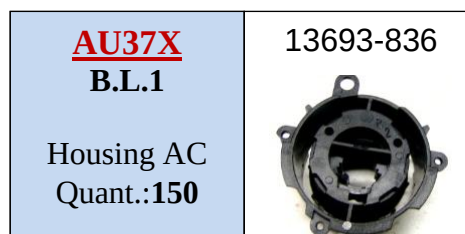


Figura III.4.9 – Etiqueta representativa de um *Kanban*

O ciclo do *Mizusumashi* foi definido com o tempo de 40 minutos (no capítulo 5.2, propõe-se uma optimização num bordo de linha para que este intervalo não comprometa o processo). Realizaram-se alguns cálculos na folha anteriormente representada (ver tabela III.4.3). É importante referir que esta folha de planeamento, sempre que se justifica, é actualizada para ser possível optimizar o circuito predefinido do *Mizusumashi* e para que o operador logístico satisfaça os pedidos de recolha.

Tabela III.4.3 – Representação da folha *standard* da Preh relativamente à passagem do comboio logístico para o bordo de linha n.º 6

Duração (D) do ciclo <i>Mizusumashi</i> [min]	40	Componente	Autonomia (A) [ciclos/caixa]	Rotação (R) de caixas [caixas/ciclo]	Número de caixas	Número total de caixas necessárias
		K6.0	4,1	0,2	2	3
		K6.1	9,2	0,1	2	3
		K6.2	18,4	0,1	2	3
		K6.3	2,2	0,4	2	3
		K6.4	2,0	0,5	2	3

- O número de ciclos do *Mizusumashi* por caixa é calculado da seguinte forma: $A = \frac{Q}{f \times NM}$,
onde NM representa o número de peças a abastecer durante o ciclo: $NM = \frac{NP}{D}$.
- O número de caixas consumidas em cada ciclo do *mizusumashi* é: $R = \frac{1}{A}$.
- O número de caixas na estante do BL é: $N = \frac{2}{A}$.
- O número total de caixas necessárias em todo o circuito corresponde às caixas que se encontram no BL e no comboio, correspondendo ao número de *kanbans* usado para sinalizar a produção. Este número autorizado de caixas determina a quantidade total de inventário autorizada em cada PT. É, portanto, obtido da seguinte forma: $N_i = 1 + N$

É importante referir que embora em muitos dos casos o número mínimo necessário de caixas no BL seja um, definiu-se que em cada BL deveriam estar pelo menos duas caixas.

4 Apresentação das acções desenvolvidas

Neste capítulo apresentam-se as acções que foram propostas e desenvolvidas durante a fase de implementação do processo de montagem, resultantes do plano de melhoria contínua.

4.1 Implementação da linha de montagem com a metodologia 5S's

Para implementar a linha de montagem com a metodologia 5S's, definiram-se objectivos tendo em conta as etapas descritas no capítulo 2.4.2.

Começou por seleccionar-se todos os materiais necessários em cada posto, onde se definiu um lugar próprio e único para cada um, tendo sempre em consideração a eliminação de potenciais espaços disponíveis que contribuíssem para a desorganização do posto. Tendo como base a ergonomia no local de trabalho, dimensionaram-se e construíram-se os BL(s) (enunciados no capítulo 3.4). Colocou-se em cada posto recipientes específicos, devidamente identificados, para arrumar o material não-conforme, as amostras de trabalho e, quando justificado, para depositar materiais a reciclar. Além disso, a todas as ferramentas que auxiliam a realização de tarefas, atribuiu-se um lugar próprio e de fácil acesso junto do local onde se realiza o trabalho. Por exemplo, na estação de *rework*, fixou-se a aparafusadora a um tensor na posição vertical de forma a minimizar o tempo para realizar esta operação (ver figura IV.1.1).



Figura IV.1.1 – Aparafusadora eléctrica na estação de *rework*

Posteriormente, dispôs-se de ajudas visuais para identificar devidamente todos os materiais, ferramentas e perigos eminentes. Na figura IV.1.2 pode visualizar-se alguma simbologia de segurança obrigatória nas máquinas fornecidas à Preh. A simbologia normalizada adapta-se ao tipo de trabalho efectuado pela máquina.



Figura IV.1.2 – Simbologia de segurança

Com esta selecção e organização pretende-se que os operadores apenas possuam o necessário em cada PT, removendo-lhes a possibilidade de colocarem junto à área de trabalho material desnecessário, por exemplo objectos de uso pessoal. Desta forma economiza-se tempo, reduz-se possíveis acidentes e obtém-se disciplina na produção.

Tendo em conta a limpeza do local de trabalho definiu-se que:

- Em equipamentos sem porta de operação, a zona de trabalho do operador teria de estar completamente vedada, para impedir a entrada de componentes soltos para o interior do dispositivo.
- Sempre que a cavidade do dispositivo fosse inferiormente fechada, teria de se colocar furos para facilitar a saída de resíduos e não reter depósito de lixo.
- Sempre que o ponto anterior não se possa realizar, deve considerar-se “ninhos” facilmente amovíveis para facilitar a limpeza.
- As protecções dos equipamentos teriam de ser transparentes para facilitar a inspecção visual do interior do equipamento. Os técnicos da manutenção possuindo uma vista global da máquina/estado dos sensores minimizam tempos em reparações.
- O equipamento tem um espaço para colocar o seu *kit* de limpeza constituído por um aspirador pneumático com ponteira tipo “vassoura”.
- A área de trabalho do dispositivo deve estar iluminada com uma lâmpada fluorescente.
- É obrigatório a existência de portas de manutenção laterais, com fecho de segurança, para permitir efectuar a limpeza no interior do dispositivo.
- Os operadores de linha têm que usar luvas limpas e ter como prioridade a limpeza no seu posto.

Desta forma, pretende reduzir-se possíveis riscos de avarias nas máquinas, percentagens mais baixas de defeitos e uma rápida exposição das áreas problemáticas. Para um maior controlo, construíram-se listas para confirmação da limpeza dos sacos de aspiração de cada PT (ver figura IV.1.3).

AUTO CONTROLO LISTA DE CONFIRMAÇÃO DE LIMPEZA:								
LINHA DE MONTAGEM:		AU37X						
REFERENCIAS:								
OPERAÇÃO:		Todas						
DESCRIÇÃO:		Limpeza dos sacos de aspiração						
CICLO DE REGISTO:		Todas as segundas-feiras de dois em dois meses						
REFERENTE À IT:		2525						
+ PONTOS DE CONTROLO								
Data	Número de controlo	Janeiro	Março	Maio	Julho	Setembro	Novembro	Acções

Figura IV.1.3 – Exemplo de uma lista de confirmação de limpeza

Com a padronização do trabalho pretendeu-se estabelecer a forma indicada de operar em cada PT. Esta etapa (desenvolvida no capítulo 4.1.2) revelou ser uma das mais importantes, uma vez que solicitou o estudo da combinação mais eficiente entre o operador, a máquina e os materiais, para que se crie etapas bem definidas num processo repetitivo e simplificado.

O uso da disciplina apenas poderá ser efectuado na fase de formação dos operadores, o que até à data da escrita desta dissertação não foi possível (ao consultar o anexo B encontra-se a data específica para esta formação).

4.1.1 Mecanismos *Poka-Yoke*

Com o objectivo de prevenir a ocorrência de erros e, consequentemente, o seu desenvolvimento aplicou-se em todos os dispositivos e componentes, mecanismos *Poka-Yoke* definidos durante a realização do *FMEA* do processo. Desta forma, ao mínimo erro que o sistema detecte, seja ele humano ou mecânico, reage parando de imediato a produção até que o problema seja rectificado. Assim, prevenindo falhas na produção, induz-se uma contínua melhoria dos processos, em busca de um sistema, teoricamente, sem erros.

Cada dispositivo foi ajustado e testado individualmente, pois se estes se encontrarem com as correctas especificações para o desempenho das suas funções, contribuem eficazmente para o sucesso deste processo. Também cada tarefa foi minuciosamente estudada, com a finalidade de definir as possibilidades de ocorrência de erros durante a sua execução. Definiu-se que no início de cada turno a primeira operação a realizar seria o teste ao dispositivo (*setup*). Para isso, em cada PT, colocou-se ao dispor do operário uma amostra conforme e outra não-conforme. Teve-se em atenção que a amostra defeituosa deveria “obrigar” o teste total do dispositivo (câmeras, sensores, potenciómetros, etc.) e definiu-se que o *software* da máquina não deveria permitir iniciar o trabalho em série sem validar as referidas amostras de trabalho.

Na figura IV.1.1.1 pode observar-se o *desktop* de um dispositivo. O erro evidenciado no ecrã mostra ao operador que algo não está de acordo com as especificações do produto e pára de imediato o processo. Após o operador confirmar o erro, mostra o que deve fazer para prosseguir com o trabalho. Desta forma, além de se evitar a propagação do erro, minimiza-se tempos improdutivos à procura de informação.

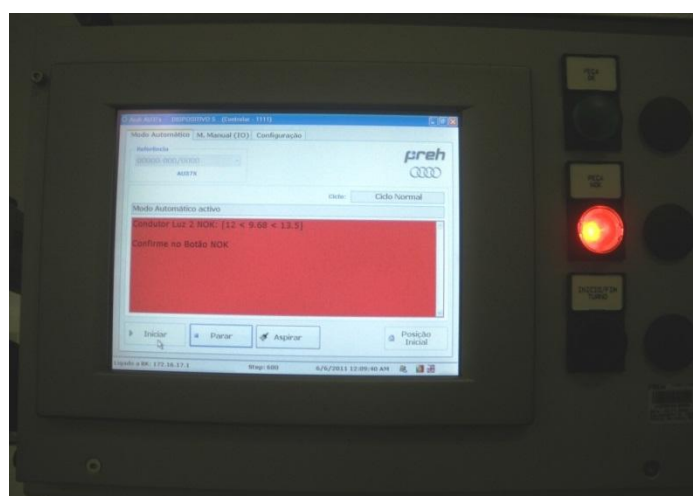


Figura IV.1.1.1 – Mecanismo *Poka-Yoke* no dispositivo n.º 5

Ao analisar as operações em cada PT, constatou-se que certos componentes do produto não possuíam um *Poka-Yoke* eficaz. De facto, isso poderia levar a erros humanos e mecânicos que conduzissem a um desenvolvimento do processo sem a eficácia pretendida. Portanto, providir estes componentes de um bom *Poka-Yoke* tornou-se uma tarefa fundamental.

Para compreender um exemplo das acções desenvolvidas relativamente à técnica dos *Poka-Yoke*, recorreu-se ao exemplo das figuras IV.1.1.2, IV.1.1.3 e IV.1.1.4. A montagem destes componentes realiza-se no primeiro PT, como se pode constatar no fluxograma da linha de montagem, no anexo D. Acontecia que, embora os furos exteriores (1) de K1.2 e K1.3 orientassem a posição da montagem destes em K1.0, não anulavam erros humanos devido a distrações, i.e., se o operador, por exemplo, posiciona-se K1.3 no lugar de K1.2 o encaixe dos

componentes era possível e o dispositivo como detectava as presenças de K1.1, através de um sensor de proximidade assumia a conformidade nas especificações da peça.

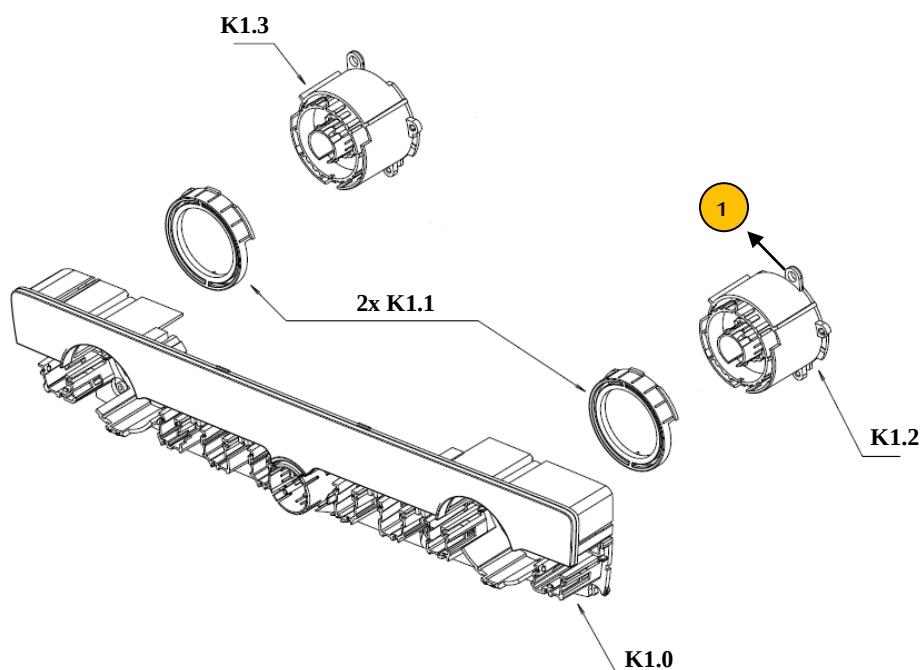


Figura IV.1.1.2 – Esquema da montagem realizada no posto de trabalho n.º 1

Para eliminar este problema, desenvolveu-se em K1.0 uma forma de evitar a execução incorrecta dessa tarefa. Recorreu-se à alteração da forma do componente, adicionando-lhe uma codificação extra (2) e um degrau (3). Este *design* antierro, ajuda os operadores a trabalhar mais facilmente sem grande esforço de concentração, possibilitando a interrupção do processo no caso da montagem incorrecta. Além disso, com a criação do degrau, mesmo que o operador cometa o erro de forçar o encaixe trocado dos componentes, o dispositivo não detectando as presenças de K1.1 (componentes previamente montados em K1.2 e K1.3) pára de imediato o processo, avisando o operador do sucedido. Desta forma, é assegurada a correcta montagem, não sendo necessário inspeccionar o produto pois a qualidade já está assegurada.

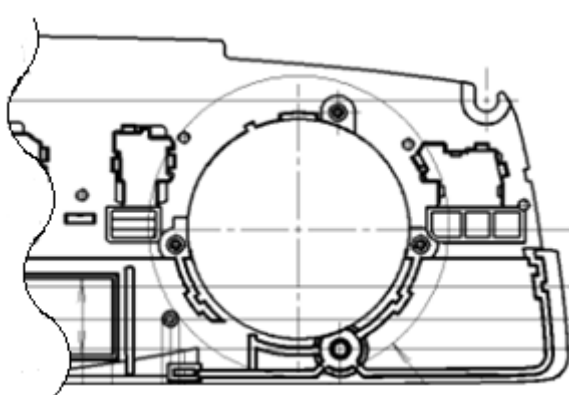


Figura IV.1.1.3 – Componente sem um *design* antierro

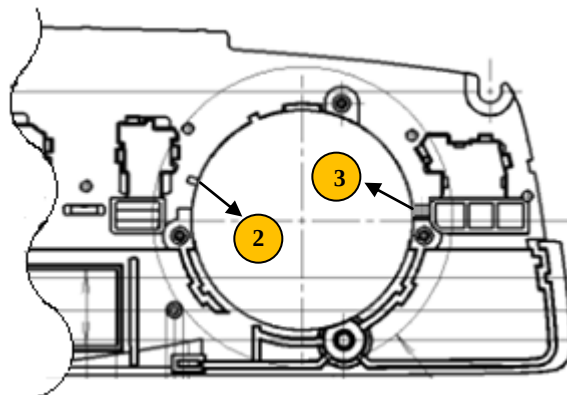


Figura IV.1.1.4 – Componente com *design* antierro

Como se pode constatar neste capítulo, todos os sistemas desenvolvidos à prova de erro e todas as práticas de *jidoka* foram acompanhadas por esforços de simplificação de produtos e processos. É importante referir que estes mecanismos antierro podem eliminar defeitos, mas a fiabilidade do

processo da máquina deve ser tida em consideração, uma vez que vários factores podem influenciar a qualidade do produto. Por isso mesmo, foram realizados estudos de capacidade em cada equipamento tornando o processo mais fiável.

4.1.2 Padronização do trabalho

Com a finalidade de se obter um fluxo contínuo e estável de produção, efectuou-se a padronização do trabalho para cada operador.

Criou-se para cada posto uma instrução de trabalho (IT) que explica pormenorizadamente todas as tarefas a realizar e qual a sequência a seguir (no anexo G encontra-se um exemplo, ainda que incompleto, de uma IT). Cada IT possui fotos explicativas e regras operatórias, para que qualquer operador que vier a operar num destes postos possa realizar o trabalho de forma correcta e eficaz, através da consulta do registo efectuado. Um dos objectivos ao realizar as IT(s) foi a simplificação das actividades, de forma a garantir a realização das tarefas sempre numa determinada sequência, num determinado intervalo de tempo e com o menor nível de desperdícios, conseguindo elevada qualidade e alta produtividade. Claro que isto só acontecerá com a prática diária da disciplina por parte dos operadores. Estes, ao seguir rigorosamente a sequência das respectivas operações, evitam erros e tornam o processo consistente, sem muitas flutuações quanto aos seus tempos.

Em seguida, desenvolveu-se uma folha de trabalho padronizado para cada posto, onde cada operador poderá consultar os tempos estimados para a realização de cada tarefa a si atribuída, assim como a sequência imposta (na figura IV.1.2.1 pode observar-se o *template* que se criou para a construção das folhas do trabalho padronizado e no anexo H visualiza-se a folha de SW disponível no posto de trabalho n.º 9).

FOLHA DE TRABALHO PADRONIZADO						Descrição da Operação										
Takt Time	58 s/unidade	Units/ Shift	550	Equipamento de uso obrigatório: Luvas limpas	Nome do produto/ Número do posto de trabalho		AU37X / PT nº									
Tempo de ciclo máximo	49 s/unidade				Manual	Automático	Caminhar	Espera								
MODO OPERATÓRIO		TEMPOS (seg.)														
Step #	Descrição da Operação	Manual	Automático	Caminhar	Acumulado	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Total						AUTO CONTROLO: 										
 É proibido o uso de anéis, relógios e pulseiras; O dispositivo tem de ser limpo no fim do turno ou sempre que necessário.																
Elaborado por:	Liliana Ferreira	Revisto por:														
Data		Data														

Figura IV.1.2.1 – Template usado para as folhas de trabalho padronizado

Por fim, realizou-se uma *checklist* para cada posto, com a finalidade de orientar o operador no início de cada turno. Desta forma o operador tem conhecimento imediato dos possíveis erros que podem surgir no decorrer do trabalho, o que promove a sua vigilância e minimiza a possibilidade do erro se propagar. Caso o erro aconteça, o operador regista o sucedido na *checklist* para que o

departamento de qualidade possa ter conhecimento e dessa forma analisar a causa da falha. Na figura IV.1.2.2 apresenta-se uma *checklist* exemplo.

AUTO CONTROLO LISTA DE CONFIRMAÇÃO:						
LINHA DE MONTAGEM:		AU37X				
REFERÊNCIAS						
POSTO DE TRABALHO:		2				
DESCRIÇÃO:		Montagem das molas ressalto e dos rolamentos nos eixos dos botões AUTO e AC.				
CICLO DE REGISTO:		SEMPRE QUE A OPERADORA ARRANQUE COM O POSTO DE TRABALHO				
REFERENTE À IT:		2525				
+ PONTOS DE CONTROLO						
Data	Número de Controlo	Teste ao dispositivo com as amostras de trabalho	Superfície de alto brilho sem riscos/marcas	Colocação correcta dos rolamentos	Molas bem posicionadas	Acções

Figura IV.1.2.2 – Exemplo de uma *Checklist*

O formato das IT(s) inicialmente definido foi o vertical (como é possível observar nas fotografias disponibilizadas ao longo deste documento) contudo este formato foi alterado para horizontal para possibilitar uma maior visão do estado do equipamento e por se ter constatado no *Gemba* que essa é a forma mais eficaz para a realização de uma consulta. Devido a regras de confidencialidade não é possível mostrar os documentos para todos os postos, nem as fotos ilustrativas das operações.

Para documentar todo o processo, foi necessário recorrer à análise dos métodos e dos tempos. Esta análise desempenhou um papel fundamental na análise crítica dos processos constituintes da linha, o que contribuiu para o equilíbrio da mesma.

i. Estudo dos métodos

Esta metodologia de análise teve como principal objectivo a compreensão global do processo de montagem do produto em questão e permitiu produzir todos os fluxogramas de processo, que podem ser consultados no anexo D, onde de uma forma gráfica se representa todo o fluxo (de pessoas, materiais e informação) do processo.

Este estudo foi amplamente utilizado para obter um grau elevado de conhecimento de todas as operações e foi de capital importância ao permitir definir o modo operativo em cada posto.

Na fase de formação dos operadores, o que se pretende é consolidar o conhecimento adquirido para obter ideias de eventuais melhorias no sistema, através de entrevistas informais.

ii. Estudo dos tempos

Este estudo recorreu principalmente a cronometragem, a fim de analisar a eficiência de cada PT. Contabilizaram-se inúmeras medições que possibilitaram obter os tempos de ciclo médio de cada posto, o que permitiu estimar o valor temporal de produção de uma peça.

4.1.3 Gestão visual

Esta prática de gestão ou de controlo visual surge devido à ênfase dada aos métodos visuais para a rápida transferência de informação. Portanto, o que se pretendeu foi tornar as coisas visíveis, lógicas e intuitivas, uma vez que é através da visão que se recebe a maior parte da informação.

Nesta etapa, uma das primeiras acções desenvolvidas foi etiquetar todos os recipientes utilizados na linha. Como se pode observar na figura IV.1.3.1, os contentores para além de possuírem uma descrição do material que contêm, possuem cores diferentes. Neste exemplo podemos diferenciar um recipiente de amostras de trabalho, um recipiente com material não-conforme e outro recipiente de um qualquer componente. Existem vários tipos de recipientes no BL, contudo todos eles estão devidamente etiquetados.



Figura IV.1.3.1 – Exemplo de recipientes etiquetados

Para facilitar o abastecimento normalizado efectuado pelo operador logístico, surgiu a preocupação de etiquetar a parte de trás de cada BL (ver figura IV.1.3.2). Desta forma, o operador sabe sempre qual o local exacto a abastecer.

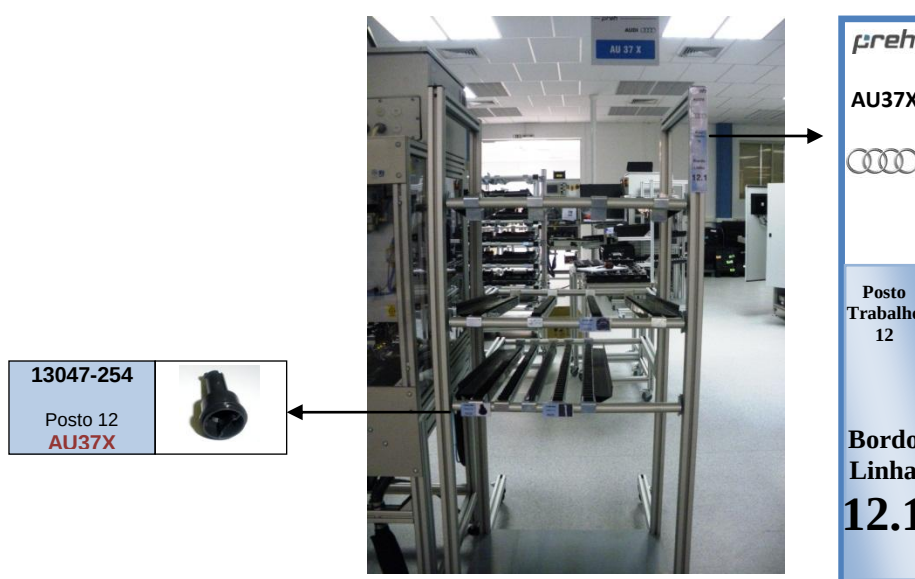


Figura IV.1.3.2 – Exemplo de um bordo de linha etiquetado

Posteriormente, surgiu a necessidade de disponibilizar toda a informação necessária sobre o processo aos operadores da linha. Deste modo, pretende-se que estes passem a ser responsáveis pela qualidade daquilo que produzem e que não se limitem apenas a executar as operações de produção que lhe são atribuídas. Começou por criar-se todos os documentos necessários (IT(s), folhas de trabalho padronizado, *checklists*), e disponibilizou-se essa informação no próprio posto, como se pode visualizar na figura IV.1.3.3, para facilitar a consulta. É importante realçar que o procedimento para a realização das tarefas em cada posto também está disponível no ecrã de cada dispositivo. O programa nele instalado mostra ao operador a sequência de tarefas específicas a realizar. Claro que, estes não sendo infalíveis, foram repetidamente testados a fim de encontrar os seus erros, chamados de *bugs*.

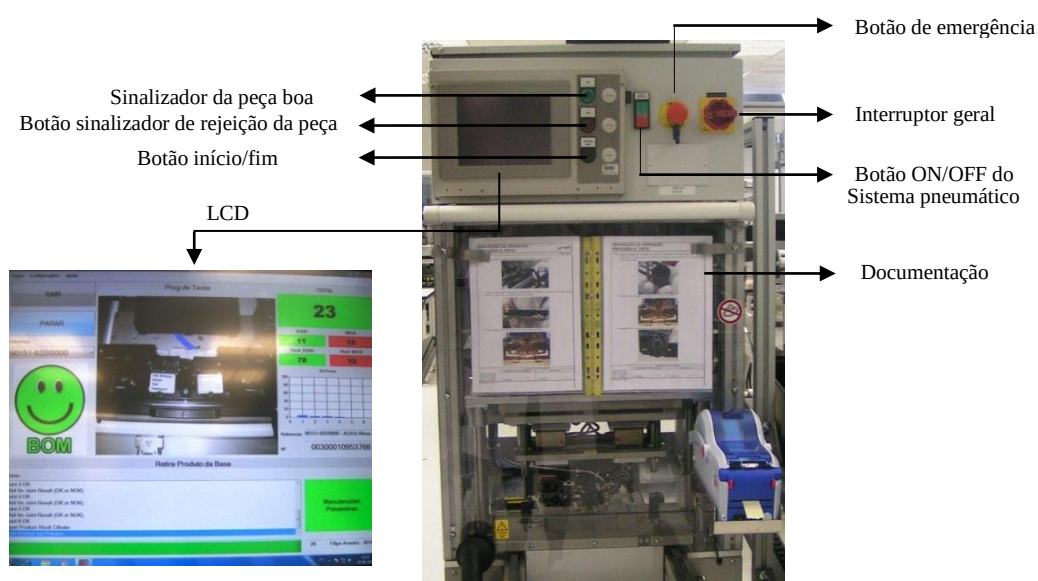


Figura IV.1.3.3 – Exemplo do controlo visual disponibilizado num dispositivo da linha de montagem

Visualizando o exemplo do *display* do LCD da figura IV.1.3.3 é possível verificar a existência de um diagrama de Pareto. Esta particularidade foi desenvolvida com o intuito de identificar o ponto de partida para a solução de um determinado problema.

Para que os problemas se tornem expostos rapidamente, além dos métodos atrás referidos, implementou-se em cada equipamento, sinais luminosos que indicam a existência de anomalias (luz *andon*, que em japonês significa “lanterna”). A existência do uso destas luzes é mais relevante na linha de testes, uma vez que dispõe de equipamento automatizado.

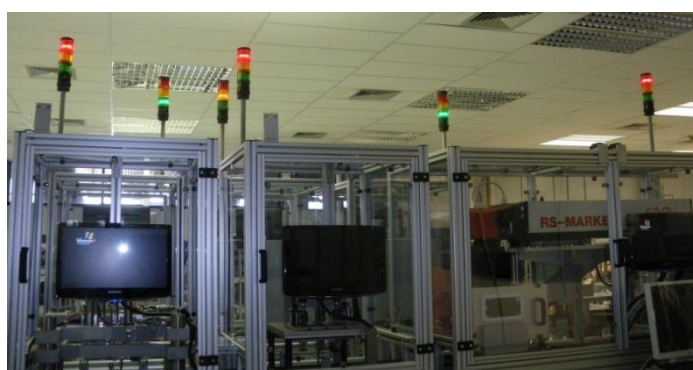


Figura V.1.3.4 – Luzes andon

As luzes *andon* visualizadas na figura IV.1.3.4 representam apenas os estados da máquina, quando acesas significam:

- Luz vermelha fixa: quando se liga o dispositivo e não há situações de emergência.
- Luz vermelha intermitente (rápida): botão de emergência activado no dispositivo.
- Luz vermelha intermitente (lenta): erro na estação.
- Luz vermelha intermitente (lenta) alternada com luz amarela intermitente (lenta): erro na estação e necessidade de chamar alguém da manutenção para resolver o problema.
- Luz amarela fixa: modo manual da estação é activado.
- Luz amarela intermitente (lenta): modo manual da linha é activado.
- Luz verde fixa: quando a estação está em modo automático a funcionar normalmente.
- Luz verde intermitente: estação pronta a ser activada.

Por fim, mandou-se construir um quadro informativo, onde se pretende afixar toda a informação relativa à sinalização das necessidades de produção, os fluxogramas do processo, o desenho explodido da peça e representar parâmetros, gráficos e dados relativos a evoluções de acções tomadas de forma a controlar o processo. Na figura IV.1.3.5 pode visualizar-se o quadro, contudo, é importante referir que até à data de escrita desta dissertação não foi possível colocar toda a informação pretendida.



Figura IV.1.3.5 – Quadro informativo

4.1.4 Estudo dos modos de falha e seus efeitos – Metodologia *FMEA*

O objectivo desta análise é identificar e avaliar as falhas potenciais e seus efeitos na industrialização do produto para assegurar de forma preventiva, no planeamento da realização e na validação das amostras iniciais, a fiabilidade no processo, garantindo as características e funcionalidades previamente estabelecidas (“Process *FMEA*”).

O cliente AUDI requer que se desenvolva uma acção sempre que um modo de falha possua um valor de NPR superior a 100. Na tabela IV.1.4.1 está representado parte do *FMEA* do processo criado, apenas para os modos de falha críticos (devido a regras de confidencialidade não é possível mostrar o documento integral). Para a produção de todo o documento foi tido em conta o raciocínio exposto no capítulo 2.4.2 e portanto cada índice foi individualmente avaliado, assim como cada etapa do processo produtivo.

É importante referir que, como se trata de um documento dinâmico, foi constantemente actualizado. Além disso, sempre que se realizou uma análise a um modo de falha e esta posteriormente sofreu uma optimização, actualizou-se o documento com a finalidade de reavaliar

o modo de falha. Um bom exemplo disto é o primeiro modo de falha, visualizado na tabela IV.1.4.1, que ocorreu na estação n.º 3. Constatou-se que, ao colocar as duas molas (K3.1) na cavidade central da placa-base (K1.0), estas não ficavam fixas na posição imposta pelas especificações da peça (ver figuras IV.1.4.1 e IV.1.4.2). Então, resolveu-se reduzir 1,5 mm à área onde estas fixavam, para que as molas apenas tivessem uma posição de encaixe. Posteriormente, verificou-se que este problema não estava resolvido, pois, embora as molas encaixassem na posição exigida, ao inserir o eixo central (K3.2), as molas não ficavam seguras. Pensou-se em criar um chanfro nesse eixo, de modo a facilitar o encaixe, mas por motivos inerentes ao processo de fabricação essa opção não era economicamente viável. Então a solução encontrada passou pela criação de quatro pinos de suporte no alojamento do dispositivo onde se realiza a montagem. Deste modo, embora o eixo colida com as molas durante a montagem, os pinos de suporte impedem que as molas saiam da sua posição de encaixe. De salientar que, sendo esta uma tarefa minuciosa para o operador (ao inserir as molas, com ajuda de uma pinça, na cavidade de diâmetro 7,1 mm) e, que poderia colocar em causa a sua capacidade (se trabalhar de forma lenta, o trabalho acumula-se), desenvolveu-se ainda uma outra acção, explicada no capítulo 4.2, para evitar a criação de um *bottleneck* nesta estação.

Tabela IV.1.4.1 – Representação do FMEA do processo do projecto AU37X

Fonte: Adaptado de Isabel Horta, FMEA – Apontamento de GQT ano lectivo de 2010/11

Failure Modes And Effects Analysis Worksheet															
Process: AU37X Klima High Component: Team:			Process Responsibility:						Creation Date: Revision Date:						
FUNÇÃO	ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA							PLANO DE ACÇÃO		RESULTADOS					
Requirements	Failure Mode(s)	Effect(s) of Failure	Severity	Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Control (s)	Detection	RPN	Recommended Action(s)	Resp & Target Date	Action(s) Taken	Severity	Occurrence	Detection	RPN
D3: Correcta montagem das molas na placa base	Mola não fica segura na placa base após inserção do eixo	Erro de haptic no cliente (falha no torque)	8	Mola não fica fixa na posição	7	Camera de detecção	2	112	Fixar a mola durante a montagem do eixo /colocar um rasgo no eixo	Departamento de produção	Colocação de pinos de suporte no dispositivo	8	2	2	32
D5: Montagem correcta dos condutores de luz (c. luz) nas teclas	Falta de condutores de luz	Peça falha no teste de luminosidade	6	Esquecimento do operador	5	Instrução de trabalho	6	180	Deteção dos c.luz	Departamento de produção	Inserção de potenciômetros no dispositivo para detectar os c.luz	6	5	2	60
	Incorrecta montagem dos c. luz		6	C.luz montados pelo operador fora de posição	5	Controlo visual	6	180	Colocar uma marca nos c.luz para orientar a montagem	Departamento de desenvolvimento mecânico	Colocação de codificação mecânica nos c.luz (rasgos poka-yoke)	6	2	2	24
D6: Correcta montagem do LCD na placa base	Caixa do LCD colocada numa posição errada	Funcionamento defeituoso	8	Caixa do LCD montada pelo operador fora de posição	5	Instrução de trabalho	9	360	Colocar uma marca na caixa do LCD para orientar a montagem	Departamento de desenvolvimento mecânico	Codificar caixa com diferentes diâmetros (mecanismo poka-yoke)	8	3	2	48
	LCD com as películas de protecção		6	Esquecimento do Operador	5	Controlo visual	9	270	Colocar controlo visual que permita a distinção da presença das películas	Departamento de desenvolvimento mecânico / compras	Películas brancas	6	3	3	54
D8: Correcta montagem das molas fixação na tampa	Incorrecta fixação das molas na tampa	Peça não é fixa ao painel de instrumentos	6	Esquecimento do Operador	6	Medição da altura das molas após as pressionar	3	108	Verificação adicional em estação de trabalho seguinte	Departamento de produção	Verificação no teste EOL	6	2	2	24
Superfície de alto brilho do LCD limpa	Superfície de alto brilho com dedadas	Cliente insatisfeito	8	Lubrificante dos rolamentos nas luvas dos operadores	4	Controlo visual	6	192	Inserção automática dos rolamentos	Departamento de produção	Dispositivos com inserção automática dos rolamentos	8	2	6	96

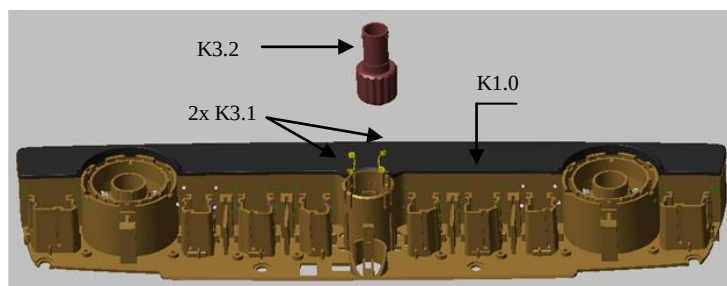


Figura IV.1.4.1 – Esquema ilustrativo do processo de montagem realizado no posto de trabalho n.º 3

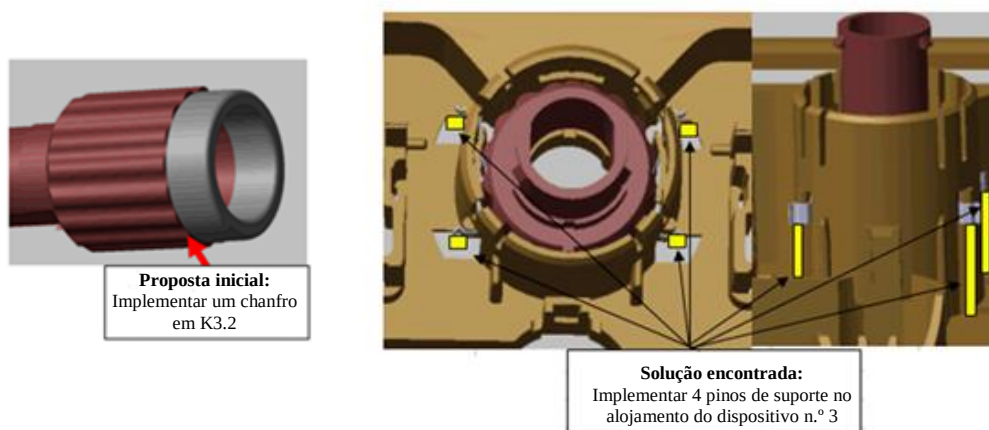


Figura IV.1.4.2 – Esquema ilustrativo da ação tomada na análise do FMEA

4.2 Análise dos tempos médios de ciclo – Optimizações

A fim de equilibrar os tempos médios planeados para cada operação (expostos no capítulo 3.3) constatou-se, ainda numa fase de planeamento, que apenas duas tarefas poderiam ser realizadas em postos diferentes. Sendo que uma destas tarefas estava planeada para uma operação com um TC elevado, quando comparado com outras, propôs-se a sua alteração. Trata-se da montagem do componente designado por K1.3, que inicialmente estava prevista para a terceira operação e que posteriormente passou a ser realizada na primeira⁴. Esta alteração levou à modificação do *layout*, enunciada no capítulo 3.2, pois o fornecimento do componente K1.3 sendo em tabuleiros de pintura necessitava de um BL do tipo “L”.

Já numa fase de implementação da linha, procedeu-se à cronometragem para analisar se os tempos planeados estavam de acordo com os reais. Devido a alterações nas especificações do produto durante a fase de planeamento, estes tempos sofreram consequentemente alterações.

Os tempos de ciclo de cada uma das 12 operações numa fase inicial de implementação podem ser vistos na tabela IV.2.1. Tendo em conta que o TC não se alterou, houve a necessidade de fazer optimizações no fluxo de produção, pois de outra forma o processo ficaria limitado e não conseguiria satisfazer as necessidades do cliente AUDI. É importante ainda referir que embora a operação n.º 12 seja a mais crítica, a solução proposta apenas se apresenta no capítulo 5, pois até à data não foi validada (a mesma será realizada na semana 27).

⁴ Recomenda-se a consulta do anexo D para melhor compreensão do capítulo.

Tabela IV.2.1 – Tempos medidos na fase inicial de implementação

Operação Efectuada	Tempo da Operação [s] (Operador)	Tempo da Operação [s] (Dispositivo)	Tempo Automático [s]
1	38	38	14
2	40	40	22
3	48	48	36
4	47	47	8
5	47	54	14
6	47	47	20
7	29	35	9
8	52	38	13
9	42	47	12
10	6	33	27
11	47	47	15
12	63	63	17

Começou por criar-se no dispositivo n.º 5 um alojamento extra (1) para auxiliar a montagem dos condutores de luz (ver figura IV.2.1). Ao se disponibilizar este alojamento, tornou-se possível reduzir sete segundos ao tempo de ciclo médio da operação. Desta forma o operador não necessita de ficar em pausa enquanto o dispositivo verifica automaticamente se a montagem foi ou não bem efectuada e pode realizar as tarefas seguintes no alojamento extra.

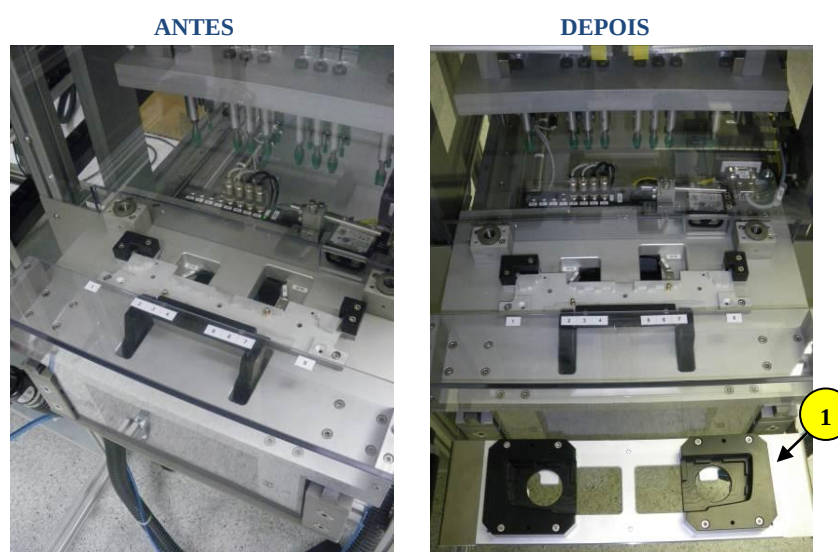


Figura IV.2.1 – Optimização efectuada no dispositivo n.º 5

De seguida, analisou-se as operações 9, 10 e 11. Sendo que o dispositivo n.º 10 é uma aparafusadora automática, a necessidade de mão humana é mínima, apenas colocar e retirar a peça da cavidade. Pensou-se numa maneira de poder agrupar a tarefa realizada neste dispositivo a uma outra, para os desperdícios serem os mínimos. A forma ideal seria agrupar esta operação à anterior ou à precedente. A operação n.º 11 se agrupada excedia o TC máximo e a possibilidade de agrupar a operação n.º 9 com a n.º 10 poderia conduzir a um *bottleneck* no processo. Desta forma concentraram-se esforços na n.º 9 a fim de reduzir o seu TC médio. Para além de se alterar a sequência inicialmente prevista, propôs-se colocar a cavidade para a medição do sensor UIF (1), componente designado por K9.0, fora da mesa de trabalho, como se pode verificar na figura IV.2.2. Desta forma o operador poderá realizar essa tarefa enquanto a máquina verifica automaticamente a operação efectuada.

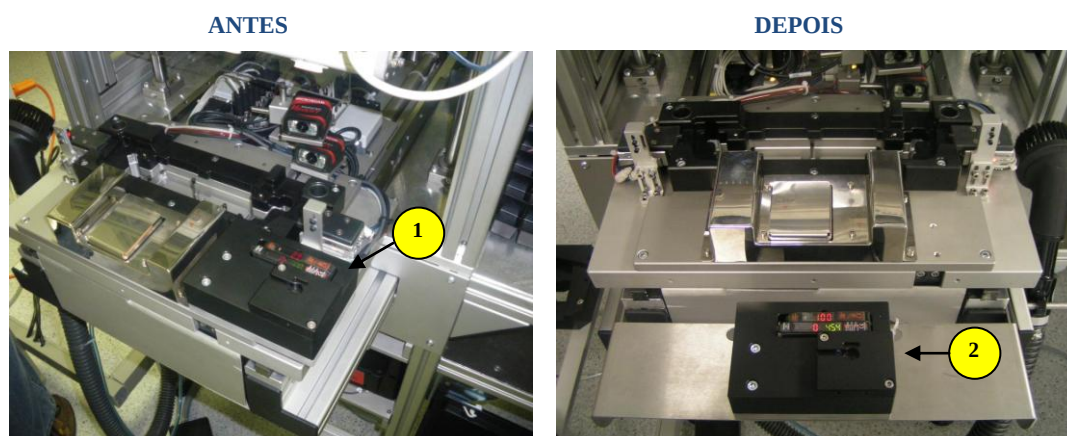


Figura IV.2.2 – Optimização efectuada no dispositivo n.º 9

Como referido no capítulo 4.1.4, na operação n.º 3 realizava-se uma tarefa que poderia colocar em causa a capacidade do operador que a executasse. Sendo que o TC médio para esta operação mostrado na tabela IV.2.1 havia sido medido apenas em situações favoráveis para o operador, poderia não ser um resultado verdadeiro, *i.e.*, quando a linha de produção estivesse no activo, este tempo poderia estar longe da realidade. Para eliminar este problema, desenvolveu-se uma ferramenta onde se coloca de uma vez as duas molas (K3.1) na cavidade central da placa-base (K1.0) e que não exige um grande esforço na montagem (recomenda-se visualizar a figura IV.1.4.1). Contudo, quando se testou, na prática, a viabilidade dessa ferramenta (solução intermédia da figura IV.2.3), constatou-se que possuía mais do que uma posição de encaixe (devido à forma circular do seu corpo) e que as molas ao correr o risco de tocarem nas paredes da cavidade central de K1.0 poderiam cair. Isto poderia provocar perdas substanciais no rendimento da linha uma vez que obrigava à paragem total da operação. Para colmatar este problema desenvolveu-se um mecanismo *Poka-Yoke*.

- Inseriu-se no corpo da ferramenta um bloco rectangular metálico com a finalidade de facilitar o guiamento e eliminar o risco de colisão das molas na peça. A evolução da ferramenta auxiliar desta montagem encontra-se representada na figura IV.2.3.

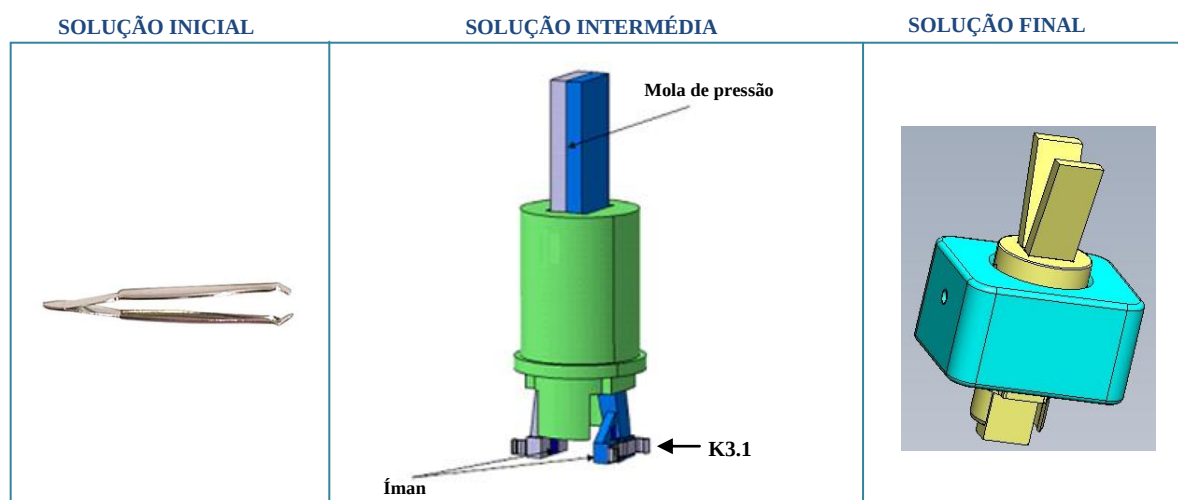


Figura IV.2.3 – Evolução do mecanismo desenvolvido para a optimização da operação n.º 3

- Optimizou-se o alojamento extra do dispositivo n.º 3 de modo a viabilizar este guiamento. Como se pode visualizar na figura IV.2.4 colocou-se uma tampa giratória (1) com um furo

central (2) que possui a mesma forma do bloco metálico incorporado na ferramenta auxiliar. Isto possibilita o guiamento e a simplificação da tarefa.

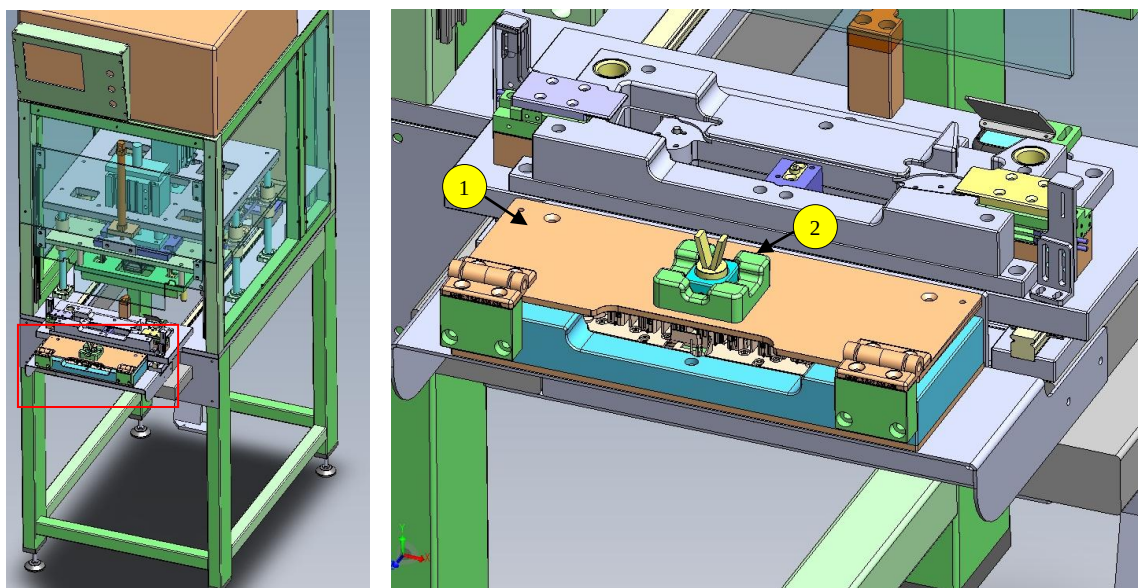


Figura IV.2.4 – Optimização efectuada no dispositivo n.º 3

- Modificou-se o sistema de abastecimento das molas, pois inicialmente estava previsto abastecer apenas uma mola de cada vez e com esta optimização surgiu a necessidade de duplicar o abastecimento (devido à ferramenta utilizada para colocar as molas).

No início do capítulo falou-se em duas tarefas que poderiam ser realizadas em postos diferentes. A tarefa que falta referir diz respeito à montagem do componente K7.2 que inicialmente estava planeada para ser realizada na operação n.º 8. Como observado na tabela IV.2.1, esta, revelou ser uma operação crítica ao exceder o TC máximo e sendo que o tempo médio para a realização desta tarefa é de 15 segundos optou-se por inseri-la na operação mais rápida, a n.º 7. Para isso apenas se adaptou o BL correspondente.

Outras optimizações foram feitas no *software* das máquinas para, por exemplo, diminuir tempos automáticos, eliminar vibrações, etc. Além disso, quando justificado, as mesas de trabalho foram retrabalhadas para simplificar as operações e para minimizar possíveis danos nos componentes, por exemplo, todas as zonas que contactavam com os componentes plásticos e/ou metálicos foram devidamente polidas.

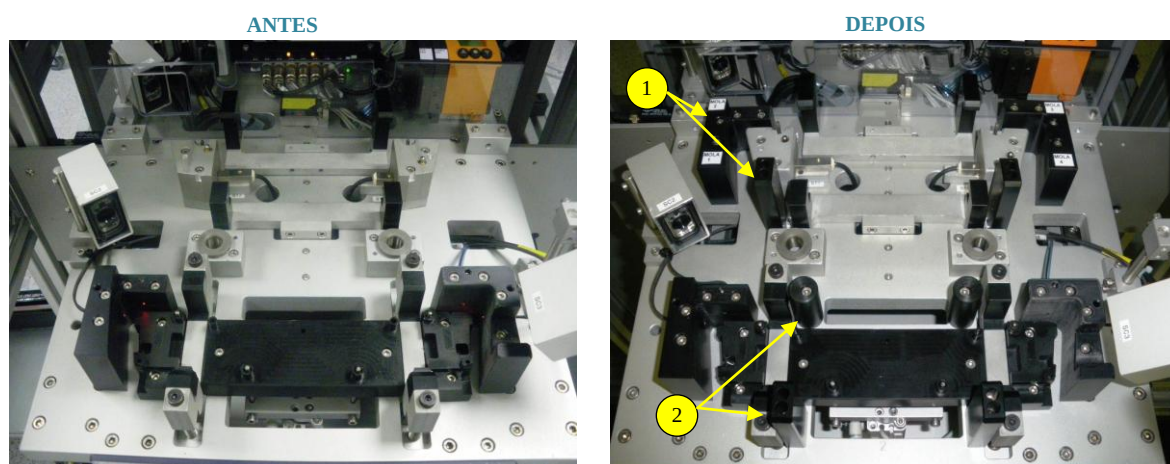


Figura IV.2.5 – Optimização efectuada na mesa de trabalho do dispositivo n.º 8

A figura IV.2.5 é um exemplo de retrabalho na mesa do dispositivo n.º 8. Disponibilizou-se ajudas visuais (1) e colocou-se guias em material ESD para orientar/facilitar o encaixe na cavidade dos componentes respectivos (2).

É importante referir que o sistema de rastreabilidade do processo regista todos os eventos gerados por cada dispositivo de montagem e em cada passo do processo. Este registo é efectuado na base de dados e pode ser consultado passado alguns anos. O sistema também não permite que aconteça “bypass” durante a fase de processo, uma vez que antes de iniciar o passo seguinte verifica se o passo anterior foi realizado com sucesso. Desta forma, os parâmetros mais importantes do processo são registados na base de dados.

4.3 Sistema de transferência de peças – *Buffer* do *WIP*

Conforme enunciado no capítulo 3.2, na linha de montagem existem dois tapetes rolantes que transportam o material do posto 5 para o 7 e, deste, para o 9. Para além deste sistema de transporte existem outros.

Entre cada posto, dimensionou-se um local/sistema para armazenar o material até ser utilizado no posto seguinte (*buffer*), como se pode ver na figura IV.3.1. A solução encontrada para este dimensionamento passou por limitar o *WIP* entre as operações, com a finalidade de identificar áreas problemáticas, observando o nível de *stock* no *buffer* e expondo o tempo excessivo de espera do operário. Além disso, o objectivo principal é atingir o fluxo contínuo de produção (*one-piece flow*). Assim, cada *buffer* apenas poderá armazenar quatro unidades, o que com a análise efectuada no capítulo 5, mostra ser suficiente para prevenir a ocorrência de *blocking* ou *starwing* entre os postos. Sendo que o *blocking* ocorre quando as actividades num posto param por não haver um lugar para depositar o item acabado e o *starwing* ocorre quando as actividades num posto necessitam de parar porque não há trabalho. Além disso definiu-se que o sistema deveria ser giratório, adaptado a cada BL e a cada item. Por fim, limitou-se o modo giratório apenas ao sentido horário, de forma a respeitar o FIFO (*First-In-First-Out*, i.e., o primeiro item a entrar será também o primeiro a sair).

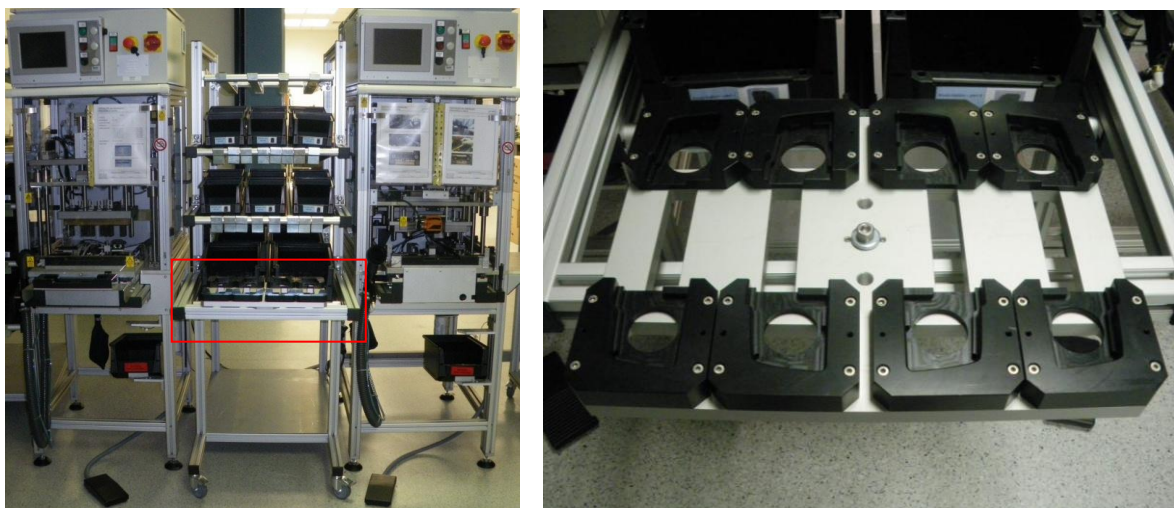


Figura IV.3.1 – Exemplo de *buffer* criado no bordo de linha n.º 4

Um outro sistema foi desenvolvido para transferir um item do posto 7 para o 8. Como referido no capítulo 4.2 o componente K7.2 estava planeado ser montado em K8.0 apenas no posto 8, o que se alterou. Para isso criou-se um sistema para transferir esta montagem do posto 7 para o 8. Trata-

-se de um sistema simples que armazena os quatro itens e funciona pela lei da gravidade, como se pode observar na figura IV.3.2.

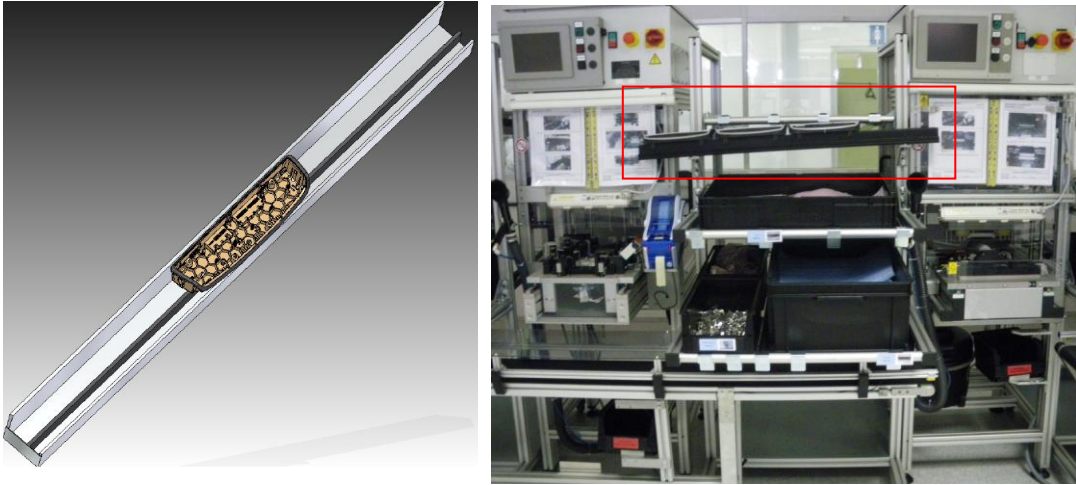


Figura IV.3.2 – Exemplo de *buffer* criado no bordo de linha n.º 8

Por fim, desenvolveram-se dois carros (ver figura IV.3.3) para transportar os itens finais da linha de montagem para a linha de testes. Assim um dos carros encontra-se sempre junto ao último posto da linha de montagem e o outro sempre junto da primeira estação da linha de testes, o que minimiza tempos de espera. Uma vez que a linha não estará sempre a funcionar no seu máximo, ambos os carros podem transportar 10 unidades e desta forma não condicionar o trabalho do operário do último posto da linha de montagem, que poderá ser o mesmo em toda a linha.



Figura IV.3.3 – Carro que transporta o material da linha de montagem para a linha de testes

5 Validação das soluções propostas

Neste capítulo será feita uma análise aos resultados das acções implementadas no processo de montagem, descritas no capítulo anterior, com a finalidade de medir resultados e propor melhorias futuras.

5.1 Análise dos resultados da implementação

Após o desenvolvimento das acções anteriormente descritas, os tempos de ciclo de cada uma das 12 operações sofreram alterações, como se pode verificar na tabela V.1. Houve realmente uma melhoria significativa no equilíbrio dos tempos, contudo, não foi o suficiente para eliminar a existência de um *bottleneck* no processo (operação n.º 12).

Tabela V.1 – Tempos medidos após implementação

Operação Efectuada	Tempo da Operação [s] (Operador)	Tempo da Operação [s] (Dispositivo)	Tempo Automático [s]
1	36	36	12
2	40	40	22
3	40	40	36
4	47	47	7
5	47	47	13
6	47	47	12
7	47	47	9
8	38	38	13
9	41	47	12
10	6	33	27
11	47	47	15
12	63	63	17

Existem duas formas possíveis para eliminar este *bottleneck*:

- Colocar um operador extra a efectuar a operação.
- Se viável, distribuir as tarefas atribuídas a esta operação.

A primeira opção, não sendo, à primeira vista, economicamente viável, estudou-se se a segunda seria.

Numa primeira fase aplicou-se a heurística LTT, que conduziu ao agrupamento da operação n.º 9 e da n.º 10 (todas as outras operações se agregadas, excediam o TC admissível). Após agrupá-las, a etapa seguinte foi decidir qual a operação seria capaz de suportar uma outra qualquer tarefa, entre as operações n.ºs 1, 2, 3 e 8 (não se colocou em hipótese outras operações pois o TC médio das restantes é próximo do TC máximo admissível).

As máquinas dos postos 2 e 3 realizam a inserção automática de rolamentos (K2.2 e K3.3) e por isso necessitam de ser abastecidos. Sendo que este abastecimento é efectuado por trás dos equipamentos e apenas suporta rolamentos para 50 unidades é necessário que o operador se desloque e abasteça o dispositivo (não se justificava colocar esta tarefa ao encargo do operador logístico, pois é o próprio dispositivo que avisa o operador do baixo nível de rolamentos). Portanto, a operação n.º 1 e a n.º 8 foram as únicas que se encontraram disponíveis.

Ao analisar novamente as tarefas da operação n.º 12, concluiu-se que a montagem manual dos componentes K12.2, K12.3 e K12.4, poderia ser previamente efectuada. Esta montagem requer

oito segundos, mas como é efectuada duas vezes, é necessário um total de 16 segundos (consultar anexo D). Ao reduzir 16 segundos ao TC médio da operação n.º 12 esta deixaria de ser o *bottleneck* do processo.

5.2 Soluções de melhoria

➤ Eliminação do *bottleneck*

O que se propõe é distribuir por ambas as operações disponíveis a tarefa anteriormente descrita. Para tornar viável esta proposta é necessário dimensionar um *buffer* na estação da operação n.º 12 para que esta não entre em *starwing*, adaptar os bordos de linha de apoio às operações n.º 1 e n.º 8, e por fim atribuir a tarefa de transportar as montagens pré-effectuadas ao operador logístico.

Durante o ciclo do *Mizusumashi* é possível o abastecimento de 49 itens (cálculo de NM exposto no capítulo 3.4), portanto o *buffer* deverá conter esse mesmo número de unidades e deverá ainda possuir um lugar próprio no bordo de linha correspondente, uma vez que o mesmo possui o espaço necessário livre.

Quanto às alterações necessárias efectuar nos bordos de linha, propõe-se que se adapte o BL n.º 1 e o BL n.º 9. Conforme visualizado na figura V.2.1, é apenas necessário criar em ambos mais um nível de prateleiras, para receber os componentes designados por K12.2, K12.3 e K12.4 (exclui-se propor a adaptação do BL n.º 8 por este estar no limite da sua capacidade, devido ao sistema de transporte que se criou, visualizado na figura IV.3.2).

Por fim, à rota predefinida do operador logístico, deve acrescentar-se a tarefa de transportar os itens previamente montados para o último posto.

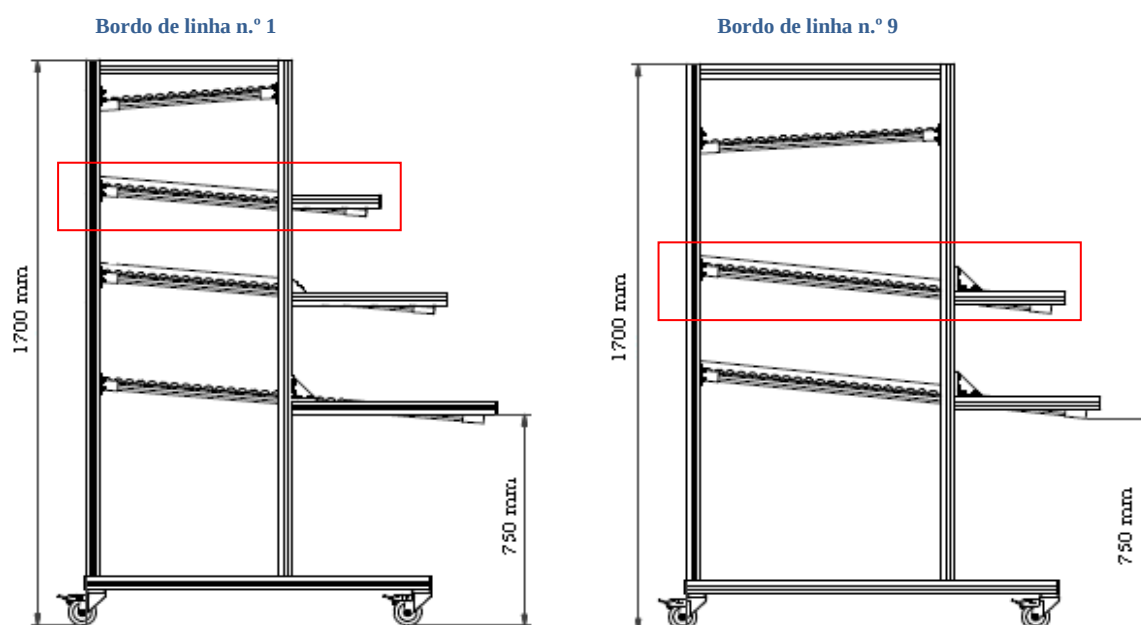


Figura V.2.1 – Alteração proposta nos bordos de linha n.º 1 e n.º 9

➤ Bordos de linha

Para a construção dos bordos de linha propõe-se um caderno de encargos já mencionado no capítulo 3.4, que pode ser visualizado no anexo E, desta forma torna-se desnecessário o tempo perdido com os ajustes dos bordos de linha no *Gemba*.

➤ Minimização de movimentos

Para minimizar o desperdício da movimentação realizada pelos operadores, quando vão abastecer de rolamentos os dispositivos 2 e 3, propõe-se que junto dos mesmos se coloque suportes extra de rolamentos, como se pode visualizar na figura V.2.2. Desta forma, o operador logístico sempre que se desloca à linha pode abastecer os suportes e apenas a sua troca (de cheio por vazio) é efectuada pelos operadores da linha (operação que requer aproximadamente dois minutos).

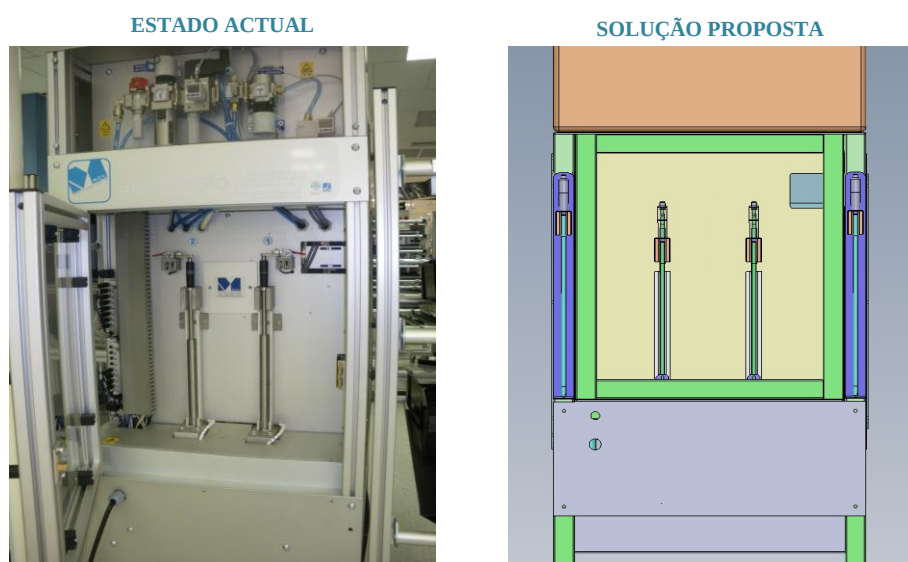


Figura V.2.2 – Proposta de optimização no dispositivo n.º 2

➤ Optimização do ciclo *Mizusumashi*

Como se definiu no capítulo 3.4, o ciclo do *Mizusumashi* terá a duração de 40 minutos, mas para que seja possível um processo sem rupturas de *stock* é necessário adaptar o bordo de linha n.º 11.1. Este bordo de linha do tipo “L” apenas contém lugar para dois tabuleiros de pintura, mas visualizando o anexo F, é possível verificar que são necessários pelo menos três tabuleiros para um dado componente. Sendo que não se justifica definir um tempo de ciclo menor apenas devido a este abastecimento, propõe-se construir uma outra prateleira no BL como é possível visualizar na figura V.2.3.

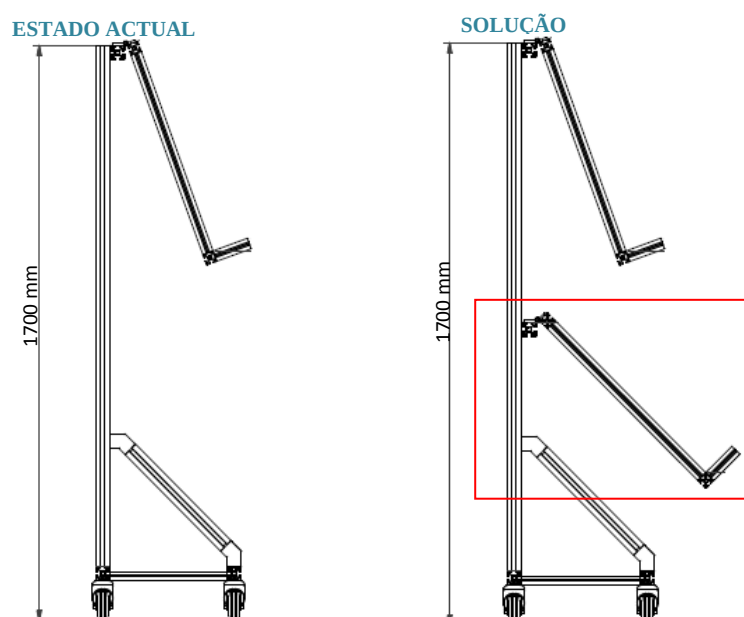


Figura V.2.3 – Proposta de optimização no bordo de linha n.º 11.1

5.3 Eficiência das soluções propostas

Na figura V.3 pode identificar-se os tempos médios para cada PT da linha de montagem com a prática da solução proposta.

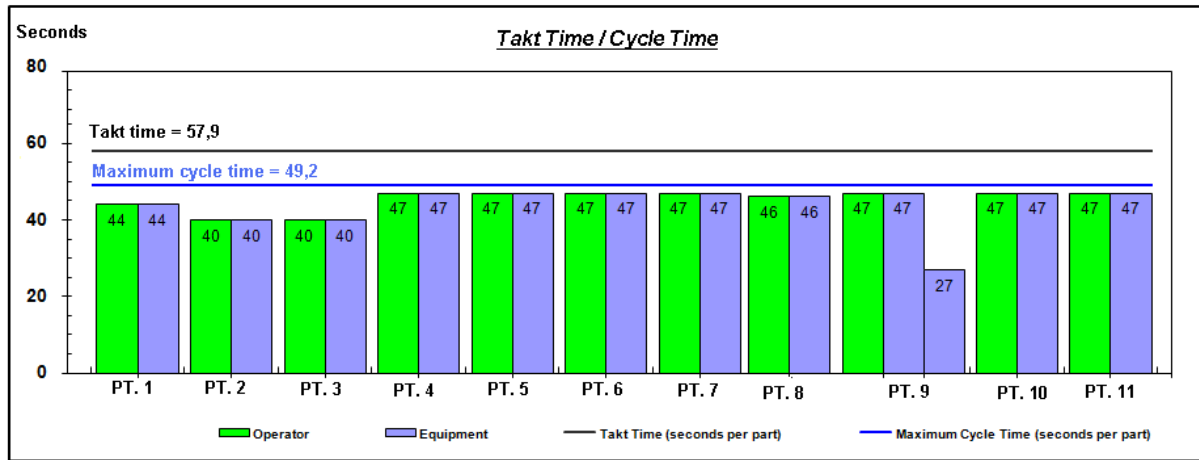


Figura V.3 – Tempos de ciclo vs. *takt time* propostos para a linha de montagem AU37X

Para calcular a eficiência do balanceamento segue-se o raciocínio exposto no capítulo 3.3:

- $\varepsilon = \frac{\sum T_i}{NR \times TC_{max}} = \frac{499}{11 \times 49} = 92\%$
- $F = (11 \times 49) - 499 = 42 \text{ segundos}$

A menor folga assume o valor de 2 segundos e o TC_{max} efectivo assume o valor de 47 segundos. Isso traduz-se numa eficiência de balanceamento de 97%.

É importante referir que, para o correcto balanceamento da linha, será necessário medir novamente os tempos de cada operação quando esta estiver em funcionamento, uma vez que na prática, estes tempos tendem a reduzir cerca de 30% (com a experiência dos operadores). Na fase em que a linha se encontra, todos os tempos medidos representam a análise mais próxima possível da futura realidade.

Passando a analisar se existe a possibilidade de ocorrer *blocking* ou *starwing* durante o processo, com estas novas propostas de melhoria, concluiu-se que apenas no posto 3 poderia ocorrer um bloqueio, mas uma vez que este tem a tarefa acrescentada de abastecer de rolamentos o seu dispositivo, isso não se verifica. Além disso, os postos 2 e 3 são condicionados pelo posto 1, o que faz com que cada item seja produzido nestes postos apenas de 44 em 44 segundos.

Sendo que cada *buffer* contém espaço para o depósito de quatro itens ao efectuar alguns cálculos, o que se verifica para este caso específico é que, ao fim de se produzir 50 itens no posto 3 o *buffer* do posto 4 já contém armazenado três itens, ou seja, apenas um lugar livre. Sendo que os operadores dos postos 2 e 3 ao fim de 50 unidades devem abastecer as suas máquinas com rolamentos, a possibilidade de bloqueio é mínima.

- Exemplo do cálculo efectuado para se saber se um *buffer* de capacidade igual a quatro unidades é suficiente para prevenir um bloqueio no posto 3:

$$Buffer = \frac{TC_3 \times 50unid - TC_4 \times 50unid}{TC_4} = \frac{(44s \times 50unid) - (47s \times 50unid)}{47s} = 3unid$$

A possibilidade de ocorrência de *starwing* poderia acontecer nos postos 2 e 3, mas sendo uma diferença mínima entre os tempos destes e o do posto 1 (4 segundos), estes operadores ficando mais flexíveis quando comparados com os restantes podem efectuar operações de limpeza ou arrumação que na prática depois se irão verificar. Portanto, o tempo inactivo no posto é reduzido.

Comparando os tempos médios de ciclo em cada posto antes e depois do balanceamento da linha e, sabendo que a Preh tem um custo de produção de 50 cêntimos por minuto, construiu-se a tabela V.3 e efectuou-se o seguinte cálculo:

Tabela V.3 – Comparação dos tempos de ciclo antes e depois do balanceamento

Work station	Tempos de ciclo antes do balanceamento [s]	Tempos de ciclo depois do balanceamento [s]
1	38	44
2	40	40
3	48	40
4	47	47
5	54	47
6	47	47
7	35	47
8	52	46
9	53	47
10	47	47
11	63	47
Conteúdo de trabalho [s/unidade]	524	499

$$Ganho \text{ anual} = \left(\frac{\Delta T \times Necessidades \text{ do mercado}}{60} \right) \times custo = \left(\frac{(524 - 499) \times 350000}{60} \right) \times 0,5 = 72917\text{€}$$

Pode afirmar-se que, com estas mais-valias, resulta uma produção com menos desperdício e menores tempos de ciclo por unidade que, consequentemente, proporcionam uma redução nos custos de produção.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O projecto teve aproximadamente a duração de quatro meses e o seu principal objectivo foi implementar uma linha de montagem de raiz, sendo possível adequar os conhecimentos académicos à realidade da indústria.

Ao implementar a linha de montagem com a metodologia 5S's, propôs-se melhorias significativas a nível do fluxo de produção e materiais. Desta forma, desenvolveram-se competências para planejar, preparar e praticar a metodologia e utilizá-la como uma ferramenta de melhoria. Além disso, o conhecimento do método *PDCA*, possibilitou identificar o(s) problema(s), estabelecer um objectivo, analisar o fenómeno e o processo, definir um plano de acção e executá-lo, verificar a eficácia da acção comparando-a com o objectivo a atingir e padronizar. A uniformização do processo permitiu implementar acções que visaram a eliminação de desperdício na produção e a criação de valor na empresa.

Pode concluir-se que todos os problemas identificados no decorrer do projecto motivaram análises detalhadas que resultaram em propostas de melhoria. Praticamente todas as soluções propostas foram implementadas no *Gemba* quase que imediatamente, o que permite dizer que foram validadas com sucesso, pois obtiveram-se ganhos imediatos nos postos de trabalho, nas condições de trabalho dos operadores e nos tempos de ciclo por unidade. Contudo, devido à limitação da duração do projecto as soluções propostas no capítulo 5.2 ainda não se encontram em vigor. O que se pretende obter com estas propostas de melhoria é o equilíbrio da linha de montagem e a sua flexibilização.

É importante referir que até à data de escrita desta dissertação, não foi possível testar a linha de testes e desta forma não se sabe se representa alguma ameaça. No entanto, o tempo de ciclo médio planeado para cada estação da linha de testes é de 40 segundos o que permite concluir não se tratar de um *bottleneck* do processo. De igual realce é o facto de não ser possível divulgar a maior parte da documentação produzida ao longo deste projecto devido a regras de confidencialidade impostas pela empresa.

Um dos objectivos propostos para este projecto foi a formação dos operadores nos postos de trabalho, mas devido a atrasos com a implementação da linha, a formação dada foi insuficiente. Contudo, sugere-se que durante as próximas formações se mostre os benefícios da polivalência, pois a variação de tarefas faz com que estes não se sintam aborrecidos com o seu trabalho, o que poderia causar distração e afectar a normal cadência da linha, além disso motiva a entreatajuda no caso de alguém apresentar dificuldades para realizar uma dada tarefa ou até mesmo no caso de ser necessário substituir um operador. Sugere-se que se aplique a melhoria contínua às tarefas exercidas pelos operadores uma vez que é fundamental para incentivá-los aderir à mudança e que se exponha os resultados dos seus trabalhos para promover a vontade destes fazerem cada vez mais e melhor. É igualmente importante elaborar um plano de manutenção preventiva para os equipamentos, para que os operadores desenvolvam capacidades técnicas que lhes concedam a autonomia desejada.

Com a finalidade de dar continuidade à implementação realizada e uma vez que a comunicação é uma ferramenta fundamental para a melhoria contínua do processo, sugere-se a realização regular de auditorias 5S's para se obter uma adesão mais rápida por parte dos operadores. Desta forma, depois de se explicar ao operador o objectivo da auditoria, deve-se colocar questões para que estes se sintam motivados a colaborar na manutenção da organização, da limpeza e dos padrões de

trabalho criados. Todas as respostas/resultados devem ser registadas/os para serem analisadas/os e para se tornarem o ponto de partida para próximas auditorias.

Recomenda-se ainda rever regularmente o *FMEA* mesmo que não haja alterações, confrontando as falhas potenciais previstas com as que ocorrem no dia-a-dia, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas no documento e reavaliar com dados objectivos as já previstas.

Em suma, este projecto proporcionou a aquisição de conhecimentos essenciais para o estudo e implementação de uma linha de produção e conferiu à empresa a capacidade para responder às necessidades do mercado, no entanto, existem possibilidades para continuar a melhorar, mantendo o que foi feito e implementando novas ideias de melhoria contínua. Sendo este trabalho realizado com um grau elevado de estudo, espera-se que seja uma rampa de lançamento para desenvolvimentos futuros e que levem a Empresa a atingir níveis superiores de produção.

.

Referências

Chase, Richard B. (2004), “Operations management for competitive advantage”, 11.^a edição, ISBN: 0-07-121555-7.

Comunidade Lean Thinking (CLT) (2008), “A criação de valor através da eliminação do desperdício, ver em: <http://www.leanthinkingcommunity.org/> (consultado em Março de 2011).

Courtois, Alain, Martin-Bonnefous, Chantal e Pillet, Maurice (2007), “Gestão da Produção – Para uma gestão industrial ágil, criativa e cooperante”, Lidel – edições técnicas, lda., Lisboa.

Liker, J. K. (2004), “The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer”, Madison, WI, McGraw-Hill.

Melton, T. (2005), “The Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries”, MIME Solutions Ltd, Chester, UK, Junho de 2005.

Womack, J. P. e Jones, D. T. (1996), “Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your placa base corporation”, Simon & Schuster, New York.

Womack, J. P., Jones, D. T. e Roos D., (1990), “The Machine That Changed the World”, Free Press, New York.

Ohno, T. (1997), “O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala”, Porto Alegre, Bookman.

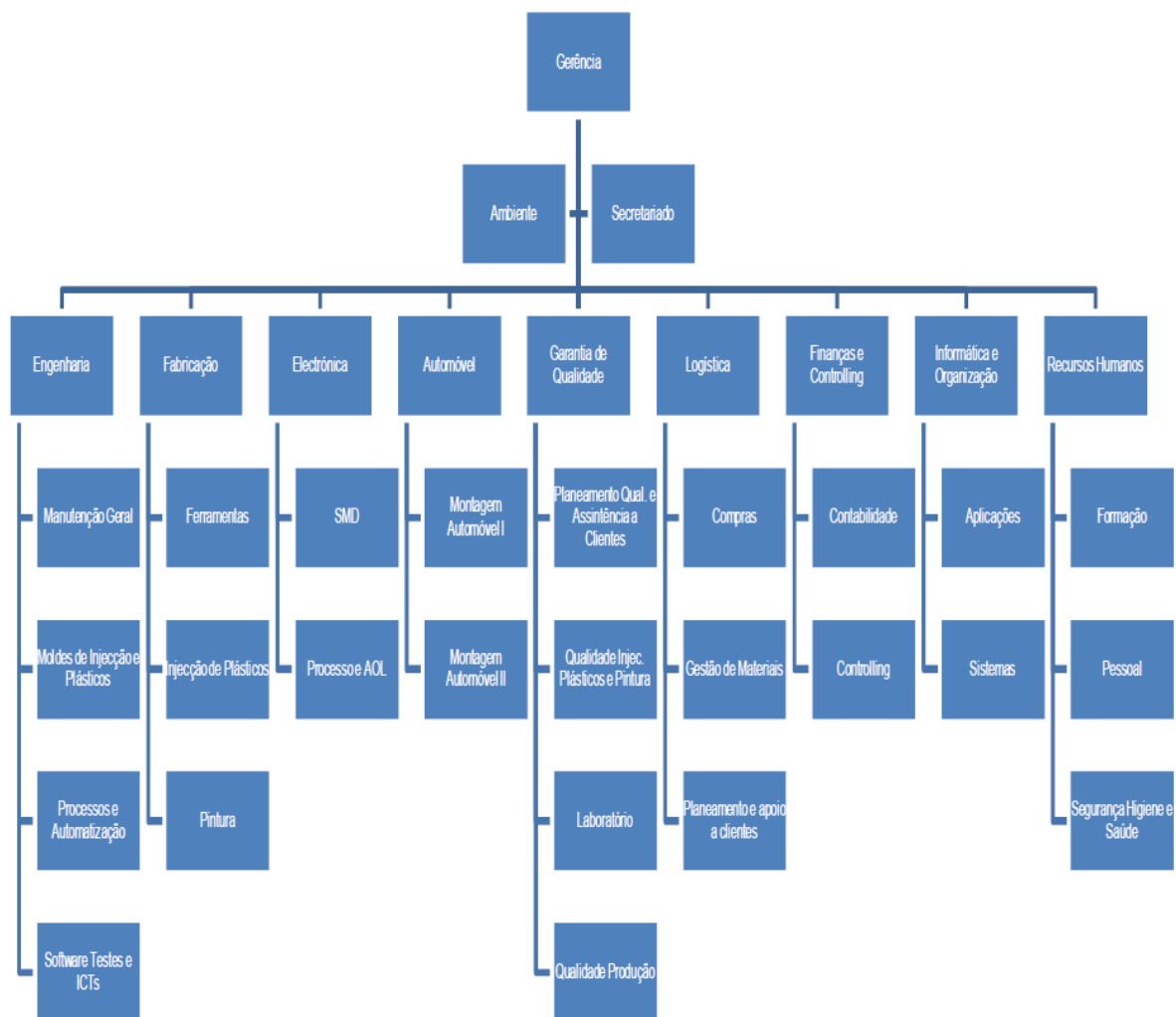
Pereira, Hermenegildo (2011), “Metodologia FMEA. Produto/Processo”, Março, Porto.

Pinto, João Paulo (2009), “Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras”, Lidel – edições técnicas, lda., Lisboa.

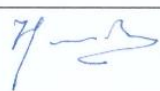
Strategos Inc. (2001), “Just in Time, Toyota Production & Lean Manufacturing, Origins & History of Lean Manufacturing”, 3916 Wyandotte, Kansas City Missouri, 64111 – 816.931.1414.

Suzaki, Kiyoshi (2010), “Gestão de operações Lean – Metodologias Kaizen para a melhoria contínua”, Edições Afrontamento, Porto.

ANEXO A: Organigrama da Preh Portugal



ANEXO B: Plano e Cronograma do projecto

MIEM_GP	PLANO DO PROJECTO	APROVAÇÃO		Edição nº 1
		Orientador FEUP	Orientador Empresa	Data: 2011.03.11
FEUP_DEIG	Implementação da linha de montagem do projecto AUDI - AU37X	Prof. Hermenegildo Pereira	José Cavaleiro	Revisão nº
				Data:
				Pág. 1/6



Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

Plano do Projecto

Tema: Implementação da linha de montagem do projecto AUDI – AU37X

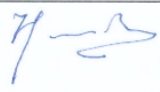
EMPRESA: Preh Portugal

Orientador: José Cavaleiro

Mestrado: Engenharia Mecânica opção de Gestão da Produção

Nome do Aluno: Liliana Filipa Cardoso Ferreira

Orientador FEUP: Hermenegildo Pereira

MIEM_GP	PLANO DO PROJECTO	APROVAÇÃO		Edição nº 1
		Orientador FEUP	Orientador Empresa	Data: 2011.03.11
FEUP_DEIG	Implementação da linha de montagem do projecto AUDI - AU37X	Prof. Hermenegildo Pereira	José Cavaleiro	Revisão nº
				Data:
				Pág. 2/6

Índice

1 – Finalidade

2 – Objectivos do projecto

3 – Fontes de informação

4 – Histórico e/ou diagnóstico

5 – Metodologias a utilizar

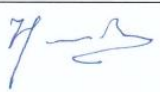
6 – Desenvolvimento e monitorização

7 – Requisitos técnicos de “input” do projecto

8 – Requisitos técnicos de “output” do projecto

9 – Validação do projecto

Anexo: Cronograma do Projecto

MIEM_GP	PLANO DO PROJECTO	APROVAÇÃO		Edição nº 1
		Orientador FEUP	Orientador Empresa	Data: 2011.03.11
FEUP_DEIG	Implementação da linha de montagem do projecto AUDI - AU37X	Prof. Hermenegildo Pereira	José Cavaleiro	Revisão nº
				Data:
				Pág. 3/5

1 - Finalidade

Elaborar e fundamentar a dissertação de mestrado.

2 - Objectivos do projecto

2.1 - Analisar o planeamento do processo e os postos de trabalho da linha de montagem AU37X, implementando com metodologia 5S's e:

- Balanceamento da linha de montagem;
- Dimensionamento dos Bordos de Linha;
- Formação específica nos postos de trabalho;
- Preparação da linha para o início de produção em série;

Propondo:

- Acções e regras que melhorem o fluxo de produção e o fluxo de materiais;
- Acções de melhoria que visem a eliminação de tempos improdutivos;
- Redução do desperdício / Ganhos de produtividade

Registando a evolução verificada.

2.2 - Elaboração da documentação de processo:

- Instruções de trabalho;
- Caderno de encargos;
- Layout;
- Fluxogramas;
- Lista de peças;
- Folhas de auto-controlo.

2.3 - Completar e actualizar o documento do planeamento do processo. Apresentar sugestões para melhorar o documento de forma a adaptá-lo à realidade actual tornando-o mais simples.

3 - Fontes de informação

- Engenheiros de processo;
- Líder de projecto;
- Fornecedores;
- Normas;
- Tabelas;

MIEM_GP	PLANO DO PROJECTO	APROVAÇÃO		Edição nº 1
		Orientador FEUP	Orientador Empresa	Data: 2011.03.11
FEUP_DEIG	Implementação da linha de montagem do projecto AUDI - AU37X	Prof. Hermenegildo Pereira	José Cavaleiro	Revisão nº
				Data:
				Pág. 4/5

4 - Histórico e/ou diagnóstico

- Análise do planeamento do processo do projecto AU37x;
- Identificação de alterações do produto entre a fase de planeamento e a fase de implementação;
- Identificação de alterações em sequência, tarefas, fluxo e tempos;
- Análise do layout e fluxograma tendo em consideração o balanceamento da linha;
- Análise do processo FMEA para realizar os cadernos de encargos e as instruções de trabalho.

5 - Metodologias a utilizar

- Planeamento do processo Standard Preh;
- Cálculo da eficiência do planeamento;
- Análise de tempos e métodos;
- Os sete Muda;
- Bibliografia

6 - Desenvolvimento e monitorização

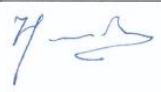
- Avaliação semanal com orientador da PREH;
- Apresentação mensal da evolução do trabalho a todos os Engenheiros de processo;
- Pontos de situação com os orientadores do projecto e da dissertação;
- Apresentação final ao gerente técnico.

7 - Requisitos técnicos de “input” do projecto

- Previsão anual requerida pela AUDI: Takt Time;
- Características dos equipamentos previstos, em construção;
- Processo FMEA;
- Know-how Preh;
- Lições aprendidas noutros projectos;
- Operadoras especializadas.

8 - Requisitos técnicos de “output” do projecto

- Instruções de trabalho e cadernos de encargos para a construção dos equipamentos;
- Fluxograma optimizado da linha de montagem e da linha de testes;
- Fluxograma optimizado dos componentes desde a entrada até à saída;
- Frequência optimizada do comboio logístico;
- Layout optimizado;
- Balanceamento da linha do projecto AU37x.
- Adaptação dos postos de trabalho;
- Operadoras sem tempos improdutivos;

MIEM_GP	PLANO DO PROJECTO	APROVAÇÃO		Edição nº 1
		Orientador FEUP	Orientador Empresa	Data: 2011.03.11
FEUP_DEIG	Implementação da linha de montagem do projecto AUDI - AU37X	Prof. Hermenegildo Pereira	José Cavaleiro	Revisão nº
				Data:
				Pág. 5/5

9 - Validação do projecto

Seleção de indicadores e metas:

- Eficiência;
- WIP;
- Tempo de ciclo;
- Standard work;
- Redução do tempo de manuseamento de materiais;
- Diferença entre tempo máquina e tempo operador;
- Espaços percorridos pelo operador;

Resultados da implementação das acções

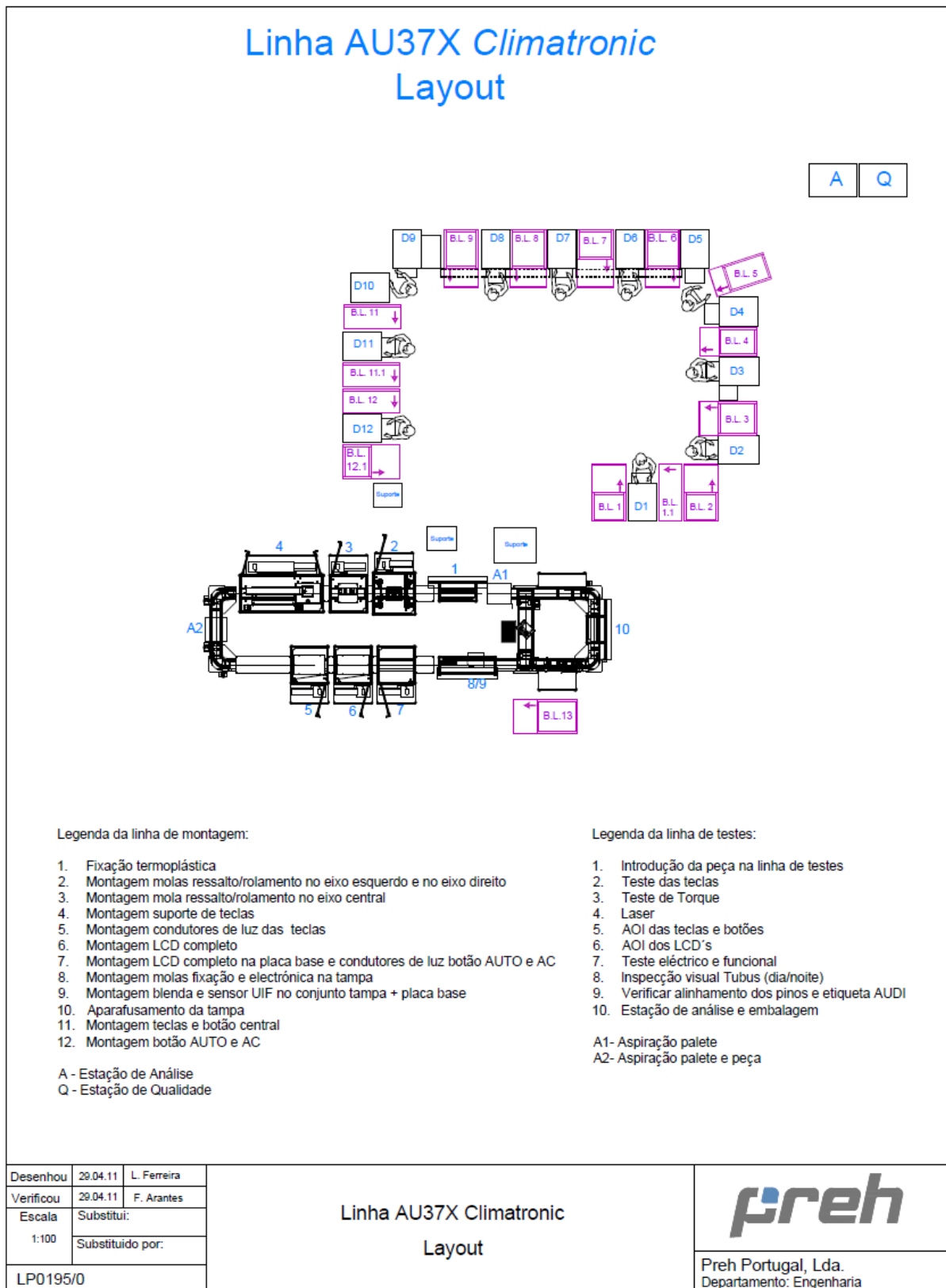
Reportar o projecto e os resultados na dissertação do mestrado.

Anexo: Cronograma do Projecto

MIEM_GM	CRONOGRAMA DO PROJECTO	APROVAÇÃO		EDIÇÃO Nº 1	DATA: 2011.03.11
		Orientador FEUP	Orientador EMPRESA	REVISÃO Nº	DATA:
FEUP_DEIG	Implementação da linha de montagem do projecto AUDI - AU37X	Prof. Hermenegildo Pereira	Eng. José Cavaleiro		
	ANEXO AO PLANO DO PROJECTO			ELABORADO ▶	Liliana Ferreira Pág. 1 de 1

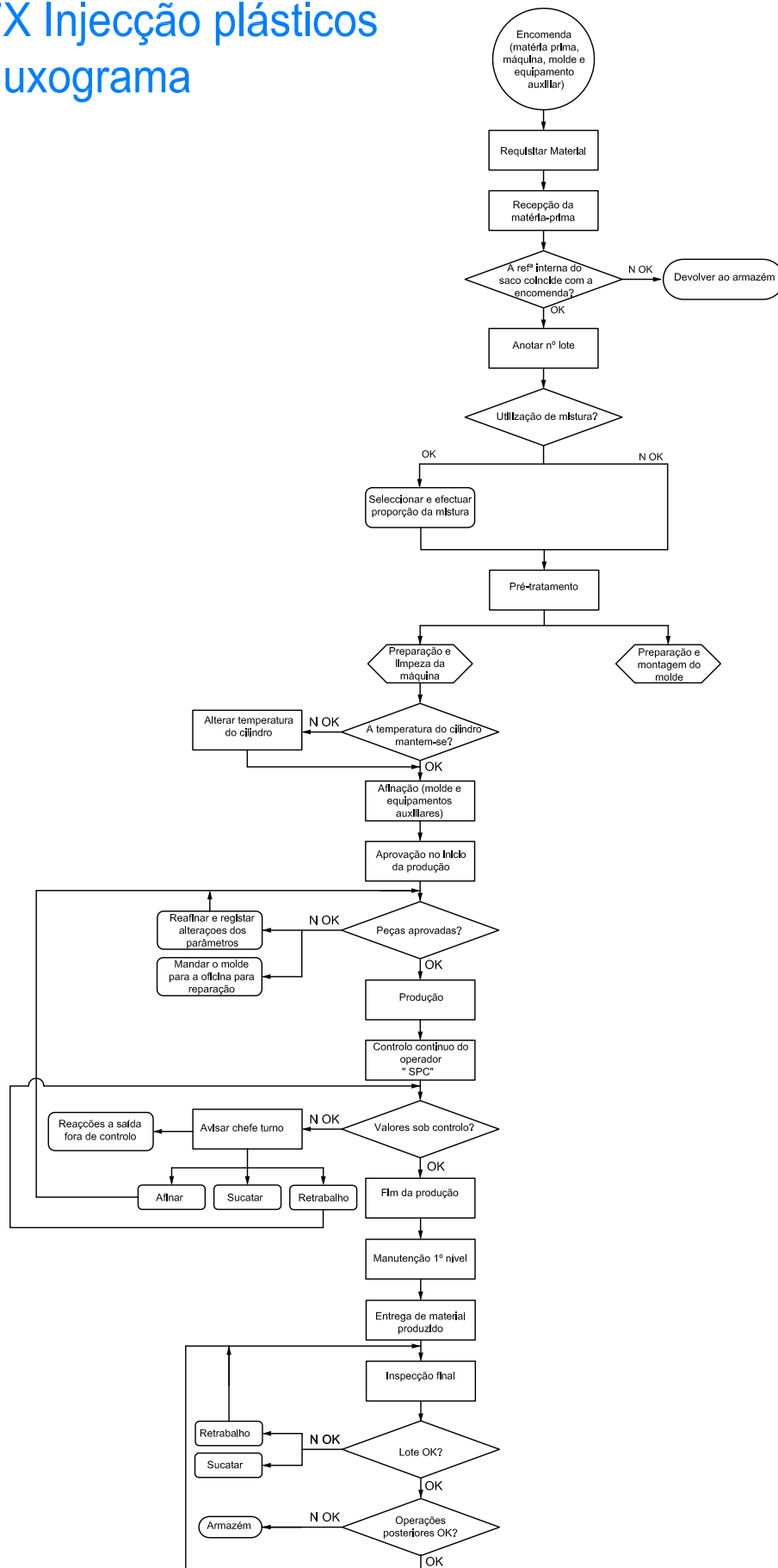
Semana n° 2011	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
-------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Código	Acção / Designação												Participantes	Data Fecho	IMPLEMENTADO		VALIDAÇÃO					
															Não	Sim						
A	Planeado	Analisar o planeamento do processo e os postos de trabalho da linha de montagem												LF				X	RELATÓRIO			
	Realizado														Rubrica:							
B	Planeado	Balanceamento da linha de montagem com aplicação da metodologia 5S's												LF				X	REGISTO "STANDARD WORK"			
	Realizado														Rubrica:							
C	Planeado	Dimensionamento dos Bordos de Linha e validação do fluxo de materiais												LF				X	"LAYOUT" / FLUXO			
	Realizado														Rubrica:							
D	Planeado	Preparação da linha para início de produção em série e validação de "Layout"												LF				X	"LAYOUT" / FLUXO			
	Realizado														Rubrica:							
E	Planeado	Formação específica de operadoras nos postos de trabalho												LF		X		TABELA POLIVALÊNCIA				
	Realizado														Rubrica:							
F	Planeado	Elaborar documentação de processo: fluxogramas montagem AU37x manual, testes AU37x e fluxo dos materiais; lista de peças; cadernos de encargos; instruções de trabalho; folhas de auto-controlo												LF				X	APROVAÇÃO DOCUMENTOS			
	Realizado														Rubrica:							
G	Planeado	Melhoria com redução de desperdício e ganhos de produtividade												LF				X	INDICADORES RESULTADOS			
	Realizado				X	X	X	X	X	X	X	X	X		Rubrica:							
H	Planeado	Completar e actualizar o documento do planeamento do processo												LF				X	PROPOSTA SIMPLIFICADORA			
	Realizado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		Rubrica:							
I	Planeado	Reuniões de ponto de situação com os orientadores do projecto e da dissertação												LF / HP / JC / EP					ACTAS DE REUNIÃO			
	Realizado	1ªR																				
J	Planeado	Elaboração e apresentação da dissertação												LF					versão provisória(Draft)			
	Realizado																2011.06.17					
																	2011.07.01					
SIGLAS		HP – Prof. Hermenegildo Pereira / Orientador FEUP JC – Eng. José Cavaleiro / Orientador Empresa EP – Engenheiros do Processo LF – Liliana Ferreira / Aluna																			2011.07.11 2011.07.15	Apresentação e avaliação da Tese de Mestrado

ANEXO C: Layout da linha de montagem e da linha de testes do projecto AU37X

Linha AU37X Injecção plásticos

Fluxograma



Desenhou	31.03.11	L. Ferreira
Verificou	31.03.11	C. Coelho
Escala	Substituí;	
	Substituído por:	
FP0202/0		

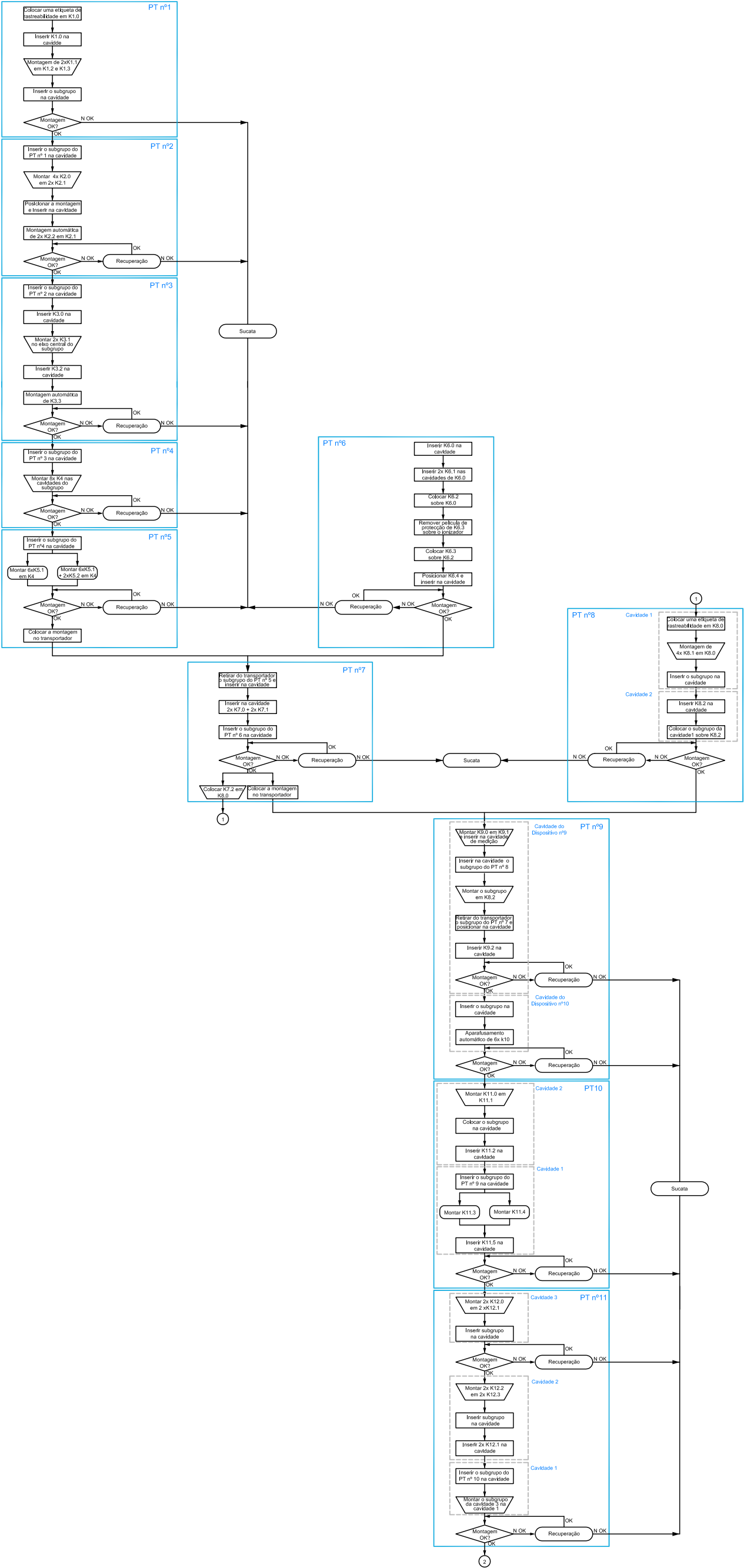
linha AU37X Injecção Plásticos

Fluxograma

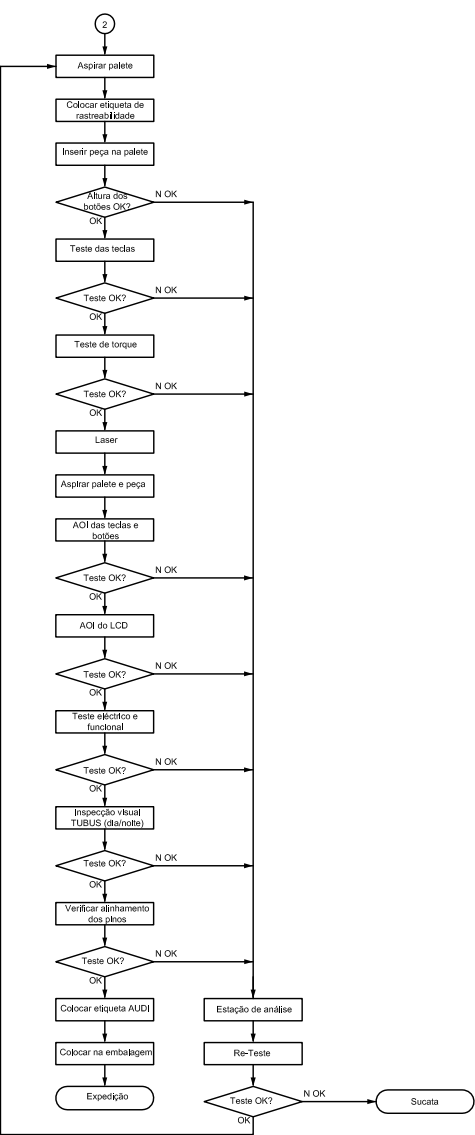


Preh Portugal, Lda.
Departamento: Engenharia

Fluxograma
Linha de Montagem AU37X Climatronic



Fluxograma
Linha de Testes AU37X Climatronic



- Legenda:**
- PT nº 1 -** Fixação Termoplástica (D1)
- K1.0 - Guiding frame
K1.1 - Housing rotary knob right
K1.2 - Housing rotary knob left
K1.3 - Painted ring left and right
- PT nº 2 -** Montagem das molas ressaão e do rolamentos nos eixos dos botões AUTO e AC (D2)
- K2.0 - Detent spring rotary knob
K2.1 - Axis with magnet
K2.2 - Ball bearing rotary knob
- PT nº 3 -** Montagem da mola ressaão e do rolamento no eixo do botão Blower (D3)
- K3.0 - Light guide middle
K3.1 - Detent spring rotary knob
K3.2 - Knob bottom part rotary magnet
K3.3 - Ball bearing rotary knob
- PT nº 4 -** Montagem do suporte de teclas (D4)
- K4.0 - Knob bottom part 1
K4.1 - Knob bottom part 2
K4.2 - Knob bottom part 3
K4.3 - Knob bottom part 4
K4.4 - Knob bottom part 5
K4.5 - Knob bottom part 6
K4.6 - Knob bottom part 7
K4.7 - Knob bottom part 8
- PT nº 5 -** Montagem dos condutores de luz das teclas (D5)
- K5.1.0 - Light guide 2
K5.1.1 - Light guide 3
K5.1.2 - Light guide 4
K5.1.3 - Light guide 5
K5.1.4 - Light guide 6
K5.1.5 - Light guide 7
K5.2.0 - Light guide 1
K5.2.1 - Light guide 8
- PT nº 6 -** Montagem do LCD completo (D6)
- K6.0 - Frame light guide box
K6.1 - Conductive rubber
K6.2 - Scattered film
K6.3 - LCD with protective foil
K6.4 - Plate frame
- PT nº 7 -** Montagem do LCD completo na placa e dos condutores de luz dos botões AUTO e AC (D7)
- K7.0 - Light guide blue
K7.1 - Light guide blue
- PT nº 8 -** Montagem das molas fixação e da electrónica na tampa (D8)
- K8.0 - Housing
K8.1 - Special springs
K8.2 - PCB
- PT nº 9 -** Montagem da blenda e do sensor UIF no conjunto tampa + placa base (D9)
- K9.0 - UIF Sensor
K9.1 - UIF Isolation
K9.2 - Face plate
K9.3 - Sealing lip
- Aparafusamento automático da tampa (D10)
- K10 - Screws
- PT nº 11 -** Montagem das teclas e do botão Blower (D11)
- K11.0 - Ring small
K11.1 - Design ring rotary knob middle
K11.2 - Upper part rotary knob middle
K11.3 - Knob set upper part (versão completa)
K11.4 - Knob set upper part (versão extra)
K11.5 - Silicone ring
- PT nº 12 -** Montagem dos botões AUTO e AC (D12)
- K12.0 - Ring big
K12.1 - Design ring rotary knob
K12.2 - Light guide rotary knob
K12.3 - Knob button-part rotary knob
K12.4 - Upper part rotary knob
- Nota:** PT - Posto de Trabalho
D - Dispositivo

Desenhou	29.04.11	L. Ferreira
Verificou	29.04.11	F. Arantes
Escala		Substituído por:
FP0195/0		

Linha AU37X Climatronic
Fluxograma



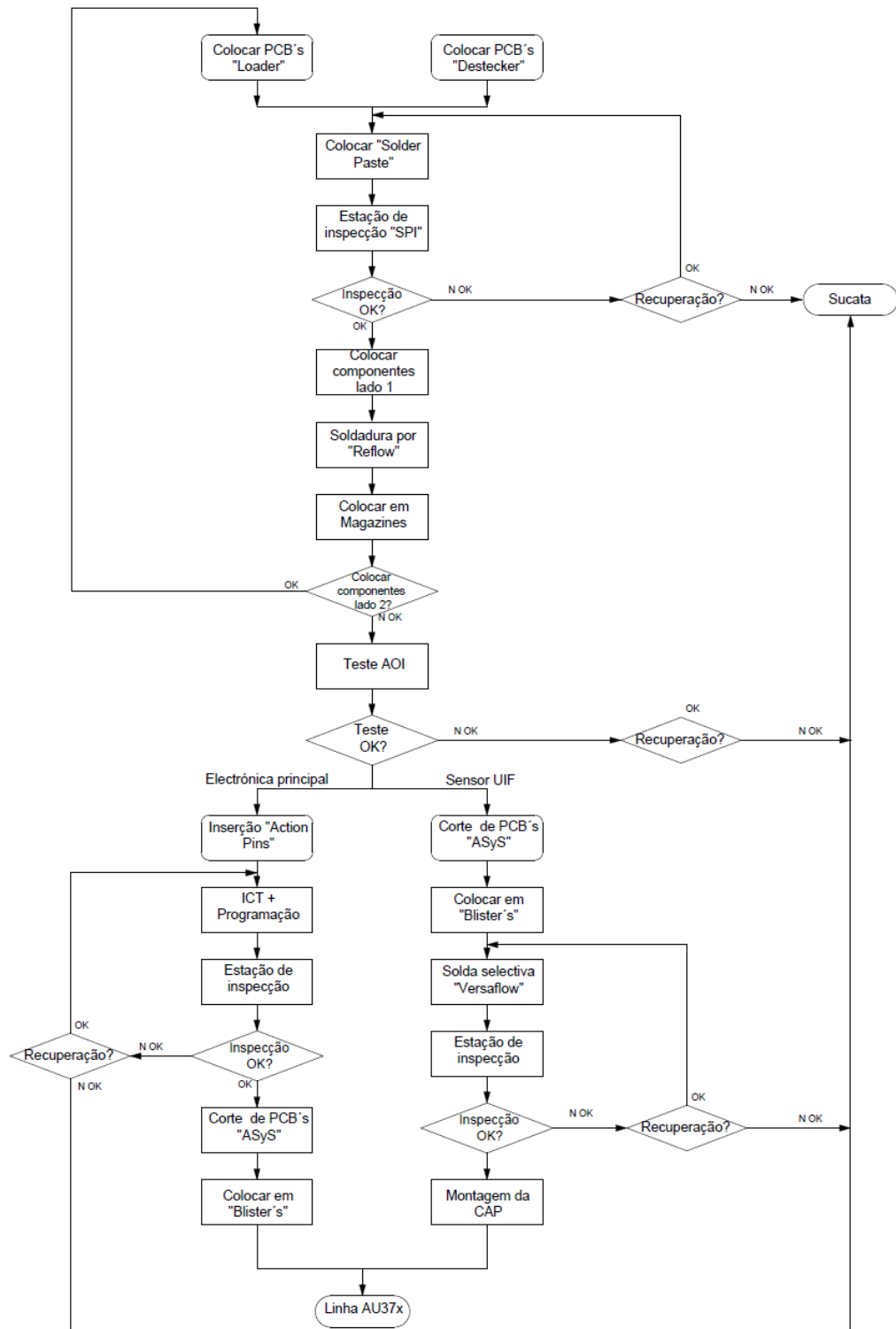
Preh Portugal, Lda.
Departamento: Engenharia

ANEXO D: Fluxogramas do processo de montagem AU37X

✓ *Fluxograma da linha de montagem e da linha de testes AU37X climatronic*

✓ Fluxograma do processo de montagem da electrónica

Fluxograma Linha AU37X Montagem Electrónica



Desenhou	30.03.11	L. Ferreira
Verificou	30.03.11	A. Ribeiro
Escala	Substitui:	
	Substituido por:	
FP0200/0		

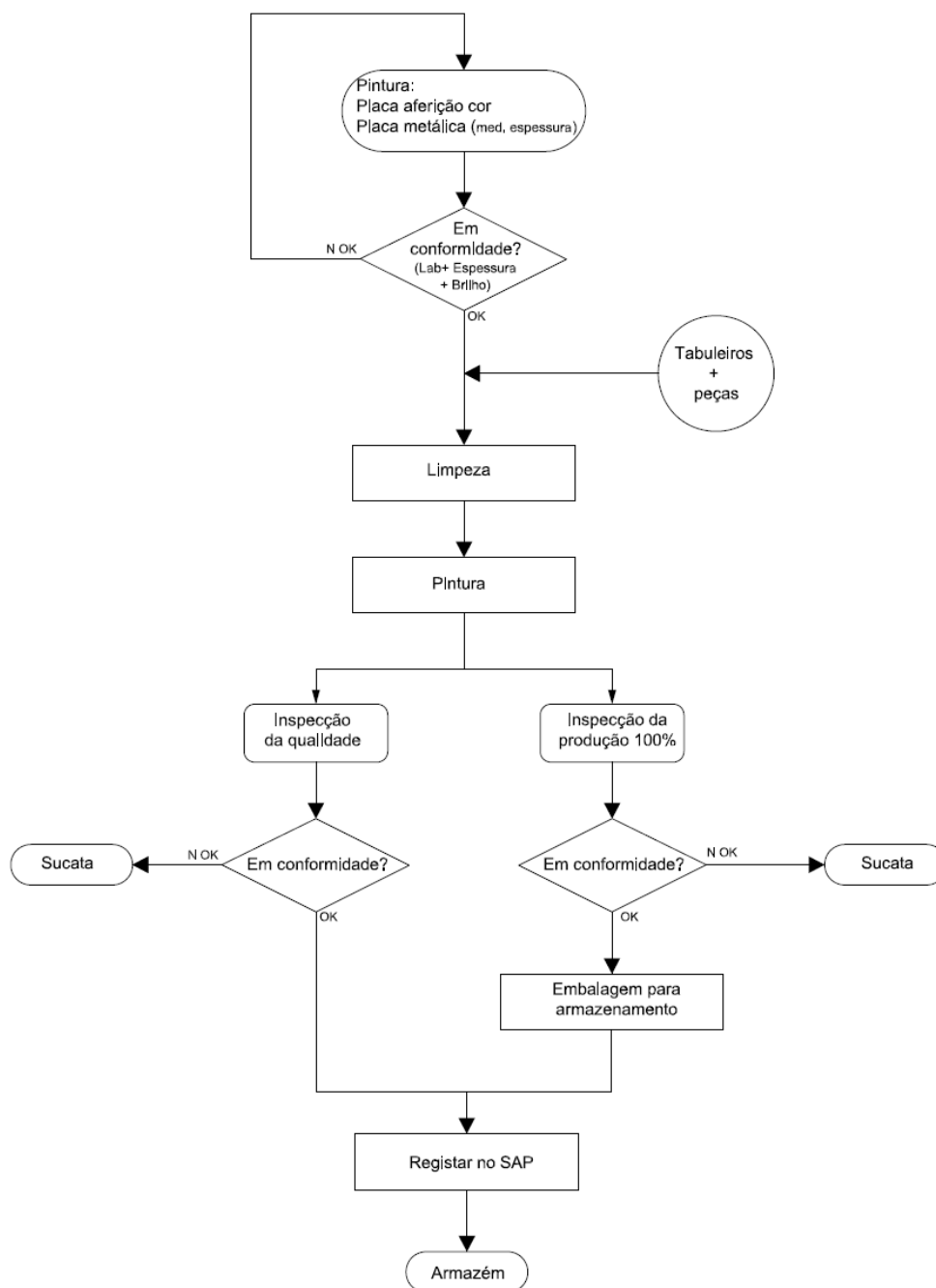
Linha AU37X Montagem electrónica
Fluxograma



Preh Portugal, Lda.
Departamento: Engenharia

✓ Fluxograma da pintura dos componentes

Fluxograma Linha AU37X Pintura



Desenhou	30.03.11	L. Ferreira
Verificou	30.03.11	C. Fala
Escala	Substituído por:	
	Substituído por:	
FP0201/0		

Linha AU37X Pintura
Fluxograma



Preh Portugal, Lda.
Departamento: Engenharia

✓ *Fluxograma da injeção dos componentes*

ANEXO E: Caderno de encargos para a construção dos bordos de linha

Página 1/2

CADERNO DE ENCARGOS SPECIFICATIONS	Nome: / Name: BORDO DE LINHA	Data: / Date: 12-05-2011 Revis. # 1 : Revis. # 2 :	
---	---	---	---

Prazo de entrega: / Delivery date:
Semana:

- As medidas *standard* para a construção dos bordos de linha são expostas nas tabelas seguintes:

Tabela 1

Tabela 1				
Tipo	Prateleira	Altura do chão à prateleira [mm]	Profundidade [mm]	Altura [mm]
Linear	Nível 1	750*	1200	1700
	Nível 2	**	1100	
	Nível 3	**	1000	
	Retorno	***		
“L”	1	1060	1200	1700
	2	1700		

*medida ergonómica recomendada (e apta para receber o tapete rolante)

**depende dos valores da 2ª coluna da tabela 2

***altura variável consoante o número de prateleiras

Tabela 2

Dimensão da caixa [mm] (LxPxA)	Altura entre prateleiras [mm] (min-max)	Profundidade zona de <i>Picking</i> [mm] (min-max)
300x400x220	280 - 320	400 - 600
400x300x220		300 - 400
600x400x220		400 - 600
400x600x220		600
210x350x145	195 - 245	350 - 400
400x300x120	170 - 220	300 - 400
147x230x132	185 - 245	230 - 400
102x145x77	130 - 180	145 - 200
102x90x54	105 - 160	90 - 200

- Material a usar:
- (1) Perfil 40x40 (devido às dimensões dos bordo linha esta medida confere estabilidade)
Opção: tubagem
 - (2) Calha de roletes ESD;
 - (3) Guias plásticas ESD;
 - (4) Rodas ESD de diâmetro 75 mm.
- Condições:
- (5) Estrutura flexível e facilmente adaptável (alturas ajustáveis);
 - (6) Retorno próprio em cada BL do tipo linear;
 - (7) Zona própria de *picking*;
 - (8) Base coberta com uma chapa;
 - As caixas para componentes de maiores dimensões devem ficar nos níveis inferiores.

Nas figuras seguintes pode-se visualizar os dois tipos de bordos de linha referidos.

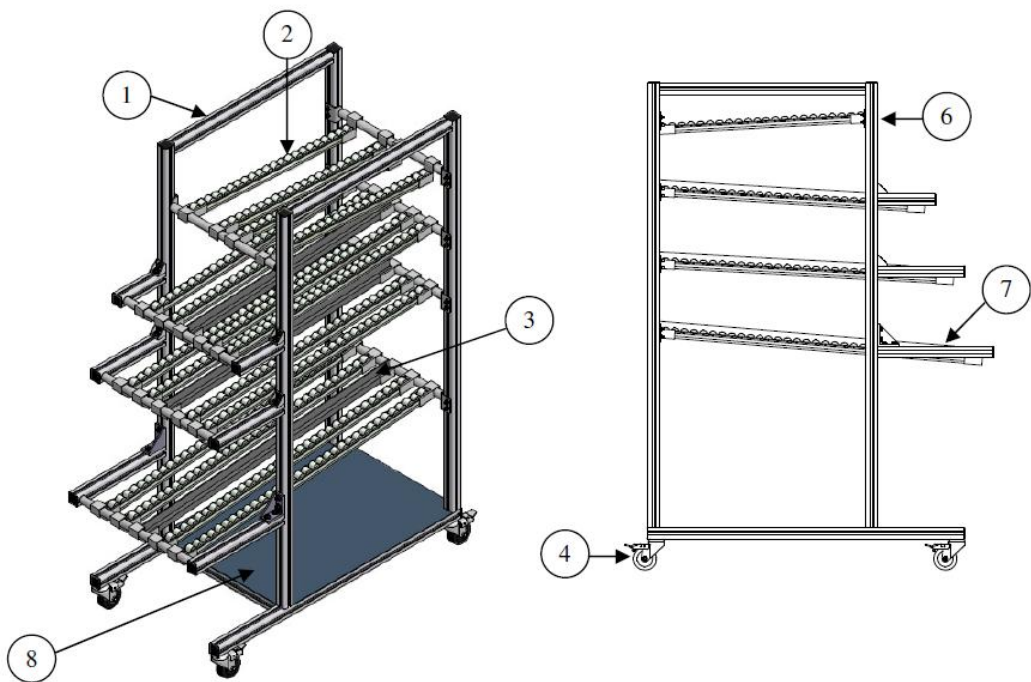


Figura 1- Bordo de linha do tipo linear

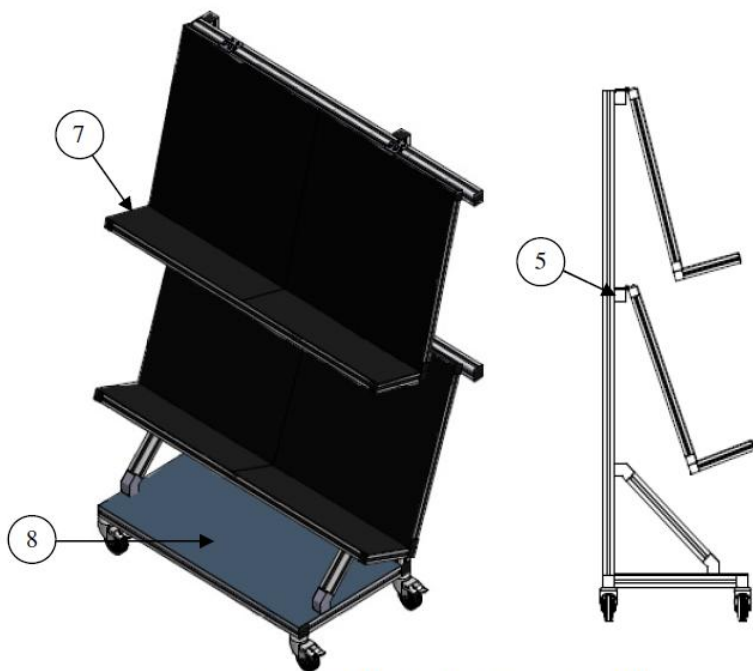


Figura 2 - Bordo de linha do tipo “L”

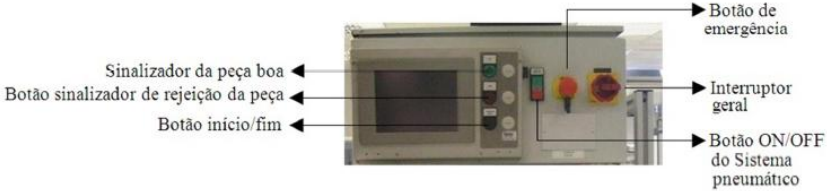
VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO

_____/_____/____

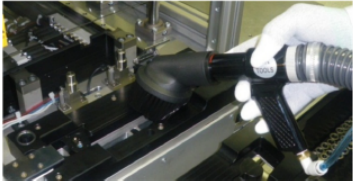
ANEXO F: Folha *Standard* para dimensionamento dos bordos de linha

BORDER OF LINE AUDI AU37X																	preh	
Ciclo Mizusumashi, min (entre 20' a 60')		40																
Nº. de peças a produzir na linha por hora		74																
Nº. peças a abastecer no ciclo do Mizu		49																
DESIGNAÇÃO DO COMPONENTE	FACTOR INC.	COMPONENTES ALTERNATIVOS COM POSIÇÃO COMUM NO BL	POSIÇÃO DA ESTANTE NO POSTO DE TRABALHO			TIPO DE ESTANTE		CAIXA DO COMPONENTE			CÁLCULO AUTOMÁTICO				LOCALIZAÇÃO BORDO DE LINHA			
			LADO ESQUERDO	CENTRO	LADO DIREITO	Linear	"L"	DIMENSÃO [mm]	TIPO	QUANTIDADE POR CAIXA	AUTONOMIA (ciclos/caixa)	ROTAÇÃO DE CAIXAS (caixas/ciclo)	NÚMERO DE CAIXAS NO BORDO DE LINHA	NÚMERO TOTAL DE CAIXAS NECESSÁRIAS	ESTANTE	NÍVEL	POSIÇÃO	
Work Station 1: Hot Stamping Device																		
Guiding frame	1				D	L		600x400x220	Caixa ESD plástica	100	2,0	0,5	2	2	1	1	1	
Hausing rotary knob right	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	150	3,1	0,3	2	2	1	2	1	
Hausing rotary knob left	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	150	3,1	0,3	2	2	1	2	2	
Painted ring left and right	2		E				E	600x600x65	Tabuleiro de Pintura	240	2,4	0,4	2	2	1.1	1	1	
Work Station 2: Assembly detent spring left and right																		
Detent spring rotary knob	4				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	2000	10,2	0,1	2	2	2	2	1	
Ball bearing rotary knob	2				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	1000	10,2	0,1	2	2	2	2	2	
Axle with magnet	2				D	L		350x260x10	Blister em plástico	900	9,2	0,1	2	2	2	1	1	
Work Station 3: Assembly detent spring middle																		
Detent spring rotary knob	2				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	2000	20,4	0,0	2	2	3	1	2	
Knob bottom part rotary with magnet	1				D	L		350x260x10	Blister em plástico	300	6,1	0,2	2	2	3	1	1	
Ball bearing rotary knob	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	1000	20,4	0,0	2	2	3	2	2	
Light guide middle	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	500	10,2	0,1	2	2	3	2	1	
Work Station 4: Assembly silicon rings & under parts																		
Knob bottom part 1	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	600	12,2	0,1	2	2	4	1	1	
Knob bottom part 2	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	300	6,1	0,2	2	2	4	3	1	
Knob bottom part 3	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	300	6,1	0,2	2	2	4	3	2	
Knob bottom part 4	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	300	6,1	0,2	2	2	4	3	3	
Knob bottom part 5	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	300	6,1	0,2	2	2	4	2	1	
Knob bottom part 6	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	300	6,1	0,2	2	2	4	2	2	
Knob bottom part 7	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	300	6,1	0,2	2	2	4	2	3	
Knob bottom part 8	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	600	12,2	0,1	2	2	4	1	2	
Work Station 5: Assembly push caps light guides																		
Light guide 1	1	X			D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	1200	24,5	0,0	2	2	5	1	1	
Light guide 8	1	X			D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	1200	24,5	0,0	2	2	5	1	2	
Light guide 2	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	5	3	1	
Light guide 3	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	5	3	2	
Light guide 4	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	5	3	3	
Light guide 5	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	5	2	1	
Light guide 6	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	5	2	2	
Light guide 7	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	5	2	3	
Work Station 6: Assembly LCD complete																		
Frame light guide box	1				D	L		400x300x205	Caixa ESD plástica	200	4,1	0,2	2	2	6	1	1	
LCD with protective foil	1				D	L		370x285x60	Blister em plástico	110	2,2	0,4	2	2	6	2	1	
Scattered film	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	900	18,4	0,1	2	2	6	3	2	
Conductive rubber	2				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	900	9,2	0,1	2	2	6	3	1	
Platte frame	1				D	L		350x210x145	Caixa ESD plástica	100	2,0	0,5	2	2	6	2	2	
Work Station 7: Assembly LCD complete in Fuehrungsrahmen																		
Light guide red	2				D	L		400x300x220	Clarificar com PD	300	3,1	0,3	2	2	7	1	1	
Light guide blue	2				D	L		400x300x220	Clarificar com PD	300	3,1	0,3	2	2	7	1	2	
Sealing lip	1				D	L		230x147x133	Caixa ESD plástica	600	12,2	0,1	2	2	4	2	1	
Work Station 8: Assembly springs to cover and electronic to cover																		
Special springs	4				D	L		230x147x132	Caixa ESD plástica	900	4,6	0,2	2	2	8	1	1	
Housing	1				D	L		600x400x210	Caixa ESD plástica	100	2,0	0,5	2	2	8	1	2	
PCB	1				D	L		600x400x10	Blister em ESD	18	0,4	2,7	6	7	8	2	1	
Work Station 9: Assembly Fuehrungsrahmen and Blenda in cover																		
Face plate	1				D	L		400x300x205	Caixa EPS	100	2,0	0,5	2	2	9	1	1	
UIF sensor	1			C				600x400x300	Blister Plástico	140	2,9	0,4	2	2	-	-	-	
UIF Isolation	1				D	L		230x147x132	Caixa ESD Plástica	900	18,4	0,1	2	2	9	1	2	
Work Station 10: Screw housing																		
Screws	6			C		-	-	400x300x220	Caixa ESD Plástica	5000	17,0	0,1	2	2	-	-	-	
Work Station 11: Assembly caps and middle rotary button																		
Knob set upper part, ref.# A/	1	X			D		D	600x600x65	Tabuleiro de pintura	36	0,7	1,4	3	4	11.1	1	1	
Knob set upper part, ref.# B/	1	X			D		D	600x600x65	Tabuleiro de pintura	36	0,7	1,4	3	4	11.1	1	1	
Silicone ring	1			C				230x147x132	Caixa ESD	900	18,4	0,1	2	2	11	-	-	
Ring small	1		E				E	600x600x65	Tabuleiro de pintura	420	8,6	0,1	2	2	11	2	1	
Design ring rotary knob middle	1		E				E	600x400x83	Tabuleiro EPS	420	8,6	0,1	2	2	11	2	2	
Upper part rotary knob middle	1				D		D	600x600x65	Tabuleiro de pintura	840	17,1	0,1	2	2	11	1	1	
Work Station 12: Assembly left and right rotary chrome button																		
Ring big	2				D		D	600x600x65	Tabuleiro de pintura	288	2,9	0,3	2	2	12	1	1	
Design ring rotary knob	2						L	600x400x83	Tabuleiro	288	2,9	0,3	2	2	12.1	2	1	
Knob button-part rotary knob	2		E				L	400x300x220	Caixa ESD Plástica	600	6,1	0,2	2	2	12.1	1	1	
Upper part rotary knob	2				D		D	600x600x65	Tabuleiro de pintura	648	6,6	0,2	2	2	12	2	1	
Light guide rotary knob	2		E				L	400x300x220	Caixa ESD Plástica	1200	12,2	0,1	2	2	12.1	1	2	

ANEXO G: Exemplo de uma instrução de trabalho

Instrução de trabalho Linha de montagem AU37X Climatronic							
CLIENTE: REFERÊNCIA: LUGAR DE TRAB: OPERAÇÃO 1: COMPONENTES: EQUIPAMENTO: PROCESSO:	AUDI A B Posto de trabalho nº 9 Montagem blenda e sensor UIF no conjunto tampa e placa base. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">1x K9.0 UIF sensor</td> <td style="padding: 2px;">Referência</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1x K9.1 UIF Isolation</td> <td style="padding: 2px;">Referência</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1x K9.1 Face plate</td> <td style="padding: 2px;">Referência</td> </tr> </table> Dispositivo Nº X 1. A operadora liga a máquina (Interruptor geral).	1x K9.0 UIF sensor	Referência	1x K9.1 UIF Isolation	Referência	1x K9.1 Face plate	Referência
1x K9.0 UIF sensor	Referência						
1x K9.1 UIF Isolation	Referência						
1x K9.1 Face plate	Referência						
							
VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO _____ / ____ / ____							

Página 1 de 6

Instrução de trabalho Linha de montagem AU37X Climatronic	
2. Ao iniciar o programa terá de fazer <i>login</i> . NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA 3. Seleccionar a referência a produzir e ligar o ar comprimido (botão ON do sistema pneumático). NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA	4. Antes de iniciar a montagem dos componentes tem de aspirar a zona de trabalho.  5. No LCD seleccione o botão iniciar. Caso se trate do primeiro ciclo, testar amostra OK e amostra NOK. 6. Efectuar a pré montagem do sensor UIF na borracha (<i>UIF Isolation</i>) e inserir na cavidade auxiliar para posterior medição. <i>As duas luzes devem acender.</i> NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA
VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO _____ / ____ / ____	

Instrução de trabalho Linha de montagem AU37X Climatronic	
7. Inserir na cavidade o subgrupo proveniente do dispositivo nº 8 (tampa + PCB). Pressionar pedal para continuar. NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA 8. Efectuar a ligação do sensor UIF, já montado na borracha, ao PCB, como mostra a figura abaixo. NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA	9. Retirar do transportador o subgrupo proveniente do dispositivo nº 7 (placa base + LCD) e posicionar sobre o subgrupo anterior, como mostra a figura abaixo. ➤ Pegar na placa base pelos seus lados, de forma a não danificar a superfície de alto brilho. NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA 10. Pressionar pedal para continuar 11. Posicionar correctamente o conjunto sensor + borracha UIF na placa base. NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA
VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO _____ _/ _/ _ _____ _/ _/ _	

Página 3 de 6

Instrução de trabalho Linha de montagem AU37X Climatronic	
11. Pressionar o pedal para a câmara verificar se o sensor UIF foi correctamente montado. 12. Colocar a blenda (<i>face plate</i>) na cavidade como mostra a figura abaixo. NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA 13. Pressionar o pedal e a mesa de trabalho vai para dentro do dispositivo para garantir a correcta montagem dos subgrupos. ➤ Enquanto o dispositivo trabalha, efectuar a etapa 6.	NÃO É POSSÍVEL MOSTRAR A FIGURA 14. Caso a peça esteja numa posição OK, recua a mesa e liberta a peça. ➤ Neste caso, colocar a peça na cavidade do dispositivo nº 10. ➤ Caso NOK, bloqueia a mesa, e pede confirmação de erro. ➤ Caso o erro não seja recuperável colocar a peça na caixa de material não conforme.
VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO _____ _/ _/ _ _____ _/ _/ _	

Página 4 de 6

Instrução de trabalho
Linha de montagem AU37X Climatronica

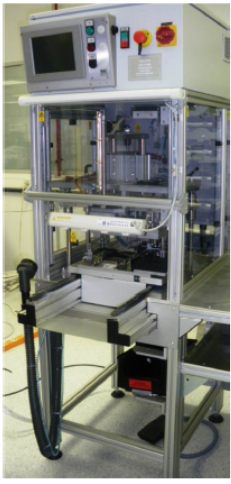
VERIFICAÇÃO: 	✓ Teste ao dispositivo com as amostras de trabalho, ✓ Superfície de alto brilho isenta de riscos/marcas, ✓ Correcta posição do eixo central, ✓ Correcta ligação entre o sensor UFI e a electrónica, ✓ Colocação correcta da borracha que suporta o sensor UFI, ✓ Cabo não trilhado entre a borracha e a placa base, ✓ Encaixe da placa base e da blenda depois de montadas.
OBSERVAÇÕES: 	✓ Utilizar luvas limpas; ✓ É proibido o uso de anéis e relógios; ✓ Limpeza do dispositivo no final do turno e sempre que necessário.

VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO

_____ / / _____ / /

Página 5 de 6

Instrução de trabalho
Linha de montagem AU37X Climatronica

DISPOSITIVO N° 9 	COMPONENTES LOCAL DESTINADO ÀS FOTOGRAFIAS DOS COMPONENTES
--	---

VALIDAÇÃO DO DOCUMENTO

_____ / / _____ / /

Página 6 de 6

ANEXO H: Exemplo de uma folha de trabalho padronizado

FOLHA DE TRABALHO PADRONIZADO						Descrição da Operação	Montagem do conjunto tampa e placa base										
Takt Time	58 s/unidade	Units/ Shift	550	Equipamento de uso obrigatório: Luvas limpas	Nome do produto/ Número do posto de trabalho		AU37X / PT nº 9										
Tempo de ciclo máximo	49 s/unidade				Manual	Automático	Caminhar	Espera									
		===== ----- ~~~~~ =====															
MODO OPERATÓRIO		TEMPOS (seg.)															
Step #	Descrição da Operação	Manual	Automático	Caminhar	Acumulado	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
1	Com a mão esquerda pegar no sensor UIF e com a mão direita pegar na borracha. Efectuar a montagem do conjunto.	8	12		8												
2	Colocar o conjunto na cavidade auxiliar para medição.	4			12												
3	Com a mão esquerda retirar o subgrupo feito no ciclo anterior da máquina nº 9 e colocá-lo na cavidade da máquina nº 10. Ao mesmo tempo, com a mão direita pegar na tampa feita no posto anterior e colocá-la na cavidade da máquina nº 9.	2			14												
4	Carregar no pedal da máquina nº 10 e efectuar a montagem do sensor UIF ao PCB.	2			16												
5	Pressionar o pedal da máquina nº 9 e com a mão direita pegar na placa base que se encontra no transportador.	3	27		19												
6	Inserir na cavidade da máquina nº 9 a placa base (sobre a tampa).	4			23												
7	Pressionar o pedal da máquina nº 9 para fazer baixar a placa base.	2			25												
8	Posicionar correctamente a borracha com o sensor UIF na placa base.	6			31												
9	Pressionar o pedal para a câmara verificar se o sensor UIF foi correctamente montado.	2			33												
10	Pegar com a mão direita na blenda e fazer o correcto encaixe desta no subgrupo (tampa + placa base) que se encontra na cavidade da máquina nº 9.	10			43												
11	Pressionar o pedal da máquina nº 9. A mesa vai dentro para garantir a correcta montagem dos subgrupos.	2			45												
12	Pegar com a mão esquerda no subgrupo já finalizado da máquina nº 10 e entregá-lo ao posto seguinte	2			47												
13	Voltar ao ponto 1	0			47												
Total		47	39	0	47	AUTO CONTROLO: • Teste ao dispositivo com as amostras de trabalho; • Superfície de alto brilho isenta de riscos/marcas; • Correcta posição do eixo central; • Correcta ligação entre o sensor UIF e a electrónica; • Colocação correcta da borracha que suporta o sensor UIF; • Cabo não trilhado entre a borracha e a placa base; • Encaixe da placa base e da blenda depois de montadas.											
		É proibido o uso de anéis, relógios e pulseiras; O dispositivo tem de ser limpo no fim do turno ou sempre que necessário.															
Elaborado por:	Liliana Ferreira	Revisto por:	F.Arantes														
Data	20-05-2011	Data	23-05-2011														