



**Carlos André
dos Reis Ferreira**

**Reengenharia de uma célula de montagem de
componentes para automóveis**



**Carlos André
dos Reis Ferreira**

**Reengenharia de uma célula de montagem de
componentes para automóveis**

Relatório de Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação da Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

o júri

Presidente

Prof. Doutora Marlene Paula Castro Amorim
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais

Prof. Doutor Bernardo Sobrinho Simões de Almada Lobo
Professor Auxiliar da Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia

Prof. Doutora Ana Maria Pinto de Moura
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Dedico este trabalho à minha família, especialmente aos meus Pais e Irmãos pelo apoio e motivação dada durante todo este percurso académico, e pelos valores transmitidos durante toda a minha educação, que me tornou na Pessoa que hoje sou.

Ao Eng^o. Luís Neves, pela orientação ao longo deste projecto e pela amizade.

À Prof. Ana Moura, pela orientação e auxílio dado.

A todos os que contribuíram directa, ou indirectamente para que este projecto se tenha realizado com sucesso.

Ao Sr. Aleixo e ao Dr. Paulo pela oportunidade de mostrar valor e integrar a equipa Epedal.

À Daniela, por ser a minha melhor companhia na viagem da Vida.

palavras-chave

Eficiência, Melhoria Contínua, Pensamento Lean, Célula de Montagem, TRF, Kaizen, Rebitagem

resumo

Neste relatório de projecto são apresentadas todas as intervenções executadas numa célula de montagem na empresa Epedal. S.A., segundo o pensamento *Lean*.

Através da aplicação de algumas das ferramentas *Lean*, tendo em vista a melhoria em vários aspectos, a célula sofreu uma reengenharia, onde a forma de trabalho foi repensada para otimizar a produção e eliminar todas as fontes de desperdício.

Uma das ferramentas aplicadas e que se destaca das restantes é o SMED pela sua eficácia neste projecto e pelas melhorias na troca de ferramentas que permitiu alcançar.

keywords

Efficiency, Continuous Improvement, Lean Thinking, Assembly Cell, SMED, Kaizen, Riveting

abstract

This project report presents all interventions performed at an assembly cell in the company Epedal. SA, according to Lean thinking.

By applying some of the Lean tools, considering the improvement in various aspects, the cell experienced a reengineering, where the working methodology has been reconsidered to optimize production and eliminate all sources of waste.

One of the tools applied and that stands out from the rest is the SMED for its effectiveness in this project and for the improvements achieved in the exchange of tools.

Índice

Introdução		1
Capítulo 1	O Projecto	3
		3
	1.1. Apresentação da empresa	4
	1.2. Descrição da célula de montagem	6
	1.3. Método de Montagem	12
	1.4. Observações para melhorias da célula	
Capítulo 2	Revisão Bibliográfica	13
		13
	2.1. Lean Thinking	14
	2.2 VSM-Value Stream Mapping	15
	2.3. Metodologia 5S	16
	2.4. SMED – Single Minute Exchange of Dies	19
	2.5. <i>Kanban</i>	20
	2.6. Comboio Logístico - <i>Mizusumachi</i>	
Capítulo 3	Optimização da Célula de Montagem	22
		22
	3.1. Cenário Inicial	22
	3.1.1.A célula de montagem	22
	3.1.1.1. Seiri	23
	3.1.1.2. Seiton	24
	3.1.1.3. Seiso	24
	3.1.1.4. Seiketsu	24
	3.1.1.5. Shitsuke	25
	3.1.2. Abastecimento de componentes	27
	3.1.3. Montagem	31
	3.1.4.Embalagem	32
	3.2.Estudo de alternativas	

3.2.1. Aplicação de Metodologia SMED nas TF	32
3.2.2. Desenvolvimento de alternativas para a nova célula	35
3.2.2.1. Simulação de produção com desperdício minimizado	35
3.2.2.2. Modelação 3D de propostas para a nova célula	37
3.2.2.2.1. Estante Dinâmica de Abastecimento	37
3.2.2.2.2. Sistema de Movimentação Automática de conjuntos	40
3.2.2.2.3. Alteração da mesa da rebitadora	42
3.2.2.2.4. Mesa de Armazenamento de Ferramentas	43
Capítulo 4 Implementação	46
4.1. Ferramentas de Rebitar	46
4.2. Estante Dinâmica de Abastecimento	50
4.3. Alteração da Bancada de Rebitagem	52
4.4. Mesa de Armazenamento de Ferramentas	53
4.5. Calha de Transporte de Conjuntos	55
4.6. Actualização das Instruções de Trabalho	58
4.7. A Célula Final	59
Capítulo 5 Resultados	64
5.1. Avaliação 5S do Cenário Final	64
5.2. Resultados Quantitativos	67
Capítulo 6 Conclusões	69
Bibliografia	71
Anexos	73

Índice de Figuras

FIGURA 1- REMOÇÃO DO DESPERDÍCIO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	1
FIGURA 2- LOGOTIPO EPEDAL	3
FIGURA 3-LINK 11	4
FIGURA 4- LINK 12.....	4
FIGURA 5- APLICAÇÃO DE UM CONJUNTO DE LINKS NUM VEÍCULO.....	5
FIGURA 6- REPRESENTAÇÃO 3D DO LAYOUT DA SITUAÇÃO ANTERIOR.	5
FIGURA 7 - ESQUEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE REBITAGEM (WWW.ORBIFORM.COM)	6
FIGURA 8- ANTES E APÓS REBITAGEM.	7
FIGURA 9- PERNO SHAFT ROD (A).....	7
FIGURA 10- LINK.....	7
FIGURA 11- CONJUNTO 1.....	7
FIGURA 12- PERNO SHAFT (B).....	8
FIGURA 13- ANILHA M10	8
FIGURA 14- MOLA LOCK PLATE	8
FIGURA 15- PLATE ASSY LOCK.....	8
FIGURA 16- CONJUNTO 2.....	8
FIGURA 17- PERNO SHAFT (A).....	9
FIGURA 18- ANILHA M10	9
FIGURA 19- BRACKET LOCK COMPONENT.....	9
FIGURA 20 – CONJUNTO 2 + BRACKET LOCK C.	9
FIGURA 21- STOPPER LOCK HANDLE	10
FIGURA 22 - PERNO SHAFT (C)	10
FIGURA 23- MOLA LOCK HANDLE.....	10
FIGURA 24 - CONJUNTO 3	10
FIGURA 25- LINK 11 COMPLETO.....	11
FIGURA 26- PERNO SHAFT (D).....	11
FIGURA 27 - ESTÁGIOS NA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP (SHINGO,2000)	17
FIGURA 28 - SIMPLIFICANDO A TROCA DE MATRIZ (SHINGO,2000)	18
FIGURA 29 - EXEMPLO ESQUEMÁTICO DO TRAJECTO DE UM <i>MIZUSUMACHI</i> (WWW.TAKTTIME.NET, 2011).....	21

FIGURAS 30 - ESTADO DE DESARRUMAÇÃO NA CÉLULA.....	23
FIGURA 31 - ESPAÇO DE REPOUSO DAS FERRAMENTAS DE REBITAR	23
FIGURA 32 - CLASSIFICAÇÃO 5S DO CENÁRIO INICIAL	25
FIGURA 33 - KLT COM PESO EXCESSIVO	26
FIGURA 34- FERRAMENTA 1	27
FIGURA 35 - MANÍPULO DE AFINAÇÃO DE ALTURA DE TRABALHO	28
FIGURA 36 - RELAÇÃO CUSTO UNITÁRIO/QUANTIDADE PRODUZIDA.....	29
FIGURA 37 - STOCK INTERMÉDIO DE PRODUTO SEMI-ACABADO	30
FIGURA 38 - ZONAS DOS PERNOS JÁ PINTADAS.....	30
FIGURA 39 - ZONAS A COLOCAR MASSA NO LINK 11.....	31
FIGURA 40 - CAIXA CORRECTA Vs CAIXA ERRADA.....	31
FIGURA 41- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO CENTRAMENTO DO PERNO A REBITAR..	32
FIGURA 42 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA ALTURA DE PERNOS Vs ALTURA DE FERRAMENTA.....	33
FIGURA 43 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA SIMULAÇÃO PARA O CONJUNTO 1	35
FIGURA 46 - MODELAÇÃO 3D DA ESTANTE DINÂMICA DE ABASTECIMENTO	39
FIGURA 47 - MODELAÇÃO 3D DA CÉLULA PRELIMINAR.....	41
FIGURA 48 - VISTA DE FRENTE DA CÉLULA PRELIMINAR.....	41
FIGURA 49 - MODELAÇÃO 3D DA MESA DA REBITADORA ALTERADA.....	42
FIGURA 50 - MODELAÇÃO 3D DA CÉLULA PRELIMINAR.....	43
FIGURA 51 - MESA ROTATIVA DE ARMAZENAMENTO DE FERRAMENTAS	44
FIGURA 52 - MODELAÇÃO 3D DA CÉLULA DEFINITIVA	44
FIGURA 53 - PINO CENTRADOR DE FERRAMENTAS.....	46
FIGURA 54 - PINO CENTRADOR E DISPOSITIVO ANTI ROTAÇÃO.	47
FIGURA 55 - FERRAMENTA DE REBITAGEM 03-11	49
FIGURA 56 - FERRAMENTA DE REBITAGEM 02	49
FIGURA 57 - JUNTAS DE 90° (LEANTEK).....	50
FIGURA 58 - JUNTA DE 45° (LEANTEK)	51
FIGURA 59 - CALHA COM ROLETES, PLÁSTICAS E CONJUNTO MONTADO (LEANTEK)	51
FIGURA 60 - ESTANTE DINÂMICA DE ABASTECIMENTO TERMINADA.....	52
FIGURA 61 - MODELAÇÃO 3D DA MESA DE REBITAGEM COM BANCADA APLICADA	52
FIGURA 62 - MESA DE REBITAGEM COM BANCADA DE MONTAGEM APLICADA.....	53

FIGURA 63 - DESENHO PARA CORTE LASER.....	54
FIGURA 64 - ESFERAS DE BASE CILÍNDRICA (MANUTAN).....	54
FIGURA 65 - MESA DAS FERRAMENTAS DE REBITAGEM EXECUTADA.....	55
FIGURA 66 - MESA COM FERRAMENTAS.....	55
FIGURA 67 - MESA SEM FERRAMENTAS.....	55
FIGURA 68 - PERFIL DA CALHA APOLO F74 (ORZARE).....	56
FIGURA 69 - CURVA EM CALHA APOLO F74 (ORZARE).....	56
FIGURA 70 - CARRINHO DE ROLAMENTOS DUPLO (ALUPLASTO).....	57
FIGURA 71 - CARRINHO COM CONJUNTO 1 SUSPENSO.....	57
FIGURA 72 - VISTA DE FRENTE DA CALHA DE TRANSPORTE.....	58
FIGURA 73 – ASPECTO FINAL DA CÉLULA DE MONTAGEM.....	59
FIGURA 74 - MONTAGEM E REBITAGEM DO CONJUNTO 1.....	60
FIGURA 75 - MONTAGEM E REBITAGEM DO CONJUNTO 2.....	61
FIGURA 76 - MONTAGEM E REBITAGEM DA CHAPA PRETA NO CONJ.2.....	61
FIGURA 77 - MONTAGEM E REBITAGEM DO CONJUNTO 3.....	62
FIGURA 78- MONTAGEM E REBITAGEM DO ÚLTIMO PERNO.....	62
FIGURA 79 - PINTURA, COLOCAR MASSA E EMBALAGEM DOS CONJUNTOS FINAIS.....	63
FIGURA 80 - CLASSIFICAÇÃO 5S DO CENÁRIO INICIAL E FINAL.....	66

Índice de Tabelas

TABELA 1 - CENÁRIO INICIAL Vs CENÁRIO SIMULADO.....	36
TABELA 2 - QUANTIDADES EM CAIXA.....	38
TABELA 3 - COMPARAÇÃO DE FERRAMENTAS ANTIGAS COM NOVAS.....	48
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS INICIAL E FINAL.....	67

Lista de Abreviaturas

TPS – Toyota Production System

VSM – Value Stream Mapping

5S – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

SMED – Single Minute Exchange of Dies

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

TF – Troca de Ferramentas

KLT – Kleine Lasten Transport

VDA – Verband der Automobilindustrie

IT – Instruções de Trabalho

Introdução

Dada a conjuntura actual de crise na economia mundial e mais especificamente na indústria automóvel, a competitividade dos mercados está elevada como nunca: produzir mais eficientemente sobrepõe-se a produzir grandes lotes.

A vantagem competitiva mede-se pelo valor que as organizações criam e por aquilo que pedem em troca. Quanto mais favorável for esta relação para o cliente, maiores as hipóteses de vencer no mercado. (Pinto, 2009)

Posto isto, é necessário eliminar tudo o que é considerado desperdício, o que o cliente não vai pagar, começando pela simples célula de produção, passando pelo departamento, até ao exterior do universo da organização.

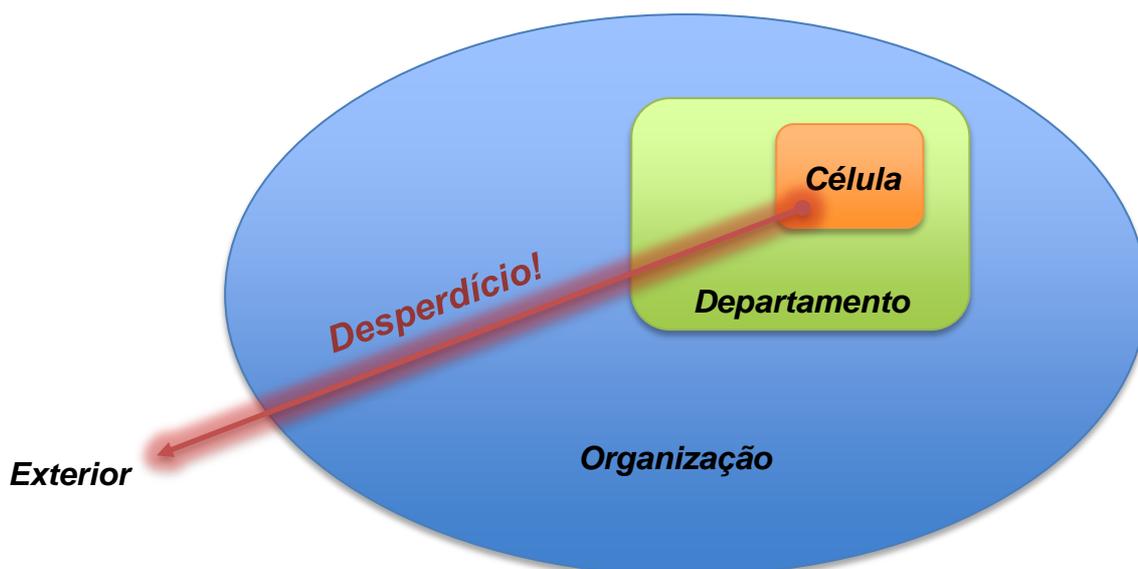


Figura 1- Remoção do desperdício (Fonte: elaboração própria)

Este documento resume o projecto desenvolvido na empresa EPEDAL, S.A. intitulado “*Reengenharia de uma célula de montagem de componentes para automóveis*”.

Contrariamente a este tipo de projectos, este não tinha definido um objectivo claro a atingir: era sabido que a célula tinha vários problemas de produtividade, flexibilidade, etc, que necessitavam de ser mitigados, mas não

havia a noção de até que ponto comprometiam o funcionamento óptimo da mesma.

Foi proposto fazer uma análise a fundo durante um determinado período de tempo, ou seja “fazer a fotografia *status quo*” e a partir do resultado, elaborar um plano de acções, implementá-lo e analisar resultados, aplicando algumas das ferramentas do “*Lean Thinking*”.

Este plano de acções estabelecido conta, portanto, com as seguintes fases:

- 1. Levantamento da situação actual;**
- 2. Estruturação de dados;**
- 3. Estudo de alternativas;**
- 4. Preparação de alternativas;**
- 5. Apresentação de alternativas;**
- 6. Tomada de decisão;**
- 7. Implementação;**
- 8. Preparação de documentação da nova situação;**
- 9. Verificação/ Consolidação de resultados.**

Capítulo 1

O Projecto

Neste capítulo, é feita uma apresentação da EPEDAL S.A. como organização, uma descrição geral do projecto desenvolvido, assim como uma análise preliminar ao objecto de estudo: a célula de montagem.

A realização deste projecto tem como propósito melhorar em vários aspectos a célula, assim como repensar a forma de trabalho de maneira a que qualquer colaborador com um mínimo de formação consiga executar as tarefas sem dificuldade.

A partir deste ponto a organização EPEDAL S.A. será referida apenas como Epedal.

1.1. Apresentação da empresa

Iniciada a sua actividade em 1981 para suprir necessidades no mercado do ciclismo, a Epedal reconverteu todo o seu processo produtivo para a indústria automóvel ocupando desde então um lugar de destaque no ramo.

A produção da Epedal destina-se 100%, directamente e indirectamente, ao mercado externo, sendo França, Espanha, Eslováquia e República Checa os principais mercados de destino.



Figura 2- Logotipo Epedal

Para uma ampla carteira de clientes onde se destacam nomes como Autoeuropa/Volkswagen, Ford, Faurecia, Peugeot MTC, MGI Coutier,

MBK/Yamaha, F. Segura, Mitsubishi, Kirchhoff, Gestamp, Daycoensa e Fujikoyo, a Epedal fornece vários tipos de produtos tais como: peças estampadas em chapa de aço, alumínio e inox; tubos e arames dobrados; conjuntos metálicos soldados a MIG e TIG, para aplicações em carroçaria de automóveis e scooters.

A missão da Epedal assenta em pressupostos bastante simples: produzir componentes metálicos para automóveis, motociclos, comboios e aeroespacial, satisfazendo integralmente as exigências dos clientes, accionistas e colaboradores, privilegiando os factores críticos do sector: prazos de entrega, qualidade e preços.

1.2. Descrição da célula de montagem

Na célula de montagem em estudo são montados 4 tipos de componentes denominados *Links*: a versão 11, 12, 13 e a 14. Estes *Links* fazem parte do sistema de travamento da cabine das carrinhas *Mitsubishi Fuso*. Em cada carrinha é instalado um par de *Links*: para as de condução à esquerda é instalado um *Link* 11 e outro 12; para as de condução à direita, um *Link* 13 e um 14.



Figura 4-Link 11



Figura 3- Link 12

Os *Links* 13 e 14 são simétricos ao 11 e 12, respectivamente. No entanto a forma de montagem é idêntico.

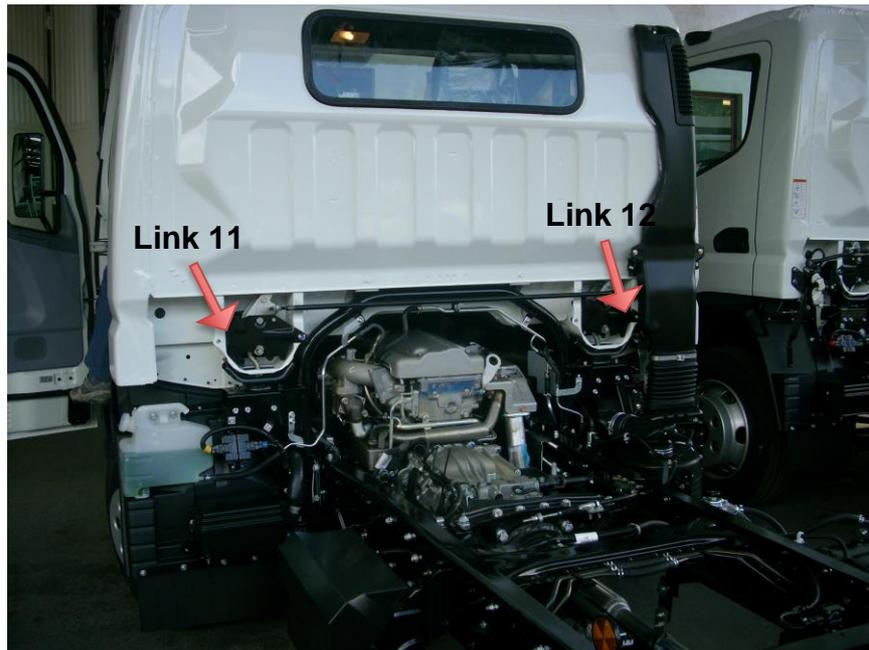


Figura 5- Aplicação de um conjunto de Links num veículo.

A célula é composta pelos seguintes itens: uma rebitadora hidráulica (AGME RR-16), uma mesa de montagem, dois carros de suporte, um espaço reservado para componentes (supermercado) e outro para uma paleta onde são colocadas as embalagens com o produto final.

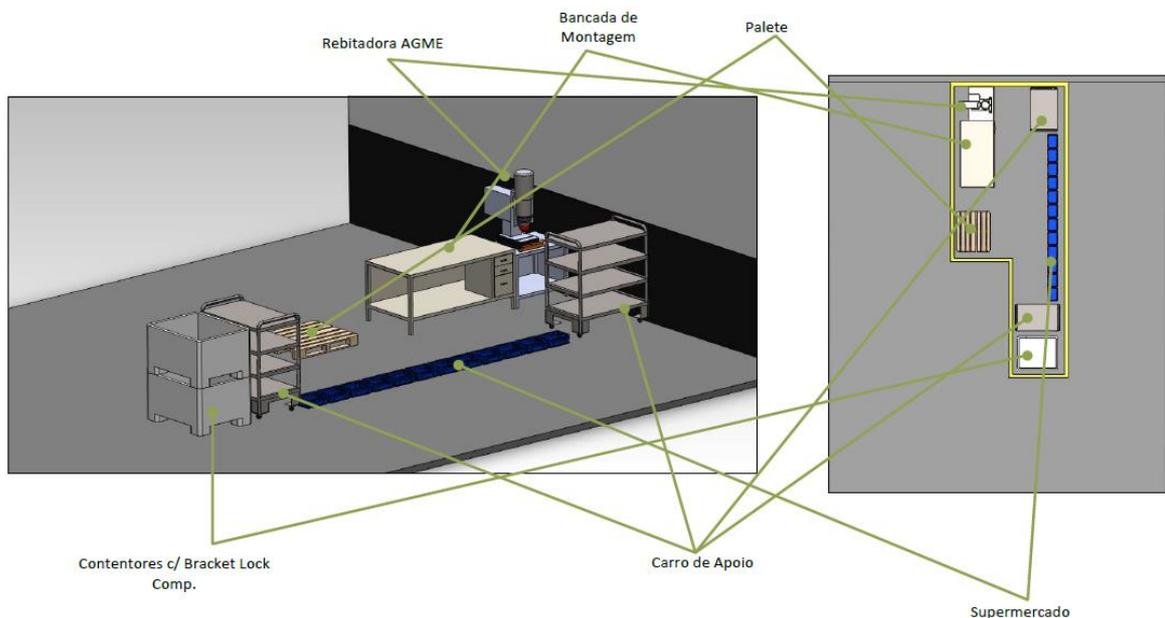


Figura 6- Representação 3D do *layout* da situação anterior.

1.3. Método de montagem

Independentemente da versão do Link, a forma de montagem parte sempre da junção de dois componentes. Ao conjunto montado inicialmente vão-se adicionando, sucessivamente, outros componentes até que se obtenha o conjunto final. Esta junção é feita através do processo de rebitagem.

Este processo consiste na deformação mecânica da cabeça dos parafusos (componentes “ligantes”) e permite que os componentes fiquem acoplados de forma permanente e robusta.

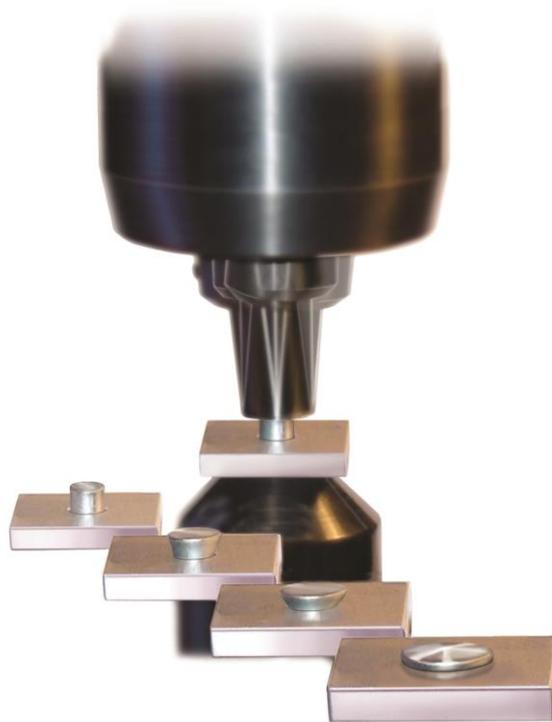


Figura 7 - Esquemática do processo de rebitagem (www.orbitform.com)



Figura 8- Antes e após rebitagem.

Dada a semelhança no processo de montagem das várias referências, abordar-se-á neste relatório principalmente o *Link* 11.

Vejamos a composição e o processo de montagem do *Link* 11, dividido nas seguintes operações:

1. Os dois primeiros componentes a serem unidos é o “*Link*” e o “Perno Shaft Rod (A)”. O operador insere o perno no Link e coloca o conjunto na rebitoradora que vai deformar a cabeça do perno. Desta forma os dois componentes ficam unidos e formam o **Conjunto 1**.



Figura 10- Link



Figura 9- Perno Shaft Rod (A)



Figura 11- Conjunto 1

2. Nesta operação une-se o Conjunto 1 aos componentes seguintes: um Perno Shaft (B), uma Plate Assy Lock, uma Mola Lock Plate e uma Anilha M10. Da mesma forma que se montou e rebitou o Conjunto 1, este também é montado e de seguida rebitado, formando o **Conjunto 2**.



Figura 13- Anilha M10



Figura 12- Perno Shaft (B)

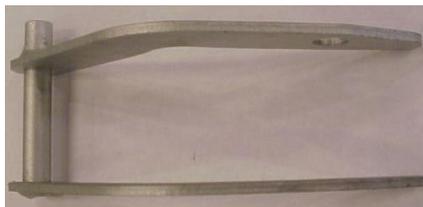


Figura 15- Plate Assy Lock



Figura 14- Mola Lock Plate



Figura 16- Conjunto 2

3. Novamente, ao conjunto montado anteriormente, são acoplados novos componentes: um Bracket Lock Component, um Perno Shaft (A) e uma anilha M10.



Figura 19- Bracket Lock Component



Figura 17- Perno Shaft (A)



Figura 18- Anilha M10



Figura 20 – Conjunto 2 + Bracket Lock C.

4. De seguida é montado o conjunto 3. Ao conjunto anterior, são acoplados os componentes: um Stopper Lock Handle, um Perno Shaft (C) e uma Mola Lock Handle.



Figura 21- Stopper Lock Handle



Figura 22 - Perno Shaft (C)

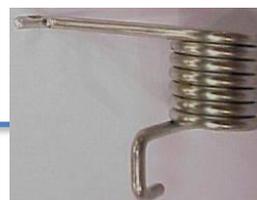


Figura 23- Mola Lock Handle



Figura 24 - Conjunto 3

5. Ao conjunto montado no passo 4 apenas falta rebitar o último perno: o Perno Shaft (D).



Figura 26- Perno Shaft (D)



Figura 25- Link 11 Completo

6. Finalmente, e antes de se proceder à embalagem, é necessário colocar massa lubrificante nas zonas onde são inseridas as molas e pintar todas as cabeças dos pernos que foram rebitados. A operação de pintura é necessária para evitar a corrosão nestas zonas, pois o revestimento de zinco dos pernos é removido com a rebitagem.

1.4. Observações para melhorias da célula

À primeira vista, a montagem de um *Link* é bastante simples: é um processo repetitivo, as tarefas de rebitar são idênticas e aparentam ser fáceis para o operador executar. No entanto eram vários os problemas e oportunidades de melhoria que este processo evidenciava e que contribuíram para que houvesse vontade e necessidade de desenvolvimento deste projecto.

De entre os vários factores de motivação para que o posto sofresse uma remodelação, o que mais peso teve foi o facto de apenas um operador conhecer o posto, os seus “truques”, as afinações da rebitadora entre as operações, etc. Posto de outra maneira, a montagem qualquer versão de *Link* estava dependente de um colaborador. Era necessário que qualquer pessoa, com o auxílio de Instruções de Trabalho claras e objectivas, conseguisse montar *Links* conformes com a mesma produtividade de quem conhece o posto a fundo.

Sabia-se também que neste posto se executavam muitas tarefas que não acrescentavam qualquer valor ao produto final, mas não havia a quantificação da perda que essas representavam. Era necessário que se fizesse essa quantificação e se tentasse minimizar, ou eliminar essas tarefas.

Outro dos factores de motivação de alteração era o tamanho de lote intermédio elevado que se criava entre as operações de rebitagem: o espaço ocupado era exagerado, assim como o espaço para o armazenamento dos componentes que obrigava a ser feito junto ao posto. Com os princípios de funcionamento actuais, era necessário que o tamanho de lote fosse elevado, precisamente para diluir o tempo de mudança de ferramentas entre as operações de rebitagem, ou seja, o tempo de *setup*.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo será realizada uma revisão bibliográfica acerca dos conteúdos teóricos sobre os quais o desenvolvimento do projecto foi baseado.

2.1. Lean Thinking

O *Lean Thinking*, como filosofia, foi criado na década de 50 por Taiichi Ohno, integrado no sistema de produção da Toyota (TPS, Toyota Production System) com o objectivo primordial a sistemática eliminação de desperdício e a criação de valor.

Segundo Dennis, o Lean Manufacturing é a denominação da concepção do sistema de produção ou paradigma que teve origem na indústria japonesa, na Toyota Motor Company, a partir do trabalho desenvolvido por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. O conceito Lean segue o princípio de que há desperdício em todos os sectores de uma organização e surge para que se faça cada vez mais com cada vez menos, sempre com o objectivo de oferecer aos clientes o que realmente querem e no prazo certo. O objectivo é tornar as empresas mais flexíveis e, ainda, otimizar a produção e distribuir produtos com menos esforço humano, espaço, tempo ou outros recursos. (Dennis, 2008)

O sistema Lean, segundo Liker (Liker, 2005), foi definido como sendo uma filosofia operacional que, por meio da melhoria do fluxo produtivo, tem como meta tempos reduzidos para a entrega de produtos e serviços com qualidade elevada e baixos custos. Para Shingo (Shingo, 2000), estes objectivos podem ser atingidos devido à eliminação dos desperdícios no fluxo de valor.

Para J. Womack e D. Jones, (Womack & Jones, 1996), o desperdício, conhecido na língua japonesa como *muda*, refere-se a qualquer actividade humana que não acrescenta valor. No entanto para João Paulo Pinto (Pinto, 2009), o conceito de desperdício deve ser alargado, passando a incluir não

apenas as actividades humanas, como também qualquer outro tipo de actividades e recursos usados indevidamente e que contribuem para o aumento de custos, de tempo e da não-satisfação do cliente ou das demais partes interessadas no negócio.

Reduzindo o desperdício – *muda* – na manufactura significa eliminar tudo o que aumente os custos de produção, ou seja é transformar desperdício em valor.

2.2. VSM – Value Stream Mapping

Criado no seio do TPS, onde é conhecido como o mapeamento do fluxo de material e informação, o VSM é a metodologia mais importante e normalmente a primeira a ser aplicada na implementação de um qualquer sistema de *Lean Manufacturing*: permite identificar e caracterizar a situação actual e planear o cenário futuro de uma organização ou processo a partir da identificação, visualização e diagnóstico dos fluxos de valor de materiais e informação.

Para João P. Pinto (Pinto, 2009), a cadeia de valor é o veículo que permite criar e entregar valor aos clientes. É a sequência de processo que desenvolvem, produzem e entregam os resultados desejados. Uma das metas da filosofia *Lean* é racionalizar cada etapa dos processos, promovendo o fluxo contínuo entre elas. Neste sentido, o VSM é uma das ferramentas mais poderosas para a promoção do Lean, permitindo a identificação clara de três tipos de actividade:

- Aquelas que criam valor;
- Aquelas que, apesar de não acrescentar valor são inevitáveis, dado a actual tecnologia ou formas de organização e gestão;
- Aquelas que não acrescentam valor e são totalmente dispensáveis.

Desta forma, através do VSM, é possível identificar e diferenciar as actividades que agregam valor, daquelas que devem ser consideradas como desperdício.

Defendido por Mike Rother e John Shook, (Rother & Shook, 2003), o VSM deve ser usado, não como um método de treino, mas com o intuito de distinguir o

estado actual do estado pretendido, (ou do ideal) no desenvolvimento de planos de implementação de um sistema Lean. Para tal, conta com os passos seguintes:

1. Identificar o produto ou serviço a analisar;
2. Desenhar o mapa do fluxo de materiais e informação actual, que exponha os passos actuais necessários para fazer chegar o produto ou serviço ao cliente;
3. Avaliar o estado do VSM actual em termos de criação de valor e fontes de desperdício;
4. Desenhar o VSM futuro;
5. Implementação;
6. Avaliação da implementação;

2.3. A metodologia 5S

O 5S, introduzido, por Yasuhiro Monden (Monden, 2012) refere-se a um conjunto de práticas que procuram a redução do desperdício e a melhoria do desempenho das pessoas e processo através de uma abordagem muito simples que assenta na manutenção das condições óptimas dos locais de trabalho. Os 5S são cinco palavras japonesas:

- **SEIRI** – Senso de Utilização - Separar o útil do inútil, eliminando o desnecessário.
- **SEITON** – Senso de Arrumação - Identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa localizar facilmente; Colocar à mão as coisas de uso mais frequente; Colocar etiquetas de identificação (ajudas visuais) e identificar os respectivos locais onde os objectos devem ser mantidos.
- **SEISO** – Senso de Limpeza - Manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas da sujidade e aprendendo a não sujar. Definir uma norma de limpeza para cada posto de trabalho.
- **SEIKETSU** – Senso de Saúde e Higiene - Manter um ambiente de trabalho sempre favorável à saúde e higiene. Normalizar em toda a fábrica os equipamentos/postos de trabalho do mesmo tipo.

- **SHITSUKE** – Senso de Auto-disciplina – Praticar os princípios de organização, sistematização e limpeza. Fazer destas atitudes, ou seja, da metodologia, um hábito, transformando os 5S's num modo de vida".

2.4. SMED – Single Minute Exchange of Dies

Segundo Shigeo Shingo (Shingo, 2000), o SMED (ou TRF – Troca Rápida de Ferramentas) é um elemento central no contexto dos Sistemas de produção com Stock zero em geral: a redução dos tempos de *setup* possibilita a produção económica em pequenos lotes, aumentando a flexibilidade em relação à introdução de modificações e alterações radicais na estrutura dos produtos.

Aplicando técnicas associadas à metodologia de TRF, verifica-se um impacto no mix de fabricação dos produtos, traduzindo-se numa maior flexibilidade na reacção às mudanças dos pedidos do mercado, reduzindo os *lead-times*, associado à simplificação da preparação, minimizando e no limite, eliminando a possibilidade de ocorrência de erros nos procedimentos de afinações, e ajustes das ferramentas e instrumentos. (Shingo, 2000)

O termo *setup* não se aplica apenas à preparação e ao pós-ajuste de uma operação de processamento: refere-se também às operações de inspecção, de transporte e de espera. Consequentemente, o método, ou seja, as etapas conceituais, os métodos correspondentes e as técnicas específicas para a melhoria de *setups*, pode ser aplicado exactamente da mesma maneira em todas as operações. (Shingo, 2000)

No passado, pensava-se que a melhor solução em relação à melhoria de *setup* baseava-se nos seguintes conceitos:

- Adquirir a qualificação necessária para os *setups*;
- Realizar a produção em grandes lotes;
- Controlar o *stock* resultante da produção de grandes lotes tendo em conta os tamanhos de lote económico.

Um grande número de aplicações do sistema TRF mostrou que o tempo de *setup* em si pode ser bastante reduzido e que isto, por sua vez, leva a drásticas

reduções de *stock*. Desta maneira, passamos da “produção antecipada”- um método de produção por adivinhação – para a produção confirmada com base em pedidos confirmados, ou seja a produção correspondente aos pedidos reais. (Shingo, 2000)

Para Shingo (Shingo, 2000), a abordagem básica para a redução de tempos de *setup* passa pelos seguintes pontos-chave:

- É importante ter a convicção de que são possíveis *setups* de ferramentas extremamente rápidos. Drásticas reduções podem ser obtidas começando com o pensamento de que uma troca de ferramenta é simplesmente uma questão de remover uma matriz e fixar outra.
- Existem estágios naturais na redução do tempo de *setup*, como mostra a figura seguinte.

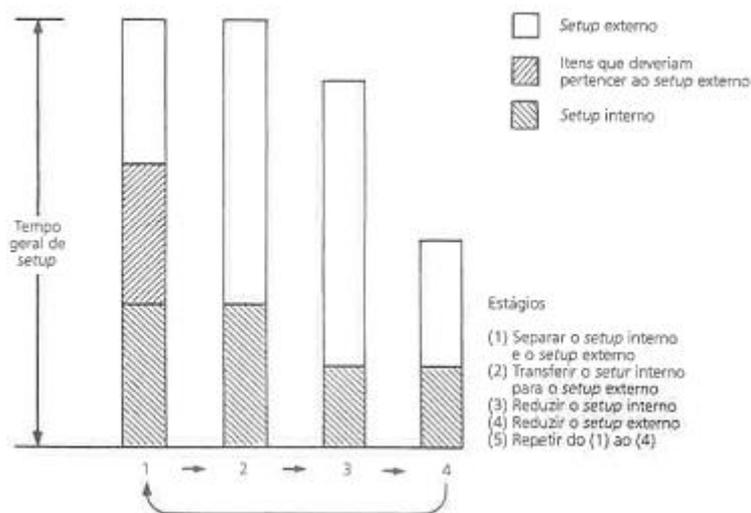


Figura 27 - Estágios na redução do tempo de setup (Shingo,2000)

- Manter os operadores da máquina afastados das trocas de ferramenta apenas cria uma classe de especialistas em setup. Tratar dessa questão é uma das principais metas das melhorias de setup: os operadores devem participar.
- Os ajustes de centragem e posicionamento não devem existir. As peças devem ser centralizadas por contacto e as posições devem ser fixadas quando as peças são unidas. Ajustes dependem do “toque” certo ou da sorte; as diferenças aparecem quando pessoas

diferentes realizam os ajustes. Até a mesma pessoa pode levar mais ou menos tempo para fazer o mesmo ajuste em diferentes ocasiões. Por todas estas razões, qualquer ajuste deve ser eliminado.

- Grampos funcionais devem ser usados. As fixações feitas com sistema de parafusos devem ser substituídas por pinos, cames, cunhas, etc. Onde for inevitável usar parafusos, estes não deverão ser girados mais de uma volta.
- Os movimentos devem ser interligados para facilitar os procedimentos de troca de matrizes mais simples (figura 27)

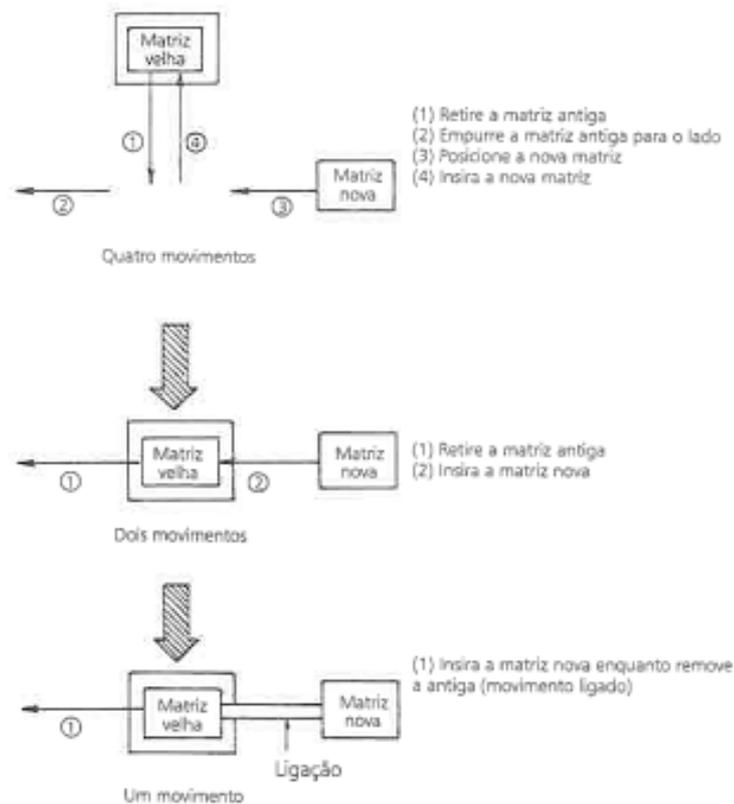


Figura 28 - Simplificando a troca de matriz (Shingo,2000)

2.5. O Kanban

Desenvolvido por Tahichii Ohno, no seio do TPS na década de 50, o *kanban* é um dos aspectos mais conhecido do sistema de operações *Lean*.

O sistema *kanban* é, acima de tudo um sistema simples e visual que se baseia no princípio de que nenhum posto de trabalho é autorizado a produzir sem que o seu cliente o autorize com o intuito de minimizar os custos com material em processamento e reduzir os *stocks* entre os processos. (Pinto, 2009)

O *kanban* é um sistema de produção em pequenos lotes. Cada lote é armazenado em recipientes uniformizados, contendo um número definido de peças. Para cada lote mínimo contido no contentor, existe um cartão *kanban* correspondente. As peças dentro dos recipientes, acompanhadas pelo seu cartão, são movimentadas através dos centros de trabalho, sofrendo as diferentes operações do processo, até chegarem à expedição sob a forma de produto acabado. (Pinto, 2009)

Para se gerir um fluxo de produtos pelo método *kanban*, é necessária uma grande fuidez no escoamento dos produtos. Como tal, é importante verificar um conjunto de alterações estratégicas, organizacionais e tecnológicas para o sucesso da aplicação *kanban*: (Pinto, 2009)

- Necessidade de um bom layout dos postos de trabalho (de preferência o layout celular);
- Necessidade de reduzidos tempos de ciclo e *setup*;
- Eliminação de situações imprevistas, ou seja, processos instáveis;
- Desenvolvimento e extensão de relações entre clientes e fornecedores a todo o processo;
- Necessidade de polivalência das pessoas através de treino e formação;
- Os colaboradores terão de ser capazes de mudar o posto de trabalho e executar afinações ou operações de manutenção quando necessário (manutenção autónoma);
- Processos uniformizados e estáveis;

- Produtos com *design* simples e sujeitos a procura estável e previsível;
- Necessidade de evolução ao nível do *design* dos produtos: torna-se necessário normalizar os materiais, subconjuntos constituintes do produto, levando a uma diminuição do número de referências a trabalhar, do número de mudanças de produtos e da variedade de *kanbans*.

O sistema kanban apresenta como principais vantagens a rápida movimentação entre postos, e uma maior interacção entre eles, a descentralização do controlo de operações que se efectua directamente na área fabril, levando directamente a uma maior simplificação, e ao mesmo tempo, a uma diminuição das necessidades de ordens de fabrico. Permite ainda reduzir os stocks, que se reflecte numa maior facilidade de contabilização do inventário, em mais espaço físico disponível entre postos de trabalho e uma melhoria da qualidade e redução de custos como consequência das vantagens mencionadas.

No entanto nem todos os materiais podem ser usados com kanbans: alguns possuem valor agregado muito elevado e requerem um tratamento especial, ou por serem demasiado frágeis e requererem um manuseamento mais cuidado. (Pinto, 2009)

2.6 Comboio logístico – Mizusumashi

O comboio logístico, ou *mizusumashi*, é um meio de transporte de materiais usado para abastecer as áreas de produção. Nele estão encarrilhadas várias carruagens para transportar materiais, peças e ferramentas. Os materiais são fornecidos do bordo de linha para as áreas de trabalho, em intervalos de tempo regulares, e seguindo sempre a mesma rota. (Pinto, 2009)

As principais funções do mizusumachi são:

- Satisfazer os pedidos de recolha baseados em listas de picking ou por kanban;
- Recolher as caixas/contentores vazios existentes nas áreas de trabalho;

- Reunir os materiais/componentes necessários no armazém;
- Recolher os produtos acabados ou intermédios e entregá-los ao processo seguinte;
- Voltar e repor os componentes no bordo de linha.

O *mizusumachi* confere ao sistema de fabrico uma enorme flexibilidade, ao facilitar as mudanças de rota de distribuição ou o arranjo físico da fábrica.

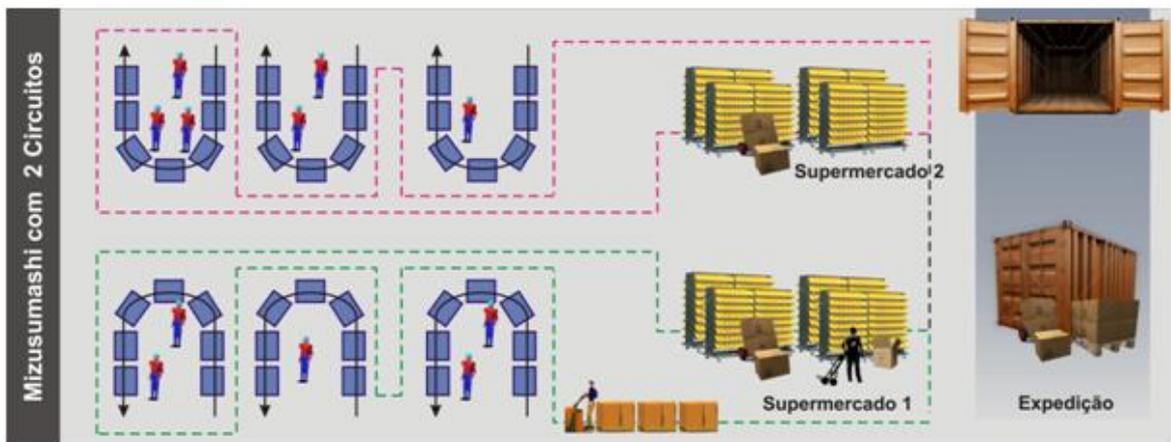


Figura 29 - Exemplo esquemático do trajecto de um *mizusumachi* (www.takttime.net, 2011)

Capítulo 3

Optimização da célula de montagem

Este capítulo está dividido em duas partes principais. Na primeira parte está descrito a fundo o estado inicial da célula de montagem, os seus vários elementos constituintes e problemas intrínsecos, onde se realiza uma análise 5S a toda a célula. Na segunda metade são relatadas as ideias e os conceitos conducentes à melhoria de vários aspectos do posto.

3.1. Cenário inicial

Numa primeira fase após conhecer mais aprofundadamente a célula, é possível caracterizar o cenário inicial: identificar oportunidades de melhoria vs desperdícios desde o abastecimento de componentes até à embalagem do produto final.

3.1.1.A célula de montagem

Ocupando uma área de trabalho total de cerca de 22,4 m², a célula está definida para trabalhar com um tamanho de lote de 144 links. Para isso, é imprescindível ter equipamentos que suportem trabalhar esta quantidade de links em simultâneo: uma mesa grande e um carro onde são colocados os sub-conjuntos montados.

Efectuando uma análise 5S à célula, facilmente se evidenciam alguns dos seus problemas nas 5 dimensões desta ferramenta:

3.1.1.1. Utilização (*SEIRI*):

É flagrante a quantidade de material, ferramentas, etc. desnecessário na célula. A desarrumação e a falta de organização imperam nas gavetas, onde se encontram documentos obsoletos há vários anos para serem descartados.

Debaixo da mesa de suporte também são vários os objectos sem utilidade para a célula tais como mangueiras, caixas de plástico.

As ferramentas usadas para rebitar também não têm qualquer identificação nem estão organizadas. Quando não estão a ser usadas, são colocadas de qualquer forma debaixo da mesa da máquina de rebitar.



Figuras 30 - Estado de desarrumação na célula



Figura 31 - Espaço de repouso das ferramentas de rebitar

3.1.1.2. Organização (SEITON)

A célula de montagem encontra-se documentada com Instruções de Trabalho. No entanto, a informação é bastante escassa e não possibilita a compreensão total do funcionamento. P.ex. a forma de instalação das ferramentas de rebitar não é descrita. A Instrução de Trabalho para montar o primeiro subconjunto foi remetida para anexo.

Os locais de armazenamento dos componentes e dos conjuntos montados não estão definidos. Por consequência, é visto frequentemente componentes por montar misturados com links acabados.

3.1.1.3. Limpeza (SEISO)

A célula encontra-se relativamente limpa. Todos os dias no fim do turno, o piso é varrido e a limpeza geral é mantida. No entanto, as ferramentas e a base da rebitoradora estão impregnadas de óleo e corrosão de há vários anos. A apresentação geral das mesas não é a ideal, com a tinta descascada e com vários pontos de corrosão.

3.1.1.4. Segurança e Saúde (SEIKETSU)

Relativamente ao aspecto da segurança e saúde, o posto não apresenta problemas de maior: a ventilação e iluminação são apropriadas para o tipo de trabalho a desenvolver.

As indicações de segurança presentes no posto são respeitadas e os EPI's (Equipamentos de protecção individual) são usados: óculos de protecção contra projecções e luvas.

Nunca houve ocorrências relacionadas com falhas de segurança na célula.

3.1.1.5. Disciplina (SHITSUKE)

Dado que o posto apresenta falta de organização, excesso de componentes em excesso, materiais e ferramentas e outros objectos sem finalidade, etc., é evidente que o posto carece de boas práticas de disciplina.

Relativamente ao preenchimento de fichas de autocontrolo e registos de produção, existe o hábito de manter os registos em dia e realizar, sempre que seja altura disso, o registo de quantidades nas Ordens de Fabrico.

Após a análise 5S à célula no cenário inicial, é possível atribuir uma classificação a cada um dos sentidos, para posteriormente se comparar como o cenário futuro.

- SEIRI – 4 pontos em 32 possíveis.

- SEITON – 9 pontos em 36 possíveis.
- SEISO – 8 pontos em 20 possíveis.
- SEIKETSU – 22 em 32 pontos possíveis.
- SHITSUKE – 13 em 20 pontos possíveis.

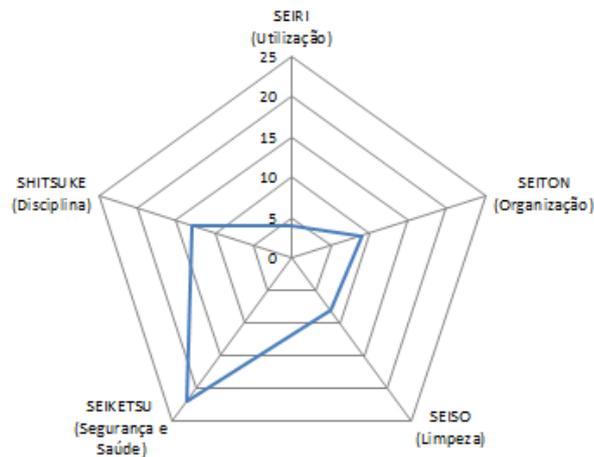


Figura 32 - Classificação 5S do cenário inicial

Evidencia-se que existe bastante trabalho a fazer, principalmente, na melhoria dos sentidos da Utilização, Organização e Limpeza na célula de montagem.

Será na melhoria destes pontos que este projecto se focará, mas sem esquecer nem colocar de parte os restantes dois.

A ficha de avaliação 5S foi remetida para anexo.

3.1.2. Abastecimento de componentes

A origem dos componentes para montar um link é variada, no entanto o local de armazenamento destes é comum.

O abastecimento de qualquer um dos componentes é feito pelo próprio colaborador que monta os links: com o auxílio de um porta-paletes, dirige-se ao armazém intermédio onde se encontram todos os componentes e abastece-se com todos os tipos de componentes que necessita para montar a quantidade de links pedida. Como o tamanho de lote é grande, o colaborador faz um armazenamento de componentes perto da célula de montagem para minimizar as viagens ao armazém.

Exceptuando os componentes “Bracket Lock Component”, as chapas pretas (são armazenados em contentor devido à sua pintura ser uma operação subcontratada), todos os componentes são armazenados em caixas KLT. Do alemão *Kleine Lasten Transport* – Transporte de pequenas cargas, os KLT, foram introduzidos pela VDA-Associação da Indústria Automóvel em 1988 na Alemanha para criar um standard e minimizar a grande quantidade de tipos de caixas que havia então.



Figura 25 – KLT com links

Apesar de os KLT já estarem em uso há bastante tempo, um grave problema foi aqui detectado: a quantidade de componentes em KLT não estava definida. Consequentemente, estes são cheios até à sua capacidade máxima em volume, sendo a sua capacidade em peso desprezada. Vários KLT foram detectados com cerca de 30 Kg!



Figura 33 - KLT com peso excessivo

Face a este problema, o colaborador deixou de carregar os KLT à mão para abastecer-se a partir destes, ou seja, à medida que vai necessitando de um determinado componente, transfere-os do KLT para uma outra caixa vazia e leva esta para o ponto de consumo: desperdício flagrante!

3.1.3. Montagem

Como já foi referido, a montagem do Link 11, o link em estudo, inicia-se com a junção do componente Link e o Perno Shaft Rod (A).

Para poder juntar esses dois componentes necessita que a ferramenta apropriada para tal esteja montada na rebitoradora e esta esteja devidamente afinada em altura e curso da ponteira de rebitagem.



Figura 34- Ferramenta 1

Cada operação de rebitagem tem a sua ferramenta e afinações específicas. Para trocar uma ferramenta, é necessário remover a que estava em uso (se for o caso) removendo dois parafusos e colocá-la no espaço de repouso. De seguida, pegar na que se pretende montar, colocá-la em máquina e colocar os parafusos sem apertar. É necessário centrar a ferramenta com a ponteira de rebitagem para que esta seja efectuada em conformidade e só depois apertar os parafusos de fixação. A altura da ponteira de rebitagem tem de ser afinada pois os pernos possuem alturas diferentes.

Devido ao facto de a altura dos pernos diferir de uns para os outros, as ferramentas deveriam de ter alturas diferentes para que a cabeça a rebitar esteja

à mesma altura para evitar afinações na altura de trabalho da máquina. Isto não acontece: praticamente todas as ferramentas têm alturas diferentes e em qualquer troca de ferramenta, esta afinação tem de ser feita.



Figura 35 - Manípulo de afinação de altura de trabalho

No cenário inicial, cada troca de ferramenta demora cerca de 5 minutos. Tendo em conta que a operação de montar e rebitar um perno tem um tempo de ciclo de aprox.15 segundos, o tempo de setup de ferramenta é relativamente longo.

Após os tempos de operação estarem devidamente estruturados e o custo de mão-de-obra conhecido, é possível traçar o gráfico que relaciona a quantidade de produção (o lote) com o custo unitário de mão-de-obra do produto acabado.

Aqui distingue-se claramente um custo fixo, o custo de trocas de ferramentas, de um custo variável, o custo de produzir conjuntos. O custo de trocas de ferramentas é fixo, pois quaisquer, que seja o tamanho de lote, as trocas de ferramenta executam-se apenas uma vez por ferramenta. O custo de produção é logicamente variável e directamente proporcional com a quantidade produzida.

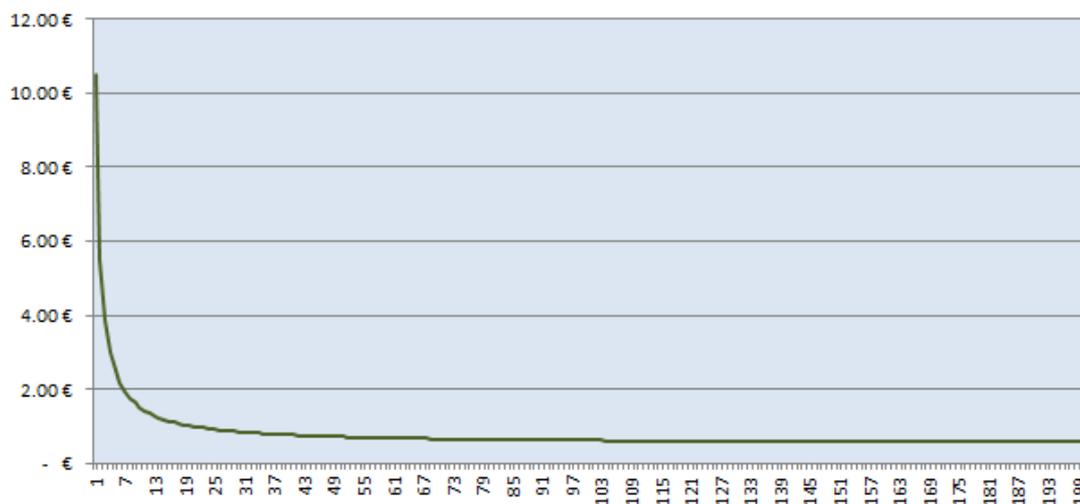


Figura 36 - Relação custo unitário/quantidade produzida

Para diluir o tempo de setup, o lote de fabrico está fixado em 144 unidades, o que obriga a que os *stocks* intermédios entre operações ocupem um espaço considerável na célula, especialmente quando ao produto semi-acabado é rebitado a chapa preta.

Da análise do gráfico da figura 36, conclui-se que um lote de 144 unidades é excessivo tendo em conta o custo de trocas de ferramentas. A partir de um tamanho de lote de cerca de 30 unidades, o custo unitário é praticamente o mesmo de um lote de 144: aprox. 0,6€.



Figura 37 - Stock intermédio de produto semi-acabado

Como já foi referido, as ferramentas de rebitar na máquina de rebitar não possuem qualquer identificação, nem estão organizadas. Ou seja, apenas o operador que costuma trabalhar neste posto sabe qual a ferramenta a usar em cada operação de rebtagem, assim como a afinação respectiva.

Após todas as operações de montagem e rebtagem estarem concluídas, são duas as operações complementares a executar antes da embalagem: a pintura das pontas dos pernos rebitados e colocar massa nas zonas de rotação do link.

A pintura é efectuada com o auxílio de um pincel, de forma manual, cobrindo toda a área rebitada das pontas dos pernos.

Esta operação é imprescindível para o cliente, pois os pernos após serem rebitados ficam sem o revestimento de zinco na zona rebitada. Sem haver a protecção providenciada pela camada de tinta, ocorre corrosão nestes pontos.



Figura 38 - Zonas dos pernos já pintadas

A operação de colocar massa efectua-se da mesma forma que a de pintar. Igualmente com um pincel, é colocada massa nas zonas de rotação para que no funcionamento normal do link não haja prisão de movimento por um largo período de tempo.

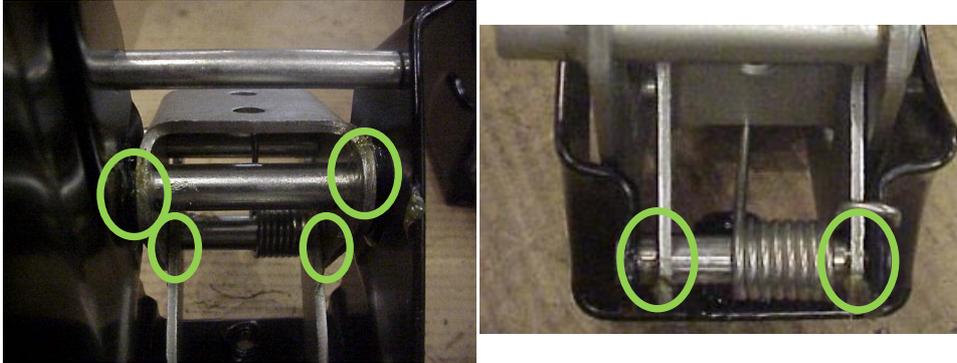


Figura 39 - Zonas a colocar massa no link 11

3.1.4. Embalagem

A embalagem procede-se como passo final e é efectuado em caixas de cartão, onde em cada uma se colocam 12 links devidamente encaixados.

O tipo de caixa está definido. No entanto, foi detectado por várias vezes que a caixa usada não era a específica: o tipo de caixa usado nestes casos tem uma capacidade maior: vai espaço vazio dentro das caixas e a carga fica desnivelada, sendo impossível colocar outra palete sobre a debaixo.

Este problema deve-se ao facto de por vezes não haver caixas apropriadas em stock e para poder enviar para o cliente, recorre-se a outro tipo de caixa semelhante.



Figura 40 - Caixa correcta Vs Caixa errada

3.2. Estudo de alternativas

Antes de efectuar qualquer estudo de alternativas, era imperativo focar a atenção nas trocas de ferramentas (TF), pois qualquer que fosse o cenário final, este ponto necessitava de intervenção. Além de que o tempo destas operações era excessivo em relação ao tempo de montagem/rebitagem e não acrescentava qualquer valor ao produto.

3.2.1. Aplicação da metodologia SMED na TF

Como a fabricação de pequenos lotes implica uma maior quantidade de TF, a aplicação do SMED, como metodologia na redução de tempos de TF, revela a sua importância neste projecto em específico.

No cenário inicial, a TF é uma operação que requer habilidade e treino do operador para que se execute em conformidade: é necessário alinhar com relativa precisão a ferramenta para que o perno a rebitar esteja no mesmo eixo do centro da ponteira de rebitagem. Se este passo não for bem executado, a rebitagem dos pernos não é conforme, com um dos lados rebitado demais e o lado oposto pouco rebitado.

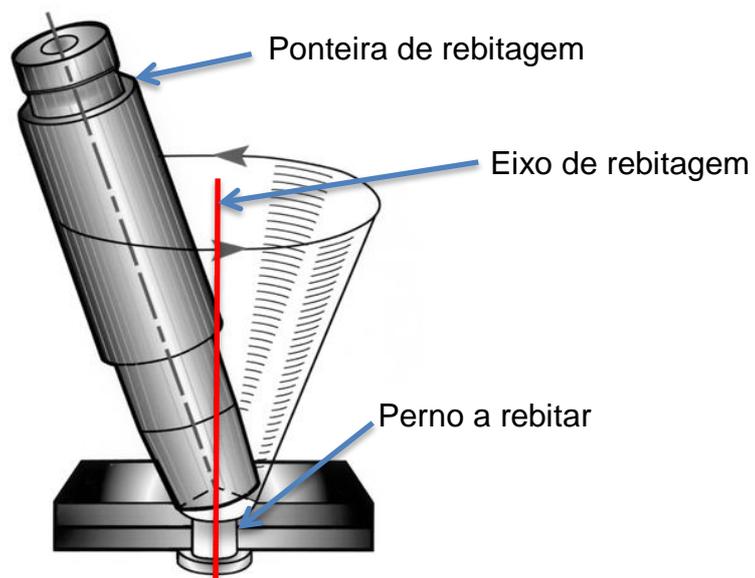


Figura 41- Representação esquemática do centramento do perno a rebitar

Portanto, nas ferramentas novas a executar, é necessário prever um qualquer dispositivo centrador para que o operador não tenha esta preocupação quando executa uma TF.

Relativamente à fixação das ferramentas na base da rebitoradora, este passo no cenário inicial é executado através de dois parafusos. A aplicação de apertos rápidos para executar a fixação aparentava ser uma solução viável para substituir a fixação por parafusos. No entanto, e após uma reflexão sobre a forma de rebitar e o motivo de ter a ferramenta fixa, chegou-se à conclusão que a ferramenta apenas necessita de possuir fixação que não permita rotação.

Vejamos: a força executada pela rebitoradora é no sentido descendente e no sentido dos ponteiros do relógio. Aplicando um pino centrador e um pino anti-rotação, a ferramenta fica completamente fixa, centrada e pronta a trabalhar, sem que seja necessário qualquer aperto, sem parafusos ou apertos rápidos.

Finalmente, em relação à altura das ferramentas, é necessário que as ferramentas a executar possuam alturas diferentes com os devidos compensamentos para que os diferentes pernos fiquem todos à mesma altura, conforme a figura 37, evitando ajustes de altura de trabalho da rebitoradora.

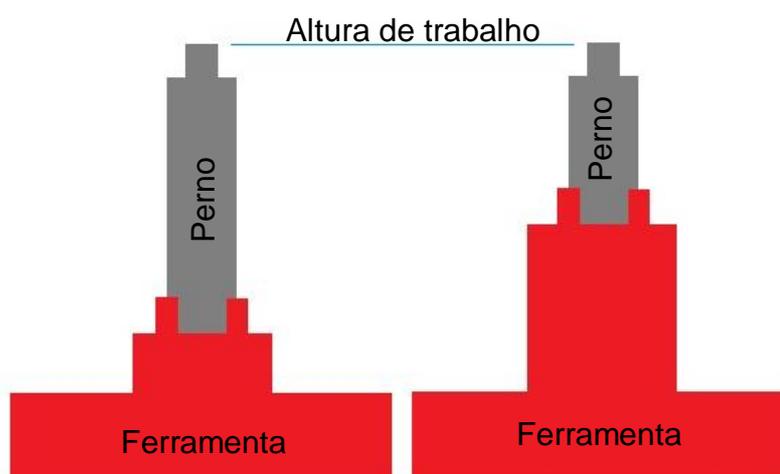


Figura 42 - Representação esquemática altura de pernos Vs altura de ferramenta

Resumindo, é necessário desenvolver ferramentas com os seguintes atributos:

- Autocentrantes;
- Alturas compensadas;
- Fixação com anti-rotação.

Com o apoio do departamento técnico e da ferramentaria da Epedal, o desenvolvimento das ferramentas novas foi de imediato iniciado: os desenhos técnicos das propostas foram criados e sujeitos a validação pelos responsáveis do projecto.

Posteriormente, foi aprovada uma proposta e iniciada a execução das ferramentas.

3.2.2. Desenvolvimento de alternativas para a nova célula

3.2.2.1. Simulação de produção com desperdícios minimizados

O desenvolvimento das propostas de alteração da célula partiu de uma simulação de produção de um lote de 36 unidades, onde se minimizaram os tempos perdidos em deslocações, manuseamento de material, abastecimentos, etc, de forma a quantificar o desperdício que existe com estas tarefas sem valor acrescentado.

Os componentes a montar foram colocados à distância mínima possível do operador e o local onde este coloca o conjunto montado definido que seria à sua direita, simulando um transportador deste conjunto, que o deixava do lado esquerdo pronto para ser um conjunto-componente da próxima operação. A figura 39 ilustra a simulação para a montagem do Conjunto 1, onde as setas representam o manuseamento dos componentes pelo operador e a seta a tracejado o trajecto que o conjunto faz de forma automática.

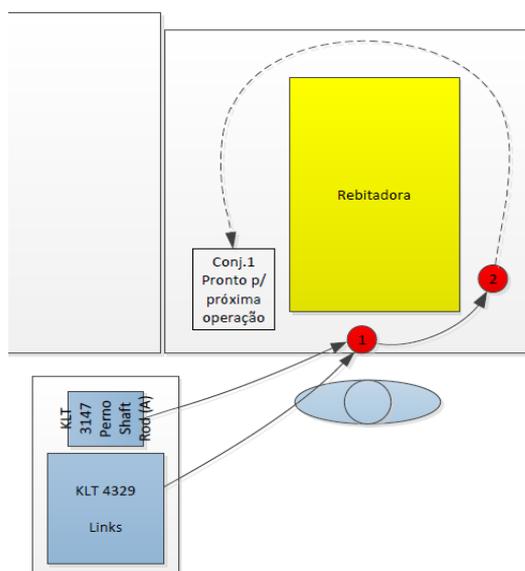


Figura 43 - Representação esquemática da simulação para o conjunto 1

Na posição 1 da figura 39, o operador monta e rebita o conjunto, e posteriormente, no ponto 2, deposita o conjunto já terminado.

As operações seguintes seguiram igualmente esta metodologia: os componentes sempre do lado esquerdo e os conjuntos acabados depositados à direita do operador. A simulação na íntegra foi remetida para anexo.

Os tempos de operação foram registados em suporte de filme, e posteriormente analisados. A tabela a seguir resume e compara os tempos e custos operacionais seguindo a metodologia actual montando um lote de 36 unidades, com todos os seus desperdícios com um cenário onde os componentes estão sempre disponíveis e permanentemente ao alcance de um passo.

		Situação Actual		Simulação	
Minutos	Tempo Total	166		117	
	Tempo em Mudança de Ferramenta	25	15%	25	21%
	Tempo em Preparação de Bancada	30	18%	0	0%
	Tempo em tarefas de Valor Acresc.	111	67%	92	79%
Custos	Mão de Obra por conjunto	0,770 €		0,540 €	
	TOTAL Mudança Ferramenta	4,17 €		4,17 €	
	TOTAL Preparação Bancada	5,00 €		- €	
	TOTAL	27,70 €		19,45 €	
	<i>Poupança por conjunto</i>				0,23 €

Tabela 1 - Cenário inicial Vs Cenário simulado

O primeiro valor que se destaca é o tempo total que tem uma redução de cerca de 49 minutos para montar a mesma quantidade de links: poupança de 30%!

Esta redução deve-se ao tempo de preparação de bancada para montar os diversos conjuntos descritos no capítulo 4.1.2. ter sido eliminado e, conseqüentemente as tarefas de valor acrescentado terem apresentado uma maior eficiência.

Em termos monetários, assumindo um custo de mão-de-obra de 10€, esta informação indica que para montar 36 conjuntos na situação actual, é despendido cerca de 27,70€ quando é possível fazer o mesmo com praticamente menos 8€!

Após a apresentação destas informações e quantificações de desperdício à administração, foi dada aprovação imediata para avançar com o projecto.

3.2.2.2. Modelação 3D de propostas para a célula nova

Tendo obtido a autorização para avançar com o projecto era necessário colocar em prática e encontrar soluções cujos resultados se aproximassem dos obtidos com a simulação.

Colocaram-se principalmente duas questões em cima da mesa:

- Como iríamos garantir que os componentes estariam sempre à mão?
- De que forma os sub-conjuntos montados se deslocariam automaticamente do lado direito para o lado esquerdo para serem elementos componentes da operação seguinte?

Se se encontrassem respostas concretas e funcionais para estas duas questões, o problema estaria praticamente mitigado.

3.2.2.2.1. Estante Dinâmica de Abastecimento

O facto de haver um projecto de implementação em curso na Epedal de um abastecedor (*mizusumachi*) a passar em todos os postos a cada 30 minutos, resolve a questão de abastecer a célula sem que haja falta de componentes. No entanto ainda não havia solução para os componentes estarem permanentemente ao alcance de um passo, dada a sua variedade.

Era necessário desenvolver uma estante dinâmica onde todos os componentes estivessem disponíveis em quantidades correctas e inseridos em KLT. Para tal, em cada tipo de componente, é necessário definir a quantidade em KLT, sem nunca atingir o peso de 15kg por caixa.

As quantidades foram definidas com o auxílio de uma balança, estando estes valores resumidos na tabela seguinte.

<i>Componente</i>	<i>Código</i>	<i>Peso Unitário (g)</i>	<i>Qtd.</i>	<i>Tipo de Caixa</i>	<i>Peso máximo (kg)</i>
Perno Shaft Rod (A)	6260110911	90,4	166	KLT Pequeno	15
Perno Shaft (A)	6260111311	100,0	150	KLT Pequeno	15
Perno Shaft Rod (B)	6260120111	96,8	155	KLT Pequeno	15
Perno Shaft (B)	6260110711	91,5	164	KLT Pequeno	15
Perno Shaft (C)	6260111211	34,8	431	KLT Pequeno	15
Perno Shaft (D)	6260110811	54,9	273	KLT Pequeno	15
Link	6260110211	375,0	40	KLT Grande	15
Plate Assy Lock	6260110311	500,0	30	KLT Grande	15
Stopper Lock Handle	6260110511	245,9	61	KLT Grande	15
Mola Spring, Lock Plate	6260111011	20,0	300	KLT Pequeno	N/A
Mola Spring, Lock Handle	6260111111	20,0	300	KLT Pequeno	N/A
Bracket Lock Component 11	6260110249	280,0	8	KLT Grande	N/A
Bracket Lock Component 12	6260120249	270,0	8	KLT Grande	N/A

Tabela 2 - Quantidades em Caixa

Nos últimos 4 componentes da tabela, a quantidade volúmica foi atingida antes de se atingir os limites de peso.

Tendo definido as caixas e as quantidades de componentes em cada um, era necessário desenvolver uma estante capaz de albergar todos os tipos de componentes.

Através do software de modelação 3D Solidworks®, foi possível projectar uma estante que satisfizesse as necessidades e que fosse móvel, permitindo o seu deslocamento para manter os componentes certos ao alcance do operador ao longo do processo de montagem de um lote de Links.

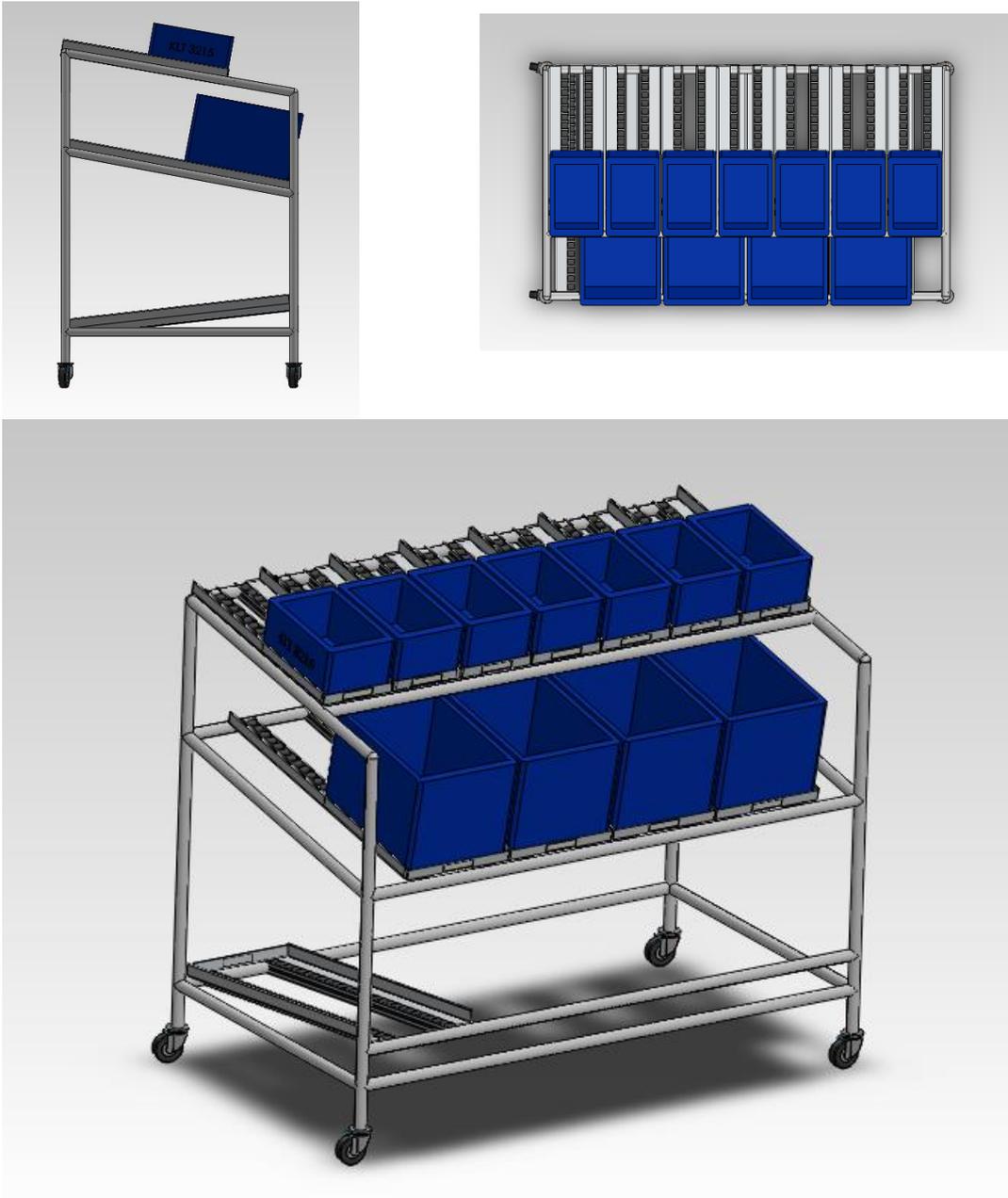


Figura 44 - Modelação 3D da estante dinâmica de abastecimento

A estante será abastecida pela parte traseira (parte mais alta) e terá 2 patamares de trabalho: em cima, encontram-se os componentes mais pequenos, tais como parafusos, molas, etc. O patamar de baixo está destinado aos componentes maiores que estão em KLT's grandes: Bracket Lock Component, Plate Assy Lock, Link, etc.

Cada prateleira é destinada a um tipo de componente. Tem capacidade para 2 caixas de cada tipo (uma em consumo e outra em espera) e possui

inclinação para que, com o auxílio de calhas com rolos, a caixa em consumo esteja perto do operador. Quando não há caixa em espera, o abastecedor sabe que necessita de abastecer aquele tipo de componente em específico.

Por baixo, encontra-se uma prateleira onde o operador coloca os KLT's vazios, sendo estes posteriormente recolhidos pelo abastecedor.

3.2.2.2.2. Sistema de movimento automático de conjuntos

A ideia original para fazer transportar os conjuntos montados da direita para a esquerda era através de tapetes rolantes com accionamento eléctrico passo a passo. Ou seja, a cada conjunto montado, o operador validava e o tapete avançava uma determinada distância.

No entanto havia duas questões na implementação deste sistema: a dificuldade em implementar um tapete que executasse as curvas de 90° necessárias para dar a volta à rebitadora; o custo de operação de um motor eléctrico que iria aumentar o custo do produto acabado sem que houvesse aumento na receita.

Era portanto necessário pensar num sistema que não estivesse dependente da energia eléctrica e que fizesse o que era pretendido.

Após várias reuniões e debates sobre as melhores opções, surgiu a ideia de usar a força da gravidade através de carrinhos em movimento numa calha fechada. Através de ganchos onde fosse possível suspender os conjuntos montados era possível fazer transportá-los desde que o ponto de partida estivesse mais alto que o ponto de chegada.

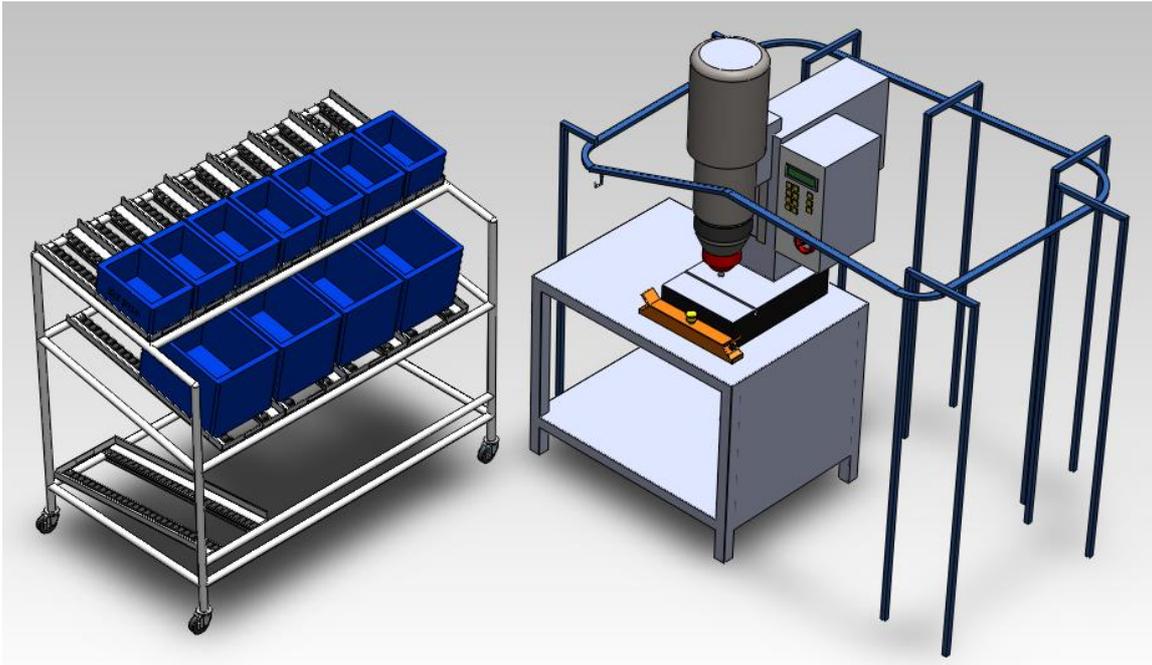


Figura 45 - Modelação 3D da célula preliminar

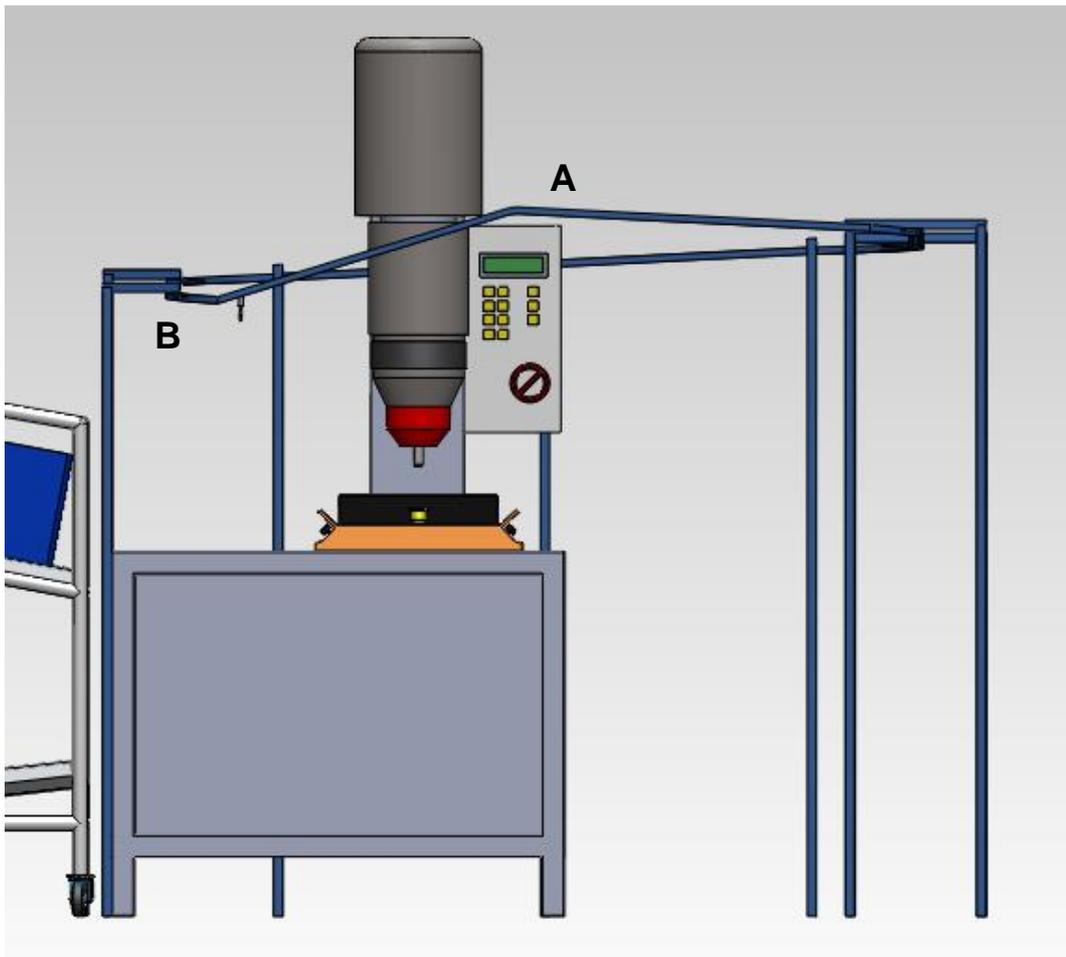


Figura 46 - Vista de frente da célula preliminar

Na figura 47, quando os carrinhos são carregados com um conjunto montado e largados no ponto A, deslocam-se por gravidade para o ponto B onde ficam de imediato prontos a serem consumidos na próxima operação.

Neste cenário existe a limitação de ter que trabalhar com lotes pequenos devido ao espaço que ocupa um lote grande.

Dependendo da melhoria implementada nas trocas de ferramentas, que será abordado mais à frente neste relatório, a calha foi dimensionada para um tamanho de lote de 12 links: a quantidade por embalagem em que vão para o cliente.

3.2.2.2.3. Alteração da mesa da rebitadora

Dado que a mesa grande de suporte à montagem será inutilizada na célula nova, é necessário criar um espaço onde o operador faz a montagem dos links antes da rebitagem.

Aproveitando a mesa onde a rebitadora está pousada, é possível adaptar um suporte onde seja possível executar as montagens. Como a estante de abastecimento ficará encostada a esta mesa, este suporte necessitará de ter o tamanho mínimo possível para não dificultar o acesso à estante.

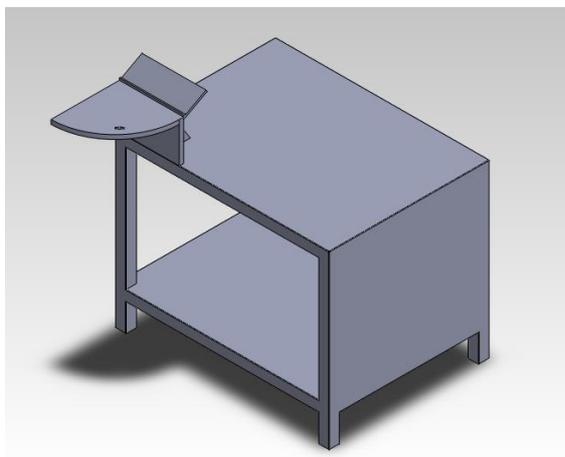


Figura 47 - Modelação 3D da mesa da rebitadora alterada

O espaço debaixo da mesa actualmente serve como local de armazenamento das ferramentas de rebitagem quando não estão em uso. É necessário desocupar este espaço para colocar todas as capas com documentação relativa à célula: gamas de controlo, instruções de trabalho, etc.

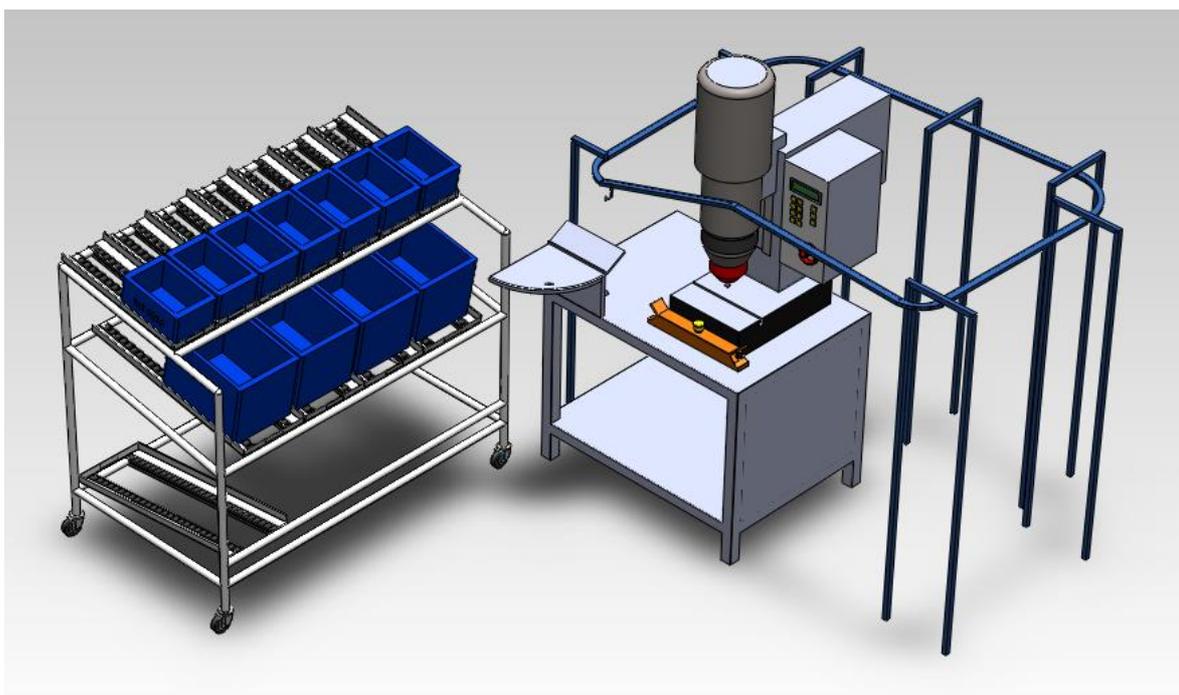


Figura 48 - Modelação 3D da célula preliminar

3.2.2.2.4. Mesa de Armazenamento de Ferramentas

Tendo em conta que as ferramentas pesam cerca de 5 kg cada uma, executar trocas de ferramenta a cada 12 conjuntos montados e estando as ferramentas debaixo da mesa com o acesso dificultado, é necessário criar um espaço que facilite as TF: o trabalho do operador fica ergonómico e torna as TF mais eficientes.

Para esta situação foi modelado uma mesa rotativa com espaços específicos para cada uma das ferramentas.

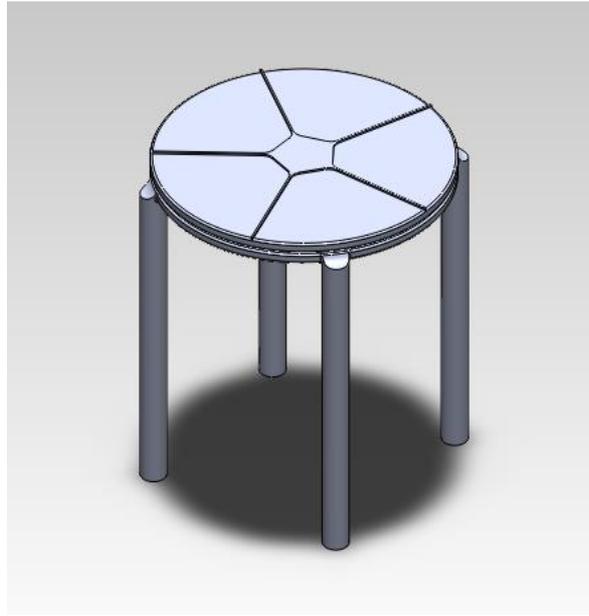


Figura 49 - Mesa rotativa de armazenamento de ferramentas

A mesa está dimensionada para armazenar todas as ferramentas usadas na célula para todas as versões de Links e são colocadas em cima desta de forma sequencial.

O seu movimento é garantido por um centrador e por esferas colocadas por baixo da chapa superior onde esta está apoiada.

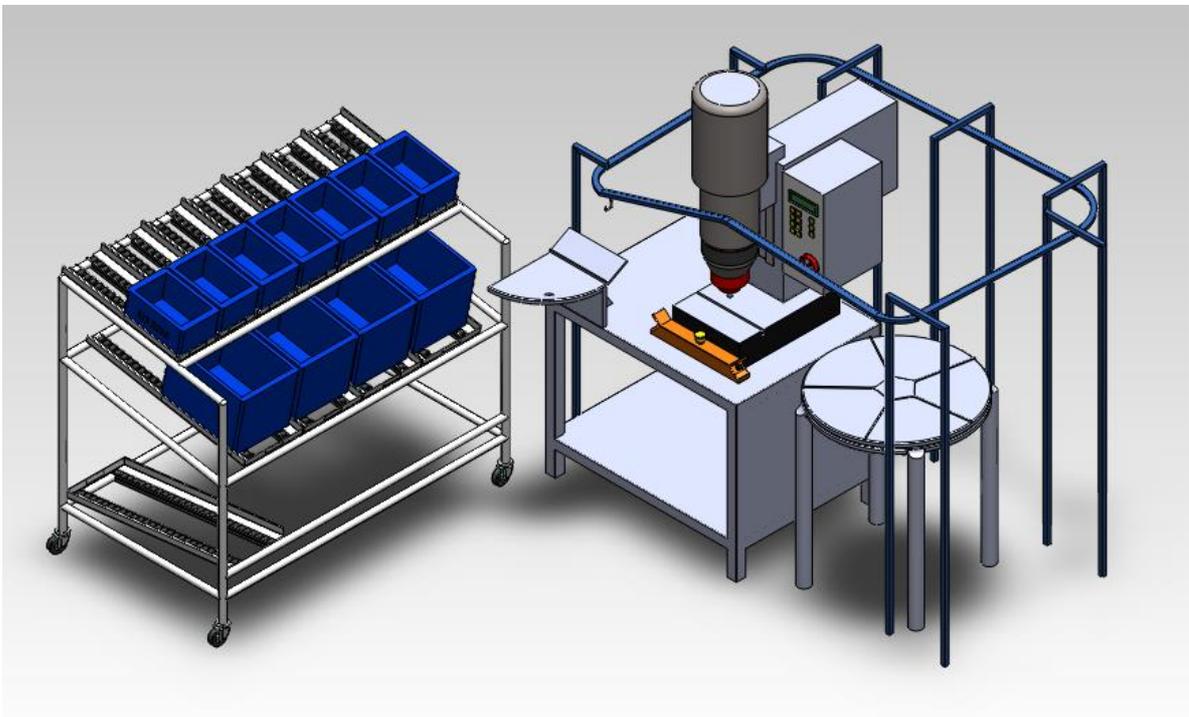


Figura 50 - Modelação 3D da célula definitiva

A modelação da célula estava, deste modo, concluída e a dar soluções concretas às questões levantadas no início deste capítulo, bem como a outros aspectos de melhoria.

Todas estas propostas foram validadas e aceites pela administração.

Capítulo 4

Implementação das propostas desenvolvidas

O quarto capítulo deste relatório descreve a implementação das propostas geradas no capítulo 4 em todos os elementos sujeitos a intervenção.

A fase de implementação das propostas para a alteração da célula contou com o total apoio e dedicação de vários departamentos da Epedal. Era do conhecimento de todos a importância em melhorar e as tarefas executaram-se com facilidade.

Foi criado um plano de acções que está remetido para anexo.

4.1. Ferramentas de rebitar

O desenvolvimento das novas ferramentas de rebitar foi o primeiro passo a dar na implementação das melhorias.

Tendo em conta as especificações necessárias para as ferramentas novas relativamente ao centramento destas, o departamento técnico desenvolveu uma solução satisfatória: foi criado um pino centrador e o respectivo encaixe em cada uma das ferramentas. Estava eliminada a necessidade de centrar manualmente a ferramenta a cada TF.



Figura 51 - Pino centrador de ferramentas

Foi desenvolvido, em conjunto com o pino centrador, um dispositivo anti rotação. Este dispositivo requer que todas as ferramentas tenham a mesma largura para encaixarem todas neste sem que haja afinações.



Figura 52 - Pino centrador e dispositivo anti rotação.

Estes dois dispositivos em conjunto garantem que a ferramenta fica centrada e ao mesmo tempo, fixa durante as operações de rebiteamento. O tempo de TF reduziu significativamente aplicando esta solução: o operador demora agora cerca de 10 segundos a trocar de ferramenta, sem afinações, quando no método antigo, nunca demorava menos de 4 minutos.

As ferramentas de rebiteamento foram desenvolvidas tendo em conta, principalmente, a necessidade de possuírem alturas compensadas para que os parafusos fossem rebiteados à mesma altura, de forma a eliminar afinações na altura da rebiteadora. Esta necessidade foi satisfeita e, acrescentado a estas foram instaladas pegadas para um melhor manuseamento das ferramentas.

A tabela seguinte compara algumas das ferramentas antigas com as ferramentas novas.

Número	Ferramenta antiga	Ferramenta nova
01		
02		
03-11 (03-13 invertida)		
04		
05		

Tabela 3 - Comparação de Ferramentas antigas com novas

Em algumas ferramentas foram implementados Poka-Yokes para garantir o correcto posicionamento da peça, dado que os vários modelos de Link 12 e 14 são exactamente iguais aos modelos 11 e 12, mas invertidos. Esta semelhança entre modelos poderia causar rebitagens no lado incorrecto, o que o Poke-Yoke previne. O caso da ferramenta 03 é um deles: existe a ferramenta 03-11 e a 03-13. Estas duas ferramentas pertencem ao mesmo passo na montagem, no entanto a 03-11 monta os modelos 11 e 12 e a 03-13, os modelos 13 e 14. A montagem trocada é impossibilitada graças ao pino indicado na figura 54.

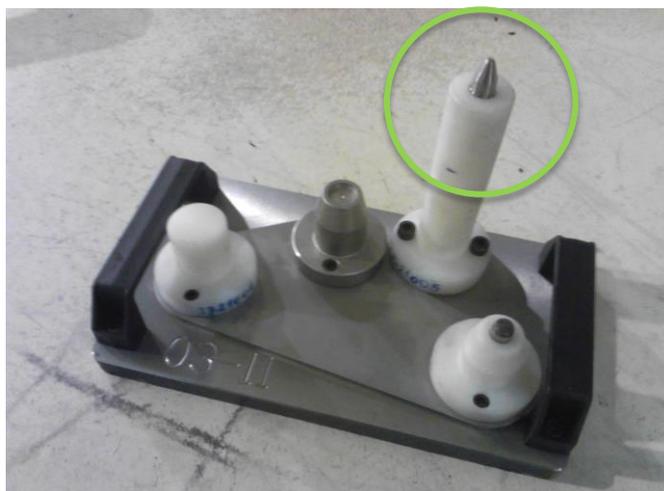


Figura 53 - Ferramenta de rebitagem 03-11

Ainda relativamente às ferramentas, se o perno não estiver bem fixo durante a rebitagem, é possível que esta não fique em conformidade. No caso da ferramenta 02 foi adicionado um grampo de aperto para evitar que o perno oscile e garantir rebitagens conformes.

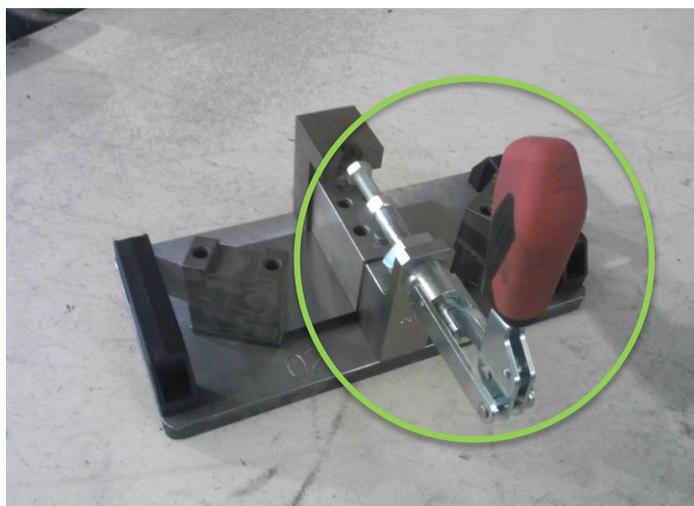


Figura 54 - Ferramenta de rebitagem 02

Os conceitos previstos para a execução das ferramentas novas foram todos aplicados e satisfazem o pretendido. Reduzindo o tempo de TF para cerca de 10~15 segundos, é possível reduzir o tamanho de lote para o mínimo possível: 1 unidade. De qualquer forma, foi acordado e estabelecido que se executem lotes de 12 unidades: uma caixa completa.

4.2. Estante dinâmica de Abastecimento

A estante de abastecimento foi executada em componentes estandardizados para este tipo de artigos. Estes componentes são fornecidos pela empresa LeanTek e possuem todos os tipos de acessórios para a execução de estantes ou outro tipo de estruturas: tubos, juntas, conexões, calhas, etc.

A Epedal mantém em stock variados acessórios deste tipo, e para a execução esta estante em específico não foi necessário efectuar nova encomenda.

Foi necessário cortar tubos, calhas de plástico e calhas com roletes à medida pretendida para posteriormente se montar a estante. As juntas utilizadas para a montagem foram praticamente todas de 90°, excepto para ligar as barras diagonais, onde se usaram juntas de 45°.



Figura 55 - Juntas de 90° (LeanTek)



Figura 56 - Junta de 45° (LeanTek)

A montagem de estruturas com este tipo de material é bastante facilitada. Cada junta é fixa através de apenas um parafuso e a posição de fixação é virtualmente ilimitada.

O movimento dos KLT's na estante é garantido pelas calhas com roletes, e guiados em calhas plásticas.

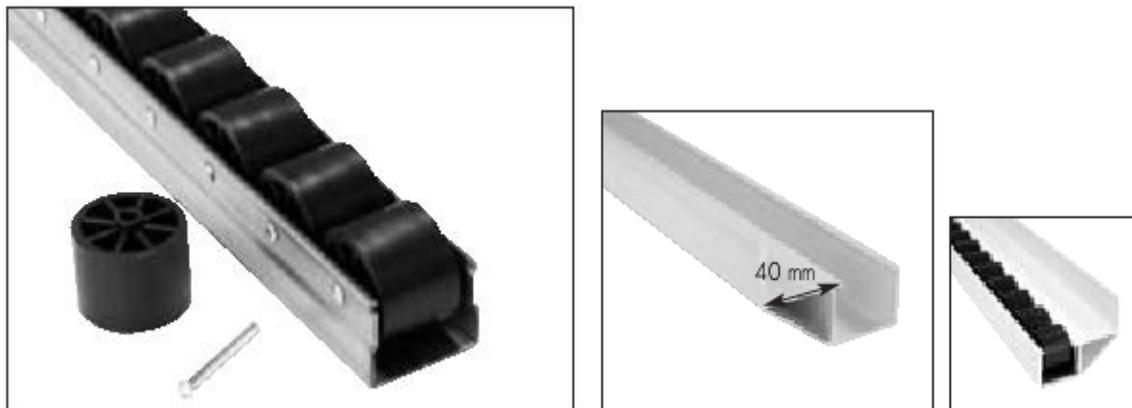


Figura 57 - Calha com roletes, plásticas e conjunto montado (LeanTek)



Figura 58 - Estante dinâmica de abastecimento terminada

4.3. Alteração da Bancada de rebiteagem

A bancada de montagem foi executada pela serralharia e, posteriormente foi dada nova pintura na mesa onde a rebitadora fica pousada. A mesa é fixa à bancada através de dois parafusos.

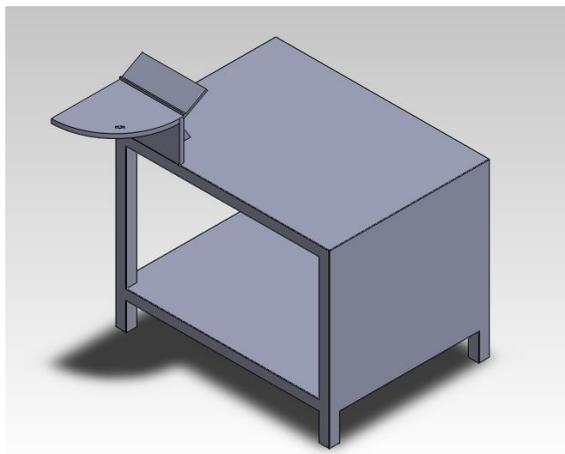


Figura 59 - Modelação 3D da mesa de rebiteagem com bancada aplicada

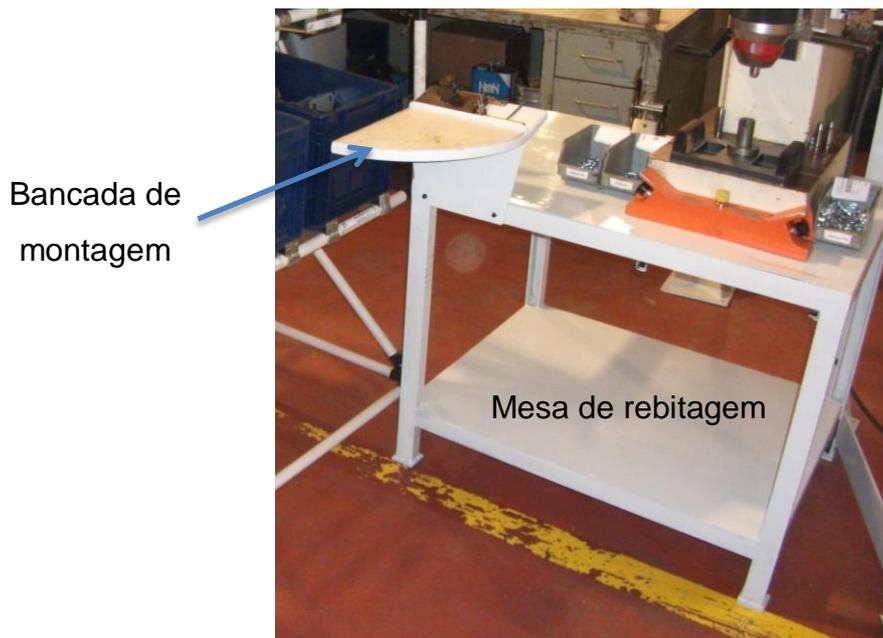


Figura 60 - Mesa de rebitagem com bancada de montagem aplicada

Para prolongar o bom aspecto geral da bancada, esta foi forrada com borracha branca.

4.4. Mesa das Ferramentas de Rebitagem

A mesa onde as ferramentas de rebitagem estão armazenadas foi criada com o intuito de colocá-las perto da rebitadora, onde o seu manuseamento fosse facilitado, libertando espaço debaixo da mesa de rebitagem, onde consequentemente o seu acesso era dificultado para o operador.

Foi desenvolvida uma mesa onde as ferramentas ficassem à mesma altura de trabalho na rebitadora e através de um tampo giratório, o acesso a qualquer uma delas fosse facilitado, rodando-o até à ferramenta pretendida.

A estrutura foi executada pela serralharia e os tampos, foi solicitada subcontratação para cortar a laser a forma circular e os furos onde as esferas que permitem o movimento são colocadas.

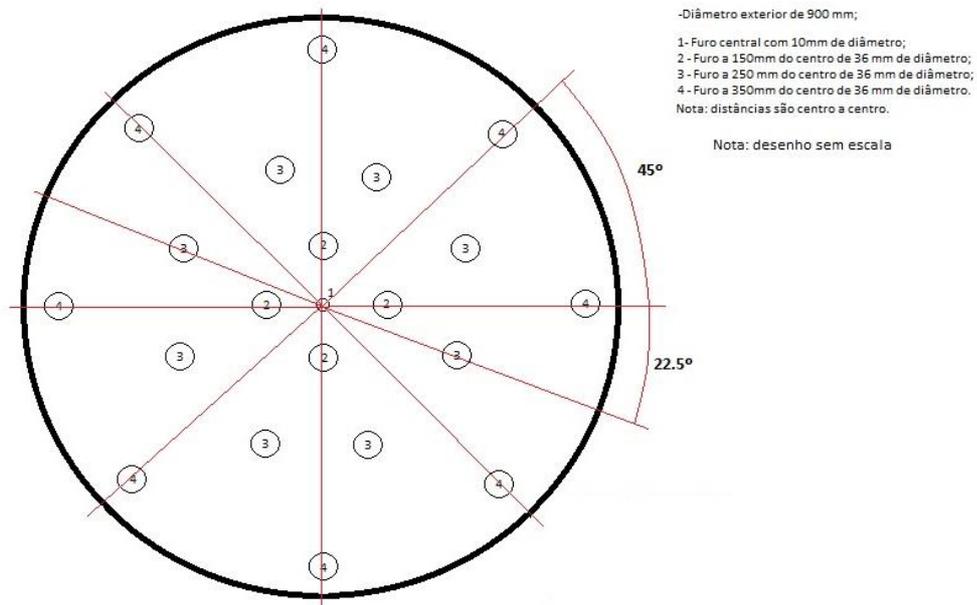


Figura 61 - Desenho para corte laser

Em cada um dos furos da figura 63, foram colocadas esferas do tipo de base cilíndrica, permitindo desta forma um movimento suave e leve na rotação da mesa das ferramentas.



Figura 62 - Esferas de base cilíndrica (Manutan)



Figura 63 - Mesa das ferramentas de rebite executada

Após a execução da mesa, esta foi forrada com tela preta e desenhado o local específico onde cada uma das ferramentas se coloca quando não estão em uso.



Figura 65 - Mesa sem ferramentas



Figura 64 - Mesa com ferramentas

As ferramentas estão dispostas de forma sequencial com o processo de rebiteagem.

4.5. Calha de Transporte de Conjuntos

Para a execução da calha de transporte dos conjuntos montados, houve necessidade de fazer uma pesquisa sobre que tipo de material aplicar e que tipo de carrinhos havia no mercado.

Com o auxílio do departamento de compras, foi encontrado um tipo de calha denominado APOLO F74, que satisfazia o pretendido.

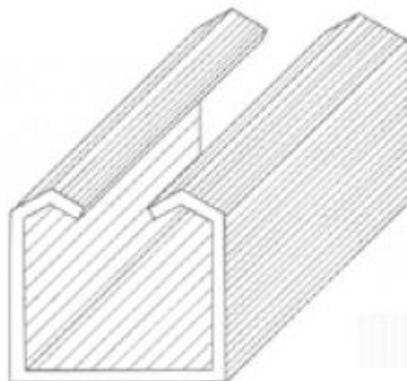


Figura 66 - Perfil da calha Apolo F74 (Orzare)

Este tipo de calha está disponível em perfil recto e em curvas com 600mm de raio. Foram adquiridas para este projecto 4 curvas e um perfil recto com 6000mm de comprimento.



Figura 67 - Curva em calha Apolo F74 (Orzare)

O preço unitário das curvas fixou-se em 21,75€ e um perfil recto 18,70€, com um total de 105,7€ despendido.

A execução foi, de novo, do cargo da serralharia, onde os pés de apoio foram melhorados em relação ao desenho criado: com 3 postes apenas foi possível manter a estrutura de pé.

Em relação aos carrinhos de transporte, optou-se por carrinhos de rolamentos duplos, aos quais foi adaptado um gancho onde os conjuntos ficam pendurados.



Figura 68 - Carrinho de rolamentos duplo (Aluplasto)

Cada carrinho teve um custo de aquisição de 4,05€/unidade o que multiplicando por 12, deu um custo total de 48,6€.

Resumindo, em termos de material, a calha de transporte para os conjuntos teve um custo total de 154,3€.



Figura 69 - Carrinho com Conjunto 1 suspenso



Figura 70 - Vista de frente da calha de transporte

Colocando em funcionamento a célula após implementadas todas as alterações, é possível avaliar o impacto na melhoria, conforme está relatado no capítulo 5.

4.6. Actualização das Instruções de trabalho

Após todas as novas operações estarem bem definidas, foi necessário actualizar e modificar as Instruções de Trabalho (IT) para estas irem de encontro com a nova forma de trabalhar.

Como um dos objectivos iniciais era dotar a célula de IT's claras para que qualquer operador, fazendo uso destas conseguisse montar Links completos sem qualquer formação inicial, foi dada especial importância na modificação das IT's.

Desta forma, foi criada uma IT detalhada passo a passo para cada operação. Através de imagens ilustrativas em cada passo e de textos descritivos concisos, sobre qual a ferramenta a usar, que componentes são necessários em cada operação, etc., foi possível chegar a uma IT que fornecesse a informação necessária para funcionar correctamente com a célula de montagem.

Devido à extensidade das IT's, foi remetido uma para anexo.

4.7. A célula final

Estando todas as alterações prontas a ser implementadas em conjunto, é possível iniciar e validar a forma de trabalho na célula nova. A figura 69 demonstra o aspecto geral da nova célula.



Figura 71 – Aspecto final da célula de montagem

Foi adicionado um tapete de trabalho em pé para maior conforto do operador, dado que o trabalho executado na célula é totalmente de pé.

A documentação e latas de tinta e massa para as operações foram armazenadas por baixo da mesa da rebitadora, sendo estas duas operações executadas da mesma forma do cenário inicial.

Vejamos a forma de funcionamento da célula para montar um Link 11.

- **Operação 1 – Montar e rebitar Conjunto 1**

Após montar a ferramenta 01, o operador com os componentes para montar o conjunto 1 à mão monta e rebita um conjunto de cada vez. Cada um desses conjuntos, assim que são rebitados, é colocado num gancho e levado este para a posição de queda da calha. Ao fim de 12 conjuntos rebitados, é possível passar para a operação seguinte.

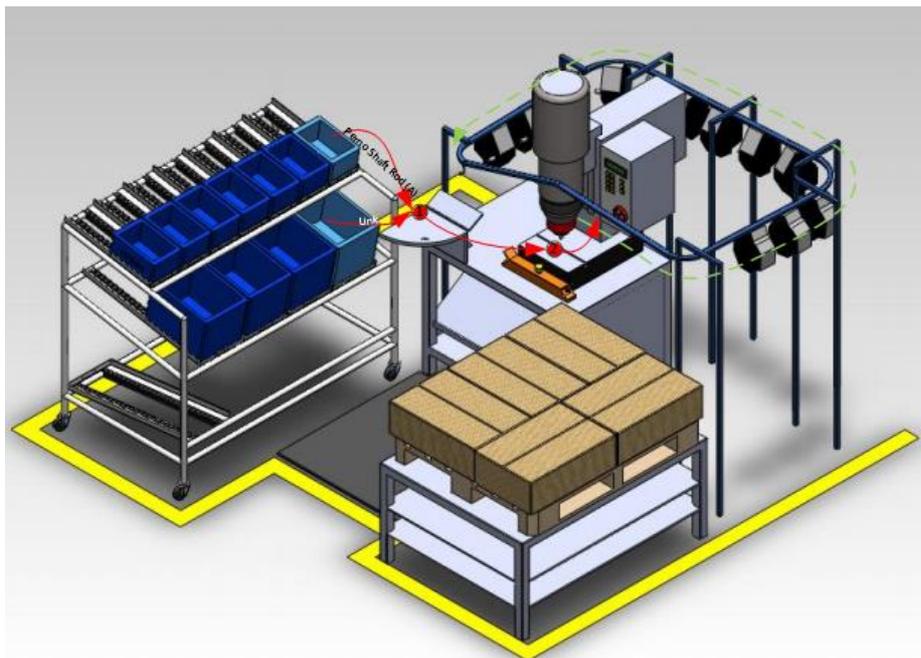


Figura 72 - Montagem e rebite do conjunto 1

- **Operação 2 – Montar e rebitar Conjunto 2**

O primeiro passo nesta operação é trocar a ferramenta. O operador remove a ferramenta 01 da rebiteadora, coloca-a na mesa de repouso, roda-a para ter acesso à ferramenta 02 e coloca esta na rebiteadora. De seguida, tem de chegar à frente a estante de abastecimento para que os componentes necessários para montar e rebitar o conjunto 2 fiquem à mão. Após estar tudo pronto, a montagem e rebite são iniciadas: é retirado um conjunto 1 da calha para formar o conjunto 2, montados os componentes específicos e rebiteado da mesma forma do conjunto 1: no fim da rebiteagem de cada conjunto, é colocado num gancho e levado para a área de queda na calha.

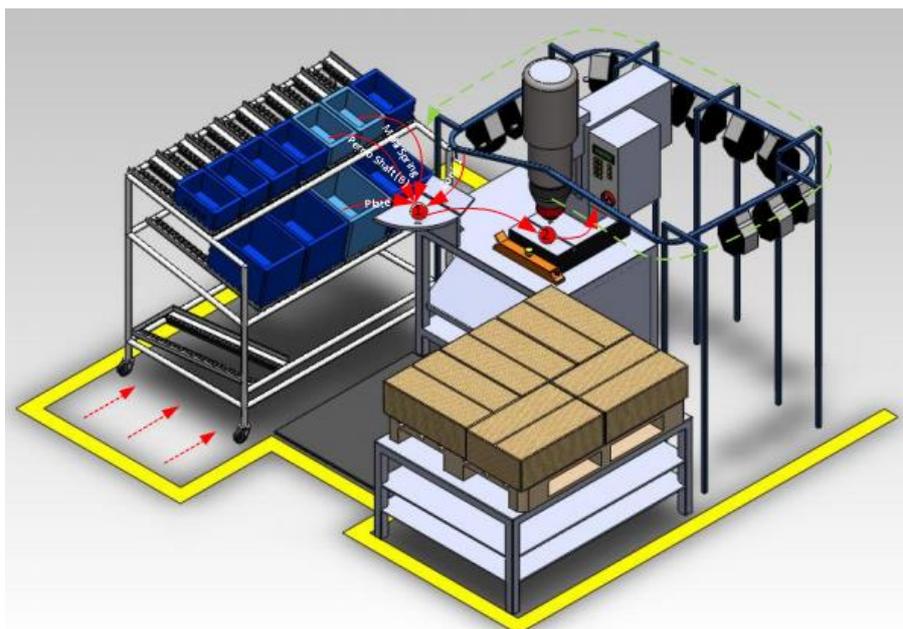


Figura 73 - Montagem e rebite do Conjunto 2

- **Operação 3 – Montar e rebitar Chapa preta no Conjunto 2**

Analogamente à operação anterior, esta inicia-se com a TF removendo a anterior e colocando a ferramenta específica para esta operação. De novo, o operador chega a estante um pouco mais à frente e pode iniciar o trabalho. Segue-se montar, rebitar e colocar o conjunto rebitado na calha na posição de queda.

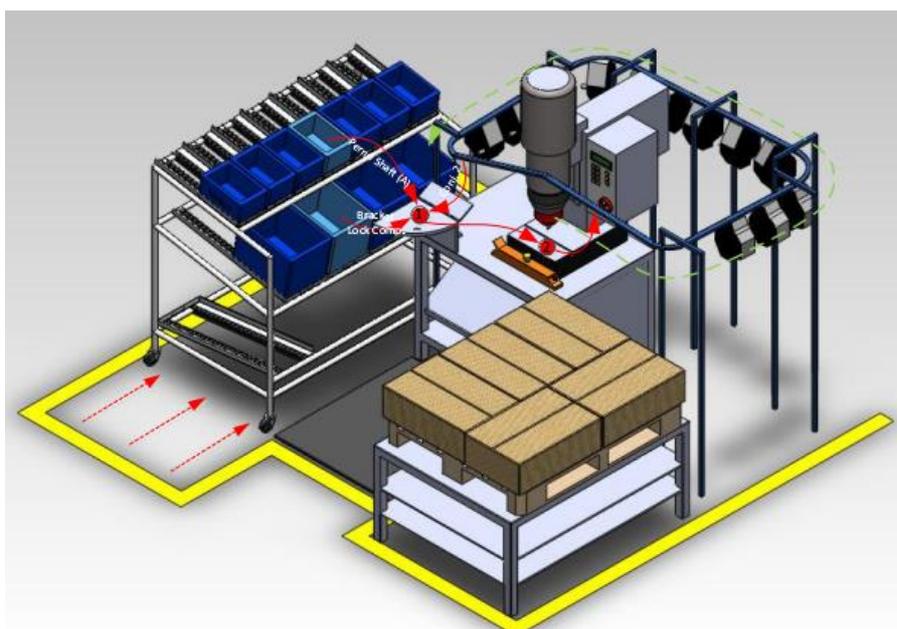


Figura 74 - Montagem e rebite da Chapa preta no Conj.2

- **Operação 4 – Montar e rebitar Conjunto 3**

Após trocar a ferramenta e mover a estante um pouco mais à frente, montar o Conjunto 3 efectua-se da mesma forma que as operações anteriores: montar, rebitar e colocar na calha o conjunto.

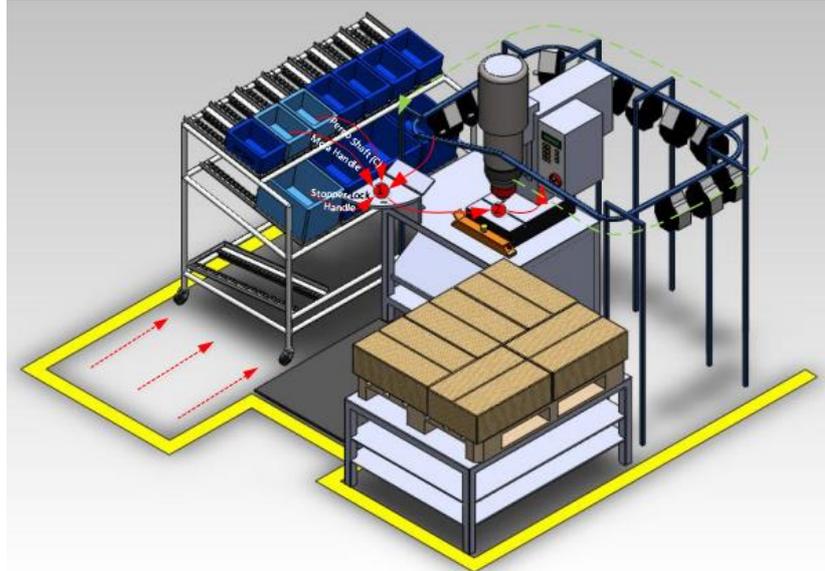


Figura 75 - Montagem e rebitação do Conjunto 3

- **Operação 5 – Montar e rebitar o último perno**

Esta operação caracteriza-se por ser a última rebitação antes de estar completo. De novo, o operador tem de trocar a ferramenta, mover a estante à frente e pode iniciar a rebitação.

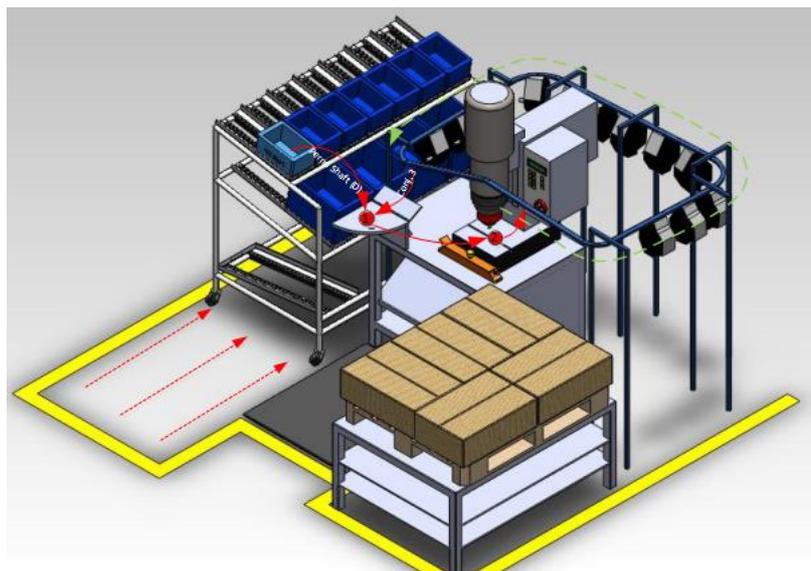


Figura 76- Montagem e rebitação do último perno

- **Operação 5 – Pintar e colocar massa e embalar**

Nesta operação, o operador coloca a lata de tinta e de massa em cima da mesa, inicia a pintura dos pernos e coloca massa nas zonas específicas, conjunto a conjunto. Nesta fase, o operador ainda coloca os conjuntos na calha para dar tempo à tinta secar antes de embalar.

Após todos os 12 conjuntos estarem pintados e emassados é possível começar a embalar: o operador retira os conjuntos da calha e embala-os directamente na caixa.

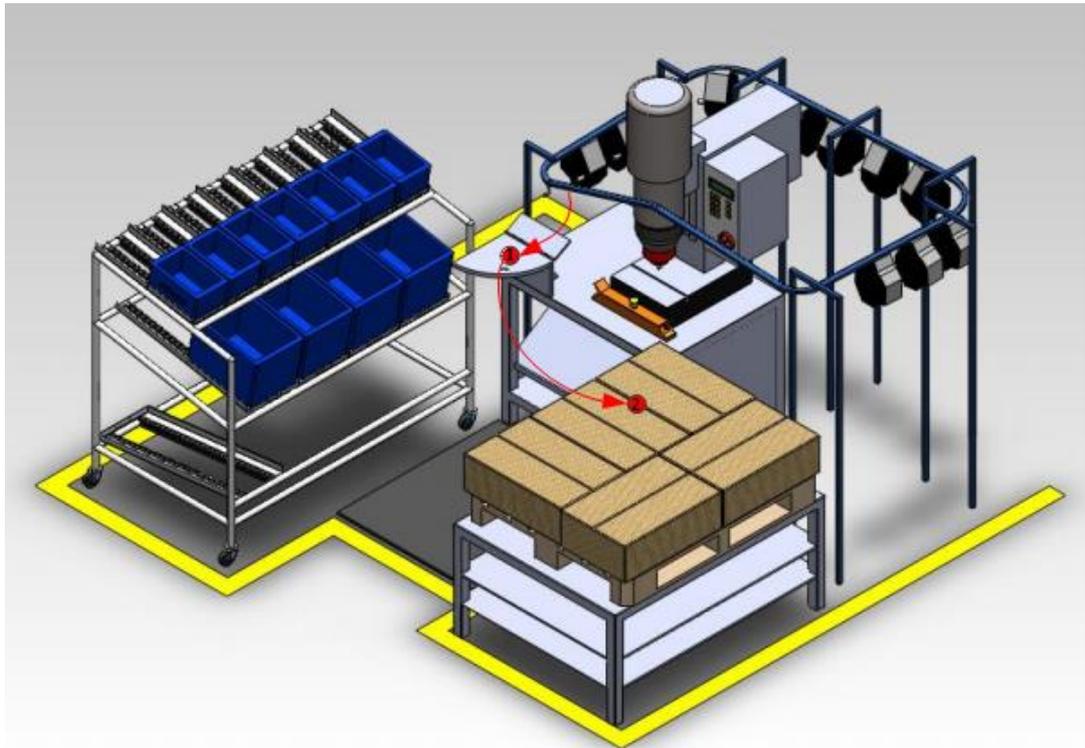


Figura 77 - Pintura, colocar massa e embalagem dos conjuntos finais

Capítulo 5

Resultados

A aferição e comparação dos resultados com o cenário inicial após a implementação de alterações é um ponto vital no desenvolvimento de qualquer projecto de melhoria.

Posto isto, da mesma forma que se fez o levantamento dos vários aspectos da célula no cenário inicial, é necessário fazer o mesmo trabalho para o cenário final.

5.1. Avaliação 5S do cenário final

Utilização (SEIR)

A disposição dos vários materiais, componentes e ferramentas usados na célula, evita que haja locais sem função definida. Este facto impede que haja qualquer componente estranho à célula sem que seja imediatamente detectado, pelo que na célula está presente o estritamente necessário para a sua laboração normal.

Todos os componentes, ferramentas e seus locais de armazenamento estão devidamente identificados.

Organização (SEITON)

A célula de montagem encontra-se agora documentada com Instruções de Trabalho concisas e objectivas, com todas as tarefas de cada operação descritas passo a passo.

O local de armazenamento dos componentes está definido ser no armazém. No entanto, a implementação do misusumachi está inacabado, pelo que o operador está responsável pelo abastecimento.

Limpeza (SEISO)

A célula nova apresenta-se limpa, com todas as estruturas pintadas e com bom aspecto. Em cada troca de ferramenta, o operador passa um pano de forma rápida na ferramenta que acabou de usar, havendo o hábito de as manter limpas.

Segurança e Saúde (SEIKETSU)

Da mesma forma do cenário inicial, o posto não apresenta problemas a este nível: a ventilação e iluminação continuam a ser apropriadas para o tipo de trabalho a desenvolver. As indicações de segurança presentes no posto são respeitadas e os EPI's (Equipamentos de protecção individual) são usados: óculos de protecção contra projecções e luvas.

Disciplina (SHITSUKE)

Devido ao facto de a nova célula ser compacta e o espaço existente ser o expressamente necessário para as tarefas relativas a esta, não existe espaço para que más práticas de arrumação sejam tomadas.

Relativamente ao preenchimento de fichas de autocontrolo e registos de produção, existe o hábito de manter os registos em dia e realizar, sempre que seja altura disso, o registo de quantidades produzidas nas Ordens de Fabrico.

Após a análise 5S à célula no cenário final, é possível atribuir uma classificação a cada um dos sentidos e comparar com o cenário inicial.

- SEIRI – 28 pontos em 32 possíveis.
- SEITON – 35 pontos em 36 possíveis.
- SEISO – 19 pontos em 20 possíveis.
- SEIKETSU – 26 em 32 pontos possíveis.
- SHITSUKE – 16 em 20 pontos possíveis.

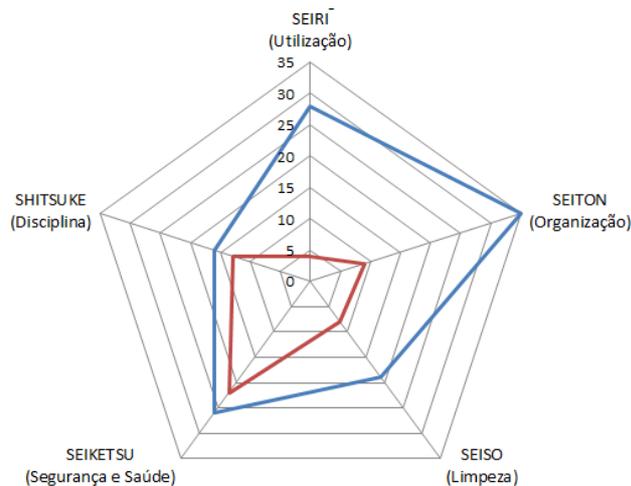


Figura 78 - Classificação 5S do cenário inicial e final

A linha azul corresponde ao cenário final e a vermelha, ao cenário inicial. É notória a melhoria nas dimensões de Utilização, Organização. Estas melhorias são principalmente devidas à implementação de trocas rápidas de ferramenta e o seu conseqüente aumento de flexibilidade da célula. A organização foi bastante aperfeiçoada, onde cada componente, ferramenta, etc., tem o seu espaço dedicado e devidamente identificado.

A limpeza foi aprimorada por ser um espaço novo com bom aspecto, e pelo facto do operador ter sido envolvido no desenvolvimento deste projecto há a vontade de assim o manter.

5.2. Resultados quantitativos

A tabela seguinte resume e compara o estado de vários aspectos do cenário inicial e do estado final após o desenvolvimento pleno deste projecto.

Aspecto	Cenário Inicial	Cenário Final	Ganho
Área ocupada	22,4 m ²	7,8 m ²	62% de poupança de área ocupada
Tamanho de lote	144	12	85% de redução de tamanho de lote
Tempo de operação/lote	505 Minutos	36 Minutos (432 Minutos para montar 144 links)	15% de poupança de tempo de operação
Tempo de TF	Aprox. 5 Minutos	Aprox. 15 Segundos	92% de redução de tempo de TF
Custo de Mão-de-obra /Link	0,584€	0,494€	15% de redução de custo de Mão-de-obra
Operador dedicado	Sim	Não	Qualquer operador pode trabalhar no posto

Tabela 4 - Comparação de Cenários Inicial e Final

De todos os aspectos considerados, o tempo de troca de ferramenta é o que se destaca pela sua drástica redução: 92%! Suponhamos 100 trocas de ferramentas: no cenário actual, corresponderia a cerca de 500 minutos dispendidos, ou, em termos monetários, a cerca de 83€ em mão de obra. As mesmas trocas de ferramenta, no cenário actual, demorariam cerca de 25 minutos, ou 2,5€. O ganho é colossal.

Como consequência desta redução de tempo de TF a flexibilidade da célula foi aumentada e eventuais produções de urgência são executadas com grande rapidez, como por exemplo, a detecção de peças com defeito e necessidade de reposição de *stock*.

Como este projecto incidu praticamente no combate a desperdícios sob a forma de tempo mal aproveitado, o ganho que se obteve em reduções de tempo é o mesmo em termos de reduções de custos: um conjunto custava cerca de 0,594€ a executar, o que com 15% de redução obtido no cenário final, custa agora 0,494€.

Actualmente faz-se mais com menos recursos: reduziu-se o espaço ocupado em cerca de 62% e produz-se mais rapidamente.

Ter a primeira caixa de 12 *links* acabada e embalada, ao contrário do cenário inicial, que só ao fim de cerca de 480 minutos de trabalho é que se tinha uma caixa completa, traz vantagens não quantificáveis ao processo: manusear uma caixa incorre-se em menos riscos de acidente, como por exemplo deixar cair um link e danificá-lo (o que obrigaria a retrabalho). Embalar mais rapidamente, transmite uma sensação de trabalho bem executado e realização ao operador, aumentando os níveis de satisfação.

Um tamanho de lote mais pequeno traz também uma vantagem em termos de qualidade: os defeitos são detectados mais rapidamente. Se um componente que seja montado numa fase final do processo apresente algum defeito grave e que seja apenas detectado durante a montagem, num cenário como o inicial, isso seria catastrófico. O lote inteiro ficaria à espera que o problema ficasse resolvido sem que nenhum dos links estivesse terminado e pronto a enviar para o cliente. O tempo de resposta seria significativamente menor se esse erro fosse detectado ao fim de 36 minutos (o tempo de montagem actual de um lote de 12 links), como acontece no cenário obtido.

Capítulo 6

Conclusões

A ausência de objectivos concretos a atingir no início do projecto, isto é, não havia a típica meta a atingir em percentagem de ganhos, ou redução de tempos, etc., foram-se gerando no decorrer do tempo ideias concretas sobre que aspectos se desejariam e poderiam melhorar na célula de montagem. A identificação clara dos problemas que a célula encobria contribuiu para que o caminho da melhoria se fosse traçando, através de respostas às seguintes questões: onde está o desperdício? é possível eliminar esse desperdício? como se vai eliminar? quanto se ganhou com a eliminação do desperdício? Esta sequência de perguntas foi colocada inúmeras vezes ao longo destes últimos meses. Algumas tiveram resposta, outras não.

Um dos objectivos estabelecidos no início do projecto era a necessidade de fazer com que qualquer operador com pouca ou nenhuma formação, pudesse desenvolver o trabalho que é pretendido para a célula de forma correcta. Através das Instruções de Trabalho criadas e da disposição anti-erro dos componentes da célula, este objectivo foi cumprido.

Em suma, o custo de produção de um link foi reduzido, a célula ganhou flexibilidade executando links mais rapidamente e ocupando menos espaço na secção, aliado a uma melhor ergonomia de trabalho e conseqüente aumento de satisfação do operador.

Dada a complexidade na implementação de um *mizusumachi* no seio da organização, não foi possível em tempo útil, nem foi objecto de estudo a fundo para este projecto, desenvolver um sistema de abastecimentos cíclico, pelo que a eficiência da célula desenvolvida não está em pleno. Em jeito de perspectiva futura, este será um projecto a desenvolver.

Globalmente, o resultado final do desenvolvimento deste projecto foi bastante positivo, tanto para a Epedal como para o Autor deste projecto. Para a Epedal, devido aos resultados obtidos relatados neste capítulo, e para o Autor, por ter tido uma excelente oportunidade de aprendizagem e de reingresso no mercado de trabalho.

Bibliografia

Aluplasto. Obtido em 24 de Fevereiro de 2013, de Aluplasto:
<http://www.aluplasto.pt/produtos2.asp?ID=918>

Brandi, D., & Giacaglia, G. E. (2012). *Aumento da Produtividade em uma Indústria Gráfica de Embalagens por Meio da Redução dos Tempos de Setup de Impressão e Uso de Tecnologias Sustentáveis*. São Paulo: Universidade de Taubaté.

Dennis, P. (2008). *Produção Lean Simplificada*. Porto Alegre: Bookman.

LeanTek. Obtido em 25 de Janeiro de 2013, de www.trilogiq.com:
<http://www.trilogiq.com/pt-pt/>

Liker, J. (2005). *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman.

Manutan. Obtido em 24 de Janeiro de 2013, de www.manutan.pt:
http://www.manutan.pt/esferas-de-movimentacao-de-base-cilindrica_M1939-28.html?finalCatString=&viewSize=30

MLG Management Consultants. (2013). Obtido em 15 de 07 de 2013, de
<http://www.mlg.uk.com/html/7w.htm>

Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time - 4th Edition*. CRC Press.

Orbitform. Obtido em 5 de Maio de 2013, de Orbitform:
http://www.orbitform.com/modules.php?name=Product&op=cathome&cat_id=97

Orzare. Obtido em 5 de Janeiro de 2013, de Orzare:
<http://www.orzare.com/pt/produtos/calhas-metlicas/calha-tecnica-curva-apollo/100539>

Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Edições LIDEL.

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.

Shingo, S. (2000). *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: uma revolução nos sistemas produtivos*. (C. S. Eduardo Schaan, Trad.) Porto Alegre: Bookman.

Takttime. Obtido em 2013 de Julho de 16, de <http://takttime.net/takt-consultoria/modelo-takt-lean-manufacturing/>

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking*. Simon & Schuster.

Anexos

Anexo 1 – Instrução de Trabalho Antiga

	Instrução do Posto de Trabalho	Ref. Epedal: 7260110000
		Ref. Cliente: ML110004
		Cliente: Mitsubishi

Designação da Instrução: Montar conjunto 1 & Cravar Perno

- **Componentes a montar**

Abastecer a partir dos KLT's da Bancada de Abastecimento:



Link
Qtd: 1 unidade



Perno Shaft Rod (A)
Qtd: 1 unidade

- **Conjunto 1 montado**

O conjunto 1 deverá apresentar o seguinte aspecto após a rebitagem:



Motivo: Elaboração Inicial	Elaborado por:	Aprovado por:
Modificação: 01	Data: 13-04-2010	
S1-IT-108/01		25-10-2007

	Instrução do Posto de Trabalho	Ref. Epedal: 7260110000
		Ref. Cliente: ML110004
		Cliente: Mitsubishi

Designação da Instrução: Montar conjunto 1 & Cravar Perno

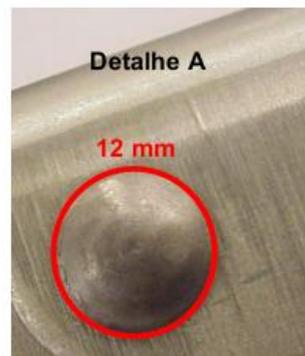
- *Método de montagem*

Operação 1: Introdução do Perno Shaft Rod (A) no furo de Ø8 do Link, conforme figura.



Nota: A altura de 10 deve ficar alinhada com a superfície do Link, sendo que o Ø8 deve ficar totalmente fora da espessura do link.

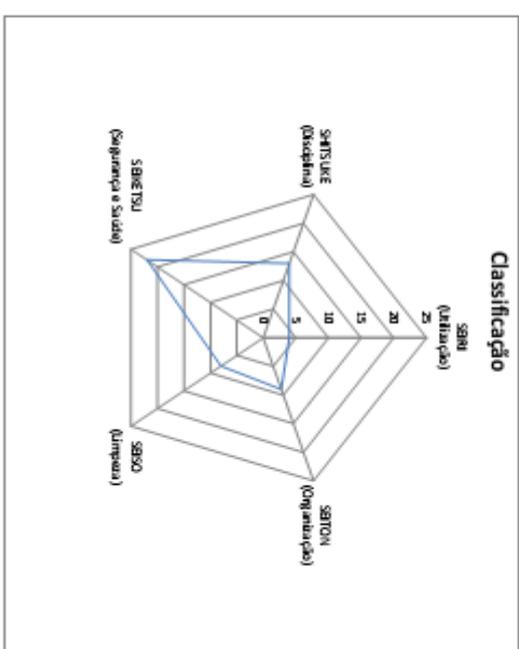
Operação 2: Colocação da peça na ferramenta apropriada e rebitar o Ø8 do Perno Shaft Rod (A). A cabeça rebitada tem que ficar com Ø12 e não pode apresentar fissuras.



Motivo: Elaboração Inicial	Elaborado por:	Aprovado por:
Modificação: 01	Data: 13-04-2010	
S1-IT-108/01		25-10-2007

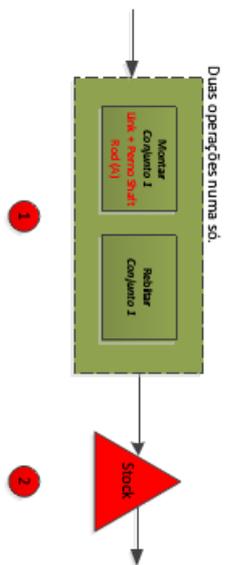
Anexo 2 – Análise 5S da Situação Inicial

Série	Pontos Avaliados	Escala					Total do Serviço		
		Nulo	Mau	Médio	Bom	Muito Bom			
SBIRI (Utilização)	Existe material de reserva estofado sem uso no local?	0	1	2	3	4	41 / 32		
	Os materiais necessários para o trabalho estão nas quantidades corretas?			2					
	Existe algum equipamento/material sem finalidade a ser descartado?		0						
	As ferramentas necessárias estão organizadas?		0						
	As ferramentas necessárias estão identificadas?		0						
	O armazenamento é feito eficientemente?		1						
	O espaço das ferramentas entre operações é eficiente?		0						
	Existem barreiras de manutenção de falhas?		0						
	Total do Serviço								
			0						
SBTON (Organização)	Os materiais/equipamentos do posto estão identificados?		1				9 / 35		
	Os materiais/equipamentos do posto estão identificados de todos (quais materiais)?		1						
	Existem indicações dos locais de armazenamento?		0		2				
	As práticas de empilhamento são adequadas?		0		2				
	Códigos de cores são usados/identificados?		0		2				
	As instruções de trabalho estão orientadas?					2			
	As instruções de trabalho estão completas?		1						
	O local está demarcado e desobstruído?				2				
	Total do Serviço								
				1					
SEISO (Limpeza)	Seremontes/ventos estão limpos?		1				8 / 20		
	O piso está limpo?			2					
	As bancadas estão limpas?			2					
	Existem procedimentos de limpeza/descarga?		1		2				
	As passagens estão desimpedidas?				2				
	Total do Serviço								
						3			
	SBKETSU (Segurança e Saúde)	Existem sinalizações claras quanto aos riscos dos equipamentos/ferramentas?						3	22 / 32
		As indicações de segurança são respeitadas?			1				
		Existem ocorrências de atos inseguros nas duas últimas semanas?						3	
Existem verificações de inspeção de trabalho diferentes daquelas controladas pelo COT?						4			
As indagações nos quadros de aviso são directivas de fácil entendimento?						3			
Alimentação do sector é adequada?						2			
Aventilhado do sector é adequado?						2			
Total do Serviço									
						2			
SHITSUKE (Disciplina)		Existe o hábito de eliminar excessos do local?					2	13 / 20	
	Existe o hábito de manter o local organizado? Existe evidência concreta?					1			
	Existe o hábito de manter o local limpo? Existe evidência concreta?					3			
	Existem problemas de produção associados ao não cumprimento de instruções de trabalho?					3			
Total do Serviço									
						3			



Anexo 3 – Simulação de montagem

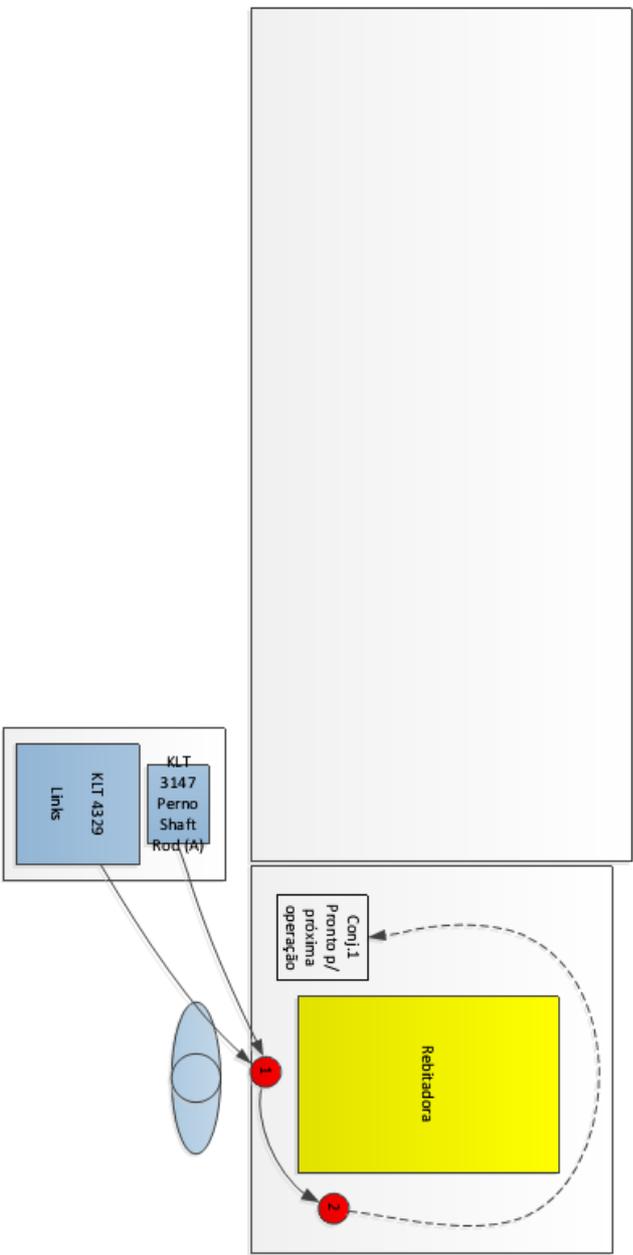
Operação: Montar / Rebitar Conjunto 1



Material necessário:

- Links – 36 unidades
- Perno Shaft Rod (A) – 36 unidades

Layout

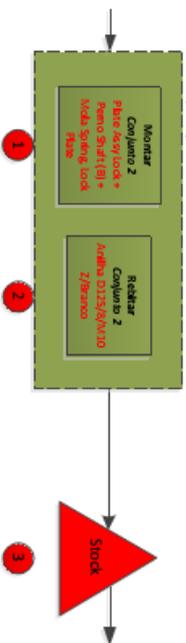


Operação: Montar / Rebitar Conjunto 2

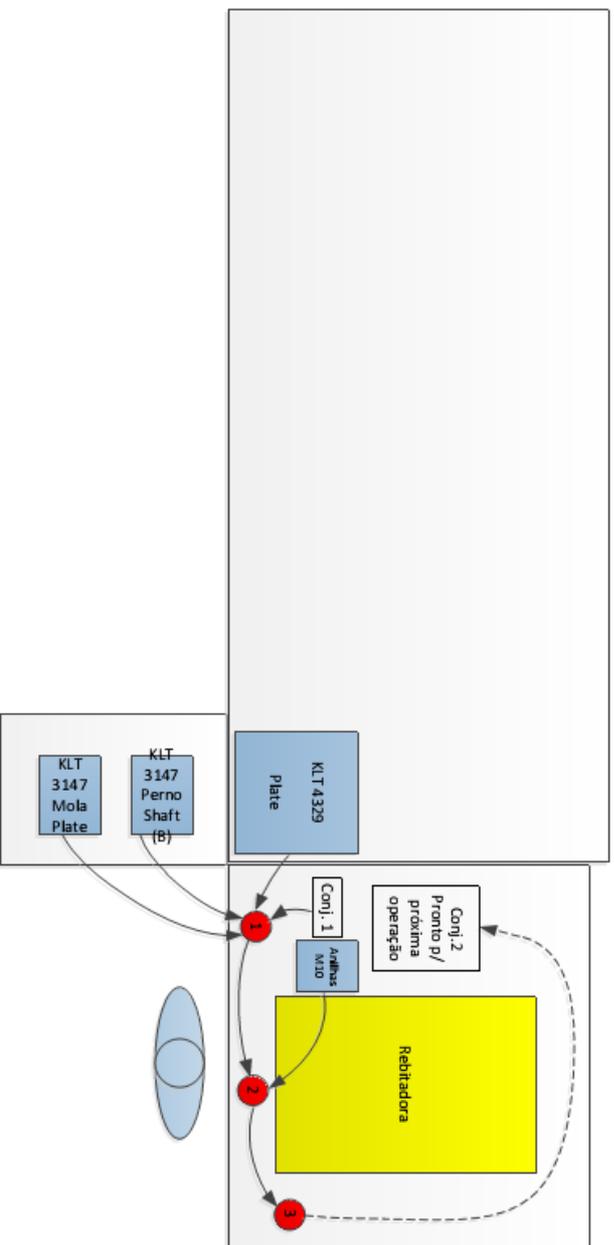
Material necessário:

- Plate – 36 unidades
- Perno Shaft (B) – 36 unidades
- Mola Plate – 36 unidades
- Anilhas M10 – 36 unidades

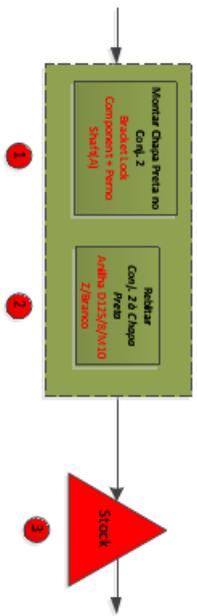
Duas operações numa só.



Layout



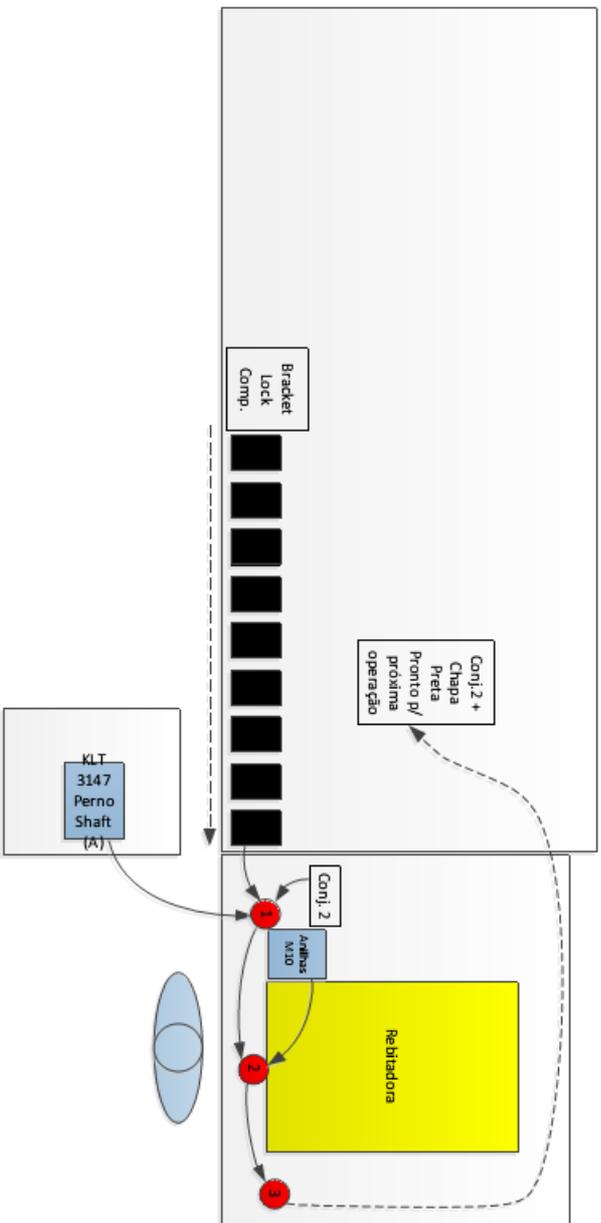
Operação: Montar/Rebitar Chapa Preta no Conj. 2



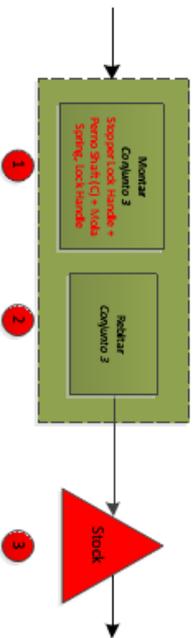
Material necessário:

Bracket Lock Comp. – 36 unidades
 Perno Shaft (A) – 36 unidades
 Anilha M10 – 36 unidades

Layout



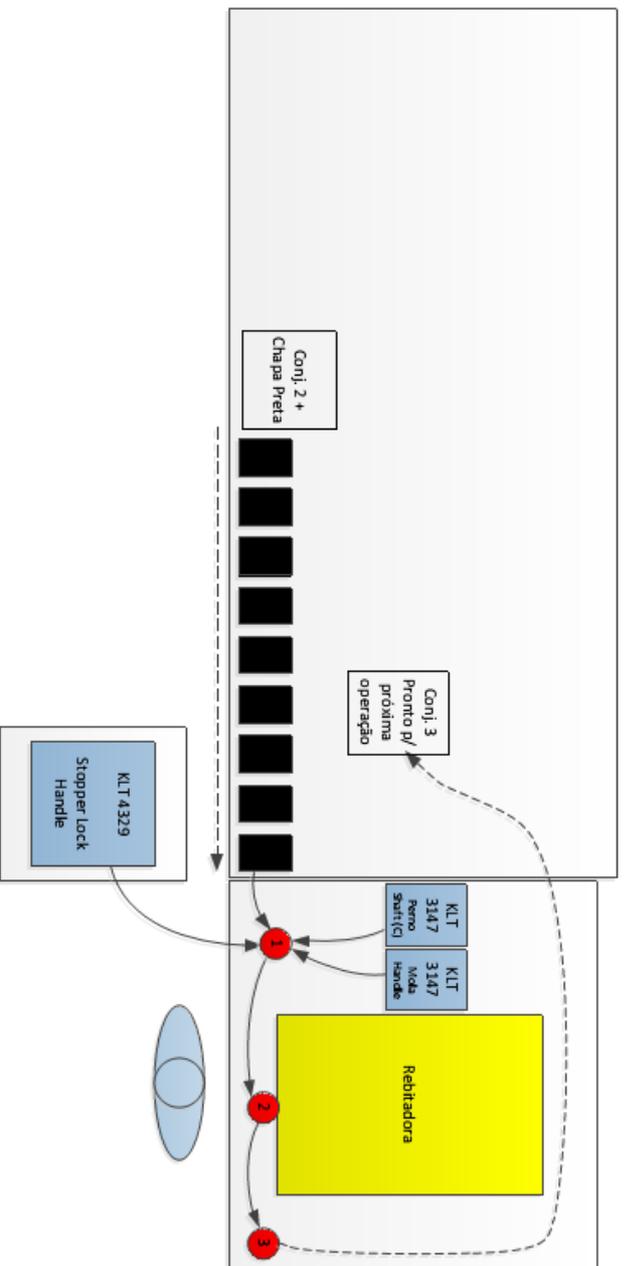
Operação: Montar / Rebitar Conjunto 3



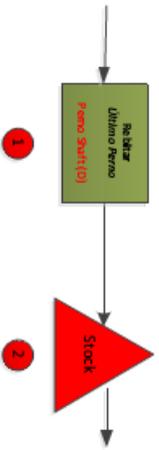
Material necessário:

- Stopper Lock Handle – 36 unidades
- Perno Shaft (C) – 36 unidades
- Molas Handle – 36 unidades

Layout



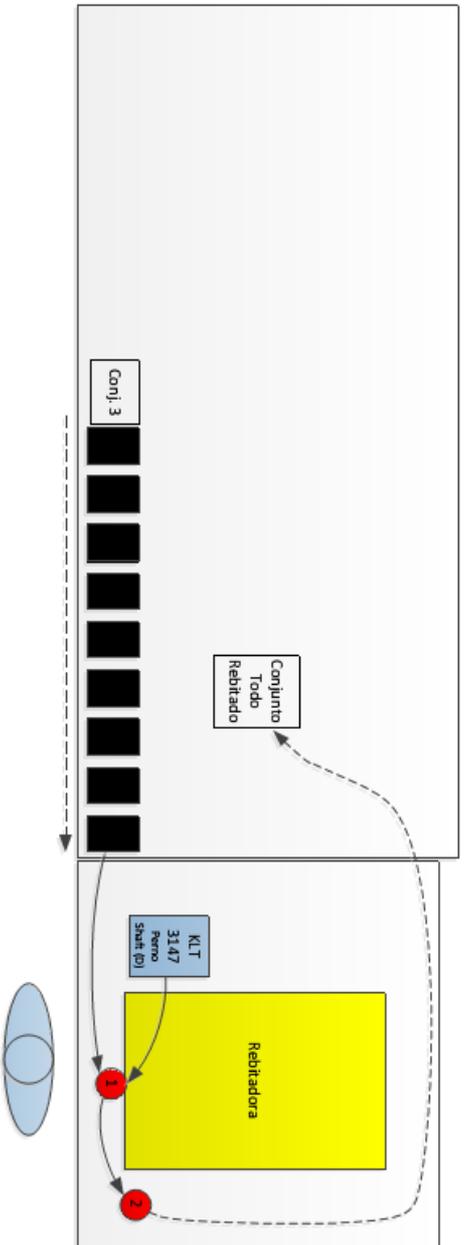
Operação: Rebitar Último Perno



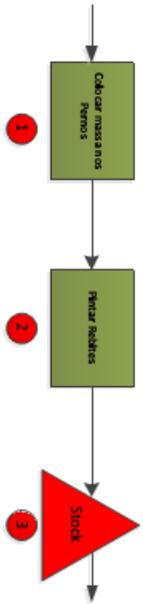
Material necessário:

Perno Shaft (D) – 36 unidades

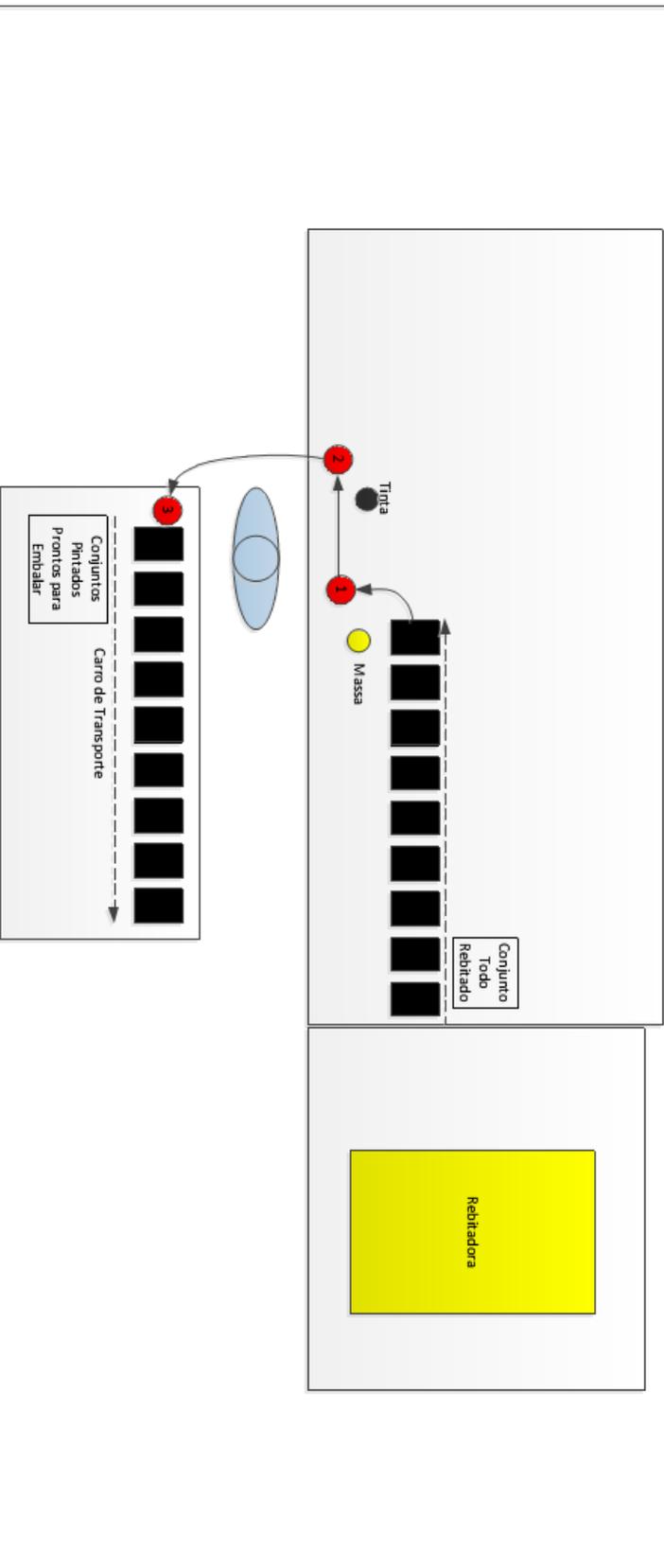
Layout



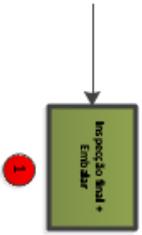
Operação: Colocar Massa e Pintar rebites



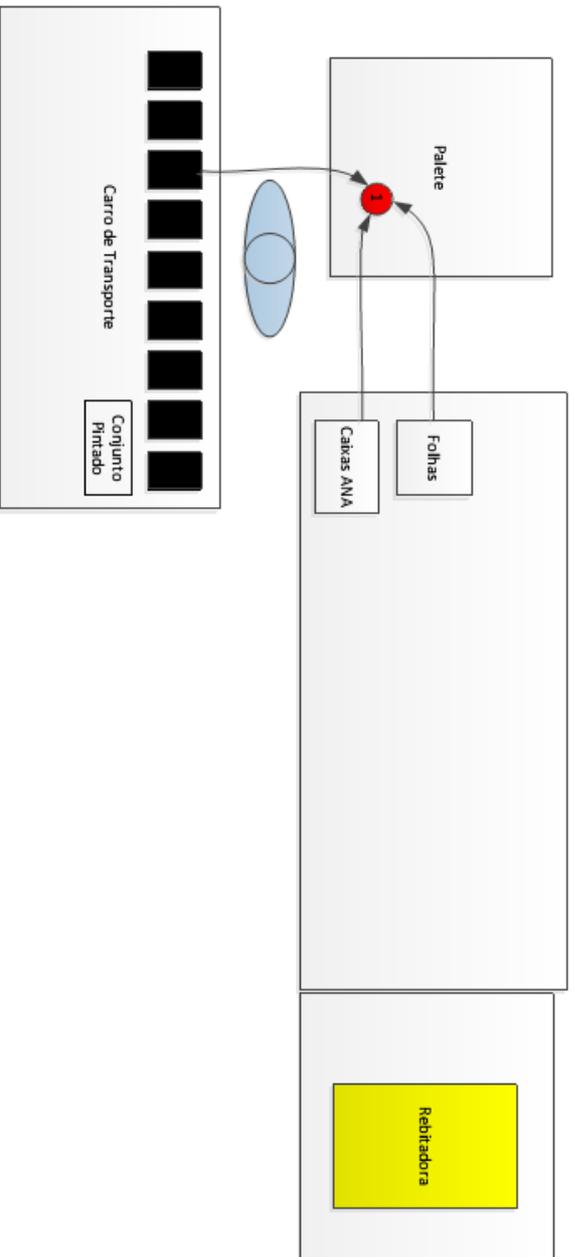
Layout



Operação: inspecionar e Embalar



Layout



Anexo 4 – Plano de acções

Projecto | Reengenharia da célula de montagem dos Link's

Síglas:

AF - André Ferreira
AO - António Oliveira
JM - João Miguel

Lista de tarefas a fazer para a Implementação



Tarefa	Designação	Responsável	Data Início/Fim	Estado	
1	Alteração das ferramentas de rebiteagem				
	1.1	Projectar alterações	JM	03-12-2012 05-01-2013	100%
	1.2	Projectar sistema de fixação dos pernas (evitar oscilação)	JM	03-12-2012 05-01-2013	100%
	1.3	Execução	Bruno Canas	20-02-2013 10-03-2013	100%
2	Desenvolvimento da Estante Dinâmica de Abastecimento				
	2.1	Verificação de disponibilidade de componentes (+ Encomenda)	AF	05-12-2012 20-02-2013	100%
	2.2	Execução	AF + AO	22-02-2013 26-02-2013	100%
3	Alteração das Bancadas de rebiteagem e de bases de rebiteagem				
	3.1	Execução da mesa de montagem	AO	28-03-2013 15-04-2013	100%
	3.3	Execução da ranhura para montagem do Conj.1 do Link 12 e 14	AO	15-04-2013	100%
	3.2	Execução de mesa de bases de rebiteagem	AO	23-04-2013 25-04-2013	100%
4	Desenvolvimento da calha de produto em curso				
	4.1	Definição do tipo de calha (+ Encomenda)	AF	26-11-2012 05-01-2013	100%
	4.2	Definição do tipo de carrinho de transporte (+ Encomenda)	AF	26-11-2012 03-04-2013	100%
	4.3	Execução	AO + AF	28-03-2013 15-04-2013	100%
5	Criação etiquetas de identificação dos KLT		AF	23-04-2013	100%
6	Tapete de trabalho em pé		AF	Já existente	100%
7	Criar nova documentação (Instruções de trabalho, etc.)		AF	07-12-2012	100%
8	Definir localização do novo posto				
	8.1	Delimitação da área da célula de montagem	AF	03-04-2013	100%

Anexo 5 – Exemplo de IT Nova

	Instrução do Posto de Trabalho	Ref. Epedal: 7260110000
		Cliente: Mitsubishi

Designação da Instrução: Montar e Rebitar Conjunto 1	Página 1 de 4
--	---------------



Nº	Operação	Método	Componentes / Características / Afições
0	Montagem da Ferramenta de Rebitagem	<p>1 Montar a Ferramenta de Rebitagem com o código 01 (8268271900).</p> <p>2 Seleccionar o programa 1 na rebitadora.</p> <p>Sequência Teclas: "Shift" > "8" > "1"</p> <p>3 Ajustar os parâmetros da máquina (Curso) segundo o indicado no visor. Nota: o tempo é ajustado automaticamente.</p> <p>Parâmetros: Altura Cabeçote: 195mm Curso: 31,7mm Tempo: 0,5s</p> <p>4 Colocar a ponteira a ponteira de: 15mm</p>	 

Motivo: Alteração de Processo	Elaborado por:	Aprovado por:
Modificação: 02	Data: 20/03/13	

1	Abastecimento de Componentes	Abastecer os componentes a partir dos KLT's da Bancada de Abastecimento	 <p>Link Código: 6260110211 Qtd: 1 unidade</p>  <p>Perno Shaft Rod (A) Código: 6260110911 Qtd: 1 unidade</p>
---	-------------------------------------	---	---

Motivo: Alteração de Processo

Modificação: 02

Data: 20/03/13

Elaborado por:

Aprovado por:

S1-IP-108/02

25-06-2012

3	Rebitagem (continuação)	<p>As dimensões da cabeça rebitada têm que ficar segundo a especificação e sem apresentar fissuras.</p> <p>$\phi: 11,7 \pm 0,5 \text{ mm}$ $h: 3,8 \pm 0,8 \text{ mm}$</p> <p>Nota: Os intervalos de controlo estão definidos na Gama de Controlo</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Diâmetro</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Altura</p>  </div> </div>
4	Sub-Conjunto Terminado	<p>Colocar o conjunto já rebitado num gancho em espera na calha e levar o gancho para a posição de queda.</p>	
5	Desmontagem da Ferramenta de Rebitagem	<p>Ao fim de 12 peças, desmontar a Ferramenta de Rebitagem e colocá-la no espaço de repouso 01.</p>	

Motivo: Alteração de Processo

Modificação: 02

Data: 20/03/13

Elaborado por:

Aprovado por: