



**Mário André Lucas
Rumor**

**Contributo da filosofia Lean na redução do custo de
uma peça metálica**



**Mário André Lucas
Rumor**

**Contributo da filosofia Lean na redução do custo de
uma peça metálica**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro, e da Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
Professor Associado, Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa
Professora Auxiliar, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia

Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à Universidade de Aveiro e ao DEGEI, mas um agradecimento especial à Professora Carina Pimentel e à Professora Ana Luísa Ramos, pelo incontestável apoio nesta jornada.

A todos os colaboradores do grupo HM Consultores, em especial ao meu orientador, Engenheiro Pedro Neves por todo o seu apoio, compreensão, motivação e amizade.

Especial agradecimento a toda a minha família, com especial enfoque nos meus pais e às minhas irmãs, pelo sacrifício que fizeram para que eu pudesse concluir esta viagem. Aos meus sobrinhos, Santiago e Daniel, que são as pessoas mais importantes que tenho.

A todos os meus amigos que ao longo dos tempos, de uma forma ou de outra, têm feito parte da vida.

palavras-chave

Ferramentas *Lean Manufacturing*, Melhoria Contínua (*Kaizen*), Eliminação de Desperdícios, Redução de Custos.

resumo

Num mercado cada vez mais exigente e competitivo, torna-se imprescindível que as organizações otimizem continuamente os seus sistemas produtivos. Muitas têm visto nas filosofias e práticas *Lean* e *Kaizen* as respostas para conseguirem produzir mais sem acrescentar recursos, e de forma mais rápida, mais eficaz e mais eficiente. O envolvimento da empresa numa cultura de melhoria contínua orientada para o cliente permite a criação de valor em todas as etapas, tornando-a mais flexível e competitiva.

Essa transformação cultural, aliada à aplicação de ferramentas *Lean* e *Kaizen*, permitem melhorar o desempenho global da organização, reduzindo os custos através do combate aos inibidores de performance: os desperdícios, os paradigmas, a inflexibilidade e a variabilidade.

No presente trabalho pretende-se mostrar a aplicabilidade de algumas destas ferramentas no processo produtivo de um componente metálico para a indústria mobiliária, assim como os ganhos alcançados com esta abordagem. Ao longo de todo o projeto foram usadas diversas ferramentas *Lean Manufacturing* como organização do posto de trabalho (5S), Gestão Visual, troca rápida de ferramentas (SMED), mapeamento da cadeia de valor (VSM) e alterações de *layouts* (com recurso ao software *Arena* e *AutoCad* para estudar a alteração mais eficiente que permitisse uma maior produtividade com menor quantidade de recursos).

Também se mostra igualmente a importância dos colaboradores no processo de mudança, através das iniciativas *Kaizen*, do programa de sugestões, dos inquéritos de satisfação e das ações de formação, para que eles se sintam parte integrante da organização.

Keywords

Lean Manufacturing Tools, Continuous Improvement (Kaizen), Eliminating Waste, Reduction Cost.

Abstract

In an increasingly demanding and competitive market, it is imperative that organizations continually optimize their production systems. Many companies have seen in Lean and Kaizen philosophies and practices, the answer to produce more without adding resources, faster, efficient and effective. The company's involvement in a culture of continuous improvement oriented to the customer allows the creation of value in all stages, making it more flexible and competitive.

This cultural transformation, combined with the implementation of Lean and Kaizen tools will improve the overall organization performance reducing costs by eliminating the performance inhibitors: waste, paradigms, inflexibility and variability.

The present work intended to show the application of some of these tools in the production system of a metal component for the furniture industry, as well as the gains achieved with this approach. Throughout the project several Lean Manufacturing tools were used, such as the organization of the workplace (5S), Visual Management, the quick tool change (SMED), value stream mapping (VSM) and layouts alterations (with use of Arena and AutoCad software to study the most effective modification that would allow greater productivity with less resources).

Also shows the importance of employees in the change process, through Kaizen initiatives, the suggestion program, the satisfaction questionnaires and training, so they feel part of the organization.

“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem sequer as mais inteligentes. Mas as mais sensíveis à mudança”

(Charles Darwin)

Índice

Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Projeto	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Estrutura do Relatório	3
Capítulo 2 - Contextualização Teórica.....	5
2.1. A filosofia <i>Lean</i>	5
2.1.1. Perspetiva Histórica do <i>Lean Manufacturing</i>	5
2.1.2. <i>Lean Thinking</i>	7
2.1.3. Formas de Desperdício	9
2.2. Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.1. Filosofia <i>Just-In-Time</i>	11
2.2.1.1. Sistema <i>Pull</i> e Sistema <i>Push</i>	12
2.2.1.2. Sistema <i>Kanban</i>	12
2.2.1.3. <i>Heijunka Box</i> ou Caixa de Nivelamento.....	14
2.2.2. Cinco S's.....	15
2.2.3. Gestão Visual.....	16
2.2.4. <i>Single Minute Exchange of Die</i>	17
2.2.4.1. Fases de implementação SMED	18
2.2.4.2. Benefícios da metodologia SMED	19
2.2.5. <i>Value Stream Mapping</i> e <i>Value Stream Design</i>	20
2.2.6. <i>Layouts</i>	22
2.2.6.1. <i>Layout</i> por Processo	22
2.2.6.2. <i>Layout</i> por Produto	22
2.2.6.3. <i>Layout</i> por Posição Fixa.....	23
2.2.6.4. <i>Layout</i> por Tecnologia de Grupo (ou <i>layout</i> celular).....	23
Capítulo 3 - Caso de Estudo	25
3.1. Apresentação das Empresas	25
3.1.1. Leanked.....	25
3.1.1.1. Missão, valores e objetivos	26
3.1.1.2. Impacto Leanked	26
3.1.2. Jamarcol.....	27
3.1.2.1. Missão, valores e objetivos	28
3.1.2.2. Produtos e Marcas	28
Relações com Clientes, Associações e Outras Entidades	29
3.1.2.3. <i>Layout</i>	30
3.2. Apresentação do Projeto de Melhoria Operacional Leanked	31
3.2.1. Apresentação do Processo Produtivo da Perna <i>Micke</i> – situação inicial.....	32
3.2.2. Descrição e análise do problema.....	34
3.2.3. Plano de Ações.....	36

Capítulo 4 - Aplicação dos princípios e ferramentas <i>Lean</i> e <i>Kaizen</i> na linha de produção da perna <i>Micke</i>	39
4.1. Formação da Equipa <i>Kaizen</i>	39
4.2. <i>Value Stream Mapping</i> e <i>Value Stream Design</i>	39
4.3. Secção de Corte.....	41
4.3.1. Estudo de tempos e métodos.....	42
4.3.2. Diagramas de <i>Spaghetti</i>	42
4.3.3. Carro de transporte.....	43
4.3.4. Melhoria do tempo de <i>setup</i> na máquina de corte 1.....	44
4.3.5. Aumento da capacidade: máquina de corte 2.....	44
4.3.6. Implementação de 5S.....	45
4.3.7. Resultados.....	46
4.4. Secção de Dobragem.....	49
4.5. Secção de Lavagem.....	49
4.5.1. Alterações ao nível do <i>layout</i>	49
4.5.2. Alteração do procedimento de abastecimento à máquina de lavar	50
4.5.3. Construção e implementação de cestos de lavagem/transporte.....	50
4.5.4. Resultados.....	50
4.6. Secção de Soldadura.....	54
4.6.1. Implementação de carrinhos transportadores.....	54
4.6.2. Soldadura Robotizada	55
4.6.3. Soldadura Manual	55
4.6.3.1. Controlo visual de produção	55
4.6.3.2. Resultados	56
4.7. Secção de Pintura	56
4.7.1. Resultados.....	57
4.8. Painel de Informação	58
4.8.1. Resultados.....	58
4.9. Programa de Sugestões	59
4.10. Plataforma Online	59
Capítulo 5 - Considerações Finais	61
5.1. Conclusão	61
5.2. Trabalhos futuros	62
Bibliografia.....	63
Anexos.....	67

Índice de Figuras

Figura 1 - Comparação do sistema <i>Pull</i> (em cima) e <i>Push</i> (em baixo) (adaptado de Kumar e Panneerselvam, 2007)	12
Figura 2 - Exemplo de <i>kanban</i> (fonte: Jamarcol).....	13
Figura 3 - Fluxo de <i>kanban</i> (adaptado de A. Courtois, 1997).....	14
Figura 4 - Filosofia 5S segundo Osada (adaptado de Kobayashi et al., 2008).....	15
Figura 5 - Etapas do VSM (adaptado de Rother e Shook, 1999)	21
Figura 6 - Sede Leanked, situada no edifício Delta, 4º andar (canto superior esquerdo da figura) .	25
Figura 7 -Sede da empresa Jamarcol em Águeda.....	28
Figura 8 - Quadro Principal - Quadro Posterior – Escora (fonte: jamarcol.com)	29
Figura 9 - Painéis de Escape OEM (fonte: jamarcol.com)	29
Figura 10 - Componente em estudo - perna Micke (peça realçada) (fonte: Ikea.com)	29
Figura 11 - Gama de secretárias que incorporam a Perna <i>Micke</i> (fonte: Ikea.com).....	31
Figura 12 - Processo produtivo Perna <i>Micke</i>	32
Figura 13 - Necessidade do empilhador nas atividades de lavagem	33
Figura 14 - Mapeamento da cadeia de valor da perna <i>Micke</i>	40
Figura 15 - Máquina de corte 1 (máquina 3204).....	41
Figura 16 - Diagrama de spaghetti ao operador da máquina de corte 1	43
Figura 17 - Recolha de peças (método antigo – à esquerda - e método atual – à direita)	43
Figura 18 - Sistema de corte que foi alvo de melhoria ao nível do tempo de setup	44
Figura 19 - Máquina de corte 2 (máquina 6702).....	45
Figura 20 - Implementação de filosofias e práticas 5S num posto de trabalho	45
Figura 21 - Marcações delimitadoras da zona de abastecimento da máquina de corte 1	46
Figura 22 - Cenário para 2 cargas semanais.....	47
Figura 23 - Cenário para 3 cargas semanais.....	47
Figura 24 - Cenário para 4 cargas semanais.....	48
Figura 25 - Cenário com 2 e 3 cargas semanais de modo alternado	48
Figura 26 - Simulação em AutoCad do <i>layout</i> antes (à direita) e depois (à esquerda) das melhorias propostas	49
Figura 27 - Proposta de sistema elevatório (<i>SolidWorks</i>)	50
Figura 28 - Número de peças processadas na situação inicial.....	52
Figura 29 - Taxa de utilização dos recursos (máquinas e humanos) na situação inicial	52
Figura 30 - Número de peças processadas na situação futura	53
Figura 31 - Taxa de utilização dos recursos (máquinas e humanos) na situação futura.....	53
Figura 32 - Contentores da zona da soldadura, com o novo suporte (parte inferior da figura).....	54
Figura 33 - Sistema de controlo de produção ao posto de soldadura manual	56
Figura 34 - Fase de alternância entre gancheiras para oito pernas e gancheiras para quatro pernas	57
Figura 35 - Painéis de informação implementados na Jamarcol	58
Figura 36 - Implementação do programa de sugestões na Jamarcol	59
Figura 37 - Plataforma online Leanked-Jamarcol	60
Figura 38 - Formulário programa de sugestões <i>online</i>	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Diferenças entre as filosofias de produção em massa e a produção <i>Lean</i> (Adaptado de Melton, 2005).....	6
Tabela 2 - Princípios <i>Lean Thinking</i> (adaptado de Womack e Jones, 2003).....	7
Tabela 3- Pontos de melhoria identificados	35
Tabela 4 - Resumo do plano de ações para o PMOL Jamarcol.....	37
Tabela 5 - Problemas identificados na linha produtiva perna <i>Micke</i> (VSM)	40
Tabela 6 - Funções de distribuição das máquinas (fonte: <i>input analyser</i> do Arena).....	51

Lista de Siglas e Acrónimos

5S	<i>Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu - Shitsuke</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
C/O	<i>Change Over</i>
IED	<i>Input Exchange of Die</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MP	Matéria-prima
MRP	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
OED	<i>Output Exchange of Die</i>
OF	Ordem de Fabrico
PA	Produto Acabado
PMOL	Projeto de Melhoria Operacional Leanked
PT	Posto de Trabalho
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
T/C	Tempo de Ciclo
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
VSD	<i>Value Stream Design</i>
WIP	<i>Work-in-Process</i>

Capítulo 1

Introdução

Neste primeiro capítulo é feito um enquadramento ao tema deste trabalho, apresentando-se os objetivos a atingir, a metodologia, seguida do seu desenvolvimento, e a estrutura do relatório de projeto.

1.1. Enquadramento do Projeto

A grande concorrência e os maus resultados empresariais culminaram num aumento dos custos organizacionais. O resultado foi a redução das margens de lucro, visto que muitas indústrias não absorvem aumentos de preço, especialmente em áreas de elevada competitividade.

O fator competitividade nas organizações foi evoluindo nas últimas décadas podendo ser distinguidas, relativamente ao ambiente organizacional, três fases. A primeira fase, nos anos 50, denominada por “produzir para vender”, foi marcada pela serenidade organizacional, uma vez que estava a decorrer a expansão dos mercados, facultando margens confortáveis e uma procura superior à oferta. A segunda fase, era caracterizada pelo estado em que só se produzia o que se podia vender. Finalmente a última fase, que se prolonga até aos dias de hoje, a qual é marcada pela oferta excessiva resultando numa severa competitividade entre empresas (Courtois et al., 1997). Deste modo, com a aplicação de ferramentas e métodos *lean* e *kaizen*, as organizações conseguem ir de encontro à satisfação das exigências dos clientes e à obtenção de vantagem competitiva sobre a concorrência.

O *Lean Manufacturing* teve a sua origem no Sistema de Produção Toyota (TPS), e foca-se na redução de desperdícios dos processos organizacionais através de boas práticas que envolvam todos os interessados na organização, de modo a conseguir satisfazer a procura, reduzindo os custos envolvidos (Yang et al., 2011).

Sendo o distrito de Aveiro uma região onde existe um enorme aglomerado de empresas da área metalúrgica, torna-se inevitável que as organizações se diferenciem umas das outras, destacando-se da concorrência, tornando-se mais ágeis e flexíveis de modo, a não só satisfazerem as expectativas dos seus clientes, como a superá-las.

O presente trabalho foi desenvolvido, durante nove meses, na empresa Jamarcol sediada em Águeda, tendo esta uma forte tradição na fabricação de componentes para motorizadas, produzindo atualmente em alto volume, peças para serem posteriormente integradas em produtos montados e comercializados por uma multinacional do ramo imobiliário (Ikea). Sendo a oferta da produção destes componentes alargada dentro da região, o poder de negociação da Jamarcol é reduzido. Os contratos de fornecimento são anuais e renegociados numa base de preço e qualidade da peça, pelo que a redução dos custos de fabrico é um fator decisivo no preço da peça final.

Num estudo aprofundado sobre o funcionamento da organização, foi necessário recorrer a vários tipos de análise e observação, de modo a fundamentar o presente relatório de projeto com resultados que possam ser replicados no futuro da empresa.

Apesar de a Jamarcol possuir várias linhas de produção, devido à sua grande oferta de produtos, o presente projeto debruçou-se sobre a linha de produção da Perna *Micke*. Esta linha de produção quando comparada com as restantes, é a que mais componentes produz por unidade de tempo e a mais lucrativa para a empresa. É responsável por 30% da faturação total da empresa.

Os principais problemas identificados que fizeram sentir a necessidade de desencadear este projeto foram: recursos gargalos, desperdícios em movimentações e transporte, defeitos e postos de trabalho sujos e desorganizados em toda a linha de produção. Ainda assim, na maioria dos processos existiam outros problemas, que foram analisados e sofreram um evento *kaizen*, sempre na perspectiva de aumento de produtividade e redução de custos. Deste modo, o objetivo deste projeto é que, através de um processo de transformação em curso na Jamarcol, se consiga introduzir o pensamento e as práticas *lean* e *kaizen*, no caminho rumo à excelência operacional da empresa, que se traduzirá na eliminação dos desperdícios, no aumento da capacidade produtiva, assegurando a qualidade total, uma maior segurança e o respeito máximo entre as equipas, num espírito de melhoria contínua. Esta transformação, feita de forma gradual e bem sedimentada, traduzir-se-á num maior poder negocial, num cenário *win-win* com o cliente.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho assentou na melhoria do processo produtivo de um componente metálico (perna *Micke*) produzido pela Jamarcol para a indústria do mobiliário. Como foi referido na secção anterior, existem contratos revistos anualmente e, a continuidade da parceria entre a Jamarcol e o Ikea depende da redução do preço mantendo a qualidade da peça. Assim, com as melhorias introduzidas na linha produtiva relativa a este componente, pretendia-se a redução do seu preço final com a mesma qualidade ou até melhor, para ser possível assegurar a continuidade do contrato.

Para a redução do custo final da peça foram produzidos esforços ao nível dos grandes desperdícios organizacionais, como por exemplo:

- Redução do número de paragens dos operadores através de um melhor planeamento de trabalho;
- Redução do número de movimentações através de mudanças de *layout* para redução de distâncias entre processos;
- Redução de reprocessamento de peças com a implementação de métodos que levam à qualidade total;
- Redução de tarefas de valor não acrescentado pelo estudo dos processos por intermédio da ferramenta VSM e VSD;
- Redução dos tempos de ciclo e dos tempos de preparação das máquinas, através da implementação de melhores práticas de trabalho e da ferramenta SMED;
- Redução das quantidades de materiais;
- Redução do número de operadores em determinados postos de trabalho;

- Definição do *workplace organization* na fábrica e implementação dos 5S.

Para estes objetivos serem alcançados, foi imprescindível um conhecimento profundo da indústria, bem como dos processos envolvidos.

1.3. Metodologia

Este projeto iniciou-se com uma revisão bibliográfica centrada no estudo de artigos científicos, livros e teses relacionados com a temática discutida ao longo deste relatório.

O desenvolvimento do projeto foi estruturado, essencialmente, em duas fases. Numa primeira fase é analisada a situação em que a empresa se encontra, denominada por “Situação Atual”. Na fase seguinte é analisada detalhadamente a “Situação Atual” com o objetivo de delinear a situação ideal e/ou “Situação Futura”.

Para analisar o estado atual da organização fez-se um diagnóstico ao sistema de produção da Jamarcol onde se procedeu a um levantamento de dados e de informações relativas aos diversos processos. Como auxílio nesta fase, construiu-se um VSM para fazer o levantamento de informação sobre *layouts*, movimentações, *lead-times*, *stocks*, trocas de ferramentas e tempos de ciclo. Para além disso, foram também utilizadas outras ferramentas de apoio ao levantamento de informação e apoio à decisão, como por exemplo o *software Arena* e *AutoCad* para estudo dos *layouts*; diagramas de *spaghetti* para o estudo das movimentações, não só dos colaboradores, mas também dos materiais; para a identificação dos processos gargalo, foram efetuados estudos de tempos.

Após a construção e análise crítica do VSM, construiu-se um VSD para fazer um levantamento sobre o estado ideal, isto é, o estado futuro onde se considerou a aproximação dos processos de forma a minimizar os desperdícios e a otimizar os *layouts*; a implementação das melhores práticas para os trabalhos a desempenhar; a eliminação dos processos gargalo através da introdução de alternativas e a introdução de um ritmo de trabalho correto e contínuo em função do *takt time* da perna *Micke*, isto é, de acordo com a sua procura.

A análise do estado futuro da organização envolveu a descrição dos objetivos que se pretendiam alcançar, depois de resolvidos os problemas atuais. Assim, com base na situação anterior foi construído um plano de ações, onde se registaram todas as ferramentas *lean* e *kaizen* aplicadas no *gemba*.

Finalmente procedeu-se a uma análise dos resultados alcançados, onde se fez um estudo aprofundado sobre o impacto das ferramentas implementadas na fase anterior.

1.4. Estrutura do Relatório

O presente relatório de projeto divide-se em 5 capítulos: (1) Introdução, (2) Contextualização Teórica, (3) Caso de estudo, (4) Aplicação dos princípios e ferramentas *Lean* e *Kaizen* na linha de produção da perna *Micke*, (5) Conclusões e Desenvolvimentos Futuros.

No 1º capítulo, *Introdução*, faz-se apenas uma pequena introdução à temática familiarizando o leitor com o tema em estudo, referenciando os objetivos do trabalho, bem como a metodologia adotada.

No capítulo 2, *Contextualização Teórica*, é feita a revisão bibliográfica. Apresenta-se a filosofia *Lean Manufacturing*, a sua história, evolução e princípios. De seguida são aprofundadas as ferramentas e filosofias *lean* e *kaizen* implementadas neste projeto.

No capítulo 3, *Caso de estudo*, faz-se a apresentação das empresas onde o projeto decorreu, uma exposição do processo produtivo em questão, seguida de uma análise detalhada de todos os problemas identificados no primeiro contacto com a organização e que foram alvo de melhoria.

No capítulo 4, *Aplicação dos princípios e ferramentas Lean e Kaizen na linha de produção da perna Micke*, é demonstrando todo o trabalho realizado ao longo de nove meses na Jamarcol e na Leanked, assim como os resultados alcançados com as melhorias implementadas

Por fim, no capítulo 5, *Conclusões e Desenvolvimentos Futuros*, é feita uma reflexão sobre todos os resultados obtidos e apresentadas as principais conclusões sobre todo o projeto. Ainda neste capítulo são apresentadas as limitações deste projeto e uma reflexão sobre possíveis desenvolvimentos futuros na empresa.

Capítulo 2

Contextualização Teórica

Este capítulo tem como finalidade apresentar de forma resumida os fundamentos da filosofia *lean*. Efetua-se uma abordagem histórica deste sistema produtivo retratando a sua evolução até aos dias de hoje. Serão apresentadas algumas das ferramentas *lean* que permitem a criação de valor e a eliminação/redução de desperdícios organizacionais.

2.1. A filosofia *Lean*

Atualmente, o mercado requer um sistema de produção rápido e que tenha a capacidade de se adaptar às variações das necessidades da procura e dos clientes (Wang et al., 2011). Deste modo, qualquer que seja o setor de atividade, tem-se observado a necessidade de uma gestão ágil das organizações, flexível, moderna e eficaz, com o envolvimento de todas as partes interessadas (Courtois et al., 1997).

A filosofia *Lean Manufacturing* surgiu na Toyota, no Japão, logo após a segunda guerra mundial.

O *Lean Manufacturing*, criado por Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, tem como objetivo a eliminação de desperdícios no sistema de produção de uma indústria e a melhoria contínua dos seus processos de modo a reduzir ao máximo as atividades sem valor acrescentado através de práticas e métodos de gestão, como por exemplo, JIT, qualidade total, sistema *pull*, *setups* reduzidos, *lead-times* reduzidos, fluxo contínuo, entre outros (Yang et al., 2011).

Esta filosofia permite melhorar a qualidade dos produtos, incrementa a flexibilidade, envolve os colaboradores, levando inevitavelmente a uma conseqüente melhoria dos processos. Tudo isto, faz com que estas práticas e métodos tenham cada vez mais seguidores e estejam a ter um crescimento acentuado nas últimas décadas.

2.1.1. Perspetiva Histórica do *Lean Manufacturing*

Qualquer empresa pode ser competitiva, apesar do estado económico em que se encontram os mercados. Apenas é necessário reforçar as suas competências e a sua profissionalização, e ser tão boa ou melhor que os seus competidores diretos. Para isso, é bastante importante que as empresas definam e pratiquem estratégias que as auxiliem a sair da crise económica, as tornem mais fortes e contribuam para níveis elevados de emprego, produtividade e coesão social (Barroso, 2010).

A metodologia *Lean Manufacturing* surge com o Sistema de Produção da Toyota (*Toyota Production System* ou TPS) na década de 50, no Japão, e foi impulsionada pela situação dramática vivida pela economia Japonesa devido à segunda guerra mundial. As indústrias japonesas estavam a passar por um momento de baixa produtividade, o que levou a Toyota a revolucionar a sua gestão de operações, de modo a atingir níveis de performance comparáveis aos dos melhores concorrentes.

O seu criador foi Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, apoiado por diversos seguidores, como Sakichi Toyoda, fundador do grupo Toyota em 1902, Kiichiro Toyoda e Eiji Toyoda.

Devido à segunda guerra mundial, o Japão passava por uma grave crise económica, com infraestruturas destruídas, e quase sem recursos para a sua reestruturação. Deste modo Shigeo Shingo e Taiichi Ohno, implementaram um sistema que tinha como principal objetivo a eliminação de desperdício tendo sempre em consideração a satisfação total dos seus clientes. Surgiu, assim, o *Toyota Production System*.

Paralelamente no ocidente predominava o sistema de gestão desenvolvido por Henry Ford e Frederick Taylor que, até à década de 50 tinha como objetivo a redução do custo unitário, através da produção de grandes lotes padronizados (Womack et al., 1990). Neste tipo de sistema existia uma produção em fluxo contínuo, desde a entrada de matérias-primas, até à saída do produto final. A mão de obra era especializada e a divisão do trabalho era excepcional, levando a um aumento da produtividade. Contudo, a falta de diversidade na oferta, a demora nos tempos de entrega e a reduzida flexibilidade no sistema de fabrico culminou no fracasso do sistema (Duguay et al., 1997). Na tabela 1 é feita uma comparação entre estes dois sistemas.

Tabela 1 - Diferenças entre as filosofias de produção em massa e a produção *Lean* (Adaptado de Melton, 2005)

Características	Produção em Massa	Produção <i>Lean</i>
Origem	Ford	Toyota
Equipamentos	Dispêndiosos, com finalidade única	Manuais e mais sistemas automatizados com o objetivo de produzir variedade
Operadores	Especializados	Multifacetados em todos os níveis da organização
Métodos de produção	Grandes lotes padronizados	Produzir de acordo com a filosofia <i>Pull</i> (de acordo com o cliente)
Filosofia organizacional	Gestão toma as responsabilidades	Responsabilidades distribuídas por toda a organização
Filosofia	Qualidade suficiente	Qualidade Total (perfeição)

Na década de 60-70, o sistema japonês estava a mostrar-se cada vez mais produtivo, posicionando as suas indústrias em posições elevadas no *ranking* de produtividade mundial. Deste modo, na década de 70, as empresas dos EUA começaram a aperceber-se que estavam a perder mercado, pois não tinham o conhecimento e práticas provenientes do oriente, mas sim o sistema de produção em massa proveniente de Ford (Womack et al., 1990).

As fábricas japonesas começaram a espalhar-se pelo mundo, ao mesmo tempo que as indústrias ocidentais procuravam igualar-se a elas encarando, porém, grandes dificuldades (Jayaram et al., 2010).

O nascimento do *Toyota Production System* teve como base a criação de um fluxo contínuo que não dependesse de longos ciclos produtivos, nem de elevados *stocks* para ser eficiente, ao contrário do que acontecia no sistema Ford, isto é, no sistema de produção em massa (Melton, 2005).

Com a publicação do livro “*The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*” de Womack, Jones e Ross, na década de 90, o TPS passou a ser conhecido por *Lean Manufacturing* ou *Lean Production*, começando a ser aplicado também no setor dos serviços públicos e privados. Com a aplicação deste conceito as organizações pretendem a otimização da sua cadeia de valor, tornando cada elo mais eficaz, mais *lean*. É dada prioridade à eliminação do desperdício existente nas áreas que influenciam mais diretamente o serviço ao cliente final, eliminando progressivamente este fator para montante, de modo a colocá-lo, cada vez mais longe do cliente final.

Segundo Womack e Jones (2003), as organizações que tenham um pensamento *lean*, conseguirão aumentar a sua produtividade, com menos recursos, equipamentos e humanos, com menos tempo e espaço, tendo sempre em consideração a superação das expectativas dos clientes. De acordo com os autores, este é o rumo que todas as empresas deveriam percorrer, criando valor através das relações em parceria cliente/fornecedor.

2.1.2. *Lean Thinking*

O conceito *Lean Thinking*, como um conceito de liderança e gestão empresarial, foi usado pela primeira vez na obra “*Lean Thinking*”, escrita por David Jones e James Womack em 1996. Esta filosofia tem ganho, desde então, inúmeros adeptos e tem por objetivo a redução/eliminação de desperdício e a criação de valor para todos os intervenientes de uma organização (Pinto, 2009).

Esta filosofia, visa combater todas as atividades que não acrescentem valor ao produto, sendo por isso considerada por Womack e Jones (2003) como o “antídoto para o desperdício”. Estes autores identificaram cinco princípios da filosofia *Lean Thinking*: criação de valor, definição da cadeia de valor, fluxo contínuo, sistema *pull* e alcance da perfeição. Ao serem implementados nesta sequência, servem de *roadmap* para a implementação da filosofia *Lean Manufacturing*.

Os princípios definidos por Womack e Jones (2003) são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Princípios *Lean Thinking* (adaptado de Womack e Jones, 2003).

Princípios	Definição
Valor	Características do produto que o cliente está disposto a pagar. Quanto maior o valor percebido pelo cliente, maior será a satisfação do mesmo.
Cadeia de valor	Processo ou conjunto de processos pelo(s) qual(uais) o produto tem de passar para ser concluído.

Fluxo contínuo	Fluxo de pessoas, materiais, informação e capital ao longo da cadeia de valor sem que haja quaisquer interrupções.
Sistema Pull	A produção de um produto deve ser iniciada quando o cliente a solicita, considerando, apenas, as características que o mesmo estabelece.
Perfeição	Considera-se a importância da qualidade e a eliminação de desperdícios nos processos produtivos ao longo da cadeia de valor.

Na obra de Pinto (2009), são apresentados os princípios *Lean Thinking* revistos, uma vez que o autor considera que os indicados por Womack, apresentavam algumas lacunas como a consideração de apenas a cadeia de valor do cliente e a tendência de levar as organizações a ciclos viciosos na eliminação de desperdício, ignorando o foco da sua atividade na criação de valor através da inovação, produtos, serviços e processos (Pinto, 2009).

Assim, a Comunidade *Lean Thinking*, apresentou mais dois princípios que impedem que as empresas caiam em exageros relacionados com a redução de desperdício, que muitas vezes exprimem-se em despedimentos, desprezando a missão e os valores organizacionais.

Assim, os princípios *Lean Thinking* revistos são enumerados seguidamente:

- **Conhecimento do stakeholder:** adquirir um conhecimento profundo de todos os *stakeholders* do negócio, e não apenas do cliente para não comprometer o futuro. É importante a organização não se focar apenas no cliente a jusante na cadeia de valor, mas sim no cliente final;
- **Definição de valor:** todas as empresas que valorizem os *stakeholders*, e que tenham em consideração a responsabilidade social são organizações que procuram a criação de valor para todas as partes do negócio;
- **Definição das cadeias de valor:** desde a obtenção da matéria-prima até à entrega do produto final, a organização tem que fornecer valor e satisfazer todos os *stakeholders*;
- **Otimização do fluxo:** deve ser criado um fluxo contínuo, não só de materiais, mas também de informação, de forma a evitar *stocks* intermédios, paragens e movimentações desnecessárias;
- **Implementação do sistema pull:** o cliente lidera todos os processos, isto é, apenas se deve produzir o que o cliente necessita, no momento e na quantidade certa;
- **Perfeição:** redução contínua dos desperdícios associados aos diferentes processos, incentivando a melhoria contínua a todos os níveis da organização, auscultando constantemente os desejos dos clientes e procurando ser rápido na resposta às alterações do mercado;
- **Inovação constante:** inovar é essencial para a sobrevivência de uma empresa. Deve-se criar novos produtos, novos serviços, novas formas de criar valor.

2.1.3. Formas de Desperdício

Quando se fala em desperdício organizacional, está-se a falar de todas as atividades que não acrescentam valor ao produto final. A estas atividades os Japoneses chamam de *muda*. *Muda* significa desperdício, ou toda a atividade que o cliente não está disposto a pagar (Dennis, 2008).

O desperdício manifesta-se de diversas formas, mas leva sempre a um aumento do tempo despendido e de custos sem benefícios. Quando as empresas conseguem entregar o mesmo tipo de valor a um preço mais baixo, ou ao mesmo preço mas com um valor acrescido, estão a reforçar a sua posição no mercado, obtendo maior vantagem competitiva sobre os demais concorrentes.

Segundo Pinto (2009) ao promover a criação de valor aos seus clientes, as organizações devem orientar as suas ações na eliminação dos 3 M's:

- **MUDA** (desperdício): tudo o que o cliente não está disposto a pagar é desperdício e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado;
- **MURA** (irregularidades ou inconsistências): pode ser eliminado através da adoção da filosofia JIT, procurando fazer apenas o necessário, quando solicitado, aplicando o sistema *pull* permitindo ao cliente “puxar” os produtos/serviços;
- **MURI** (excesso ou insuficiência): a uniformização do trabalho garante que todos os colaboradores sigam o mesmo procedimento, tornando os processos mais previsíveis, estáveis e controláveis.

Durante o desenvolvimento do TPS, Taiichi e Shingo identificaram sete grandes desperdícios organizacionais:

- **Produção em excesso:** é considerado o maior dos desperdícios, uma vez que está na origem de outros tipos de *muda* como a necessidade de transporte e movimentações, *stocks*, defeitos e trabalho desnecessário (Dennis, 2008). Significa produzir em maior quantidade, mais rápido ou mais cedo do que necessário ou produção de um produto diferente de o pretendido pelo cliente;
- **Tempos de espera:** os tempos de espera podem dividir-se em dois conjuntos – tempo perdido à espera dos equipamentos e perdas por espera dos trabalhadores. O tempo à espera dos equipamentos faz com que haja uma baixa utilização dos ativos fixos, enquanto o tempo à espera dos trabalhadores conduz à possibilidade de um baixo índice de multifuncionalidade e à baixa taxa de utilização dos colaboradores (Pergher et al., 2011);
- **Transporte desnecessário:** este desperdício resulta da movimentação de *stocks* ou componentes ao longo das diversas operações. A deslocação de materiais não acrescenta valor ao produto final podendo levar ao desgaste/quebra de materiais e aumenta os custos e o tempo despendido pelos colaboradores. Grande parte das vezes é o resultado do desenho de *layouts* ou sistemas de abastecimento inadequadamente desenhados e pode ser resolvido com a aproximação dos processos;
- **Movimentações:** inclui as movimentações de pessoas ou de máquinas sem o acréscimo no valor do produto final. É a consequência de uma ineficiente

organização das ferramentas, *standards* de trabalho mal elaborados ou de *layouts* desalinhados com as necessidades dos colaboradores e dos processos;

- **Stocks:** o excesso de matérias-primas, produto acabado ou WIP, não acrescentam valor para o cliente e, não só, originam um grande volume financeiro estagnado, como também, necessitam de espaço de armazenagem no *gemba* podendo levar ao desgaste dos materiais. Por detrás de existência de *stocks*, está uma grande variedade de causas que devem ser analisadas, permitindo a deteção de outros desperdícios associados.
- **Defeitos:** inclui os defeitos e os problemas de qualidade, resultantes da falta de comunicação entre colaboradores, avarias de máquinas, paragens na produção ou outras situações que levem ao reprocessamento ou perdas de tempo (Paluch, J., 2009). Este desperdício tem associados os custos de inspeção, as respostas às reclamações dos clientes e as reparações. Para além de não acrescentarem valor, muitas vezes necessitam de maior quantidade de matéria-prima para serem reprocessados;
- **Sobre processamento:** o tempo de processamento é afetado diretamente pela execução de mais tarefas do que as definidas na melhor prática de execução ou por excesso de manuseamento dos produtos, ou seja, fazer mais que o exigido pelo cliente (Kirchner, 2008). São, também, todas as atividades dispensáveis ao reprocessamento de um componente defeituoso, para que este adquira as características mínimas de qualidade.

Pinto (2009), na sua obra “*Pensamento Lean*”, apresenta mais cinco classes de desperdícios que se podem aplicar, quer na indústria quer nos serviços:

- **Não aproveitamento do potencial humano:** frequentemente, os grandes problemas são solucionados com simples ideias vindas das pessoas mais inesperadas. Deste modo, deve-se aproveitar o potencial de todos os colaboradores de uma organização, envolvendo-os ao máximo no reconhecimento das causas e das soluções para os problemas, concebendo uma integração plena no espírito de melhoria contínua.
- **Utilização de sistemas inapropriados:** sistemas inadequados resultam na utilização incorreta de equipamentos, ferramentas e recursos levando à origem de grandes fontes de desperdício;
- **Desperdício de energia:** os custos industriais são afetados diretamente pelo consumo exagerado de energia, água, matérias-primas e outros recursos. É cada vez mais importante fazer-se uso dos recursos numa vertente estritamente necessária para a criação de valor.
- **Desperdício de materiais:** a utilização responsável dos materiais já não é apenas uma questão ambiental, mas também uma questão de lucro. Para minimizar este desperdício, é necessária uma abordagem ao tempo de vida do produto/serviço para conservar os materiais durante a conceção, produção, utilização e reutilização do produto/serviço;
- **Desperdício do tempo do cliente:** este tipo de *muda* acontece quando o cliente é forçado a esperar quando pretende adquirir um produto ou serviço.

Ao eliminar os desperdícios, a empresa pode melhorar a sua dinâmica competitiva, uma vez que os valores monetários antes despendidos pelos desperdícios podem, agora, ser reinvestidos em ações de estratégia direcionada para a redução dos custos operacionais, contribuindo para um aumento da margem de lucro, tornando a empresa mais rentável e atrativa para novos investidores.

2.2. Ferramentas *Lean Manufacturing*

Os desafios e dificuldades do mercado estimulam diariamente as organizações, no sentido de melhorarem a capacidade de satisfazer os seus clientes, oferecendo novos serviços e produtos a preços altamente competitivos, inovando e maximizando o retorno proporcionado pela utilização dos seus produtos.

Organizações *lean* com um desempenho de excelência, que consigam implementar com sucesso ferramentas *Lean Manufacturing* e, conseqüentemente, a redução de desperdícios, terão mais hipóteses de sobreviver num universo onde a concorrência é cada vez mais severa e competitiva devido à constante diversidade de produtos, fabricados em condições socioeconómicas cada vez mais díspares.

Nesta secção irão ser apresentadas e descritas as ferramentas *lean* mais importantes para o desenvolvimento da parte prática do projeto.

2.2.1. Filosofia *Just-In-Time*

A filosofia *Just-in-Time* foi introduzida no Japão e é um dos grandes pilares do sistema TPS. Na década de 50, a *Toyota Motor Company*, procurava um sistema que coordenasse a produção com a procura real de diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo de atraso (Pheng e Hui, 1999). Esta filosofia tem como objetivo produzir apenas aquilo que será vendido, na altura certa e na quantidade desejada.

Esta abordagem não gera muito consenso entre diversos autores acerca da sua aplicação. Muitos julgam estar perante uma filosofia, outros perante um conjunto de técnicas, e outros ainda a consideram apenas um método de gestão. Na realidade, o *Just-in-Time* é uma filosofia global de produção suportada em técnicas e métodos particulares (Courtois et al., 1997).

A produção em *Just-in-Time* visa a obtenção de um *lead-time* de produção reduzido, mantendo a conformidade dos componentes, sendo produzido apenas o necessário, no tempo necessário e com o mínimo de *stock* possível. Usando esta política, é possível a deteção de recursos em excesso, sendo que o sistema TPS, visa fazer pleno uso das capacidades dos recursos de uma organização (Sugimori et al., 1977).

Até à década de 50 era aplicada na produção, a filosofia *push (Just-in-Case)* que consistia em os sistemas, materiais e componentes serem “empurrados” de um processo para o processo seguinte, não tendo em consideração se os componentes produzidos iriam ser precisos no imediato ou vendidos. Em consequência desta abordagem, há a geração de altos níveis de *stock* e ocupação desnecessários, dos recursos de uma empresa (Pheng e Hui, 1999). Por outro lado quando uma organização trabalha em *Just-in-Time* precisa de adotar metodologias de produção “puxada” onde a produção é orientada ao ritmo do cliente (Pinto, 2009).

2.2.1.1. Sistema *Pull* e Sistema *Push*

Numa cadeia de valor existem operações que não geram a possibilidade de criar fluxo. Tipicamente, é difícil criar fluxo entre a organização e os seus fornecedores, entre as linhas de montagem e as áreas de transformação (devido ao ritmo de produção dos equipamentos ser diferente do ritmo de montagem e à duração do seu *setup*), e entre a montagem e as pré-montagens (cuja duplicação não seja exequível devido aos equipamentos envolvidos). Assim, é necessário implementar um sistema que sincronize todas as operações que não funcionem em fluxo.

A filosofia *pull* relaciona-se com o modo como é realizada a transferência dos pedidos do cliente para a produção. Assim, o cliente puxa a produção, determinando o ritmo de trabalho da empresa. A organização passa, então, a produzir ao ritmo desejado pelo cliente, eliminando a produção em excesso, reduzindo os níveis de *stocks* e os *lead-times* das entregas. O ritmo em que a linha deve produzir, varia de acordo com a procura do cliente, e é calculado pela divisão da procura pelo tempo de produção disponível. A esta divisão dá-se o nome de *takt time*:

$$\text{Takt time} = \text{Procura} / \text{Tempo de produção disponível}$$

No sistema *pull*, o cliente final “puxa” a produção dando origem, ao considerado por muitos autores, “*pacemaker*” da organização, que se define como sendo a disseminação do ritmo do cliente dentro da organização. Neste sistema, assumindo que a produção está organizada numa sequência de postos de trabalho com adição de valor ao produto final, o posto de trabalho j puxa componentes do posto de trabalho seguinte, $j+1$. Por outras palavras ao longo de uma linha produtiva, a produção de um determinado posto de trabalho é determinada pelas necessidades do posto de trabalho que lhe sucede como se pode observar na figura 1 (Kumar e Panneerselvam, 2007).

Por outro lado o sistema *push* consiste em empurrar componentes/WIP pelos diversos postos de trabalho que agregam valor ao longo de uma linha produtiva (Powell et al., 2013).

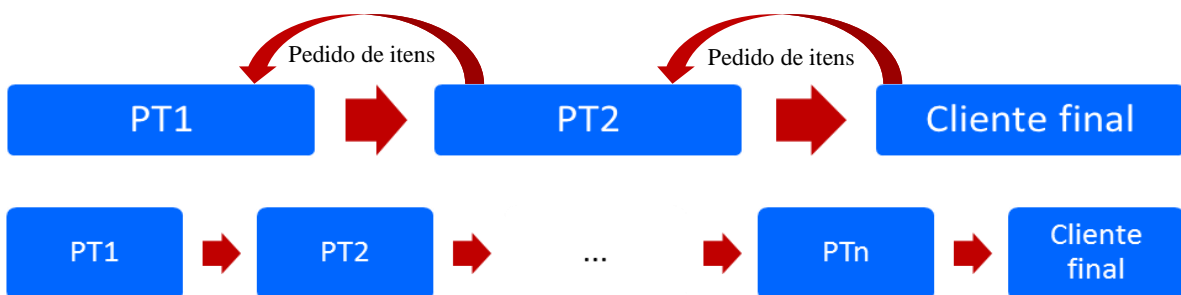



Figura 1 – Comparação do sistema *Pull* (em cima) e *Push* (em baixo) (adaptado de Kumar e Panneerselvam, 2007)

2.2.1.2. Sistema *Kanban*

O *kanban* é um subsistema do *Toyota Production System* (TPS) que foi criado para controlar, de forma eficiente, os níveis de *stock*, produção, abastecimento e em alguns casos, os níveis de fornecimento de matérias-primas (Junior e Filho, 2010). Na base do sistema está a utilização de um cartão de aviso ou sinal, cuja intenção é a de dar a conhecer de um modo simples


e eficiente as necessidades de cada etapa da produção, possibilitando uma comunicação eficiente entre todos os processos envolvidos.

Garante o controlo do fluxo de materiais, pessoas, tempos e informação no *gamba* garantindo o funcionamento do sistema *pull*, descrito anteriormente, em que o processo posterior retirará os componentes/WIP de que necessita do processo precedente (Pinto, 2009).



KANBAN DE PRODUÇÃO

P10E130082

Código: 

Designação: Anilha 1 Concha (pan. XF)

Capacidade do Contentor:	500
--------------------------	-----

Centro de Operações Seguinte:	
Soldadura Manual	
Posto:	Máq. Pneum. de Montar Anilha
Operação:	Inserir Anilha 1

Cartão Número:	1VM
----------------	-----

Departamento	Código da Listagem
Produção/Planeamento	Mod.JPROD - 088/01

Figura 2 - Exemplo de *kanban* (fonte: Jamarcol)

Uma organização que ponha em prática o sistema *kanban* poderá beneficiar de uma circulação rápida de informação entre os diversos postos de trabalho, garantindo, deste modo, altos níveis de coesão dos mesmos. Uma outra vantagem deste sistema é o aumento do nível de serviço ao cliente, visto que existe um aumento da fiabilidade dos prazos de entrega, qualidade e quantidades. Permitindo o controlo de *stocks*, com a sua consequente diminuição, originará menores custos de retenção, maior libertação do chão de fábrica, dos recursos e dos operadores e, consequentemente, aumento da margem de lucro para a organização. (Pinto, 2009).

De acordo com Sugimori et al. (1977), existem dois tipos de *kanban*, que podem substituir o planeamento diário de produção tradicional:

- **Kanban de produção:** ou *production kanban*, que autoriza a produção ou a montagem de determinado item ou componente, ou seja, nenhuma operação poderá ser realizada sem que haja um *kanban* de produção a autorizar. A figura 2 representa um exemplo de um *kanban* de produção da empresa onde o presente projeto decorreu;
- **Kanban de transporte:** ou *withdrawal kanban*, que autoriza a movimentação de material entre o processo-cliente e o processo-fornecedor, isto é, nenhuma

movimentação poderá ser executada sem que haja um *kanban* de transporte a autorizar. Normalmente a informação presente neste tipo de *kanban* é a mesma que a do *kanban* de produção, com o acréscimo da indicação do centro de produção e de destino.

A figura 3 representa o diagrama de funcionamento de um *kanban*:



Figura 3 - Fluxo de *kanban* (adaptado de A. Courtois, 1997)

Quando o processo a jusante consome uma caixa de materiais, é gerada uma autorização (*kanban* de transporte) para que a caixa vazia possa ser movimentada até ao fornecedor (processo a montante). Este, na presença deste *kanban*, satisfaz o pedido, gerando uma necessidade que se traduz na emissão de um *kanban* de produção para repor o *stock*. Não havendo consumo no processo final, toda a sequência do processo irá parar (Pinto, 2009).

Independentemente do tipo, existem quatro informações que devem constar sempre no *kanban*: identificação do material, quantidade, localização no supermercado fornecedor e localização no supermercado cliente.

Se uma empresa que utiliza o sistema *kanban* evolui num ambiente perfeitamente estável em termos de procura, poderá conseguir resultados altamente visíveis num curto espaço de tempo após a sua implementação. Todavia, para que este sistema seja eficaz é necessário aliar outros procedimentos e ferramentas do *Lean Manufacturing*.

2.2.1.3. Heijunka Box ou Caixa de Nivelamento

A caixa de nivelamento pode ser vista como uma ferramenta de gestão visual, onde são colocados os *kanbans* de transporte, disciplinando o trabalho dos operadores logísticos que abastecem os diferentes postos de trabalho, tentando evitar variedade no planeamento da produção.

O objetivo deste método é o de fornecer aos operadores de uma fábrica, um fluxo constante de pequenos lotes de itens, e ao mesmo tempo gerar uma procura constante de peças para processos a montante, reduzindo ou eliminando, deste modo, a necessidade do consumo excessivo dos recursos ou os altos níveis de *stocks* em picos de procura. Um outro objetivo é o de reduzir o efeito chicote (Matzka, Mascolo e Furmans, 2009). Segundo estes autores, a caixa de nivelamento tenta fazer a correspondência entre as cargas de trabalho de cada processo e a carga de cada um dos funcionários, tendo a mesma quantidade de trabalho, no mesmo tempo. Permite, também, que cada operador possa ser transferido para outros processos, aumentando a flexibilidade da linha produtiva.

O funcionamento da caixa de nivelamento começa sempre que um determinado produto é consumido pelo cliente, o *kanban* associado é repostado na respetiva área do produto. Cada uma

destas áreas é dividida em três partes (vermelho, amarelo e verde) que representam a situação do produto em questão. Inicialmente quando os *kanbans* voltam para o quadro de nivelamento são colocados na área verde, depois sobre a amarela e finalmente na vermelha.

A faixa vermelha deve suportar cartões suficientes para se fazer o *setup* da linha, mais o tempo de espera e mais um tempo de segurança. Os operadores devem começar a produzir o produto sempre que se atingir a área vermelha. Deste modo apenas é produzido o necessário, quando necessário.

De acordo com Pinto (2009) o funcionamento da caixa *heijunka* compreende duas etapas. Na primeira etapa o responsável pela logística coloca os *kanbans* nos devidos locais. Depois, o operador responsável pela sua distribuição vai ao quadro, em intervalos regulares, e retira os *kanbans* de transporte, desencadeando uma série de atividades ao longo de toda a linha produtiva.

O procedimento *heijunka* mais do que um sequenciador das ordens de fabrico, é também uma habilidosa estratégia de gestão de *stocks (buffers)*, de forma a preservar uma carga nivelada, minimizando as oscilações nos processos.

2.2.2. Cinco S's

O conceito 5S teve origem no Japão e é o acrónimo para *Seiri* (triagem), *Seiton* (ordenação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (normalização) e *Shitsuke* (disciplina) – figura 4.

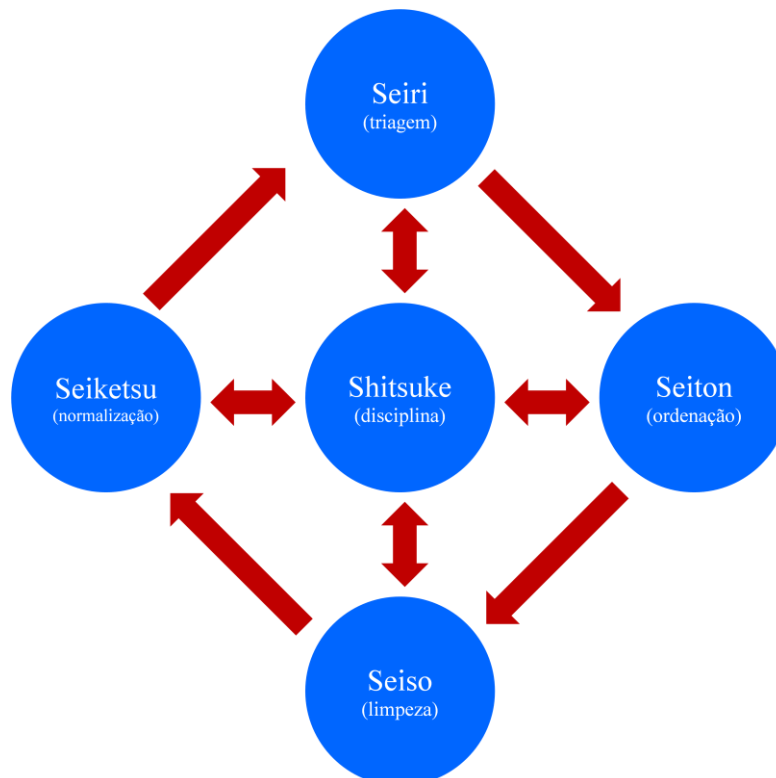


Figura 4 - Filosofia 5S segundo Osada (adaptado de Kobayashi et al., 2008)

Esta filosofia teve a sua origem na segunda guerra mundial com o nascimento do TPS e tem o objetivo de alcançar a excelência organizacional, organizando os postos de trabalho, de forma a aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios associados aos processos do negócio.

Pelas suas características e objetivos, constitui um dos primeiros passos para uma organização implantar um processo de gestão total da qualidade. A prática dos 5S é reconhecida pelas organizações como uma atividade de limpeza, baseando-se na moral e na ética no local de trabalho (Kobayashi et al., 2008).

De acordo com Bell e Orzen (2011) normalmente um projeto de melhoria contínua começa com a implementação desta metodologia, com o objetivo de criar ordem dentro da organização e a consciência por parte de todos os colaboradores, de modo a possibilitar/facilitar a identificação das fontes de desperdício e as oportunidades de melhoria.

Segundo os autores da obra “*5S for operators: 5 pillars of the visual workplace*”, (Team, 1996), no primeiro S, *seiri*, são removidos todos os itens que não são usados no espaço de trabalho. Corresponde a separar o útil do inútil. No posto de trabalho deve estar, apenas, o que é necessário ao trabalho a realizar, e na quantidade certa. Uma das abordagens mais usadas consiste na colocação de etiquetas vermelhas nos itens que não são necessários com o objetivo de se identificar de forma rápida, fácil e com elevada visibilidade os itens que, à partida, não terão utilidade no posto de trabalho e que podem ser deslocados para outras zonas. O segundo S, *seiton*, significa colocar em ordem, guardando de forma ordenada tudo o que é necessário. Organiza-se todos os itens que são necessários para que estes estejam acessíveis e alcançáveis ao operador no mínimo espaço de tempo. No terceiro S, *seiso*, os postos de trabalho já se encontram devidamente organizados, tendo apenas o que é necessário e nas quantidades necessárias. O passo seguinte consiste numa limpeza geral, e na criação de metodologias de controlo para que as condições de limpeza e arrumação se mantenham ao longo do tempo. O quarto S, *seiketsu*, consiste na normalização dos três primeiros S's, isto é, consiste na criação de procedimentos para a preservação dos resultados alcançados com os três primeiros S's. Para isso devem ser escritas regras e instruções, sempre que possível com suporte visual, que permitam alcançar os resultados pretendidos. O quinto e último S, *shitsuke*, é o mais crítico e importante dos 5S. Neste S existe uma fomentação dos valores éticos e morais de cada um dos colaboradores, numa perspetiva de tornar esta filosofia um estilo de vida.

Alguns autores remetem, ainda, para a existência de um sexto S, em inglês designado por *safety*, ou em japonês por *Sekyuriti*, que tem como principal objetivo a identificação e correção de situações de perigo no gamba (Leite, 2008).

Após a implementação desta filosofia, muitas vezes torna-se necessário haver um acompanhamento do projeto. Este acompanhamento leva a que todas as partes interessadas se sintam mais envolvidas e motivadas para a metodologia, passando a mesma a fazer parte dos hábitos diários, auxiliando a sua manutenção e melhoria. Para apoiar o acompanhamento do projeto podem ser feitas visitas formais (auditorias 5S) aos PT, *check-lists* destinadas ao registo de pontos fracos (incumprimentos) e pontos fortes e implementação de ações corretivas decorrentes dos incumprimentos.

2.2.3. Gestão Visual

Sendo a visão a maneira mais eficaz de captar informação, os sinais óticos são uma ótima maneira para alcançar a excelência operacional e na implementação de ações corretivas no *gamba*. Esta metodologia incide, essencialmente, na identificação de locais e objetos, na exposição da

performance dos equipamentos, na divulgação das normas de trabalho, na partilha dos indicadores de gestão e na promoção da melhoria contínua.

A gestão visual, ou controlo visual, tem como objetivo o foco nos processos facilitando a comparação da performance real com a esperada. Esta comparação permite que um processo com baixa performance seja profundamente analisado e, conseqüentemente sejam aplicadas melhorias. É uma ferramenta de apoio ao aumento da produtividade nas organizações, tornando as diferentes operações visíveis, lógicas e intuitivas e tornando os processos mais simples e menos dependentes de sistemas de informação.

No *gemba* o sistema de gestão visual pode aparecer sobre diversas formas, como *kanbans*, *heijunka box*, quadros de informação, marcações no chão, nas paredes e nas máquinas, semáforos, luzes *andon*, entre outros. A informação visual deve ser o mais simples possível para que os diversos operadores não tenham quaisquer dúvidas (Pinto, 2009).

2.2.4. Single Minute Exchange of Die

O SMED é uma metodologia que visa a troca rápida de ferramentas de maneira a assegurar que o tempo de preparação de uma máquina seja reduzido ao mínimo gastando, idealmente, menos de dez minutos, de modo a reduzir o desperdício (Holweg, 2007). Pretende-se minimizar o tempo e o conjunto de tarefas necessárias entre a última peça produzida da atual ordem de produção e a primeira da nova ordem de produção.

Esta metodologia foi introduzida na década de 50 por Shigeo Shingo, como sendo uma abordagem científica para a redução do tempo de *setup* que pode ser aplicada a qualquer organização e a qualquer máquina (Shingo, 1985). Com a introdução destas ferramentas no ambiente fabril, Shingo viabilizou a diversificação para a satisfação das encomendas e aumentou a flexibilidade da produção para pequenos lotes.

O tempo de preparação ou o tempo de mudança de ferramenta de uma máquina, também habitualmente designado por tempo de *setup* ou tempo de *changeover*, influencia diretamente a oferta de uma organização relativamente ao mercado. Pela lógica, quanto maior for o tempo de preparação de uma máquina, maior deveria ser o nível de produção de determinado artigo. Produzir lotes de grandes dimensões implica grandes níveis de WIP e, conseqüentemente, um grande volume financeiro estagnado. Num ambiente *lean*, isto não faz sentido! Idealmente, o tempo de mudança de ferramentas ou tempo de preparação de uma máquina deve ser o menor possível, incentivando à produção de lotes de pequenas quantidades de modo a que, caso haja uma alteração no mercado, a organização tenha maior facilidade em se adaptar.

A redução do tempo de *setup* aumenta a flexibilidade do processo e, para além de suportar alterações ao nível do *mix* de produção, leva a um aumento da taxa de utilização do recurso, isto é, um aumento da capacidade de máquina (Kumar e Abuthakeer, 2012).

Existem dois tipos de operações associadas à troca rápida de ferramentas: as que podem ser efetuadas com a máquina em funcionamento, tipicamente denominadas por OED (*Output Exchange of Die*), e as que têm de ser feitas com a máquina parada, as IED (*Input Exchange of Die*).

2.2.4.1. Fases de implementação SMED

De acordo com Shingo (1985) existem quatro fases de implementação da metodologia SMED: *setup* interno e externo não se distinguem, separação de *setups* interno e externo, conversão do *setup* interno em *setup* externo e melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo.

De seguida irão ser descritas cada uma das fases:

Fase 0: Setup interno e externo não se distinguem

Nesta fase preliminar não há distinção entre operações de *setup* interno e *setup* externo, uma vez que o processo encontra-se desorganizado. Deste modo, é feito um levantamento de todas as atividades necessárias para a realização do *setup* usando métodos de observação (filmagens), estudos de tempos (cronómetros), entrevistas, entre outros.

Fase 1: Separação de setups interno e externo

Nesta fase faz-se um estudo inicial sobre quais são as atividades internas (IED) e as atividades externas (OED). Shingo (1985) propõe a identificação e classificação das atividades em internas ou externas, definindo como atividades de *setup* interno aquelas que são realizadas com a máquina parada e operações de *setup* externo as atividades realizadas com a máquina em funcionamento. Esta simples distinção entre operações internas e externas permite, tipicamente, uma redução entre 30 a 50% das atividades de mudanças de ferramentas (Shingo, 1985).

Fase 2: Conversão do setup interno em setup externo

Nesta fase faz-se a conversão das atividades internas em externas, visto que as operações de mudança de ferramentas ao serem efetuadas com a máquina em funcionamento permitem a diminuição do tempo total de *setup*.

Fase 3: Melhoria sistemática de cada operação básica do setup interno e externo

O objetivo desta fase é a melhoria contínua dos *setups* internos e externos, desenvolvendo e implementando procedimentos e metodologias de trabalho que permitam realizar as diversas operações de uma maneira fácil, rápida e segura.

Por outro lado, Courtois (1997) afirma que para implementar ferramentas SMED é necessário percorrer as sete etapas seguintes:

Etapas 1. Identificação das operações OED e IED

Nesta primeira fase deve-se fazer uma análise profunda sobre quais são as atividades internas (IED) e as atividades externas (OED). Após esta clara distinção, tem de se determinar, se tanto as OED como as IED, podem ser eliminadas. Caso não possam ser eliminadas as OED devem ser executadas fora do período de troca de ferramentas, enquanto as IED são realizadas a partir do momento em que a máquina termine a série em curso.

Etapas 2. Transformação das operações IED em OED

Esta etapa tem especial importância na redução do tempo de troca de ferramenta, uma vez que a transformação das operações internas em externas, permite a execução destas atividades com a máquina em funcionamento.

Etapa 3. Normalização das funções

O objetivo desta fase é alcançar uma rápida mudança de ferramentas suprimindo ao máximo as afinações da máquina e normalizando as atividades necessárias à sua realização.

Etapa 4. Utilização de sistemas de fixação funcionais

É necessário a utilização de técnicas que permitam reduzir ao máximo o tempo de *setup* da máquina, podendo ser usados sistemas de fixação das ferramentas por pressão.

Etapa 5. Sincronização das tarefas

Uma sincronização ineficiente das atividades leva, frequentemente, a movimentações inúteis que conduzem a perdas de tempo. Portanto, uma boa sincronização das tarefas a realizar gera ganhos significativos, relativamente ao tempo despendido durante o uso desta ferramenta.

Etapa 6. Eliminação das afinações

O uso de gabaritos, que são ferramentas que fazem com que as peças/componentes estejam sempre devidamente posicionadas e a marcação das posições de fixação, reduzem a necessidade de afinações a uma máquina.

Etapa 7. Recurso à automatização

Devido ao elevado investimento das soluções robotizadas e por vezes à sua ineficiência, estas devem apenas ser consideradas nesta fase final. Se o custo associado à redução do tempo de *setup* é significativo, então é necessário que se faça um cálculo de rentabilidade.

2.2.4.2. Benefícios da metodologia SMED

Segundo Shingo (1985) existem inúmeros benefícios associados ao uso de metodologias SMED que diminuem os custos de produção e permitem o aumento de produção. Dentro das diversas vantagens destacam-se as seguintes:

- Redução do tempo de *setup*;
- Eliminação dos erros de *setup*, devido à maior padronização das atividades;
- Aumento do índice de utilização das máquinas;
- Maior liberdade na escolha dos operadores;
- Aumento da segurança;
- Redução de perdas de produção;
- Possibilidade da fabricação de pequenos lotes;
- Redução/eliminação de tarefas que não agregam valor ao produto final;
- Eliminação da necessidade de inspeção;
- Redução do investimento em nova maquinaria;
- Aumento das margens de lucros.

A aplicação de métodos e ferramentas SMED é indispensável nas diversas indústrias, uma vez que a redução de tempo sem valor acrescentado gera ganhos significativos, não só nas margens de lucro como também na rápida adaptação à procura.

2.2.5. Value Stream Mapping e Value Stream Design

Estas ferramentas surgiram no final da década de 90, e têm tido uma vital importância na análise dos fluxos de materiais e de informação de um determinado sistema operacional, expondo o desperdício existente.

Foi em 1999 que surgiu a primeira abordagem a esta temática, com os autores Mike Rother e John Shook na sua obra intitulada por “*Learning to see*”. Segundo estes autores, *Value Stream Mapping* é um método que permite visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo de toda a sua cadeia de valor, desde a compra das matérias-primas até à sua entrega ao cliente final. Esta ferramenta serve igualmente como base ao planeamento de melhorias, devendo por isso ser atualizada regularmente para transmitir o estado atual da organização. Ao usar uma linguagem universal, a sua compreensão e difusão por todos os elementos da organização é facilitada, permitindo ao gestor ter uma visão global dos processos, não se focando apenas nos processos individuais, mas também na otimização das partes (Rother e Shook, 1999).

O VSM inclui o mapeamento do estado atual, *as-is*, e o mapeamento do estado futuro, *to-be* (Pinto, 2009), e permite a visualização de tempos de ciclos, *stocks* intermédios, *uptimes*, taxas de utilização dos recursos, fluxo de informação, entre outros considerados relevantes. Capta todos os processos que conduzem à transformação da matéria-prima em produto acabado (Seth e Gupta, 2005). Além do fluxo de materiais, deve-se ter em consideração, com o mesmo grau de importância, o fluxo de informação, que é o responsável por “avisar” para cada processo o que produzir ou fabricar em seguida.

Para modelar o fluxo de valor é usado um conjunto de símbolos com um significado universal, para a representação de detalhes característicos de todo o processo (ver anexo A).

Para conseguir que o VSM seja uma ferramenta perceptível em termos de comunicação e de planeamento, é necessário ter em consideração algumas aplicações da filosofia *pull*:

- **Produzir de acordo com o *takt time*:** produzir de acordo com as necessidades dos clientes, ou seja, produzir de acordo com o ritmo imposto ao fluxo de trabalho por esse pedido. Este valor é obtido pela divisão do tempo total de produção disponível pela procura, descontando os intervalos, reuniões, almoços, etc. (Rother e Harris, 2002);
- **Produzir, sempre que possível, em fluxo contínuo:** significa produzir uma peça de cada vez (*one-piece-flow*), passando cada componente por todas as etapas do processo até à sua conclusão, resultando num estado de menor desperdícios associados;
- **Produzir por encomenda ou para um supermercado:** por vezes produzir em fluxo contínuo é difícil ou não é possível, havendo a necessidade de produção em lotes. Para isso, pode-se instalar um sistema puxado com base nas necessidades de supermercados (Queiroz, J., Rentes, A., Araujo, C., 2004).
- **Determinação do *pitch* ideal à produção:** possibilita a criação e sustentação de um fluxo de trabalho sólido e prático, permitindo à unidade de trabalho a movimentação desde o início da cadeia de valor até ao final, mantendo um ritmo contínuo e suave.

- **Controlo dos *bottleneck* dos processos:** os recursos gargalos de um sistema produtivo podem ser um problema ao sistema *pull*. Assim, torna-se essencial fazer o seu controlo e nivelamento de acordo com as necessidades dos clientes. É neste ponto que os responsáveis logísticos fazem um controlo da produção mais minucioso, implicando, deste modo, que todos os processos anteriores estejam a produzir segundo uma filosofia *pull*.

Segundo Rother e Shook (1999), a metodologia VSM deve seguir as seguintes etapas:

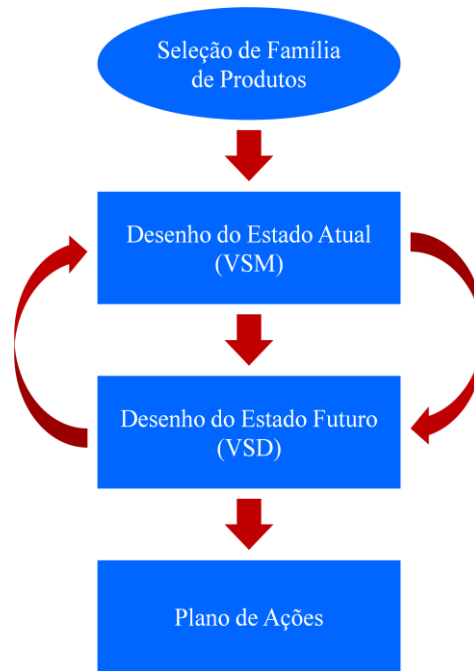


Figura 5 - Etapas do VSM (adaptado de Rother e Shook, 1999)

Inicialmente, é selecionada uma família de produtos a analisar (preferencialmente uma família que tenha grande impacto no desempenho da empresa). Após esta decisão é desenhado o estado atual da família escolhida, recorrendo a dados recolhidos previamente no *gemba*. Estes dados, não só são necessários para a construção do mapa atual, como também para a construção do mapeamento do estado futuro (VSD). O objetivo do VSD será o de definir/planear um novo funcionamento do sistema que permita estabilizar, normalizar, criar fluxo, balancear, puxar e treinar a organização, diminuindo o desperdício e o *lead-time*.

Na figura 5 é visível a ligação entre o estado atual e o estado futuro, mostrando a dependência existente entre eles. Esta ligação deve-se ao facto de, durante a construção do mapa do estado atual, poderem surgir ideias que possam ser úteis para o mapa do estado futuro, e no desenvolvimento do estado futuro, informações que não foram consideradas no estado atual.

Finalmente, na última etapa, há a construção de um plano de ações, isto é, um roteiro de transformação operacional contendo os objetivos a alcançar, todas as ações a realizar, o início da implementação, a duração prevista e o responsável pela sua implementação. Neste plano é de extrema importância que os objetivos sejam claros para toda a empresa, e que as ações estejam detalhadas, para que os responsáveis entendam, da melhor maneira, o que é necessário fazer e os passos a seguir.

A metodologia VSM tem sido, ao longo dos anos, uma das principais ferramentas da filosofia *lean* e *kaizen*, uma vez que, quando aplicada corretamente, conduz a melhorias operacionais e, conseqüentemente, à melhoria do desempenho organizacional.

2.2.6. Layouts

Muitos dos desperdícios estudados nos tópicos anteriores, podem ser causados por *layouts* mal desenhados e/ou ineficientes. Relativamente à definição de *layout*, significa a posição de uns recursos em relação aos outros, de acordo com a sua função. Esta disposição irá determinar o padrão de fluxo de materiais e de informação e como progridem ao longo da cadeia de valor (Slack et al., 2007).

Segundo diversos autores, a implementação de *layouts* no sistema de produção de uma organização tem de ter em consideração os produtos a fabricar e os respetivos processos (Francis et al., 1991, Groover, 2007, Tompkins, et al., 2010). Os *layouts* por produto têm em consideração os equipamentos e os elementos necessários para atender a produção e são aplicados a grandes volumes de produção; já os *layouts* por processo têm em consideração a estrutura necessária para produzir uma gama de produtos que permitam o processamento pelos recursos disponíveis. Este tipo de *layouts* considera uma variedade de produtos e pode ser utilizado com pequenos, médios ou grandes volumes de produção.

Davis (2003), classifica quatro tipos diferentes de configurações de *layouts*: por processo, produto, por posição fixa e por célula de fabrico (ou tecnologia de grupo):

2.2.6.1. Layout por Processo

De acordo com Hasan, Sarkis e Shankar (2012), um *layout* orientado por processo, funcional, ou *job shop* consiste num conjunto de equipamentos, com funções semelhantes, agrupados em departamentos de acordo com a sua funcionalidade. Os componentes percorrem, conforme a sequência de operações, os diversos departamentos para serem processados. Esta organização é apropriada em produções de grandes variedades de produtos ou baixo volume de produção para cada tipo de produto.

O *layout* por processo, quando comparado com o *layout* por produto, poderá não ser o que oferece melhor performance. Todavia, em diversas indústrias não é prático ou possível a mudança de *layout* por processo para *layout* por produto ou para célula de fabrico, devido a fatores relacionados com alterações de *layout*, investimento em equipamentos especializados, entre outros.

Neste tipo de *layouts* os equipamentos estão dispostos pelo tipo de operações a realizar, isto é, os componentes são deslocados para cada uma das diversas operações, permitindo o aumento da flexibilidade.

2.2.6.2. Layout por Produto

Segundo Chase, Aquilino e Jacobs (1998), num *layout* orientado por produto, também designado por *flow shop* ou *layout* de fluxo, os equipamentos, estão dispostos de acordo com as etapas sequenciais de processamento, no sentido do fluxo produtivo específico do produto.

Os *layouts* por produto têm em consideração o facto de os diferentes recursos estarem ordenados pela ordem em que o produto vai ser fabricado. Assim, o fluxo de matérias-primas e ferramentas, não é tão confuso, é mais facilitado e ordenado, aumentando a eficiência durante as operações.

2.2.6.3. Layout por Posição Fixa

Nestes *layouts*, são os próprios equipamentos e processos que se deslocam até ao item que está a ser produzido, que permanece fixo até que esteja completa a sua transformação. A utilização destes *layouts* é adequada quando o produto é de grandes dimensões, pesado e não é viável, ou não é oportuno a sua movimentação ao longo das várias etapas do processo. (Hasan, M., Sarkis, J., Shankar, R., 2012).

Devido à grande movimentação de materiais, pessoas e outros recursos, um dos maiores problemas deste *layout* é a organização das atividades e a gestão de *stocks*.

2.2.6.4. Layout por Tecnologia de Grupo (ou layout celular)

Este tipo de *layout* é concebido de forma a que cada célula seja maioritariamente, senão exclusivamente dedicada ao processamento de uma família de componentes. Hasan, Sarkis e Shankar (2012) referem que neste tipo de *layouts*, existe o agrupamento de diferentes máquinas no interior de células, para processar peças da mesma família de componentes.

Os *layouts* orientados por tecnologia de grupo têm como princípio o processamento por grupo de áreas, isto é, cada área de produção está associada a um grupo que trabalha entre si, de acordo com as especificações do produto passando, posteriormente, para um outro grupo/área.

A configuração por célula de fabrico, surgiu da necessidade da flexibilização do *Lean System* do ponto de vista do fluxo de materiais e operacional. Isto pode ser confirmado por Davis (2003) que atesta a sua similaridade com o *layout* de processo, na medida em que as células de fabrico são projetadas para desempenhar um conjunto específico de processos e a sua similaridade com o *layout* de produto no sentido de que as células de fabrico são dedicadas a determinadas famílias tecnológicas.

Capítulo 3

Caso de Estudo

Neste capítulo é feita uma apresentação das empresas onde se desenvolveu todo o projeto e o presente trabalho: Leanked, pertencente ao grupo empresarial HM Consultores, e Jamarcol, acessórios para motorizadas, Lda. É feita uma descrição de todo o sistema de gestão da produção da empresa Jamarcol, bem como o seu sistema produtivo, dando ênfase à produção da perna *Micke* (componente metálico da gama de secretárias *Micke* comercializadas pelas lojas Ikea). Além disso, é efetuada uma descrição dos métodos de trabalho da Leanked.

A atribuição da empresa Jamarcol ao presente projeto de estágio por parte da Leanked, deveu-se ao facto de ambos os projetos (Jamarcol e estágio curricular) se iniciarem na mesma altura. Ao acompanhar um projeto de raiz, a obtenção de conhecimentos e *know-how* sobre a empresa e os processos é mais facilmente adquirida. Para além disso, a formação inicial interna dada pela Leanked sobre as ferramentas e metodologias *lean* e *kaizen* coincidiram com o âmbito e os objetivos do projeto, oferecendo um conhecimento mais vasto sobre a indústria (na medida em que os conhecimentos teóricos sobre *lean* e *kaizen* puderam ser implementados numa realidade industrial).

3.1. Apresentação das Empresas

3.1.1. Leanked

A Leanked (figura 6) é uma empresa de prestação de serviços de consultoria operacional, vocacionada para a realização de projetos de melhoria operacional nas organizações, com base em modelos de mudança globais conhecidos por *Kaizen* e *Lean Management*.



Figura 6 - Sede Leanked, situada no edifício Delta, 4º andar (canto superior esquerdo da figura)

Inserir-se no grupo HM Consultores que se situa no centro da cidade de Aveiro. A sua principal atividade assenta na prestação de serviços de apoio a gestores e proprietários de outras empresas, na identificação de problemas relacionados com a política, procedimentos, métodos de trabalho, entre outras, com o intuito de os direcionar para a tomada de decisões estratégicas que possam aumentar o seu desempenho futuro.

3.1.1.1. Missão, valores e objetivos

A Leanked é um projeto organizacional que nasceu de uma visão sobre o futuro das empresas. Sendo uma empresa de prestação de serviços na área da consultoria, desde o início da sua atividade, quebrou a tradicional abordagem do mundo da consultoria e criou um novo modelo que permite maximizar o serviço e o apoio prestado aos seus clientes. O seu objetivo assenta no desenvolvimento de organizações excecionais e que tenham a capacidade de captar, desenvolver e projetar verdadeiros talentos, tendo sempre por base a melhoria contínua ao nível operacional, no treino e na estratégia organizacional.

O vasto conhecimento das várias temáticas de *lean* e *kaizen*, permitem à Leanked oferecer garantias na prestação de serviços de elevada qualidade em diversas áreas de atividade, a nível nacional ou internacional, e a excelente capacidade de liderança de transformações operacionais. Esta organização, pretende criar um forte impacto nas suas organizações clientes, respeitando sempre os seus valores:

- **Independência:** recomendação da melhor solução para os problemas enfrentados pelos seus clientes;
- **Melhoria contínua:** procura da perfeição em todos os projetos, apostando no desenvolvimento contínuo dos seus consultores e clientes;
- **Partilha:** disponibilização a todos os seus clientes de todo o seu *know-how* e informações corporativas pretendidas e distribuição parte dos seus resultados;
- **Ambição:** pretensão na construção de uma rede mundial de clientes que beneficiem o seu modelo de negócio, considerando sempre um elevado nível de partilha, confiança e transparência;
- **Confiança:** aposta nas relações próximas com clientes, com apoio incontestável aos seus negócios, com a garantia de resultados e confidencialidade;
- **Transparência:** fornecimento das informações necessárias aos seus clientes, com o objetivo de estimular a confiança nas partes envolvidas;
- **Operacional:** transformações baseadas em soluções práticas e viáveis, com o constante acompanhamento aos seus clientes em todos os momentos da transformação.

3.1.1.2. Impacto Leanked

Em média a Leanked consegue alcançar um impacto na ordem dos 25% no aumento da produtividade de uma organização.

Mais do que nunca, as empresas estão a passar por um clima de dificuldades e problemas que, ao serem minimizados, permitem melhorar a sua performance. Identificando e eliminando continuamente os inibidores de melhoria da performance e questionando os paradigmas que

impedem as potenciais melhorias é possível fazer mais com menos, isto é, aumentar a produtividade com a diminuição dos custos envolvidos. Deste modo, será possível reconstruir as organizações, baseando-se numa filosofia de trabalho que maximize a produtividade, eficácia e motivação.

O impacto Leanked resulta dos seguintes fatores:

- Redução de custos operacionais;
- Redução de custos financeiros;
- Aumento indireto do volume de vendas;
- Aumento da motivação de todos os envolvidos;
- Criação de um impulso de melhoria contínua na organização;
- Capacitação da organização na deteção e eliminação de fontes de desperdício, de modo a tornar-se autónoma na implementação de melhorias necessárias.

A Leanked não tem apenas impacto no aumento de produtividade de uma organização! Permite, igualmente que haja um aumento no nível de serviço do cliente, pois permite que estes recebam o mesmo produto fabricado, que corresponde às suas expetativas, com o mínimo custo e *lead-time* possível.

3.1.2. Jamarcol

O ramo de atividade da Jamarcol é a metalomecânica, estando sobretudo vocacionada para o fabrico de componentes para veículos de duas rodas motorizados, mobiliário diverso e peças metálicas para geriatria, entre outros.

No mercado Nacional, a empresa tem cinco modelos de sistemas de escape homologados pela Direção Geral de Viação desde 1988. No mercado Europeu, a empresa tem desde novembro de 2002 sete modelos de sistemas de escape homologados pela Diretiva 97/24/CE.

A Jamarcol (figura 7), sediada em Águeda, produz componentes metálicos, no mercado de produção de motociclos e quadriciclos, de equipamentos de *fitness* e de mobiliário.

A laborar desde 1977, conseguiu alcançar um enorme prestígio na área metalúrgica e, hoje, é PME líder relativamente à produção de componentes metálicos para diferentes mercados. Iniciou a sua atividade em 1978, apenas com seis trabalhadores (atuais sócios-gerentes) produzindo, apenas, sistemas de escape para o mercado nacional, acabando o ano com 16 colaboradores. Desde então, a empresa tem acompanhado as tendências de mercado, apostando fortemente na exportação para Espanha, França, Itália, Alemanha, entre outros, representando o mercado de exportação aproximadamente 85% da sua faturação total.

Ao longo dos últimos anos tem-se verificado um rápido crescimento da empresa, provado pelo aumento do número de colaboradores e das instalações fabris, de 10.000 m² de área coberta, em 1996, para os atuais 15.000 m² (construção de dois pavilhões em consequência da grande procura de componentes por parte da indústria de fitness).



Figura 7 -Sede da empresa Jamarcol em Águeda

Em 1996, a estratégia da Jamarcol foi reconhecida e alcançou o prémio de “PME Prestígio”. Em junho de 2000, devido à crescente exigência dos seus clientes, reuniu as condições necessárias para obter o certificado de qualidade pela NP EN ISO 9002:1995, atual NP EN ISO 9001:2000. Em 2000 e 2001 conquistou o estatuto de “PME Excelência”.

Em 2003, arrancou com um novo projeto, cuja produção foi muito superior à habitual, para uma grande marca mundial de motos. Para tal decidiu modernizar toda a secção de soldadura, com robots na vanguarda da tecnologia.

O crescente reconhecimento do prestígio da Jamarcol por parte dos seus clientes, permitiu-lhe a obtenção de novos clientes e mercados, levando-a a alcançar o estatuto de “PME Líder” a 14 de outubro de 2008.

3.1.2.1. Missão, valores e objetivos

A principal missão da Jamarcol é a total satisfação dos seus clientes, de modo a criar uma ligação de entejuda que dure o maior tempo possível. Para tal acontecer, esta empresa aposta fortemente na qualidade dos seus produtos, na eficiência e nos preços competitivos que pratica.

A Jamarcol tem como objetivo criar valor acrescentado com base nas soluções técnicas e tecnológicas que oferece aos seus clientes. Pretende assegurar a realização e o desenvolvimento profissional dos seus colaboradores, num ambiente de segurança, dinâmico e de respeito mútuo. Deste modo, contribuindo para o progresso e desenvolvimento de todos os *stakeholders*, no respeito pela legislação e pelo meio ambiente.

3.1.2.2. Produtos e Marcas

A Jamarcol produz uma grande diversidade de componentes metálicos para diferentes clientes. A título de exemplo apresenta-se nas figuras 8, 9 e 10, alguns dos componentes produzidos pela Jamarcol. Os principais produtos são componentes para motociclos, *scooters* e motos. Produz, também, produtos diversos que são exclusivos de determinados clientes, como bicicletas de exercício estáticas, simulador de remos, mesas de *ping-pong*, suportes para sacos de boxe, barras de elevação, máquinas de musculação, mobiliário metálico, etc.



Figura 8 - Quadro Principal - Quadro Posterior – Escora
(fonte: jamarcol.com)



Figura 9 - Painéis de Escape OEM (fonte: jamarcol.com)



Figura 10 - Componente em estudo - perna Micke (peça realçada) (fonte: Ikea.com)

Relações com Clientes, Associações e Outras Entidades

Como principais clientes da Jamarcol podem indicar-se os seguintes:

- **Mercado Nacional:**
 - *Autofer;*
 - *Swedwood (Ikea Group);*
 - *Plastaze;*
 - *Ludesma;*

- *Teka Portuguesa;*
- *Dorel;*
- *Invacare.*
- **Mercado Externo**
 - *Rieju - Espanha;*
 - *Motor Hispânia - Espanha;*
 - *Rijomotor Holland - Holanda;*
 - *Motor Inport - Holanda;*
 - *Scooterama - Suíça;*
 - *Decathlon - França.*

A Jamarcol encontra-se, também, ligada às seguintes entidades:

- IPQ (Instituto Português da Qualidade)
- SGS ICS (International Certification Services);
- AEA (Associação Empresarial de Águeda);
- ISQ (Instituto de Soldadura e Qualidade);
- ABIMOTA (Associação Nacional Indústrias Duas Rodas, Ferragens, Mobiliário e Afins);
- CATIM (Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica);
- AIDA (Associação Industrial do Distrito de Aveiro).

3.1.2.3. *Layout*

Com o intuito de melhor ilustrar o sistema operativo desta linha, foi elaborado num *software* CAD (AutoCAD 2014) o *layout* da unidade fabril, assim como o trajeto necessário para a produção do componente metálico em estudo, desde a sua chegada à fábrica até a sua expedição, passando por vários setores:

- **Setor 1** – Corte;
- **Setor 2** – Furação e Escareamento / Dobragem (postos paralelos);
- **Setor 3** – Lavagem;
- **Setor 4** – Soldadura;
- **Setor 5** – Pintura e Embalamento
- **Setor 6** – Expedição

No Anexo B encontra-se o *layout* inicial da Jamarcol, que como cresceu conforme as necessidades de outrora, levou a que o alinhamento dos vários processos produtivos não fosse o atualmente desejado, gerando problemas e constrangimentos ao nível organizacional dos setores.

Atualmente, os vários setores da organização são liderados por diferentes chefias: os responsáveis de área (produção, manutenção, qualidade, técnica) e os responsáveis de setor. Os responsáveis de área, também lideram os responsáveis de setor, sendo que as suas principais atividades são: supervisionar, planear, apoiar, motivar, formar, avaliar o desempenho dos colaboradores, assegurar a implementação e monitorização dos processos. Os responsáveis de setor estão mais próximos do sistema operativo, tendo uma elevada participação na fabricação dos

produtos. São responsáveis por supervisionar, motivar, avaliar o desempenho da sua equipa, identificar causas de defeitos e eliminá-las.

3.2. Apresentação do Projeto de Melhoria Operacional Leanked

Como foi referido no início deste relatório de projeto, Aveiro é uma região onde existem inúmeras empresas ligadas à área da metalurgia. Entre outros produtos, a Jamarcol produz peças para serem integradas em produtos montados e comercializados pelo Ikea. Existindo uma grande oferta destes componentes dentro da região, o poder de negociação da Jamarcol é reduzido. Os contratos de fornecimento são renegociados anualmente numa base de preço e qualidade da peça. Deste modo, a redução dos custos de fabrico é um fator decisivo no preço final da peça.

O sistema de produção da perna *Micke* na Jamarcol está organizado por processos, uma vez que os recursos estão agrupados em departamentos de acordo com a sua funcionalidade. Deste modo, os produtos percorrem uma sequência de operações para serem devidamente processados. Neste projeto apenas se faz o estudo da fabricação de um dos muitos componentes produzidos na empresa, perna *Micke*, mas responsável por 30% da faturação total da organização.

Este componente tem várias variantes, que apenas se diferenciam no processo de pintura, onde o mesmo pode tomar diferentes cores (branco, preto-castanho, entre outras). Até este processo o sistema produtivo é exatamente o mesmo, sendo que as dimensões da perna *Micke* são comuns a toda a gama de secretárias *Micke* do Ikea (figura 11).

A procura deste componente metálico varia ao longo do ano, sendo que, por semana pode ir desde as 2 cargas, de camião, até às 5 cargas (sendo que a cada carga correspondem aproximadamente cerca de 4.680 peças). Um dos grandes problemas enfrentado ao nível da produção está relacionado com esta variação da procura. Quando o número de cargas é superior a 3 por semana (excetuando quando na semana anterior eram apenas expedidas 2 cargas), torna-se necessário fazer horas extraordinárias, pagas em alguns processos produtivos. Mas este, entre outros problemas, são detalhados e analisados mais profundamente em secções 3.2.2.



Figura 11 - Gama de secretárias que incorporam a Perna *Micke* (fonte: Ikea.com)

3.2.1. Apresentação do Processo Produtivo da Perna *Micke* – situação inicial

O âmbito deste projeto é a otimização da produção de um componente metálico, perna *Micke*, para a indústria do mobiliário, mais propriamente para a gama de secretárias *Micke*, comercializadas pelo grupo Ikea. Este componente tem um preço médio de produção de cerca 3,10 euros por peça e é constituído por duas peças de dimensões e espessuras diferentes que são soldadas para constituírem o componente final: uma peça de comprimento 1534 mm e espessura 1.5 mm, e outra de comprimento 498 mm e espessura 2 mm.

O planeamento da produção é feito pelo Departamento de Produção e Planeamento, com recurso a um MRP (denominado por *Sybus*), que emite ordens de fabrico para posterior entrega aos funcionários dos diferentes setores. Após o recebimento das ordens de fabrico, é da responsabilidade de qualquer funcionário o controlo e manutenção do seu processo produtivo, garantindo a melhoria contínua e a correta aplicação dos procedimentos exigidos.

Relativamente ao fluxo de materiais, o abastecimento dos postos de trabalho é feito pelos próprios operadores com recurso à ponte (secção de corte) e por empilhador (restantes postos de trabalho).

A figura 12 representa o processo produtivo deste componente:

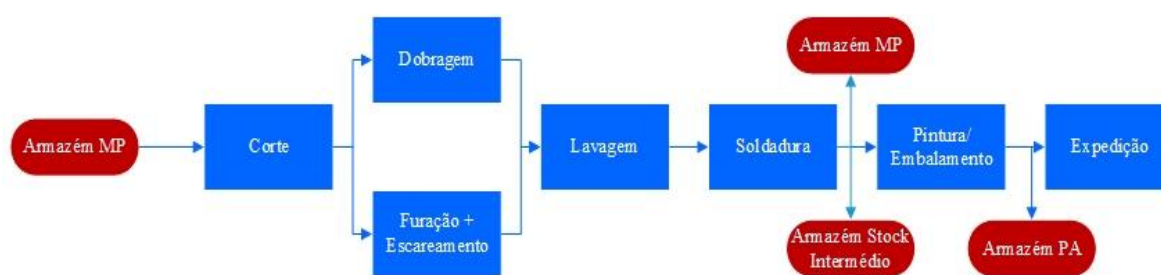


Figura 12 - Processo produtivo Perna *Micke*

O processo de produção da perna *Micke* começava com o transporte de tubo, auxiliado por uma ponte, desde o armazém de matéria-prima até à única máquina de corte existente (máquina número 3204 operada por um funcionário). Nesta máquina eram cortadas, de um modo alternado, os dois tipos de tubo que constituem a peça metálica final. Importante fazer referência que a secção de corte possui outras máquinas para a fabricação de outros componentes que não se encontram descritos neste estudo.

Depois de cortadas as peças migravam, com recurso a um empilhador, ou para o processo de dobragem (dois operadores) - processo característico das peças de comprimento 1534 mm e espessura 1,5 mm - ou para o processo único de furação e escareamento (um funcionário) - processo característico das peças de comprimento 498 mm e espessura 2 mm.

O processo de dobragem tem como finalidade a dobragem da peça de maior comprimento que permite dar a forma quadrada à peça final (forma característica da perna *Micke*).

No processo de furação e escareamento são feitos dois tipos de furos: o primeiro tipo de furo tem como objetivo a montagem da secretária *Micke* por parte do cliente final, e o segundo tipo de furo é um furo auxiliar aos processos de lavagem (tem como função permitir a saída de água).

Após estes processos paralelos, as respetivas peças eram colocadas dentro de contentores ou em suportes para passarem para o posto de trabalho seguinte, a lavagem (três operadores).

Na lavagem as peças tinham de ser retiradas dos contentores ou dos suportes e colocadas dentro de cestos em aço inoxidável para serem lavadas, para remoção de óleos e limalhas. Depois de um ciclo fixo de 27 minutos as peças lavadas eram retiradas do cesto e colocadas, novamente em contentores para continuarem o seu processo produtivo. Todas estas atividades eram feitas com recurso a um empilhador uma vez que a entrada da máquina estava a uma altura de cerca 1,5 m do chão e cada cesto pesa em média 400 kg (figura 13).



Figura 13 - Necessidade do empilhador nas atividades de lavagem

De um modo aleatório (à medida que os processos de soldadura vão enviando peças para a pintura) era decidido se as peças iriam ser soldadas nas células de soldadura manual (com seis colaboradores) ou nas células de soldadura robotizada (com dois operadores). Depois de soldadas as peças eram transportadas de empilhador para a secção de pintura e embalamento (com oito funcionários).

Nesta secção de pintura, as peças eram armazenadas num armazém de *stock* intermédio até ao momento planeado para pintura, para serem colocadas em gancheiras, através dos furos auxiliares feitos no processo de furação e escareamento, para serem pintadas. A máquina de pintura é constituída por um carrossel de velocidade regulável e o processo de pintura está dividido em três fases: lavagem/pulverização iónica, pintura a pó e túnel de polimerização. A primeira fase, a lavagem/pulverização iónica é uma lavagem que a própria máquina de pintura efetua para ionizar a peça antes de receber a pintura a pó eletrostática, isto é, a lavagem fornece uma carga negativa à peça para depois receber tinta em pó com carga positiva, na segunda fase. A pintura a pó fica, deste modo, facilitada, visto que cargas opostas se atraem, e a aderência do pó à peça é maior. Após a lavagem existia uma rotação de peças feita manualmente que permitia a saída da água derivada da lavagem iónica. O túnel de polimerização permitia a diluição da tinta e a sua rápida secagem. Depois de pintadas, as peças eram embaladas e colocadas em embalagens retornáveis e reutilizáveis. Com o auxílio do empilhador, eram transportadas até ao armazém de produto acabado (PA) para posteriormente serem expedidas.

Tanto o processo de lavagem como o de pintura não são processos dedicados, isto é, nestes postos de trabalho não são processados, única e exclusivamente, componentes para a fabricação da perna *Micke*. Os restantes processos são dedicados à fabricação deste componente metálico.

Um dia de trabalho na máquina de pintura tem de ser exclusivo à produção de um único componente, uma vez que esta linha utiliza gancheiras diferentes para diferentes produções. Deste modo, a existência do *stock* intermédio permite o funcionamento sem interrupções desta máquina.

Já o processo de lavagem, apesar de também não ser um processo dedicado, não necessita que haja um *stock* intermédio uma vez que os cestos que lavam os componentes que irão dar origem à perna *Micke* são os mesmos que lavam as restantes peças produzidas pela Jamarcol. Caso haja diferentes tipos de componentes para lavar, é dada prioridade aos que, nas ordens de fabrico, tenham data de entrega mais próxima.

No processo produtivo da perna *Micke* existem dois armazéns de matéria-prima: um próximo da secção de corte (com vários tipos de tubos de dimensões variáveis), e outro perto da pintura (com detergentes, tintas, pistolas e máscaras).

Na forma como estava organizada a produção aquando do início do projeto, cada peça tinha de percorrer 477 m, desde a sua entrada no armazém de matéria-prima até à sua expedição.

3.2.2. Descrição e análise do problema

O principal objetivo do *Lean Manufacturing* é a melhoria contínua e a otimização de todo o sistema operativo de uma unidade fabril. Com este projeto, a Jamarcol procurou desenvolver todos os seus processos com o objetivo de melhorar continuamente, tentando deste modo tornar-se mais competitiva e assegurar o seu lugar no mercado.

Entre os diversos problemas de eficiência e eficácia identificados no processo produtivo da perna *Micke*, incluíam-se, de um modo geral em toda a linha de produção, recursos gargalos, desperdícios em movimentações e transporte, defeitos, postos de trabalho sujos e desorganizados. Ainda assim, na maioria dos processos existiam outros problemas que foram analisados e sofreram um evento *kaizen*, sempre na perspetiva de aumento de produtividade e redução de custos. Na tabela 3 apresentam-se os pontos de melhoria identificados por setor.

Começando pelo topo da linha produtiva, na secção de corte, foram identificados diversos problemas. O maior problema desta secção era a existência de apenas uma máquina, sendo um recurso gargalo com necessidade de horas extras para respeitar o planeamento feito. Tratando-se de um recurso gargalo e sendo a única máquina de corte existente, uma avaria colocava em perigo toda a produção da perna *Micke*. Outro problema deste processo era a inexistência de registos ou a sua difícil leitura, como por exemplo, não existiam discos cadastrados, isto é, não existia informação acerca do número de peças cortadas por disco. Neste setor existiam atividades de valor não acrescentado à saída da máquina, pois as peças eram retiradas manualmente para contentores, sendo um procedimento pouco ergonómico para os trabalhadores. Apesar de não ser crítico, mas ainda assim foi alvo de melhoria, o tempo de mudança de ferramenta da máquina de corte por vezes conduzia a uma baixa eficiência do processo. Finalmente, o último problema encontrado está relacionado com o responsável do setor relativamente à sua maneira de gerir o dia de trabalho. O

dia deste colaborador, era dissipado por tarefas de controlo e manutenção que serviam para dar resposta a problemas inesperados em situações imprevistas (preparação de máquinas). Estas atividades acabavam por ocupar grande parte de um dia de trabalho, não permitindo ao operador concentrar-se em atividades de melhoria contínua que impedissem a recorrência dos problemas inesperados.

Tabela 3- Pontos de melhoria identificados

Setor/ Processo	Pontos de melhoria identificados
Corte	Processo gargalo com recurso a horas extras
	Máquina única
	Inexistência de manutenção preventiva
	Qualidade por amostra: procedimento nem sempre cumprido
	Registos confusos/sem padronização/procedimento inadequado
	Recolha manual das peças, de contentor para transportador
	Setup com possibilidade de melhoria
	Responsável de setor sem planeamento de tarefas/incumprimento de objetivos: preparação de máquinas
	Falta de cadastro de discos: numeração/identificação de tipo de dentes
	Layout desorganizado
	Amostras obsoletas
	Abastecimento de máquina desajustado/perigoso
	Falta de marcações no chão
Aspiração deficiente (sujidade)	
Máquina a trabalhar com porta aberta	
Furação / Escareamento	Inexistência de aspiração
	Inexistência de refrigeração
Dobragem	Colocação de peças em suportes (atividade de valor não acrescentado)
	Procedimentos de trabalho inadequados
Lavagem	Número de lavagens até manutenção não cumprido
	Abastecimento e recolha de cestos dependente de empilhador
	Abastecimento manual dos cestos
	Número elevado de pessoas no processo
Soldadura Manual	Baixa produtividade
	Baixa motivação
	Objetivos/dia não cumpridos
	Trabalho repetitivo e sem rotatividade
Soldadura Robotizada	Dois gabaritos diferentes entre si
	Falta de qualidade do processos a montante (necessidade de posto de reparação)
Pintura	Rotação de peças
	Baixa produtividade devido à baixa disponibilidade da máquina
Expedição	Falta de marcações delimitadoras

Apesar de não ter sido alvo de melhoria (não era uma prioridade do projeto), no processo de furação e escareamento o grande problema era a inexistência de mecanismos de aspiração e refrigeração.

Relativamente à dobragem foram identificados dois problemas: atividade de valor não acrescentado relacionada com a colocação de peças em suportes para, posteriormente, serem colocadas em cestos de lavagem; procedimentos de trabalho inadequados e pouco ergonômicos.

Os maiores problemas identificados na zona da lavagem foram a existência de pessoas em excesso no processo (consequência do carregamento manual dos cestos) e o uso excessivo do empilhador para abastecer e retirar cestos.

No que diz respeito ao processo de soldadura, tanto a manual como a robotizada, foram identificados três grandes problemas sujeitos a melhorias: número de operadores superior ao estritamente necessário e com uma produtividade real aquém da produção teórica (necessidade de horas extraordinárias na soldadura manual para cumprir prazos de entrega); necessidade de empilhador para abastecer e retirar contentores do bordo de linha.

Finalmente, na secção de pintura foram identificados dois problemas com potencialidade de melhoria: baixa produção e atividade de valor não acrescentado na rotação manual das peças após a lavagem iónica.

Na expedição havia o problema de desorganização, isto é, não havia espaços que delimitassem onde deveria estar cada carga, a sua identificação e quantidades.

Muitos dos problemas identificados foram alvo de melhoria, durante a realização do presente projeto, usando ferramentas e filosofias *lean* e *kaizen*, as quais conduziram a resultados significativos que vão ser analisados no capítulo seguinte. Estes resultados permitiram uma evolução e melhoria global do processo produtivo da perna *Micke*.

3.2.3. Plano de Ações

Um plano de ações é o planeamento de todas as ações necessárias para atingir um resultado desejado. A prioridade está centrada nas atividades que levem à melhoria contínua dos processos e dos recursos, tendo sempre em consideração a garantia da qualidade do produto e do ambiente de trabalho de todos os colaboradores.

O plano de ações deixou claro tudo o que deveria ser feito, como e quando, de modo a que os objetivos e as metas fossem atingidos. Quando uma ação envolvia mais do que uma pessoa, foi nomeado um responsável para liderar a execução dessa atividade. Quanto maior a quantidade de ações e pessoas envolvidas, maior a importância de um plano de ações; e quanto melhor e detalhado for um plano de ações, maiores são as garantias de atingir os objetivos.

De seguida é apresentado o plano de ações (tabela 4) elaborado para este PMOL, onde constam as ações que foram implementadas nos diversos setores da Jamarcol.

Tabela 4 - Resumo do plano de ações para o PMOL Jamarcol

#	Ações / Projetos	Responsável	Com
Corte de tubo peça de espessura 1,5			
1	Desenho, construção e implementação de transportador para recolha de peças do serrote para o processo seguinte	Serralharia	Produção
2	Procedimento de trabalho para troca de discos + SMED + 5S	Produção	Leanked
3	Desenho, construção e implementação de arrumação para discos	Técnica	Produção
4	Implementação de métodos de cadastração dos discos	Produção	Leanked
Corte de tubo peça de espessura 2			
1	Implementação da nova máquina de corte para a peça 2	Técnica	Produção
2	Procedimento de trabalho para troca de discos + SMED + 5S	Produção	Leanked
3	Desenho, construção e implementação de arrumação para discos	Técnica	Produção
4	Implementação de métodos de cadastração dos discos	Produção	Leanked
5	Mudança da máquina para junto da máquina de furar e escarear	Produção	
Dobragem			
1	Desenho de solução para a reorganização do posto de trabalho interligado com a lavagem	Técnica	Leanked
2	Implementação de novo procedimento de trabalho	Produção	Leanked
3	Implementação de 5S	Produção	Leanked
Lavagem			
1	Implementação de sistema elevatório	Serralharia	Técnica
2	Desenho, construção e implementação de cestos de lavagem	Técnica	Produção
3	Desenho, construção e implementação de bases transportadoras para cestos	Técnica	Produção
4	Implementação de 5S	Produção	Leanked
Soldadura Manual			
1	Desenvolver e implementar sistema de controlo – peças soldadas vs objetivo diário (<i>takt</i>) constantemente atualizado e com registos para análise	Leanked	Produção
2	Aproximação de célula piloto ao processo de lavagem e furação e escareamento	Produção	
3	Desenvolvimento de procedimento de trabalho para célula piloto	Leanked	Produção
4	Implementação de 5S	Produção	Leanked
5	Desenho, construção e implementação de plataforma para contentores com rodas	Técnica	Produção
Soldadura Robotizada			
1	Corrigir gabarito do robot	Técnica	
2	Estudar bordo de linha, tempos e métodos	Produção	Leanked
3	Implementação de 5S	Produção	Leanked
Pintura			
1	Desenho, construção e implementação de uma gancheira que permita levar o dobro das peças	Serralharia	Técnica
2	Desenho de solução que elimine a necessidade da rotação das peças	Produção	Leanked
3	Implementação de 5S	Produção	Leanked
Expedição			
1	Desenho de linhas no chão para delimitar áreas, cargas, quantidades, etc.	Produção	Leanked

2	Implementação de 5S	Produção	Leanked
Painel de Informação			
1	Colocação de dois painéis de informação na fábrica – corredor da pintura e junto ao robô de soldadura	Produção	Leanked
2	Colocação de informação	Leanked	
3	Colocação de caixa para Programa <i>Kaizen</i> de Sugestões	Leanked	
Formação / Motivação			
1	Formação sobre <i>lean</i> e <i>kaizen</i> aos colaboradores	Leanked	
2	Entrevistas individuais: inquérito de satisfação aos colaboradores	Leanked	
3	Implementação do programa de sugestões	Leanked	

No capítulo seguinte irão ser apresentados os resultados alcançados, em consequência da implementação de algumas medidas apresentadas na tabela anterior.

Capítulo 4

Aplicação dos princípios e ferramentas *Lean* e *Kaizen* na linha de produção da perna *Micke*

Neste capítulo descreve-se a implementação de algumas ferramentas associadas às filosofias *lean* e *kaizen*, na linha produtiva da perna *Micke*. Em cada uma das seções irá ser descrito o processo de implementação, assim como uma análise e avaliação dos resultados obtidos. Serão ainda apresentadas as poupanças, os investimentos necessários e os valores de *payback* de cada uma das melhorias implementadas. Para a obtenção do valor de poupança das melhorias em cada um dos setores foi tido em consideração o número de peças produzidas/hora, o custo de mão de obra/hora, o custo de fabricação da peça, o custo de funcionamento das diversas máquinas e os custos de transporte.

4.1. Formação da Equipa *Kaizen*

No início de qualquer projeto, a Leanked em parceria com a administração da empresa cliente, neste caso a Jamarcol, constitui uma equipa de trabalho (equipa *kaizen*) que irá ser responsável por todo o processo de melhoria contínua dentro da organização.

Sempre que possível, a equipa *kaizen* deve ser multifuncional, isto é, deve abranger o máximo de departamentos possíveis. Na Jamarcol a equipa *kaizen* abrangeu praticamente todas as áreas da organização (produção, qualidade, manutenção e técnica, compras e administração) integrando um total de nove pessoas. Deste modo, a equipa possuía um vasto *know-how*, contribuindo para o sucesso do projeto.

4.2. *Value Stream Mapping* e *Value Stream Design*

O início de qualquer projeto da Leanked começa com a construção da fotografia do estado atual da organização. Assim, a primeira etapa deste projeto consistiu na elaboração do mapeamento da cadeia de valor para a perna *Micke*. Para isso, recorreu-se às ferramentas *Value Stream Mapping* e *Value Stream Design*, representadas no anexo C e D, respetivamente.

O VSM (figura 14) tem como objetivo detalhar o mais possível o fluxo de informação, materiais e recursos da cadeia de valor da perna *Micke*. Assim sendo, seguidamente irá ser explicada, de um modo geral, a informação contida no VSM.

O Ikea entra em contacto com o diretor comercial da Jamarcol e faz a encomenda. Após este contacto, é criada a ordem de fabrico no MRP (*Sybus*), que lança alertas no gabinete de planeamento e produção, e, caso não existam matérias-primas para satisfazer o pedido, é enviada essa informação para o departamento de compras. O planeamento agenda a produção, imprime as OF's e entrega-as no primeiro posto da produção, o corte. Após percorrer todos os processos necessários para a transformação das matérias-primas em produto acabado, a perna é expedida através de camião, que fará o transporte do produto até ao cliente final.

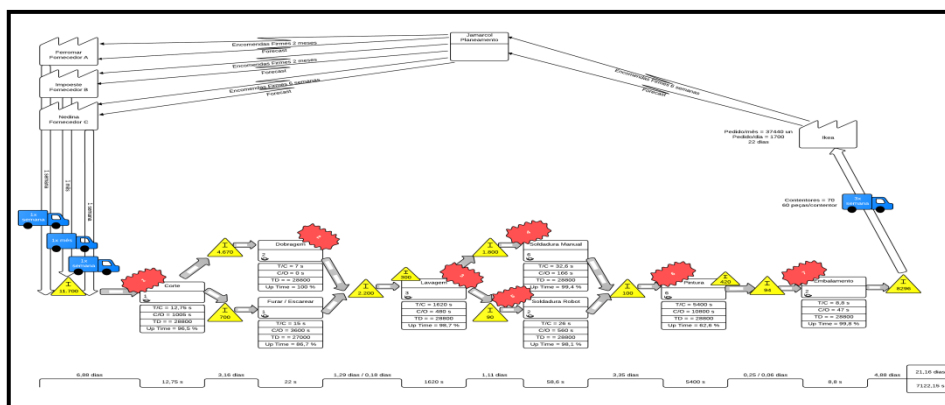


Figura 14 - Mapeamento da cadeia de valor da perna Micke

Observando o anexo C, existem alguns problemas que foram identificados como oportunidades de melhoria e que estão identificados na tabela 5.

Tabela 5 - Problemas identificados na linha produtiva perna Micke (VSM)

Secção	Problema	Tipo	Solução
1. Corte	Dificuldades no abastecimento	Abastecimento	5S
	Tempo de <i>setup</i> elevado	Mudança de ferramenta	SMED
	Ineficiência do processo	Controlo da produção	SMED/5S/Kaizen
2. Dobragem	Tempo de ciclo elevado	Controlo da produção	Procedimentos de trabalho
3. Lavagem	Tempo de <i>setup</i> elevado	Mudança de ferramenta	SMED
	Dificuldades no abastecimento	Abastecimento	Layouts/SMED
4. Soldadura Manual	Tempo de <i>setup</i> elevado	Mudança de ferramenta	Kaizen
	Não cumprimento do planeamento	Controlo da produção	Gestão visual
	Dificuldades no abastecimento	Abastecimento	Layouts
5. Soldadura Robotizada	Tempo de <i>setup</i> elevado	Controlo da produção	Procedimentos de trabalho/5S
6. Pintura	Ineficiência do processo	Capacidade do processo	Kaizen
7. Embalamento	Ineficiência do processo	Controlo da produção	Layouts

Para tentar solucionar os problemas identificados construiu-se um *Value Stream Design* (anexo D), representando as soluções para os problemas identificados, recorrendo às ferramentas e filosofias *lean* e *kaizen*. O VSD representa o “estado ideal” da linha produtiva para a perna Micke num dos primeiros contactos com a organização. Todavia poderiam surgir restrições ou impedimentos à implementação de determinadas soluções.

Como se pode verificar pela análise da tabela 5 e do anexo D, a cadeia de valor para a perna Micke sofreu grandes alterações ao nível de *layouts*, trocas rápidas de ferramentas, implementação de gestão visual, procedimentos de trabalho e 5S, permitindo não só o aumento da eficiência da linha produtiva como também a redução dos custos de produção e, conseqüentemente, a redução do custo total de produção da perna Micke.

O processo de recepção de encomendas também foi alterado. Inicialmente os responsáveis de compras do Ikea contactavam o diretor comercial da Jamarcol que, posteriormente, inseria essa informação no MRP para o gabinete de planeamento proceder à elaboração das ordens de fabrico. Atualmente, este processo foi simplificado. Num portal de fornecedores do Ikea é inserida a informação sobre a procura dos seus produtos, tendo o gabinete de planeamento acesso a esse portal, o que lhe permite planear com antecedência as suas produções.

4.3. Secção de Corte

Como referido anteriormente, a secção de corte é o recurso gargalo deste sistema produtivo e sendo o processo que está no topo da cadeia de valor da perna *Micke*, é responsável pelo bom funcionamento dos restantes processos.

Para além de ser um *bottleneck*, a qualidade do corte influenciará processos a jusante nomeadamente na soldadura. Uma peça com má qualidade de corte irá ser rejeitada na soldadura robotizada e terá de ser processado manualmente. Isto, quando em excesso, gera filas de espera nas células de soldadura manual.

O processo de corte era feito através de uma máquina dedicada (figura 15), sem que existisse uma alternativa. Essa máquina de corte era responsável pelo corte dos dois tamanhos de tubo que originam a perna *Micke*. De modo a satisfazer plenamente a procura esta máquina necessita de realizar horas extra, seis ou até mesmo sete dias por semana. O respetivo operador acompanha o funcionamento da máquina, permanecendo as mesmas horas extras nas instalações, traduzindo-se num aumento dos custos totais de produção. Para identificar as causas da necessidade de horas extras fez-se uma recolha de dados profunda, com recurso a estudos de tempos e métodos e observação direta (diagramas de *spaghetti*).



Figura 15 - Máquina de corte 1 (máquina 3204)

No texto que se segue, apresenta-se o trabalho desenvolvido na secção de corte, assim como as melhorias alcançadas.

4.3.1. Estudo de tempos e métodos

O estudo dos tempos e métodos foi efetuado recorrendo, principalmente, a duas técnicas: observações instantâneas e cronometragens (anexo E), com recurso a filmagens. Ambas permitiram analisar o desempenho e a eficiência do setor em estudo, fornecendo resultados concretos e visuais. Estas técnicas foram utilizadas no estudo para determinar tempos produtivos, tempos não produtivos, deslocações e transportes necessários e desnecessários.

Foi elaborada uma folha de controlo de processos construída para analisar as atividades de valor acrescentado e atividades de valor não acrescentado descritas anteriormente. Esta folha, para além de permitir fazer um levantamento de informação para a máquina de corte da perna *Micke*, permite fazer, também, a mesma recolha de dados para as restantes máquinas da secção. Todavia apenas se irá analisar a máquina de corte 3204 (máquina de corte para a perna *Micke*).

Sucintamente, esta folha permite registar, ao longo de uma linha temporal correspondente ao horário de trabalho, o estado em que as máquinas se encontram (paradas, em preparação ou em funcionamento). Permite também fazer um levantamento das atividades de valor não acrescentado ao longo do tempo disponível para produção.

O anexo F fornece um exemplo com informações acerca do funcionamento da secção de corte num determinado dia de trabalho.

Relativamente à máquina de corte 3204, pode-se observar que o funcionamento da máquina decorreu durante todo o dia de trabalho sem interrupções. O operador responsável pela máquina tinha constantemente que efetuar descarga da máquina porque à saída havia acumulação de material que tinha de ser removido para o contínuo funcionamento da máquina. Pode-se observar também que o operador, estava constantemente a realizar tarefas de valor não acrescentado (procura de materiais, movimentações e conversas paralelas).

Para combater estes desperdícios foram implementadas medidas 5S no posto de trabalho e construiu-se um carrinho que permite a acumulação de uma maior quantidade de peças à saída da máquina. Este aspeto, será analisado mais à frente neste relatório nas subsecções 4.3.3 e 4.3.6.

4.3.2. Diagramas de *Spaghetti*

Para estudar as sucessivas movimentações do operador da máquina de corte construiu-se um diagrama de *spaghetti* (figura 16). Os diagramas de *spaghetti* são uma ferramenta visual que representa o fluxo de material ou informação e movimentações. Permite, graficamente, a análise da distância percorrida por um operador, sistema de alimentação das linhas de produção, entre outras aplicações. O diagrama de *spaghetti* é uma ferramenta para ajudar a estabelecer o *layout* ideal com as observações das distâncias percorridas na realização de uma determinada atividade.

O diagrama de *spaghetti* que representa as deslocações do operador num curto período de tempo (uma hora). Como se pode observar o operador não esteve exclusivamente no seu posto de

trabalho, tendo efetuado deslocações ao longo de toda a secção à procura de materiais. Este desperdício pode ser eliminado, ou pelo menos reduzido, com a implementação de 5S.

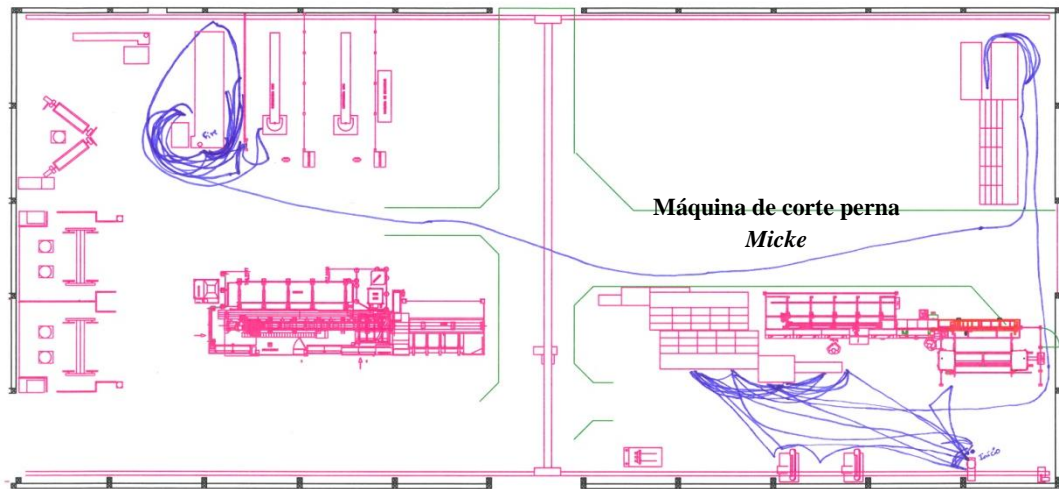


Figura 16 - Diagrama de spaghetti ao operador da máquina de corte 1

4.3.3. Carro de transporte

Um grande desperdício associado à máquina de corte estava relacionado com a zona de saída do processo. Existia a necessidade de estar constantemente a retirar peças processadas para não obstruir a máquina, e de as colocar num contentor para, posteriormente serem recolhidas pelo empilhador. Este era um método pouco ergonómico (imagem à esquerda da figura 17) e depois de um dia de trabalho provocava dores ao operador.



Figura 17 - Recolha de peças (método antigo – à esquerda - e método atual – à direita)

Para resolver este problema, foi construído um carrinho de transporte (imagem à direita da figura 17) que, para além de eliminar a necessidade de transferir as peças de um contentor para o transportador, permite também eliminar a necessidade de requisitar o empilhador para proceder ao seu transporte para o processo seguinte, uma vez que o transporte passou a ser feito pelo carrinho que as recolhe da máquina.

4.3.4. Melhoria do tempo de *setup* na máquina de corte 1

O sistema de corte desta máquina não estava otimizado, e o tempo de subida e descida do disco para cortar a peça era uma atividade morosa e com grandes potencialidades de melhoria. Assim, diminui-se a distância de subida e descida do disco de corte representado na figura 18.



Figura 18 – Sistema de corte que foi alvo de melhoria ao nível do tempo de *setup*

Inicialmente o tempo de ciclo desta máquina era de, em média, 13 segundos, e com as melhorias implementadas, diminuiu para 11 segundos. A diferença de apenas dois segundos por ciclo permitiu aumentar o número de peças produzidas de 270 unidades/hora, para 320 unidades/hora. Para além desta alteração adicionou-se um mecanismo que permite que a troca de disco para proceder ao corte do tubo seja bastante mais rápida. Em média a troca de um disco tinha a duração de 5 minutos, mas quando aliada à procura de um novo disco poderia ir até aos 15 minutos. Com o novo mecanismo de troca de discos e com uma organização do posto de trabalho este valor desceu para 3 minutos, aproximadamente.

4.3.5. Aumento da capacidade: máquina de corte 2

De modo a eliminar o gargalo, foi reconstruída, com recurso a mão de obra e materiais internos, uma máquina que estava considerada como obsoleta, para a operação de corte do tubo, para a fabricação de peças com comprimento 498 mm e espessura 2 mm (figura 19). Ao reconstruir esta máquina, foi possível aliviar a produção da máquina de corte 3204, diminuindo a necessidade de horas extras.

Como irá ser estudado mais adiante, esta máquina, com tempo de ciclo de 13 segundos, a funcionar em sequência com a máquina de furar e escarear, permite uma diminuição drástica da necessidade de horas extras e, conseqüentemente uma diminuição dos custos de produção da perna *Micke*.



Figura 19 - Máquina de corte 2 (máquina 6702)

4.3.6. Implementação de 5S

De maneira a tornar a Jamarcol numa empresa mais limpa e organizada, foram implementadas filosofias 5S. Assim, tornou-se fundamental reunir com todos os colaboradores, de modo a sensibilizá-los para a organização do respetivo posto de trabalho. Para isso foi-lhes dada formação acerca da separação do material necessário e desnecessário, eliminando o que não é útil e tentando ter apenas ao alcance as ferramentas essenciais para o trabalho a ser realizado, tornando a localização dos objetos mais rápida e o local de trabalho visualmente agradável (figura 20 e 21).



Figura 20 - Implementação de filosofias e práticas 5S num posto de trabalho



Figura 21 - Marcações delimitadoras da zona de abastecimento da máquina de corte 1

Durante a formação foi ainda dado o alerta para a importância da limpeza de cada posto, e sugerido que cada colaborador reserva-se os últimos dez minutos do dia para a limpeza do seu local de trabalho, reduzindo mais eficazmente o desperdício e aumentando a qualidade do produto e do próprio local de trabalho. Procurou-se, também, fazer um apelo à autodisciplina para os bons hábitos de trabalho, permitindo melhorias graduais nas condições de trabalho.

A implementação dos 5S começou no início da cadeia de valor da perna *Micke*, e irá ser replicada aos restantes processos.

4.3.7. Resultados

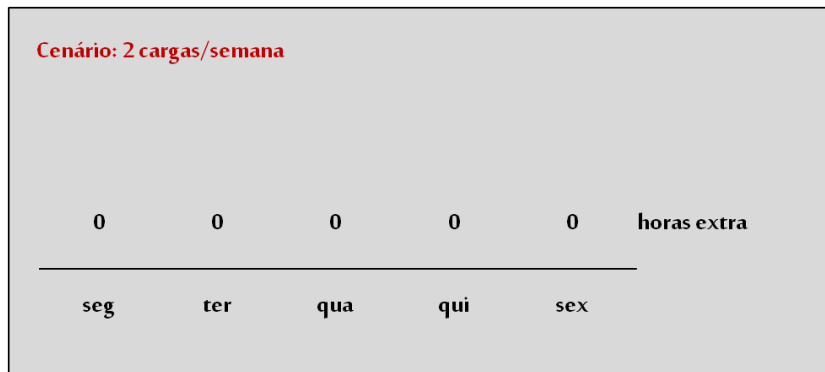
Com a implementação de todas as medidas anteriormente descritas, o número de horas extras diminuíram e, conseqüentemente, o custo de produção do componente também diminuiu.

Antes de explicar os resultados obtidos, é importante referir o horário de trabalho da Jamarcol para uma correta avaliação da necessidade, ou não, de horas extras. A Jamarcol trabalha de segunda-feira a quinta-feira das 8h às 18h20, e às sextas-feiras das 8h às 12h30. A meio da manhã existe uma pausa para pequeno-almoço de 20 minutos e a hora de almoço é de uma hora (das 12h30 às 13h30). É igualmente importante referir que cada carga engloba, aproximadamente, 4680 pernas.

Após a recolha de um número considerável de tempos relativos ao tempo de ciclo da máquina de corte 1, estes foram inseridos no *input analyzer* do *software* Arena e obteve-se uma distribuição estatística da do tempo médio do ciclo produção do componente de maiores dimensões (comprimento 1534 mm e espessura 1.5 mm). Quando se efetuou este estudo, ainda não se tinha implementado a máquina de corte 2 e, portanto, admitiu-se um tempo de ciclo constante de 13 segundos (cenário pessimista) para a peça de menores dimensões (comprimento 498 mm e espessura 2 mm) obtiveram-se os seguintes resultados:

Se o cenário em questão for de 2 cargas por semana (figura 22), isto é, 9.360 peças, e admitindo uma produção média de 320 peças/hora, são produzidas, aproximadamente cerca de 12.960 peças ($320 \text{ peças/hora} \times 9\text{h} \times 4\text{dias} + 320 \text{ peças/hora} \times 4,5\text{h}$). Sendo que a capacidade

instalada é superior ao número de peças necessárias não há a necessidade de horas extras, e ainda se fica com um saldo positivo de 3.600 peças.



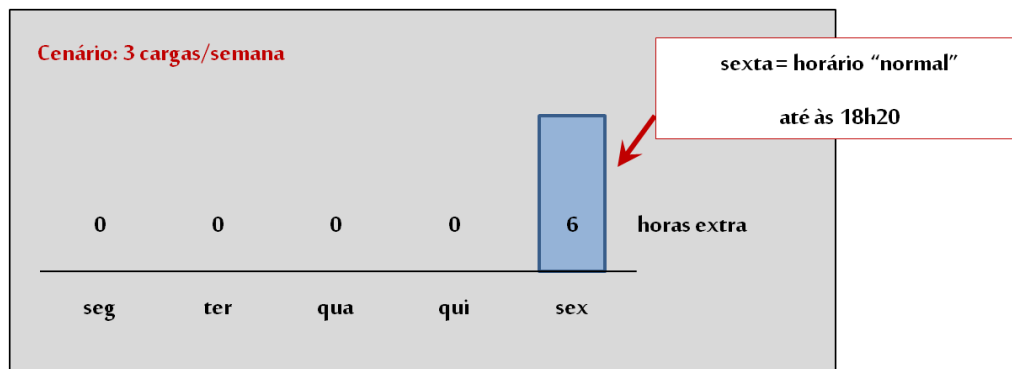
Peças necessárias: 9.360

Capacidade instalada (sem recurso a horas extra): 12.960

Saldo: + 3.600

Figura 22 - Cenário para 2 cargas semanais

Se o cenário em questão for de 3 cargas (figura 23) isto é, 14.040 peças, é necessário que à sexta-feira sejam feitas 6 horas extras para satisfazer a procura (até às 18h20 como se fosse um dia normal de trabalho). Deste modo, são produzidas, aproximadamente cerca de 14.400 peças, ficando com um saldo positivo de 360 peças.



Peças necessárias: 14.040

Peças produzidas: 14.400

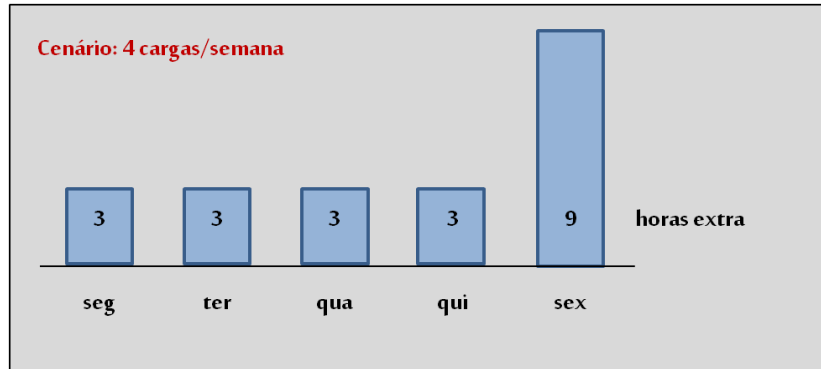
Saldo: + 360

Figura 23 - Cenário para 3 cargas semanais

Se o cenário em questão for de 4 cargas por semana (figura 24) há a necessidade de fazer horas extras todos os dias da semana de trabalho – mais 3 horas de segunda-feira a quinta-feira e 9 horas na sexta-feira. Para este cenário são necessárias 18.720 peças, mas se utilizando a capacidade máxima da máquina durante este horário são produzidas 19.200, ficando com um saldo positivo de 380 peças.

Se o cenário for de 2 e 3 cargas por semana (figura 25) de modo alternado (cenário mais recorrente), o saldo positivo da semana de 2 cargas, compensa as horas extras necessárias para a satisfação da semana com 3 cargas. Como visto nos cenários anteriores para uma semana com 3

cargas semanais seriam necessárias horas extras à sexta-feira até as 18h20. Mas com o saldo positivo de 3.600 peças da semana com 2 cargas, compensa a necessidade destas horas extras.



Peças necessárias: 18.720

Peças produzidas: 19.200

Saldo: + 380

Figura 24 - Cenário para 4 cargas semanais

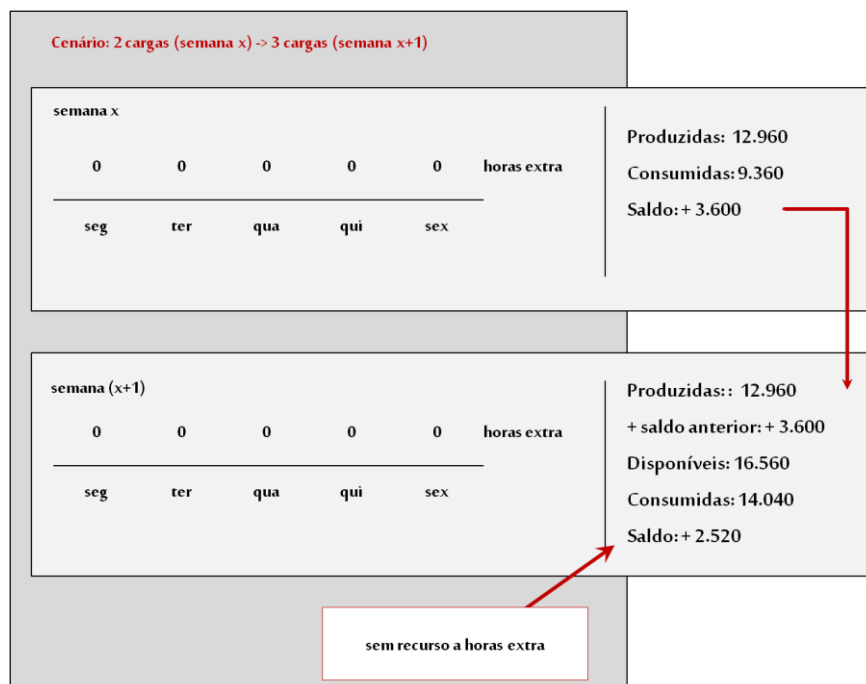


Figura 25 - Cenário com 2 e 3 cargas semanais de modo alternado

A redução do custo total da peça neste setor deveu-se principalmente à redução da necessidade de horas extras. Contudo, em termos monetários apenas se pode calcular um valor aproximado, uma vez que as cargas semanais diferentes, correspondem a diferentes necessidades de horas extras. Assim, em termos médios, a introdução das melhorias descritas anteriormente correspondem a uma poupança de cerca de 0,08 euros/peça, com um investimento de 7.705,99 euros e um *payback* de 6,69 semanas.

4.4. Secção de Dobragem

Neste posto de trabalho, o método de processamento era inadequado e pouco ergonómico. O processo não era cómodo ao operador na recolha e na colocação de peças no transportador. Para além disso era necessário estar sempre a carregar no pedal para a máquina proceder à dobragem. Para solucionar este problema, planeou-se a instalação de um mecanismo que permitisse ao operador carregar no pedal para a máquina iniciar o ciclo, parando por ela própria, o qual permite a diminuição do tempo de ciclo em um segundo (passando de sete para seis segundos).

Para eliminar a atividade de valor não acrescentado na colocação de peças em suportes transportadores e, posteriormente, em cestos de lavagem, foi planeada a construção de mais cestos em aço inoxidável (como se pode verificar na secção 4.5.3.). Com uma maior quantidade de cestos, o operador à medida que processa os componentes coloca-os diretamente no cesto de lavagem e, assim, quando estes chegarem à lavagem é necessário, apenas, colocá-los dentro da máquina a lavar.

Todavia, não sendo uma prioridade, e reconhecendo problemas mais sérios na produção da perna *Micke*, adiou-se esta melhoria.

4.5. Secção de Lavagem

Como explicado anteriormente existiam ineficiências no setor da lavagem, nomeadamente os processos a montante e a jusante estavam distanciados e era necessário o uso sucessivo do empilhador no auxílio das atividades da secção. Para combater estes problemas foram implementadas as medidas descritas no texto seguinte.

4.5.1. Alterações ao nível do *layout*

Ao nível do *layout*, fez-se a reaproximação de processos: a máquina de corte 2 e a máquina de furar e escarear foram posicionadas junto da máquina de lavar e dobrar (figura 26 e anexo G). Adicionalmente, foi também posicionada nas imediações da zona de lavagem, uma célula piloto de soldadura. No futuro, com todas as alterações ao nível do *layout* efetuadas, prevê-se uma redução de 82,6 metros na distância total da linha produtiva perna *Micke* (anexo H).

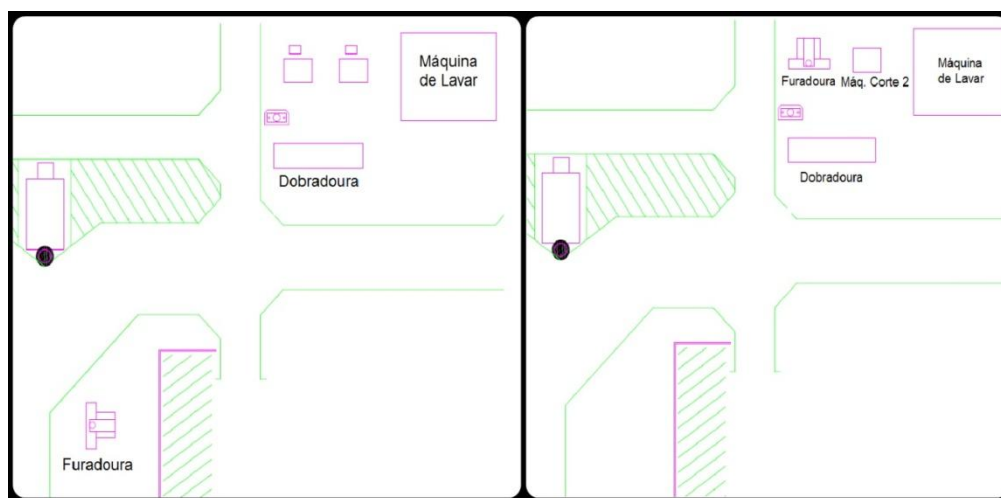


Figura 26 - Simulação em AutoCad do *layout* antes (à direita) e depois (à esquerda) das melhorias propostas

4.5.2. Alteração do procedimento de abastecimento à máquina de lavar

Apesar de esta medida não ter sido implementada até à data de conclusão deste projeto, foi estudada a implementação de um sistema elevatório (figura 27) que permitisse eliminar a necessidade de empilhador para colocação dos cestos na máquina. Este sistema elevatório irá funcionar através de um sistema de compressão de ar que permite a subida e descida dos cestos de lavagem sem qualquer esforço por parte dos operadores. Como se pode observar na figura, esta alteração do procedimento de abastecimento da máquina permitirá, também, a existência de uma fila de espera de cestos, isto é, quando um cesto está a ser processado (lavar), enche-se outro para quando o ciclo de lavagem acabar, o inserir logo na máquina, reduzindo drasticamente o tempo de recolha e abastecimento.

Antes da implementação do sistema elevatório o tempo médio de carga de um cesto e a respetiva colocação dentro da máquina de lavar era de 5 minutos. Com o novo sistema este vale desce para zero, uma vez que a implementação do sistema elevatório aliado à construção de cestos permitirá que os operadores encham e preparem cada cesto com a máquina em funcionamento.

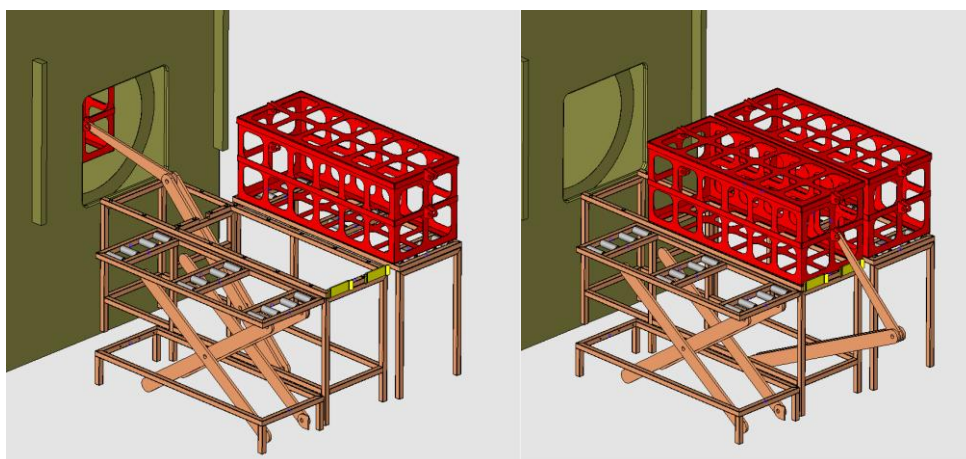


Figura 27 – Proposta de sistema elevatório (SolidWorks)

4.5.3. Construção e implementação de cestos de lavagem/transporte

Com a reaproximação dos processos nesta secção e sendo o tempo de ciclo da máquina de lavar fixo (27 minutos) a construção de mais cestos de lavagem, para evitar os tempos mortos consequentes da sua carga e da descarga, era inevitável.

De modo a facilitar o fluxo de materiais optou-se pela construção de dez cestos em aço inoxidável (para suportar o processo de lavagem sem degradação) e dez suportes para o seu transporte lavagem-soldadura. Esta implementação, quando devidamente implementada prevê-se que tenha um custo total de 7.582 euros (matéria-prima e mão de obra).

4.5.4. Resultados

Devido à limitação de tempo, e sendo esta uma das maiores alterações na Jamarcol, nem todas as melhorias foram implementadas a tempo, como a fabricação de todos os cestos necessários

para a ligação dobragem-lavagem-soldadura. Todavia os resultados associados às modificações descritas anteriormente foram simulados usando o *software* de simulação Arena.

Usando este *software*, foram simulados dois cenários distintos: o estado inicial e o estado ideal (futuro). O estado inicial está descrito na secção 3.2.1 e o estado futuro é caracterizado pela implementação das melhorias descritas anteriormente. Depois de simulados os dois cenários foram obtidos resultados que permitiram a sua comparação.

Para a situação inicial admitiu-se que chegam, a cada duas horas, à máquina de furar/escarear e dobrar lotes de 500 peças, de comprimento 498 mm e espessura 2 mm e comprimento 1534 mm e espessura 1.5 mm, respetivamente.

Usando o *input analyser* do *software* Arena foram inseridos os tempos obtidos por observação direta, e achou-se as funções de distribuição para cada uma das máquinas (tabela 6).

Tabela 6 - Funções de distribuição das máquinas (fonte: *input analyser* do Arena)

Máquina	Função
Máquina de dobrar	CONT (0.000, 11.170, 0.020, 11.504, 0.040, 11.839, 0.200, 12.173, 0.640, 12.507, 0.820, 12.841, 0.980, 13.176, 1, 13.510)
Máquina de furar/escarear	CONT (0.000, 10.000, 0.100, 10.178, 0.467, 10.356, 0.800, 10.534, 0.900, 10.712, 1, 10.890).

Depois de processadas pelas máquinas anteriores, as peças são introduzidas em cestos de lavagem em lotes de 300 peças (150 de comprimento 498 mm e espessura 2 mm e 150 de comprimento 1534 mm e espessura 1.5 mm). O tempo médio de carga e descarga de cada cesto é de, aproximadamente, 8 minutos.

Na situação futura houve a implementação da máquina de corte 2 nas proximidades da máquina de lavar e da máquina de furar/escarear e reduziu-se o número de operadores na máquina de dobrar e lavar, passando a ser 3 operadores para cada uma das máquinas em estudo.

A aproximação da máquina de corte para perto da máquina de furar/escarear permitiu a redução de lotes (40 peças) para um menor período de tempo (10 minutos).

Com a reaproximação dos processos, construção de uma maior quantidade de cestos e implementação do sistema elevatório na máquina de lavar, considerou-se um tempo de carga e descarga nulo, uma vez que as peças são inseridas diretamente nos cestos após o seu processamento pela máquina de dobrar e furar/escarear. Depois de lavadas as peças continuariam nos cestos, e seguiam para a soldadura através das bases transportadoras.

Depois da simulação em Arena com 15 replicações do estado inicial, obteve-se o processamento de, aproximadamente, 3.283 peças por dia: [1642 +/- 60] peças de comprimento 1534 mm e espessura 1.5 mm e [1641 +/- 60] peças de comprimentos 498 mm e espessura 2 mm (figura 28). Neste cenário pode-se observar que a taxa de utilização, representada na figura 29, era muito baixa, pelo que a redução de mão de obra, nas diversas máquinas em estudo, era inevitável.

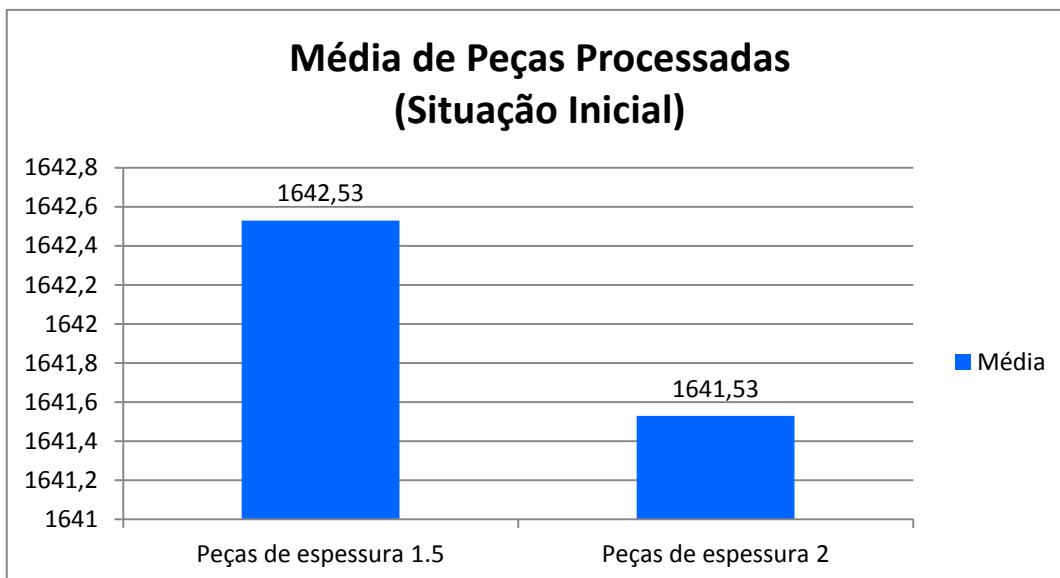


Figura 28 - Número de peças processadas na situação inicial

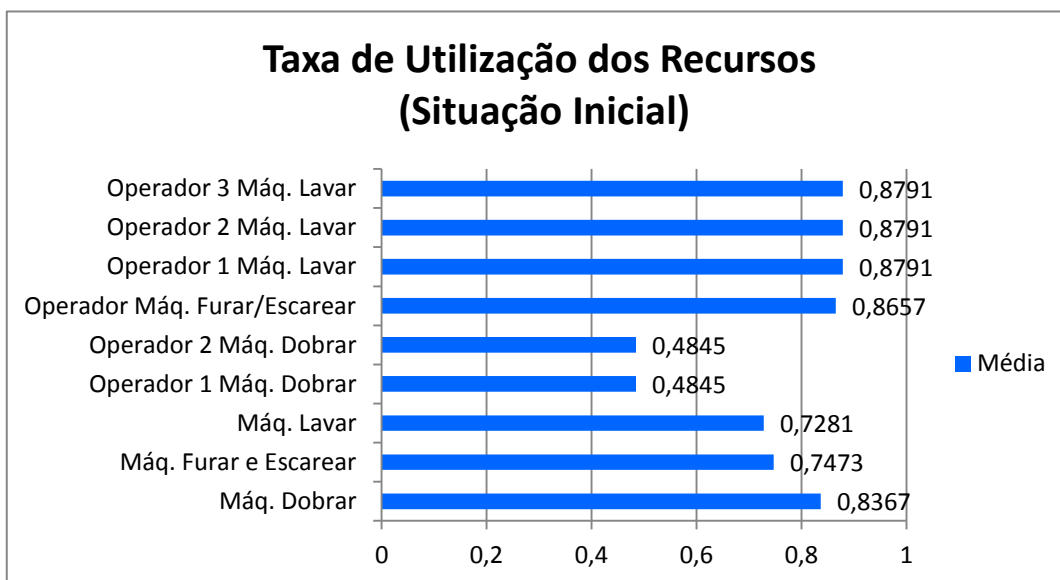


Figura 29 - Taxa de utilização dos recursos (máquinas e humanos) na situação inicial

No que diz respeito à simulação do estado ideal (futuro) foram reduzidos o número de operadores e implementadas as melhorias descritas anteriormente (maior quantidade de cestos, sistema elevatório e reaproximação dos processos).

Após 15 replicações, obteve-se um valor de peças processadas de 3.725 peças por dia: [1863 +/- 46] peças de espessura 1.5 e [1862 +/- 46] peças de espessura 2 (figura 30).

A taxa de utilização (figura 31) do operador da máquina de furar e escarear permanece constante, uma vez que não houve alterações ao seu modo de trabalho. Apesar de se ter reduzido um operador na máquina de dobrar, a taxa de utilização do recurso permaneceu inalterada, visto que o novo mecanismo (cestos e aproximação dos processos) substituiu a necessidade de um segundo operador.

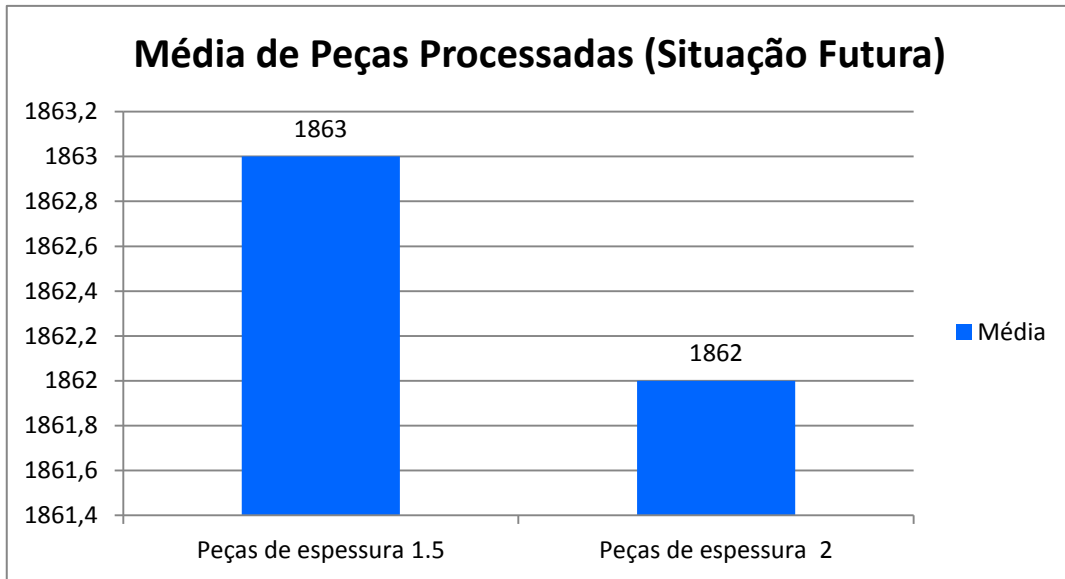


Figura 30 - Número de peças processadas na situação futura

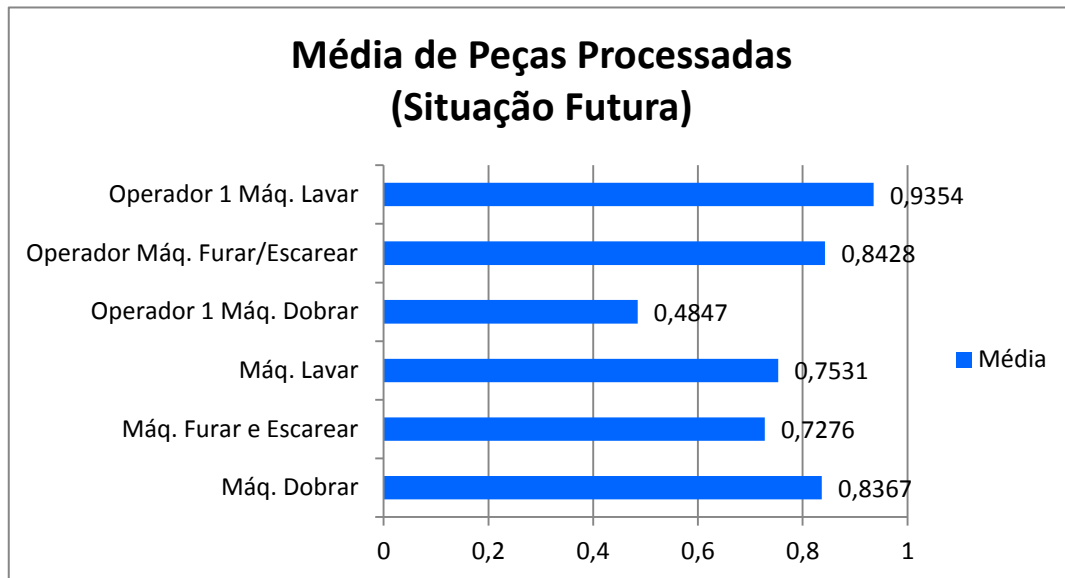


Figura 31 - Taxa de utilização dos recursos (máquinas e humanos) na situação futura

Na máquina de lavar foram reduzidos dois operadores, o que provocou um aumento da taxa de utilização do recurso, mas com o sistema elevatório este valor não é significativo como se pode observar na tabela 10.

Observando estas diferenças nas taxas de utilização, uma solução passaria pelo balanceamento dos postos de trabalho, mas devido às especificidades das máquinas e dos processos isso não é possível.

Este estudo de simulação permitiu concluir que com a introdução de ferramentas *lean*, há a possibilidade de alcançar resultados notáveis. A eliminação de desperdícios e a introdução de SMED permitirá um aumento de produtividade na ordem dos 13% nas zonas envolvidas no estudo. Além do aumento de produtividade, haverá uma redução do número de operadores. É importante referir que a redução do número de operadores não resultará em despedimentos, mas sim na sua

colocação em outros processos com défice de mão de obra. A redução do número de operadores desta secção, apesar de não ser muito significativa, permitirá uma poupança de 0,02 euros por peça.

A futura implementação das melhorias descritas anteriormente tem um custo estimado de 15.882 euros e um *payback* de 33,08 semanas. Note-se que o valor do *payback* é bastante superior aos restantes devido à baixa redução do custo unitário da peça, que se deveu, principalmente, à redução de mão de obra nesta secção. As alterações neste setor são necessárias, não só pela redução do custo da peça, mas também para que, num futuro próximo, a máquina de lavar não se tornasse num recurso gargalo, aquando do aumento da procura.

4.6. Secção de Soldadura

Como descrito anteriormente um dos grandes problemas do setor da soldadura era a necessidade constante de empilhador e a capacidade produtiva real ficar bastante aquém da teórica.

4.6.1. Implementação de carrinhos transportadores

Como visto no capítulo anterior, na secção 3.2.2., outro problema presente na zona de soldadura era a constante requisição do empilhador para abastecer e repor o bordo de linha, havendo tempos “mortos” durante a produção à espera do empilhador.

Tendo em consideração os contentores já utilizados, construiu-se um suporte (figura 32) que permitiu a sua movimentação para uma zona de espera, sendo o bordo de linha repostado pelos próprios operadores.



Figura 32 - Contentores da zona da soldadura, com o novo suporte (parte inferior da figura)

Quando o responsável da logística passasse de empilhador pela zona de espera da soldadura e visse o contentor cheio, transportava-o para o processo seguinte (pintura), deixando um contentor vazio.

4.6.2. Soldadura Robotizada

A soldadura robotizada integrava dois gabaritos, onde eram colocados os dois tipos de componentes para se proceder à sua solda para originar a forma final da perna *Micke*. Todavia, estes dois gabaritos davam origem a pernas com diferentes níveis de qualidade.

Após uma análise, conclui-se que a responsabilidade destas discrepâncias ao nível da qualidade era derivada de uma má afinação de um dos gabaritos. Assim, chamou-se a equipa de manutenção e procedeu-se à devida afinação.

4.6.3. Soldadura Manual

Como descrito na secção 3.2.2. o número de operadores na soldadura manual era superior ao estritamente necessário e com uma produtividade real aquém da produção teórica, necessitando de horas extras para cumprimento de prazos de encomendas. Por isso, tendo em consideração que mesmo com um número elevado de funcionários a operar nas três células de soldadura manual a produtividade real por célula era bastante menor que a capacidade de produção teórica, a redução de funcionários em conjugação com o aumento da produtividade era inevitável.

De modo a testar o aumento da produtividade com, pelo menos, o mesmo número de funcionários, transferiu-se uma célula de soldura (célula piloto) para junto da área de lavagem e furação/escareamento e implementou-se um sistema de controlo visual (como indicado na secção 4.6.3.1.) para comparar a produtividade real *vs* produtividade tórica. Com esta implementação, os operadores sentiram que não estavam a satisfazer corretamente a procura e mudaram o seu ritmo de trabalho, como será apresentado na subsecção 4.6.3.2, contribuindo para um aumento do rendimento da célula.

4.6.3.1. Controlo visual de produção

A melhor solução encontrada para estudar as ineficiências do processo e aumentar a capacidade produtiva foi a instalação de um ecrã de controlo visual na célula de soldadura piloto. Lembre-se que esta célula piloto é a mesma aquando das alterações de *layout* na zona de lavagem.

Assim, desenvolveu-se um *software* que permite o controlo diário de produção (figura 33 lado esquerdo). Este *software* possibilitava a comparação da produção teórica (de acordo com o *takt time* da perna *Micke*) com a produção real. Na produção teórica (objetivo) sempre que se completa um ciclo, incrementava-se uma unidade ao valor teórico. Por outro lado, na produção real sempre que se completa um ciclo o operador carrega num botão e incrementa-se uma unidade ao valor real (realizado).

Para evitar falsos valores, se o operador carregar duas vezes no botão de modo sequencial num tempo inferior ao teoricamente necessário à produção é soado um alarme (figura 33 lado direito). Ao ouvir este alarme, o responsável de produção desloca-se à secção de soldadura, analisa e resolve a adversidade.

O *software* de controlo, para além dos benefícios descritos anteriormente, permite ainda afixar o ciclo de produção mais longo e mais baixo. Permite, também, calcular a percentagem de objetivo diário de produção cumprido.



Figura 33 - Sistema de controlo de produção ao posto de soldadura manual

4.6.3.2. Resultados

Com a implementação deste programa de controlo visual na célula de soldadura piloto, a produtividade aumentou em cerca de 58%, passando a cumprir o objetivo diário de produção (1.000 peças/dia) sem necessidade de horas extras.

As melhorias descritas anteriormente levaram a uma redução do custo total de produção da perna *Micke* em 0,36 euros/peça com um custo de implementação de 6.103,2 euros e com um *payback* de 1,27 semanas.

Devido ao sucesso desta implementação, o sistema de controlo visual irá ser replicado às restantes células de soldadura no curto-médio prazo.

4.7. Secção de Pintura

Sendo a secção de pintura um processo não dedicado, isto é, processa outros componentes para além da perna *Micke*, quanto maior a sua taxa de ocupação, menor é a possibilidade de atrasos nas entregas. A máquina de pintura tinha a capacidade de processar cerca de 3.600 peças/dia, sendo que cada gancheira tinha capacidade para quatro pernas. Porém, como explicado anteriormente, a secção de pintura não é um processo dedicado e pinta mais do que um produto fabricado pela Jamarcol.

Uma vez que a máquina em estudo semiautomatizada, aumentar a velocidade da linha, de forma a aumentar a produtividade, era impraticável devido ao bem-estar dos operadores. Assim, numa primeira fase de mudança nos procedimentos, foram construídas novas gancheiras com o dobro da capacidade (oito pernas/gancheira) e foram colocadas estrategicamente, na máquina de pintura, de modo alternado com gancheiras para quatro pernas (figura 34), com uma ligeira diminuição da velocidade da linha durante a fase de adaptação. Após o período de adaptação, a velocidade da linha inicial foi reposta.

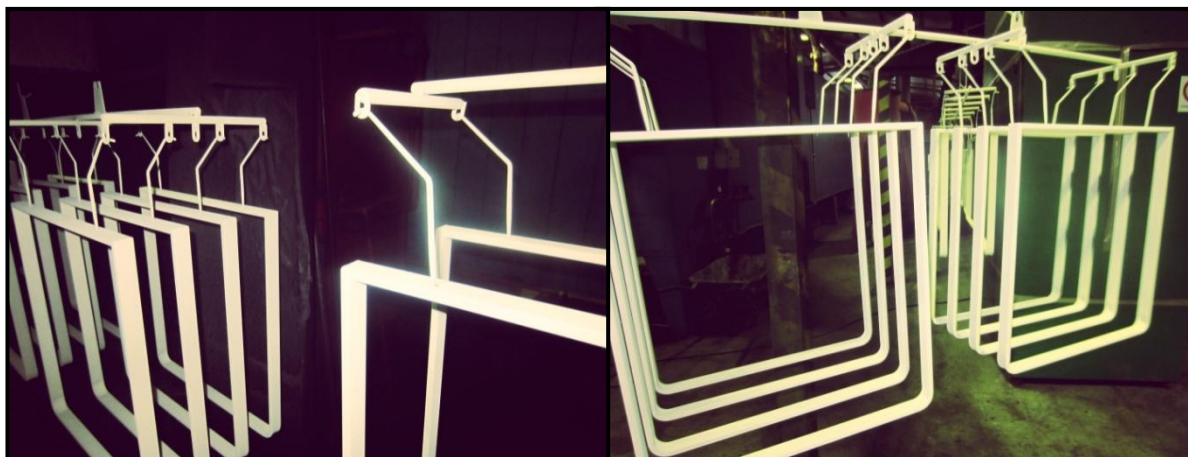


Figura 34 – Fase de alternância entre gancheiras para oito pernas e gancheiras para quatro pernas

Ponderou-se, posteriormente, a inserção de apenas gancheiras para oito pernas, mas rapidamente foi descartada a ideia enquanto houver a necessidade de ter duas pessoas a virar as peças após a lavagem iónica, uma vez que iriam ter o dobro do trabalho para o mesmo tempo, tornando o trabalho muito pouco ergonómico e árduo para os operadores.

Uma vez que mais pernas por gancheira originaram mais peso sobre a corrente transportadora da linha produtiva, foi necessária a sua troca por uma que suportasse uma maior carga.

4.7.1. Resultados

Como referido anteriormente os objetivos de melhoria para esta secção eram o aumento de capacidade do processo e a eliminação da necessidade de rotação de peças após a lavagem /pulverização iónica.

Foi encontrada uma solução para a eliminação da necessidade de rotação de peças no posto de pintura que consistia em adicionar um pequeno furo à peça (na face que ficaria em contacto com o tampo da secretária) para que a água escorresse. Esta proposta foi apresentada ao Ikea mas não foi aprovada. Ainda assim, o facto de não se ter encontrado uma solução viável para suprimir a necessidade de rotação das peças, não constituiu grande problema uma vez que a poupança referente a esta melhoria era bastante inferior quando comparada com a introdução de gancheiras de maior capacidade.

A poupança inerente ao aumento de capacidade produtiva da linha de pintura foi de, aproximadamente, 0,14 euros/peça. Quanto à poupança relativa à eliminação da necessidade de operadores para a rotação de peças na saída da lavagem iónica, estimou-se uma poupança de 0,02 euros/peça. Portanto, com a introdução das novas gancheiras na linha de produção de pintura, que possuem uma capacidade duas vezes maior que as antigas e mantendo a mesma velocidade inicial, o aumento de produtividade foi de 50%, reduzindo o preço unitário do componente em 0,14 euros e com um custo de implementação de 26.600 euros, com um *payback* de 7,93 semanas.

4.8. Painel de Informação

No início do projeto foi construído um painel de informação, na secção de pintura (figura 35 em cima) com o objetivo de, inicialmente, divulgar o trabalho da Leanked dentro da empresa cliente. Depois, com o decorrer do projeto eram afixadas informações e conteúdos sobre a temática que estava a ser implementada: 9 desperdícios, 5S, qualidade, *layouts*, SMED, entre outros.

Foi construído um segundo painel de informações, de menor dimensão, numa zona de maior passagem de colaboradores (figura 35 em baixo). Neste segundo painel eram colocadas exatamente as mesmas informações que constavam no primeiro painel de informação.



Figura 35 - Painéis de informação implementados na Jamarcol

Em ambos os painéis foram afixadas notícias, que eram trocadas semanalmente sobre o tema do projeto, e as caixas de sugestões (referentes ao programa de sugestões implementado na Jamarcol).

4.8.1. Resultados

Apesar de não haver resultados quantificáveis com esta ferramenta *lean*, o entusiasmo dos colaboradores da Jamarcol foi notório. A adesão foi impressionante e o nível de motivação dos colaboradores aumentou.

4.9. Programa de Sugestões

O programa de sugestões (figura 36) da Jamarcol teve como objetivo a melhoria sistemática nas atividades organizacionais desde o aumento da produtividade até à redução de despesas. Assim, foram desenvolvidos esforços com o intuito de melhorar e otimizar os processos na empresa.

Devido ao baixo custo de implementação e à possibilidade de, com este programa, encontrar soluções para problemas que se pensava irresolvíveis, a ideia foi recebida com grande entusiasmo dentro da Jamarcol.



Figura 36 - Implementação do programa de sugestões na Jamarcol

Para implementar com sucesso este programa, foi feita uma caixa internamente e afixada nos dois painéis de informação existentes na empresa. Depois divulgou-se o programa junto dos colaboradores e da administração e esperou-se pelo *feed-back* dos operadores.

Duas vezes por semana eram recolhidas as sugestões e a equipa *Kaizen* efetuava uma triagem, separando as ideias viáveis das ideias inviáveis. As melhores ideias, consideradas pela equipa como exequíveis eram apresentadas à administração e, as que pudessem ser implementadas no *gemba*, eram de imediato afixadas nos painéis de informação.

4.10. Plataforma Online

Com o intuito de inovar o serviço oferecido pela Leanked na área da consultoria em *Lean* e *Kaizen*, fez-se um teste piloto que consistiu no lançamento de uma plataforma *online* alojada na página da organização.

A plataforma *online* (figura 37) contém informação sobre ambas as empresas envolvidas no projeto (história e áreas de serviço), informação sobre a evolução do projeto e um formulário interativo de sugestões (programa de sugestões *online* - figura 38).

Depois de apresentada e aprovada a ideia à administração da Jamarcol e da Leanked, divulgou-se a plataforma junto dos operadores, dando um nome de utilizador e *password* de acesso a cada um dos funcionários.

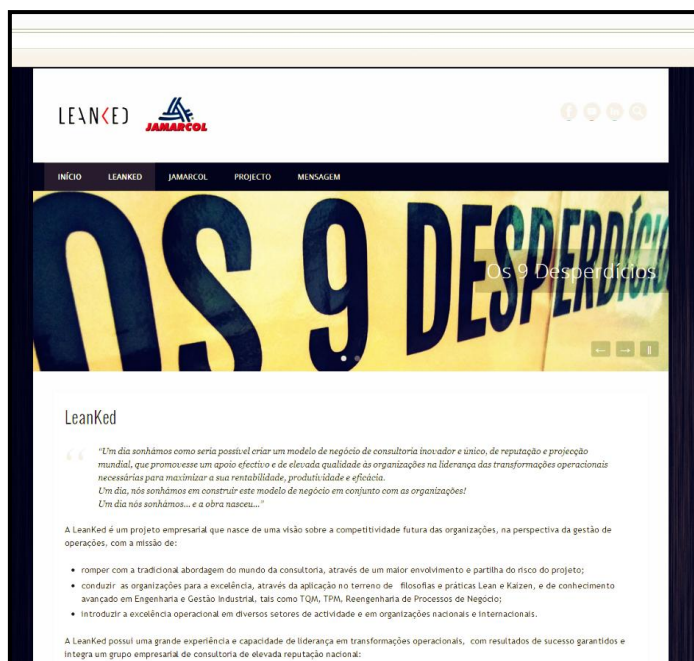


Figura 37 - Plataforma online Leanked-Jamarcol

The image shows a web form for submitting suggestions. It consists of several input fields and a text area. The first field is labeled 'O seu nome:' and is followed by a white input box. The second field is labeled 'O seu e-mail:' and is followed by a white input box. The third field is labeled 'Área/Secção:' and is followed by a white input box. The fourth field is labeled 'Descrição da Sugestão' and is followed by a large white text area for writing the suggestion details.

Figura 38 - Formulário programa de sugestões online

Esta plataforma teve uma elevada adesão e imediata aderência por parte de todos os colaboradores da Jamarcol.

Considerações Finais

As ferramentas *Lean Manufacturing* implementadas no presente projeto, tiveram como objetivo a otimização da cadeia de valor e a redução/eliminação de desperdício da perna *Micke*, tendo como ponto de partida a definição de *kaizen*: “Mudar para melhor, nada é perfeito e pode ser continuamente melhorado”.

5.1. Conclusão

Nos tempos atuais, as exigências dos consumidores e o crescimento da concorrência obrigam as organizações a adaptarem-se ao mercado e, conseqüentemente, procurarem novas práticas na produção. Estas, devem ter sempre em consideração a qualidade, prazos de entrega e custos. Portanto, qualidade, tempo e custo são objetivos que devem ser alcançados para o sucesso de qualquer organização. Para atingir estes objetivos devem ser dispensados todos esforços e recursos possíveis, no sentido de promover a melhoria contínua da cadeia de valor, garantindo vantagem competitiva sobre os demais concorrentes.

No presente projeto foi possível adquirir um vasto conhecimento sobre uma grande diversidade de ferramentas e filosofias *Lean Manufacturing* e a sua aplicação numa realidade industrial.

Relativamente às ferramentas e metodologias implementadas, todas se revelaram imprescindíveis na contribuição para a redução do custo final unitário da perna *Micke*. O VSM foi uma ferramenta valiosa na deteção do diagnóstico inicial da empresa, fornecendo importantes informações acerca do estado em que a empresa se encontrava antes da intervenção da Leanked. Em relação à ferramenta SMED, a principal meta era a redução dos tempos de *setup* e, conseqüentemente, a diminuição do custo da peça. Apesar do tempo atual de mudança de ferramenta não ser significativo, teve um impacto fundamental na redução do custo de produção do componente metálico estudado ao longo destes últimos meses. As alterações ao nível dos *layouts*, tiveram também uma vital importância para o cumprimento do principal objetivo (redução de custos de produção), permitindo a redução de desperdícios, nomeadamente movimentações, transportes e tempos de espera. As ferramentas 5S e gestão visual, verificaram-se muito úteis na Jamarcol, uma vez que primam pela organização, padronização e disciplina em todas as atividades desempenhadas no local de trabalho. Com a ferramenta 5S verificou-se o empenho dos colaboradores para a melhoria contínua, não só das suas atividades, como também dos seus postos de trabalho.

Apesar da limitação de tempo, praticamente todos os objetivos foram cumpridos durante os nove meses de estágio na Leanked, sendo que no projeto Jamarcol o impacto foi bastante significativo. Considerando as medidas implementadas, a poupança total do custo de fabrico da perna *Micke* foi de 0,60 euros, com um custo total de implementação de 56.351,19 euros, com um *payback* de 6,92 semanas (caso a procura média das semanas seja de 2 cargas, isto é, de 9.360

peças), ou de 4,01 semana (caso a procura média das semanas seja de 3 cargas, isto é, de 14.040 peças).

Quanto ao projeto, fazendo uma reflexão global, adquiri e desenvolvi conhecimentos e experiências numa das áreas mais importantes no mundo da indústria, que vão ser decisivas para o meu futuro no mercado de trabalho.

O presente projeto teve algumas limitações em diversos aspetos ao longo do tempo, sendo que o primeiro obstáculo foi a limitação de tempo inerente ao estágio curricular para a implementação de todas as oportunidades de melhoria presentes no plano de ações.

Sendo a Jamarcol um projeto da Leanked e tendo a duração prevista de dois anos, era impossível que todos os objetivos e metas propostas estivessem implementados e com os resultados pretendidos.

5.2. Trabalhos futuros

Não foi possível concluir todas as medidas propostas pela Leanked devido à duração do estágio curricular. Contudo, as restantes oportunidades de melhoria presentes no plano de ações estão a ser desenvolvidas e implementadas.

No futuro, a Leanked continuará a colaborar com a Jamarcol na melhoria operacional da organização com a aplicação de ferramentas *lean* e *kaizen* a todo o seu portfólio de produtos, de modo a replicar as melhorias alcançadas até ao momento e estimular a melhoria contínua nos processos existentes.

Relativamente a medidas que ainda serão implementadas na Jamarcol, a ferramenta 5S irá ser replicada por toda a fábrica. A máquina de corte 2 e a máquina de furar/escarear irão ser automatizadas numa única máquina com fluxo contínuo. Na dobragem irão ser aplicados os novos procedimentos de trabalho, e implementadas as ligações com a máquina de lavar. Na lavagem irá ser aplicado o sistema elevatório e uma maior quantidade de cestos. Na zona de soldadura, irão ser movidas as restantes células para junto da célula piloto. Quanto à pintura, não se prevê, no curto-médio prazo, qualquer alteração, para além do estudo contínuo de uma solução viável para eliminar a rotação das peças após a lavagem iónica.

Pretende-se que este projeto sirva de base para futuros desenvolvimentos no campo da implementação de filosofias *lean* e *kaizen*, e que estimule as organizações a adotar estas estratégias na contribuição para a redução de desperdícios e, consequentemente redução dos custos operacionais.

Bibliografia

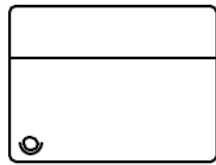
- A. Courtois, M. Pillet, C. Martin. (1997). *Gestão da Produção*. Lisboa: Lidel, edições técnicas.
- Barroso, J. M. (2010). *Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo*. Comissão Europeia.
- Bell, S., Orzen, M. (2011). *Lean IT Enabling and Sustaining Your Lean Transformation*. New York, NY: Productivity Press.
- Chase, R., Aquilino, N., Jacobs, F. (1998). *Production and Operations Management*. USA: McGraw Hill.
- Davis, M. (2003). *Fundamentos da Administração da Produção*. Porto Alegre: Bookman.
- Dennis, P. (2008). *Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- Duguay, C. R., Landry, S., & Pasi, F. (1997). From mass production to flexible/agile production. *International Journal of Operations & Production Management*, 1183-1195.
- Francis, R., McGinnis F., White J. (1991). *Facility Layout and Location: An Analytical Approach (2nd Edition)*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Groover, M. (2007). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing (3rd Edition)*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Hasan, M., Sarkis, J., Shankar, R. (2012). Agility and production flow layouts: An analytical decision analysis. *Industrial Engineering*, 62(4), 898-907.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 420-437.
- Jayaram, J., Das, A., Nicolae, M. (2010). Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. *International Journal of Production Economics*, 280-291.
- Junior, M. & Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 13-21.
- Kirchner, M. (2008). Seven Deadly Wastes. *Products Finishing*, v. 78(1), p. 66(2).
- Kobayashi, K., Fisher, R., Gapp, R. (2008). Business improvement strategy or useful tool? Analysis of the application of the 5S concept in Japan, the UK and the US. *Total Quality Management & Business Excellence*, v. 19, n. 3, p. 245-262.
- Kumar, B., Abuthakeer, S. (2012). Implementation of lean Tools and techniques in an automotive industry. *Journal of Applied Sciences*, 1032-1037.
- Kumar, C. & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 393-498.
- Leite, J. (2008). *F-16MLU – Melhoria da Qualidade do Processo de Modificação*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: IST/UTL, AFAP.

- Matzka, J., Mascolo, M., Furmans, K. (2009). Buffer sizing of Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 49-60.
- Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing, what lean thinking has to offer the process industries*. Chester, UK: MIME Solutions Ltd.
- Paluch, J. (2009). Identifying the seven deadly wastes. *Landscape Management*, v. 48(1), p. 20 (1).
- Pergher, I., Rodrigues, L., Lacerda, D. (2011). Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. *Gestão da Produção*, v. 18, n. 4, p. 673-686.
- Pheng, L. & Hui, M. (1999). The application of JIT philosophy to construction: a case study in site layout. *Construction Management and Economics*, 657-668.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean*. Lousã: Lidel - Edições Técnicas.
- Powell, D., Riezebos, J., Strandhagem, J. (2013). Lean production and ERP systems in small- and medium-sized enterprises: ERP support for pull production. *International Journal of Production Research*, 395-409.
- Queiroz, J., Rentes, A., Araujo, C. (2004). *Transformação Enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real*.
- Rother, M. & Harris, R. (2002). *Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Rother, M. & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute: Spi edition.
- Seth, D. & Gupta. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, 44-59.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: the SMED System*. Cambridge: Productivity Press.
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. (2007). *Operations Management*. England: Pitman Publishing.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 553-564.
- Team, T. P. (1996). *5S for operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. New York NY: Productivity Press.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., Tanchoco, J. . (2010). *Facilities Planning*. Massachusetts: John Willey & Sons Inc.

- Wang, J., Chang, Q., Xiao, G., Wang, N., Li, S. (2011). Data driven production modeling and simulation of complex automobile general assembly plant. *Computers in Industry*, 765-775.
- Womack, J., Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Free Press.
- Womack, J., Jones, D. T., Ross, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. New York, NY: Harper Perennial.
- Yang, M., Hong, P., Modi, S. (2011). Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 251-261.

Anexos

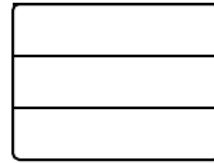
Anexo A – Alguns símbolos usados no VSM (adaptado de *Pensamento Lean*, Pinto, 2009)



Processo



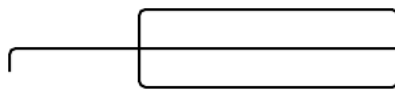
Fornecedor/Cliente



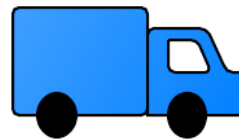
Caixa de dados



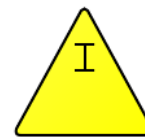
Evento Kaizen



Linha temporal e
total de linha
temporal



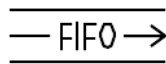
Transporte por
camião



Stocks



Kanban de
produção



Fila FIFO



Supermercado



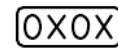
Stock de segurança



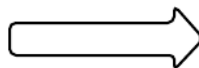
Fluxo de
informação
electrónico



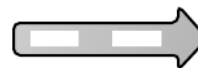
Retirada de
materiais



Caixa de
nivelamento

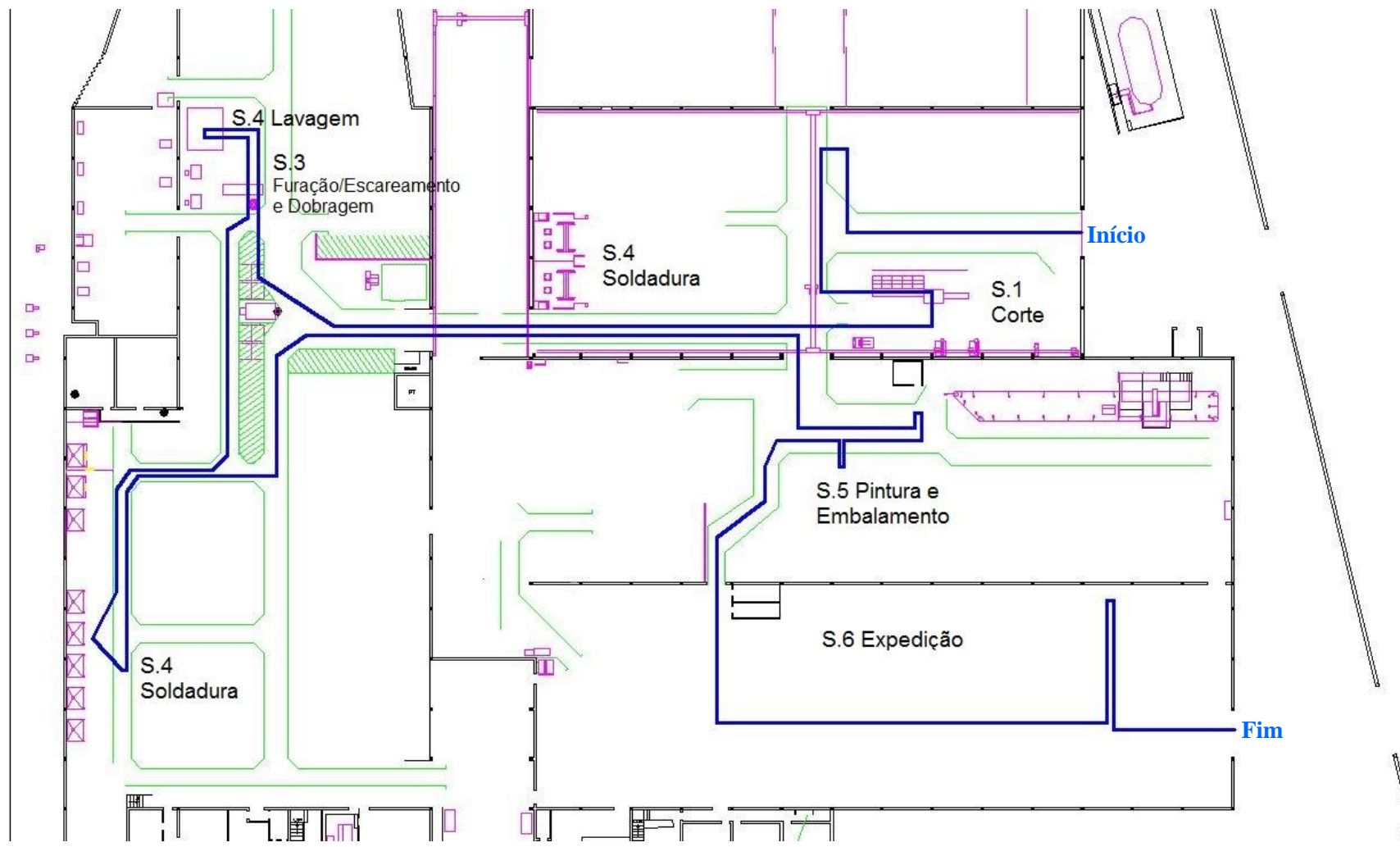


Fluxo de
abastecimento /
expedição

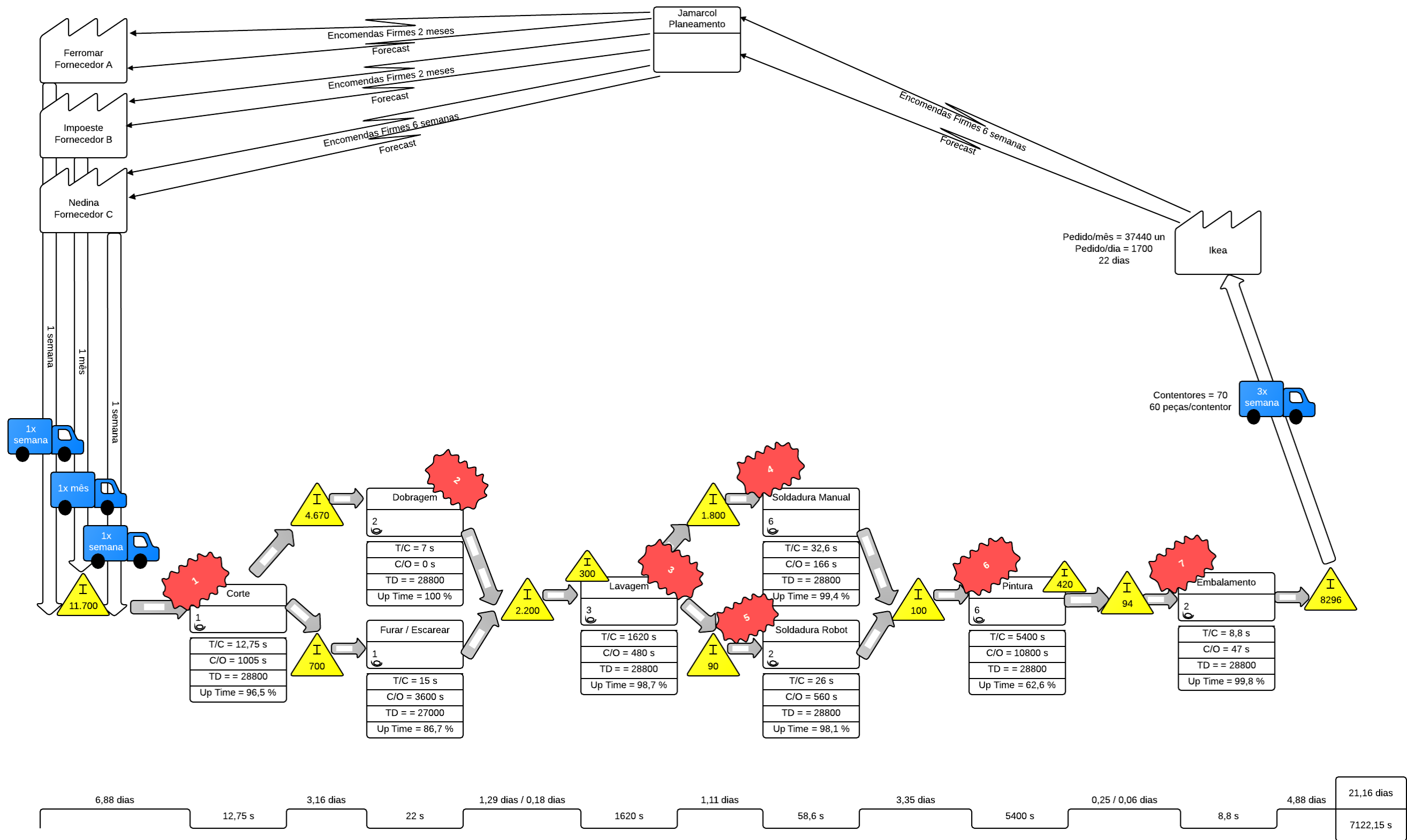


Lógica *pull*

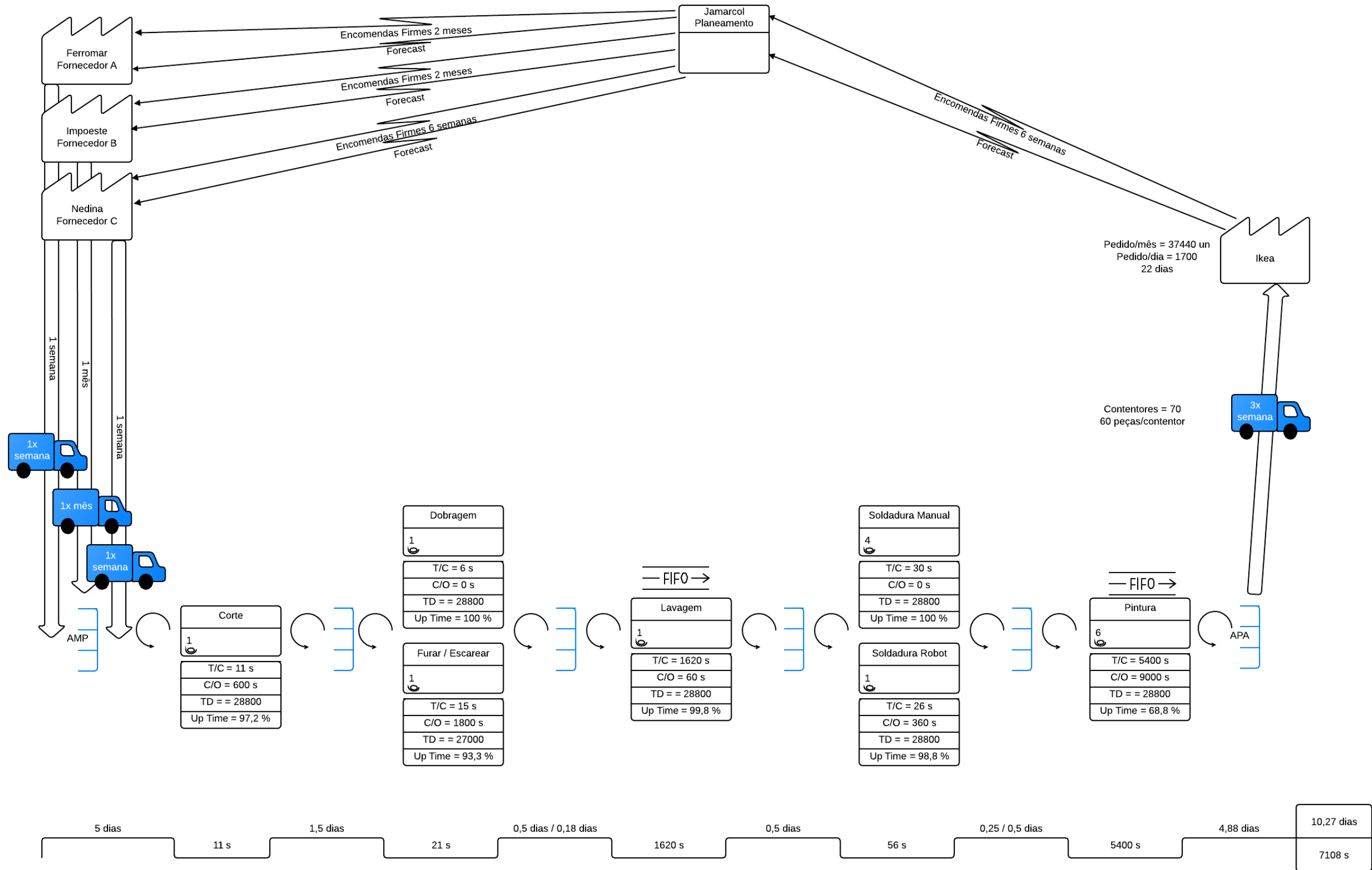
Anexo B - Layout inicial da unidade fabril e trajeto dos componentes ao longo do sistema operativo da Perna Micke



Anexo C - VSM Perna Micke



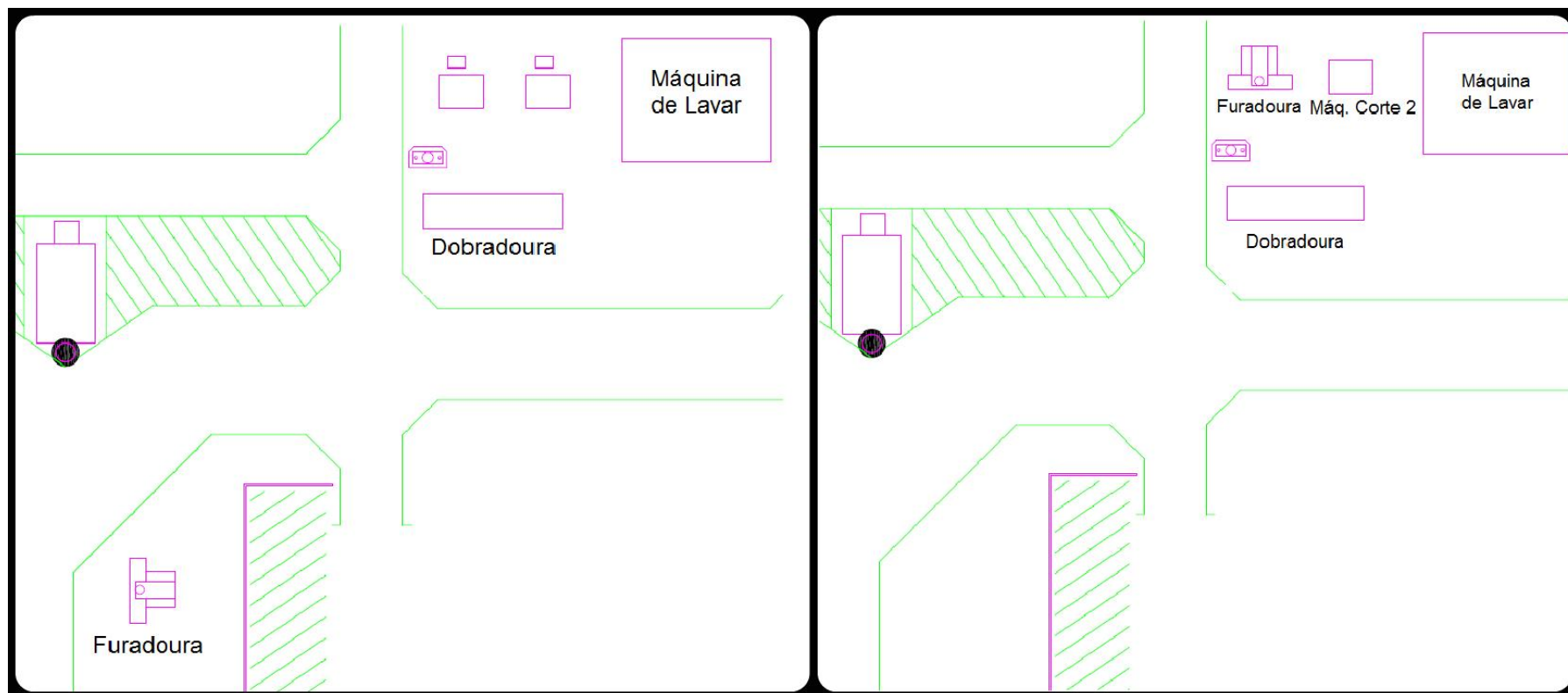
Anexo D - VSD Perna Micke



Anexo E - Recolha de tempos da máquina de corte 3204 (situação inicial)

Tempos Máquina de corte 1			
12,26	13,15	13,09	13,69
13,61	13,28	12,46	13,91
12,24	12,39	12,06	13,83
13,11	13,32	12,64	12,60
12,63	13,55	13,71	12,68
13,53	13,51	13,96	12,18
12,42	12,17	13,33	13,07
12,27	12,95	13,16	13,83
13,65	13,96	13,62	13,94
12,00	13,75	13,74	12,95
12,52	12,26	12,23	13,44
13,36	12,34	13,88	13,94
13,82	13,21	13,69	13,62
12,67	12,59	12,01	12,74
12,50	13,01	12,50	13,45
13,52	13,50	13,01	13,54
12,15	12,89	13,97	12,94
12,94	13,82	13,82	12,03
13,17	13,95	12,12	13,13
12,68	12,76	13,82	13,38
12,88	13,37	12,88	12,34
12,14	12,18	13,05	12,62
12,85	13,18	12,38	13,29
13,41	13,09	12,73	12,02
12,50	13,38	12,25	13,55

Anexo G - Layout da zona de furar, dobrar e lavar antes (à esquerda) e depois (à direita)



Anexo H - Layout depois da reaproximação dos processos

