

Ana Isabel Moreira Barbosa Coelho

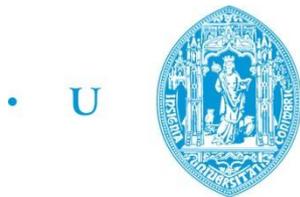
TOTAL FLOW MANAGEMENT:
APLICABILIDADE A UMA EMPRESA DO SETOR METALOMECÂNICO

Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Julho, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Total Flow Management: Aplicabilidade a uma empresa do setor metalomecânico

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Total Flow Management: Applicability to a company from the machinery sector

Autor

Ana Isabel Moreira Barbosa Coelho

Orientador

Professor Doutor Cristóvão Silva

Júri

Presidente	Professor Doutor José Domingos Moreira da Costa Professor Associado com Agregação da Universidade de Coimbra
Vogal	Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Coimbra, Julho, 2017

“It always seems impossible until it’s done.”

Nelson Mandela

Aos meus pais.

Agradecimentos

Sem o apoio e colaboração de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento, a dissertação que aqui se apresenta não seria possível. Como tal, começo por agradecer ao Professor Doutor Cristóvão Silva pelo apoio e disponibilidade na orientação deste trabalho.

Agradeço à Afonso O. Costa pela oportunidade proporcionada, em especial ao Professor Doutor José Domingos e ao Engenheiro Gonçalo Ferreira pela sua disponibilidade.

Agradeço também aos colegas da sala do grupo de controlo e gestão pela boa disposição e companhia durante a realização deste trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos por toda a ajuda e companheirismo ao longo destes anos, que me deram força para poder chegar mais longe, em especial ao André pela paciência ao longo deste percurso.

Por fim, um agradecimento especial à minha família, nomeadamente aos meus pais, aos meus irmãos, às minhas cunhadas, às minhas sobrinhas Margarida e Mariana e aos meus sobrinhos Martim e Filipe por todo o apoio e pelas oportunidades que me proporcionaram.

Resumo

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos têm permitido um contacto mais direto e eficiente entre empresas dos mais diversos setores e mercados internacionais. No entanto, a globalização expõe as empresas a um ambiente mais competitivo, o que acarreta novos desafios. De forma a colmatar estes desafios e a responder à competitividade a que estão expostas, as ferramentas *lean manufacturing* tornam-se essenciais em todos os setores industriais. O *Total Flow Management* (TFM) é um modelo resultante da combinação de conceitos *lean manufacturing* que, quando aplicados de forma correta, originam um fluxo de materiais eficiente dentro da organização, sendo fundamental para que melhorem a sua competitividade.

A presente dissertação foi desenvolvida em colaboração com uma empresa do setor metalomecânico, setor este com bastante importância em Portugal. Esta dissertação tem como principal objetivo a compreensão do sistema complexo da empresa, através da identificação dos principais pontos a melhorar, bem como a apresentação de ferramentas que podem ser utilizadas para ocorrerem essas melhorias. O grande problema identificado foi a existência de fluxos descoordenados e como tal, propõe-se a implementação de ferramentas do TFM ao nível do fluxo de produção e do fluxo da logística interna. É ainda apresentada outra ferramenta, a metodologia 5S, para resolver outros problemas de menor dimensão.

Não foi possível implementar as propostas apresentadas, devido à falta de dados de consumos de materiais e de tempos, devido ao estágio ser não residente e devido ao facto da empresa se encontrar num processo de mudança de instalações. Contudo, com as indicações fornecidas neste documento será possível definir áreas prioritárias de atuação para a obtenção de melhorias, sendo apontadas as ferramentas que poderão auxiliar a sua implementação.

Palavras-chave: *Total Flow Management*, Setor metalomecânico, Fluxo de produção, Fluxo da logística interna.

Abstract

In the last decades, technological advances have allowed a more direct and efficient contact between companies of the most diverse sectors and the international markets. However, this globalization exposes companies to a more competitive environment, which entails new challenges. In order to meet these challenges and respond to the competitiveness this companies are exposed to, lean manufacturing tools become essential in every industry. The Total Flow Management (TFM) is a model resulting from the combination of lean manufacturing concepts that, when applied correctly, provides an efficient flow of materials within organizations, which is fundamental to improve their competitiveness.

The present dissertation was developed with the collaboration of a company working in the machinery sector, a sector with great importance in Portugal. This dissertation has as a main objective the understanding of the complex system of the company, through the identification of the main points to be improved, as well as the presentation of tools that can be used to make improvements. The main problem identified was the existence of uncoordinated flows and as such, it is proposed to implement TFM tools at the level of production flow and internal logistics flow. Another tool, the 5S methodology, is also presented to solve other smaller problems.

It was not possible to implement the submitted proposals due to the lack of material consumption data and times, the fact this was a non-resident internship and also the fact that the company is in a process of changing facilities. However, with the indications provided in this document it will be possible to define priority areas for action to obtain improvements, being pointed out tools that may help on its implementation.

Keywords Total Flow Management, Machinery sector, Production flow, Internal logistics flow.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1. Modelo TFM	3
2.1.1. Fluxo de Produção	5
2.1.2. Fluxo da Logística Interna	12
2.2. Metodologia 5S	17
2.3. Métodos de Análise de Fluxos	19
2.3.1. Fluxograma Operatório	19
2.3.2. Gráfico do Fluxo do Processo	20
3. A EMPRESA AFONSO O. COSTA	21
3.1. Problemas Identificados	22
4. ANÁLISE DA GRUA FLORESTAL G4200X	23
4.1. Análise de Fluxos	25
4.2. Layout Atual vs. Novo Layout	28
4.3. Análise de Tempos	31
5. PROPOSTAS DE MELHORIA	33
5.1. Dimensionamento e organização dos supermercados para componentes adquiridos junto aos postos de trabalho	33
5.1.1. Metodologia para o dimensionamento das estantes	36
5.2. Abastecimento aos postos de trabalho através de um mizusumashi	37
5.2.1. Implementação	37
5.3. Melhorias no bordo de linha	39
5.4. Implementação de ferramentas de trabalho normalizado	40
5.4.1. Criação de folhas de observação de tempos	40
5.4.2. Criação de folhas combinadas de trabalho normalizado	41
5.4.3. Benefícios possíveis de obter com a implementação	42
5.5. Implementação de 5S nos postos de trabalho	42
5.5.1. Quadro de sombras para ferramentas	42
5.5.2. Verificação anual dos componentes	43
5.5.3. Ação de formação sobre 5S e colocação de cartazes informativos	45
6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHO FUTURO	47
6.1. Conclusões	47
6.2. Sugestões para trabalho futuro	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO A – Layout das instalações atuais	53

ANEXO B – Layout das novas instalações.....	55
APÊNDICE A – Folha de rotas.....	57
APÊNDICE B – Folha de procedimentos	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema dos pilares do TFM.....	4
Figura 2.2. Modelo TFM, adaptado de Kaizen Institute (2008).....	4
Figura 2.3. Organização da secção 2.1.1.	5
Figura 2.4. Esquema de layout funcional, adaptado de ACCERA (2011).	6
Figura 2.5. Esquema de layout de posição fixa, adaptado de Jones (2016).	7
Figura 2.6. Esquema de layout de produto, adaptado de Kumar e Suresh (2009).	8
Figura 2.7. Esquema de layout em células, adaptado de ACCERA (2011).	8
Figura 2.8. Distinção entre setup interno e externo, adaptado de Feld (2001).	12
Figura 2.9. Organização da secção 2.1.2.	13
Figura 2.10. Esquema do modelo de dupla caixa, (Akro-Mils, 2017).	14
Figura 2.11. Exemplo de kanban de produção, (Akashmavle, 2012).	15
Figura 2.12. Percurso do empilhador vs. percurso do mizusumashi, (Coimbra, 2013).	17
Figura 2.13. Exemplo de gráfico do fluxo do processo, adaptado de Courtois et al., (2007).	20
Figura 4.1. Grua florestal G4200X, (Afonso O. Costa).	23
Figura 4.2. Fluxograma operatório para o fabrico do cilindro hidráulico de elevação.	26
Figura 4.3. Gráfico do fluxo do processo para o fabrico do cilindro hidráulico de elevação.	27
Figura 4.4. Principais rotas de fabrico nas instalações atuais.	28
Figura 4.5. Principais rotas de fabrico nas novas instalações.	29
Figura 4.6. Tempos de tornos de CNC para fabrico de modelos anteriores da grua florestal G4200X.	31
Figura 5.1. Paredes criadas entre postos de trabalho.	33
Figura 5.2. Exemplo de arrumação das prateleiras.	35
Figura 5.3. Exemplo de supermercado com caixas de stock normalizadas.	36
Figura 5.4. Folha de ordem de produção entregue nos tornos CNC para fabrico de componentes da grua florestal G4200X.	41
Figura 5.5. Exemplo de bancada de trabalho.	43
Figura 5.6. Procedimento para verificação dos componentes.	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Quantidade de componentes fabricados e de componentes adquiridos.....	23
Tabela 4.2. Quantidade de componentes que visitam cada posto de trabalho.....	24
Tabela 4.3. Principais rotas de fabrico.	25
Tabela 4.4. Tamanho das principais rotas.	30

SIGLAS

CNC – Controlo Numérico Computorizado

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

TFM – *Total Flow Management*

WIP – *Work In Progress*

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos nas áreas da automação e telecomunicações têm permitido às empresas dos mais diversos setores o contacto mais eficiente e direto com os mercados internacionais. Para muitas organizações este contacto é imperativo visto poder proporcionar um aumento do seu volume de negócios. No entanto, este foco na globalização expõe as empresas a um ambiente mais competitivo o que acarreta novos desafios. De forma a colmatar estes desafios e a responder à competitividade a que estão expostas, as ferramentas *lean manufacturing* tornam-se essenciais em todos os setores industriais (Patel e Patange, 2017). O TFM é um modelo resultante da combinação de conceitos *lean manufacturing* que, quando aplicados de forma correta, originam um fluxo de materiais eficiente dentro das organizações (Lean Factories, 2017), fundamental para que melhorem a sua competitividade.

O setor da metalomecânica é responsável pela transformação de metais em diferentes produtos, tais como máquinas e equipamentos, e também responsável pela prestação de serviços. Juntamente com a metalurgia é um dos setores mais significativos em Portugal, representando em 2015, 14% do Produto Interno Bruto nacional e 31% das exportações da indústria transformadora (AIMMAP, 2017). Este setor é composto maioritariamente por pequenas e médias empresas. Ao crescerem, essas empresas englobam novos equipamentos nos seus processos, o que por vários tipos de restrições nem sempre é realizado da melhor forma. Esse facto pode conduzir a *layouts* deficientes e, conseqüentemente, originar complexidade nos fluxos de materiais. Também a tipologia de produtos fabricados pode tornar o fluxo complexo. Deste modo, torna-se importante encontrar soluções que possam melhorar o chão de fábrica, gerindo os fluxos da melhor forma possível das organizações pertencentes a um sector tão importante como este. Uma dessas soluções passa pela implementação do TFM.

No âmbito da Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, surgiu a oportunidade de verificar a aplicabilidade de ferramentas do TFM numa empresa do setor metalomecânico, em colaboração com a Afonso O. Costa, que se dedica à produção de equipamentos florestais. O principal objetivo da presente dissertação passa por

compreender o sistema complexo desta organização, através da identificação dos principais pontos a melhorar, bem como a apresentação de ferramentas que podem ser utilizadas para ocorrerem essas melhorias.

Inicialmente será criado um modelo com as rotas de produção de cada componente do modelo G4200X das gruas florestais, através da análise da sua lista de materiais e dos seus desenhos técnicos. Estes documentos de rotas juntamente com a lista de materiais são essenciais para se obterem estimativas de tempos e de matéria-prima consumida e tornar-se uma boa base para análise de fluxos e de tempos, custeio e gestão de *stocks*. Conhecendo-se as rotas dos componentes serão aplicados métodos de análise de fluxo. Como se verificam fluxos complexos, de forma a coordená-los de um melhor modo será proposta a implementação de conceitos do TFM. Neste documento é apresentada a forma como estes conceitos podem ser adaptados a pequenas/médias empresas do setor metalomecânico sujeitas a grande variabilidade em termos de rotas, volumes de produção e tempos de processamento, que não são encontradas nas organizações onde este tipo de metodologia normalmente tende a ser implementado. Considera-se ainda relevante melhorar o espaço dos postos de trabalho propondo-se a implementação de outra prática *lean manufacturing*: a metodologia 5S. Assim, ao longo do documento vão ser mencionadas um conjunto de ferramentas que deverão ser aplicadas e a forma como deverão ser implementadas, mas que irão necessitar de um trabalho mais profundo, que não foi possível no âmbito deste estágio não residente.

Esta dissertação encontra-se organizada em seis capítulos. Sendo este o primeiro capítulo em que se enquadra o tema e se apresentam os objetivos do trabalho. No Capítulo 2 é apresentado o enquadramento teórico acerca de conceitos do modelo TFM, da metodologia 5S e de métodos de análise de fluxos. No Capítulo 3 é descrito o funcionamento da organização e referidos os problemas identificados. No Capítulo 4 é realizada uma análise da grua florestal G4200X, nomeadamente uma análise de fluxos a um dos seus subconjuntos. No Capítulo 5 apresentam-se as propostas que se consideram fundamentais para resolver os problemas identificados no Capítulo 3. Por último, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e mencionadas sugestões de trabalho futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo expõe-se a fundamentação teórica que as propostas, apresentadas no Capítulo 5, tiveram por base. Abordam-se ferramentas de dois pilares do modelo TFM: fluxo de produção e fluxo da logística interna, consideradas essenciais para a melhoria de fluxos dentro da empresa. A metodologia 5S será também abordada visto ser fulcral para a organização do espaço de trabalho. O conjunto de ferramentas que serão apresentadas são ferramentas *lean manufacturing*. Este conceito foi desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro da “Toyota”, sendo inicialmente conhecido por *Toyota Production System*. O seu principal objetivo é a eliminação de desperdícios, através de atividades de melhoria (Monden, 2012). Os desperdícios que se pretendem remover são desperdícios de espera, sobreprodução, *stock*, sobreprocessamento, transporte, defeitos e movimentação (Wilson, 2010; Womack e Jones, 2003).

No presente capítulo são também abordados métodos de análise de fluxos, essenciais para a análise efetuada no Capítulo 4.

2.1. Modelo TFM

O TFM é um modelo de gestão detalhado, proposto por Euclides Coimbra, que permite a implementação de conceitos *do Toyota Production System* não só dentro das instalações da organização, bem como ao longo de toda a cadeia de abastecimento. É um modelo definido por Coimbra (2013), como sendo fulcral para melhorar o fluxo do processo e a eficiência de toda a cadeia, tendo por base a eliminação de desperdícios. O principal objetivo deste modelo é então remover desperdícios que dificultam o bom fluxo (Lean Factories, 2017), reduzindo o *lead time* total na cadeia de abastecimento (Coimbra, 2013). A aplicação deste modelo resulta em vantagens a nível de redução de custos, aumento da produtividade, melhoria da qualidade e aumento da satisfação do cliente e dos funcionários (Coimbra, 2013), tornando assim a organização mais competitiva.

O TFM assenta em cinco pilares, apresentados na Figura 2.1: (I) estabilidade básica, (II) fluxo de produção, (III) fluxo da logística interna, (IV) fluxo da logística externa e (V) desenho da cadeia de abastecimento.

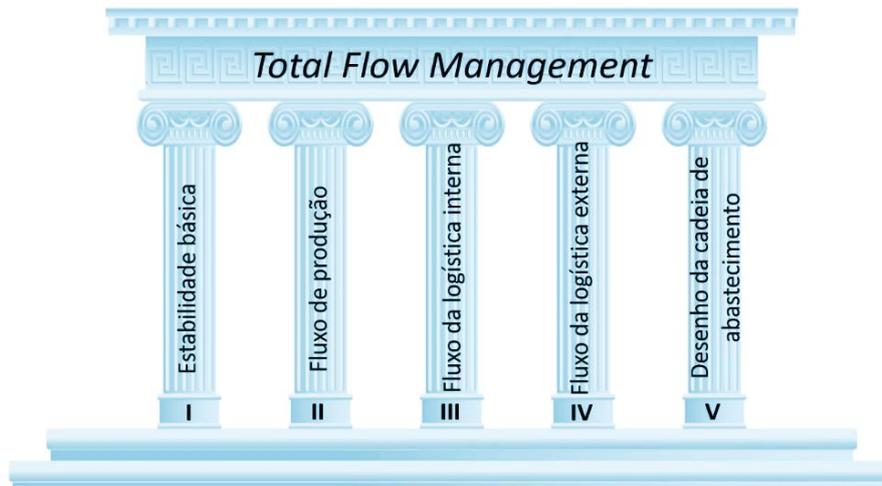


Figura 2.1. Esquema dos pilares do TFM.

Alguns dos pilares apresentados são suportados por um conjunto de ferramentas, mostradas na Figura 2.2.

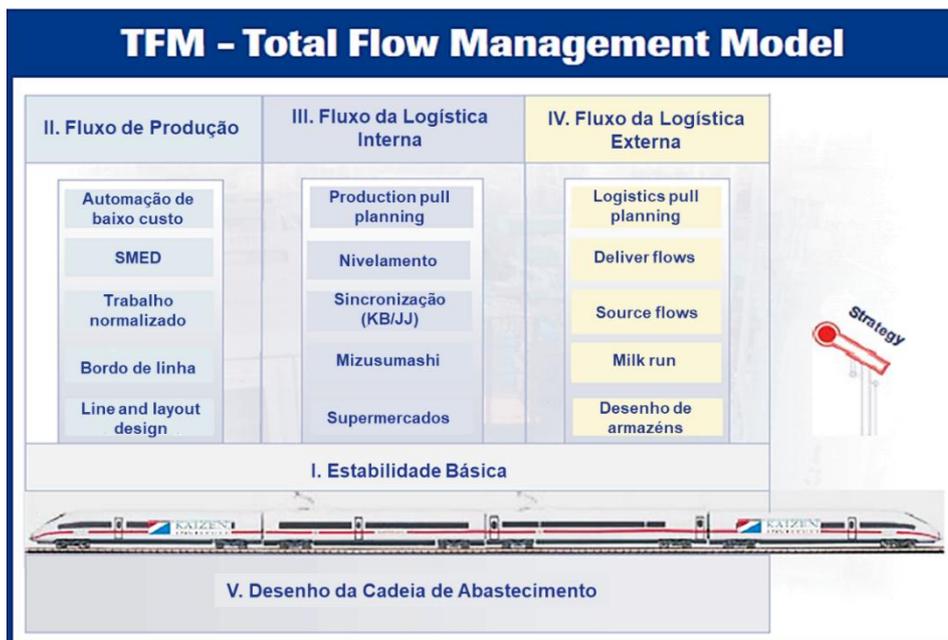


Figura 2.2. Modelo TFM, adaptado de Kaizen Institute (2008).

No presente trabalho abordar-se-ão apenas conceitos pertencentes ao fluxo de produção e ao fluxo da logística interna, uma vez que o âmbito da análise se limitou aos processos internos da empresa.

2.1.1. Fluxo de Produção

Os passos para a melhoria do fluxo produtivo são a implementação do *one-piece-flow* (sempre que possível, ou em alternativa reduzir a dimensão dos lotes), alcançar flexibilidade em *changeovers*, criar um fornecimento de componentes flexível e eficiente e melhorar a eficiência do trabalhador. Estes pontos são possíveis com recurso a cinco elementos de melhoria: *line and layout design*, bordo de linha, trabalho normalizado, *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) e automação de baixo custo (Coimbra, 2013).

Segundo Coimbra (2013), o *line and layout design* é utilizado para se alcançar o *one-piece-flow*; o bordo de linha para se obter flexibilidade e eficiência na produção de componentes; o trabalho normalizado para a movimentação dos trabalhadores ser eficiente; SMED de modo a se atingir flexibilidade em *changeovers*; e a automação de baixo custo de forma a tornar a movimentação dos trabalhadores mais eficiente e auxiliar em tarefas demasiado complexas para estes.

Neste caso será dada relevância ao *line and layout design*, ao bordo de linha, ao trabalho normalizado e SMED. Assim não será referida a automação de baixo custo pois não se considera essencial a empresa investir em sistemas de automação neste momento.

A organização da presente secção encontra-se apresentada na Figura 2.3.

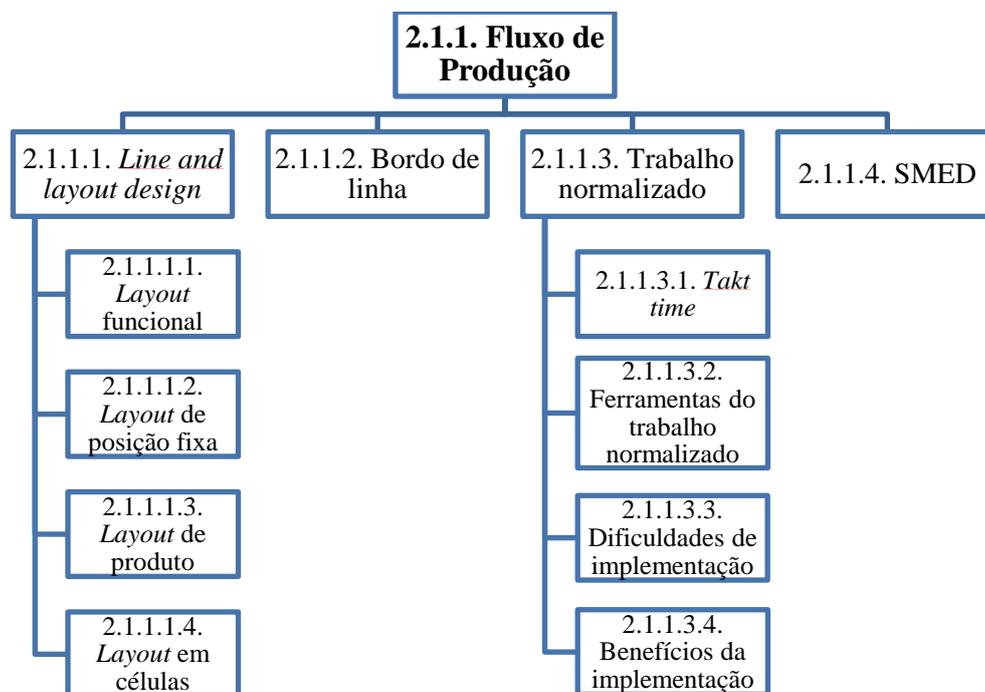


Figura 2.3. Organização da secção 2.1.1.

2.1.1.1. Line and layout design

Com o *line and layout design* pretende-se otimizar a produção, eliminando tarefas sem valor acrescentado de transporte, controlo e espera, havendo um foco nas operações de valor acrescentado, para assim se alcançar o *one-piece-flow* sempre que possível (Coimbra, 2013).

O *layout* tem uma influência significativa na redução de desperdícios de processo, aumentando a flexibilidade de produção e a produtividade (Shi et al., 2016). Existem quatro principais tipos de *layout*: *layout* funcional, *layout* de posição fixa, *layout* de produto e *layout* em células (Slack et al., 2013).

2.1.1.1.1. Layout funcional

No *layout* funcional todas as máquinas com a mesma função estão agrupadas juntas, como representado na Figura 2.4. Este *layout* também pode ser chamado de *job-shop layout* (Coimbra, 2013; Dilworth, 1993), pois geralmente, este *layout* é aplicado onde existe *job-shop* devido à variedade de produtos fabricados e ao seu baixo volume de produção. Pode ainda ser chamado *layout* de processo, pois neste *layout* os recursos ou processos similares são alocados juntos (Sanders e Reid, 2012; Slack et al., 2013), por ser conveniente agrupá-los ou para melhorar a utilização dos recursos de transformação. Assim, diferentes produtos, informações e pedidos de clientes irão ter rotas diferentes de acordo com as suas necessidades. Portanto, como diferentes produtos têm diferentes necessidades, estes vão ter rotas diferentes, sendo gerado um fluxo complexo (Slack et al., 2013).

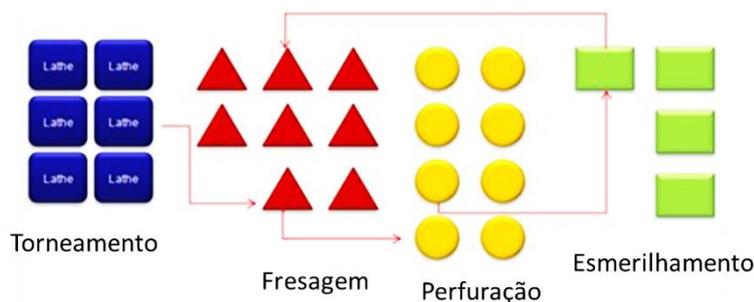


Figura 2.4. Esquema de *layout* funcional, adaptado de ACCERA (2011).

Sanders e Reid (2012) defendem que os recursos deste tipo de *layout* têm que ser aptos para produzir um grande número de produtos diferentes. Como são fabricados

vários produtos e existem muitas movimentações entre postos de trabalho, o tempo de fabricar um produto é muito mais longo e os custos de movimentação são grandes. Sanders e Reid (2012) mencionam ainda que deve ser realizado o planeamento de máquinas e equipamentos, de modo a se evitarem filas de espera em alguns postos de trabalho.

Normalmente, este tipo de *layout* é utilizado quando o volume de produção é baixo (Kumar e Suresh, 2009) e para processos intermitentes (Stevenson, 2012).

2.1.1.1.2. Layout de posição fixa

No *layout* de posição fixa o produto permanece estacionário e os operários, materiais e equipamentos são movimentados de acordo com as necessidades (Stevenson, 2012), como esquematizado na Figura 2.5. Tal acontece quando o produto é de grandes dimensões (Sanders e Reid, 2012; Slack et al., 2013), frágil para ser movimentado (Slack et al., 2013) ou fixo.

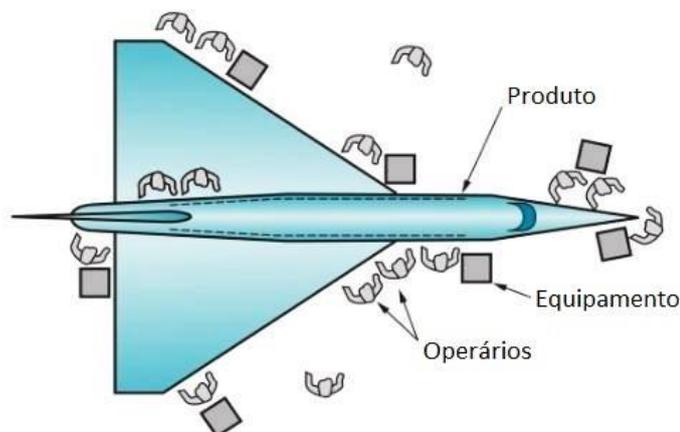


Figura 2.5. Esquema de *layout* de posição fixa, adaptado de Jones (2016).

2.1.1.1.3. Layout de produto

O *layout* de produto baseia-se em localizar os equipamentos de transformação segundo a conveniência dos recursos transformados. Cada produto segue uma rota pré-definida, em que a sequência das atividades requeridas corresponde à sequência em que os equipamentos estão localizados. Os recursos transformados fluem ao longo de uma linha de processo (Slack et al., 2013), exemplificada na Figura 2.6. Como o produto flui ao longo de uma linha, o fluxo torna-se menos complexo (Kumar e Suresh, 2009; Slack et al., 2013), mais rápido e com menos desperdícios de transporte, tornando-se assim vantajoso.

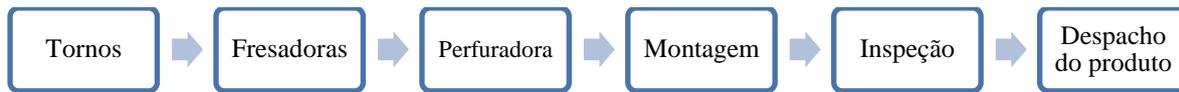


Figura 2.6. Esquema de *layout* de produto, adaptado de Kumar e Suresh (2009).

Contudo, o *layout* de produto apresenta grandes desvantagens, como o facto de que uma paragem de um equipamento da linha poder causar paragens a jusante ou que uma mudança no produto pode requerer alterações no *layout* (Dilworth, 1993; Kumar e Suresh, 2009). Este *layout* também se demonstra ser pouco versátil, uma vez que para além de uma mudança no produto poder requerer alterações no *layout*, também pode requerer mudanças de ferramentas, nascendo assim a necessidade da implementação SMED, abordada na subsecção 2.1.1.4, para *changeovers* mais rápidas. Assim, o *layout* de produto é geralmente utilizado para processos repetitivos e contínuos (Stevenson, 2012) e para fabricar grandes quantidades de um produto (Sanders e Reid, 2012).

2.1.1.1.4. *Layout em células*

No *layout* em células os postos de trabalho encontram-se agrupados em células que processam produtos com necessidades semelhantes (Stevenson, 2012), tal como representado na Figura 2.7.

A grande vantagem deste tipo de *layout* deve-se ao facto de os postos de trabalho estarem próximos uns dos outros, o que facilita a movimentação de material entre eles (Dilworth, 1993; Hopp e Spearman, 2000). Porém, este *layout* pode não ser viável em todas as situações, tal como se o *mix* de produtos for completamente diferente (Kumar e Suresh, 2009).

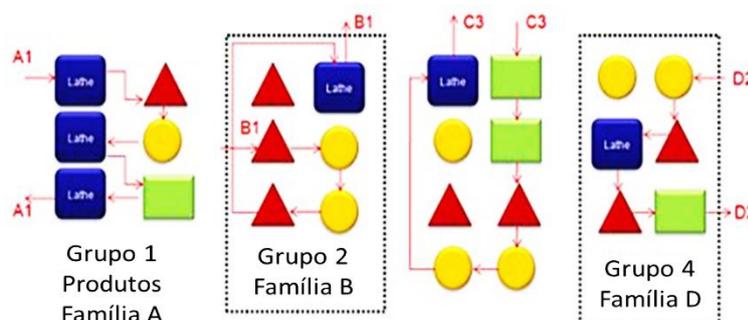


Figura 2.7. Esquema de *layout* em células, adaptado de ACCERA (2011).

2.1.1.2. Bordo de linha

O bordo de linha refere-se ao desenho da localização e contentorização de todos os materiais e componentes necessários ao fabrico do produto. De acordo com Coimbra (2013), este ponto de melhoria do fluxo de produção é inerente ao *line and layout design*, porém encontra-se separado pois tem também ligação com a logística interna. O bordo de linha corresponde ao ponto de interface entre processos de produção e processos logísticos e o seu principal objetivo é minimizar a movimentação dos trabalhadores.

Para o bordo de linha ser bem desenhado deve obedecer aos seguintes critérios (Coimbra, 2013):

- a localização dos componentes deve minimizar a movimentação dos funcionários;
- a localização dos componentes e contentores deve minimizar o movimento de operadores logísticos de abastecimento;
- o tempo necessário para alterar componentes de um produto para outro deve ser próximo de zero;
- a decisão de reabastecer deve ser intuitiva e instantânea.

Um aspeto muito importante na organização do bordo de linha é a localização dos componentes e dos contentores, existindo dois tipos (Coimbra, 2013):

- **Localização frontal** – os contentores localizam-se imediatamente à frente do posto de trabalho do funcionário. Como todos os componentes se encontram próximos do posto de trabalho, o funcionário tem que realizar movimentos curtos. Deste modo, a localização frontal torna-se o método preferível.
- **Localização na retaguarda** – quando o tamanho do produto e dos componentes for demasiado grande e impedir que a localização frontal seja utilizada, a localização na retaguarda, terá que ser usada. Com esta localização, o trabalhador terá que se movimentar da frente para trás sempre que necessitar de componentes.

2.1.1.3. Trabalho normalizado

Segundo Labach (2010), o trabalho normalizado consiste na existência de uma sequência de produção bem definida, com os passos e as operações que estão atribuídas a cada operário e que são balanceadas segundo o *takt time*. O seu objetivo é minimizar e controlar a variabilidade, ao nível da qualidade, do *stock* de *Work In Progress* (WIP), *stock* e custo. O trabalho normalizado é então definido através de três elementos: o *takt time*, a sequência de trabalho exata em que um operário executa tarefas dentro do *takt time*, e, por último, o *stock standard* requerido para o processo funcionar sem problemas (Emiliani, 2008).

De acordo com Bragança e Costa (2015), o trabalho normalizado é um conceito muito útil para especificar *standards* e definir quais os melhores métodos e sequências de trabalho para cada processo e cada funcionário.

2.1.1.3.1. Takt time

O *takt time* representa o ritmo a que o produto sai de uma linha de produção (Monden, 2012) e pode ser determinado por (Lean Enterprise Institute, 2008):

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produção}{Quantidade\ requerida}. \quad (2.1)$$

2.1.1.3.2. Ferramentas de trabalho normalizado

Existem várias ferramentas para a implementação do trabalho normalizado, entre as quais se destacam (Labach, 2010):

- **Folha de observação de tempos** – folha de recolha de tempos de cada tarefa. É comum recolher os tempos cinco vezes e calcular-se o tempo médio.
- **Folha combinada de trabalho normalizado** – folha que especifica as tarefas que estão atribuídas a cada pessoa e a sua sequência de trabalho. Apresenta também os tempos das tarefas e os tempos de movimentação.

2.1.1.3.3. Dificuldades de implementação

O trabalho normalizado é considerado por Ortiz (2006), o conceito mais difícil de implementar, pois é aquele em que normalmente existe uma maior resistência de

implementação devido à cultura da empresa e devido à resistência à mudança dos funcionários. Em muitas implementações de trabalho normalizado é possível observar a desaprovação dos funcionários, uma vez que podem sentir perda de flexibilidade e autonomia (Arezes et al., 2010). Contudo, após algum tempo, os próprios observam os benefícios dessa implementação e o *stress* inicial tende a desaparecer. De modo a evitar estas situações, os funcionários devem ser convidados a intervir no processo e sugerir diferentes *standards* para serem aplicados, caso encontrem melhores formas de realizar a mesma tarefa (Arezes et al., 2010). Assim, com a implementação adequada e com dedicação, o trabalho normalizado resolve grande parte da confusão existente no chão de fábrica (Ortiz, 2006) e gera vários benefícios.

2.1.1.3.4. Benefícios da implementação

Quando aplicado corretamente, o trabalho normalizado reduz a variabilidade nos processos (Emiliani, 2008; Lean Enterprise Institute, 2008), cria um ponto de referência para atividades de melhoria contínua (Emiliani, 2008; Lean Enterprise Institute, 2008) e cria documentação sobre o processo atual, facilitando a aprendizagem de novos funcionários (Lean Enterprise Institute, 2008).

Feng e Ballard (2008) afirmam que o trabalho normalizado reduz a probabilidade de paragens, aumentando assim o fluxo de trabalho. Deste modo, é criada uma base que permite compreender porque é que essas paragens ocorrem e explorar métodos de trabalho alternativos (Feng e Ballard, 2008). Portanto, o trabalho normalizado torna-se vantajoso para os responsáveis possuírem controlo do processo (Emiliani, 2008) e intervir na melhoria do mesmo, caso seja necessário (Wilson, 2010).

2.1.1.4. SMED

O sistema SMED, desenvolvido por Shigeo Shingo, consiste na redução do tempo de *setup*. Ao diminuir o tempo de *setup* as taxas de funcionamento das máquinas vão aumentar (Shingo, 1989). Com este sistema pretende-se que a mudança de ferramentas para fabricar um novo produto seja realizada no menor tempo possível, tornando o tempo de *changeover* inferior a dez minutos (Coimbra, 2013; Lean Enterprise Institute, 2008). Nascendo daí o nome “*Single Minute Exchange of Dies*”, pois esperam-se tempos de *changeover* na ordem dos minutos, que só tenham um algarismo.

Shingo (1989) considera três aspectos principais para a implementação de SMED: separar o *setup* interno de *setup* externo, converter *setup* interno em externo e agilizar todos os aspectos da operação de *setup*. As atividades de *setup* internas são realizadas enquanto a máquina está em funcionamento e, por sua vez, as externas enquanto a máquina está parada (Feld, 2001; Shingo, 1989), como visível na Figura 2.8. De acordo com Shingo (1989) é importante examinar que atividades externas podem estar a ser erradamente assumidas como internas e encontrar formas de as converter para externas. Ainda segundo Shingo (1989), é fundamental agilizar todas as atividades, tanto as internas, como também as externas.

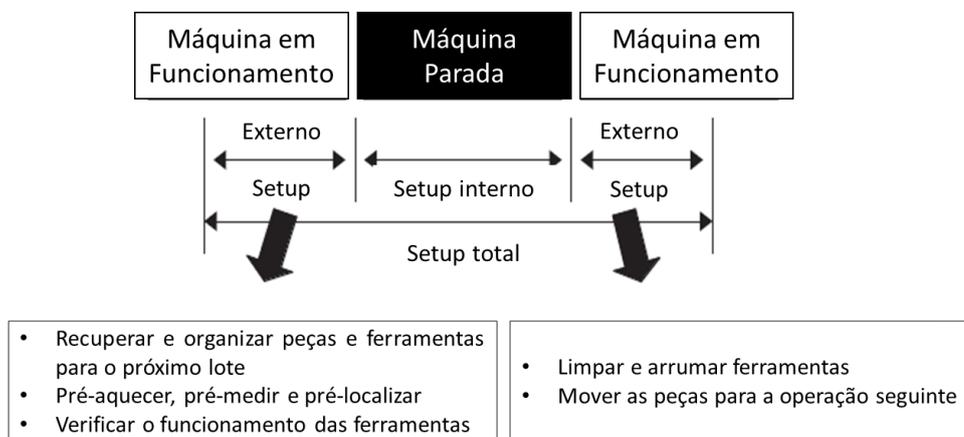


Figura 2.8. Distinção entre *setup* interno e externo, adaptado de Feld (2001).

2.1.2. Fluxo da Logística Interna

O fluxo da logística interna inclui todas as movimentações de contentores/componentes dentro das instalações de uma empresa, bem como o fluxo de informação relacionado com as ordens de fabrico. Os pontos de melhoria deste fluxo passam por: supermercados, *mizusumashi*, sincronização, nivelamento e *production pull planning* (Coimbra, 2013).

Os supermercados devem ser utilizados para simplificar e aumentar a eficiência do abastecimento de componentes dos funcionários; o *mizusumashi* para melhorar a eficiência do transporte de componentes; a sincronização para aprimorar a coordenação do abastecimento e produção de componentes; o nivelamento para ser realizado um agendamento eficiente dos equipamentos, ao mesmo tempo que se diminui o efeito chicote

na cadeia de abastecimento; o *production pull planning* para calcular as ordens de produção de acordo com as encomendas firmes dos clientes (Coimbra, 2013).

Nas secções seguintes irão ser apenas mencionados os supermercados e o *mizusumashi*, por serem considerados os pontos com maior necessidade de melhoria e de implementação, respetivamente.

A divisão da presente secção encontra-se apresentada na Figura 2.9.

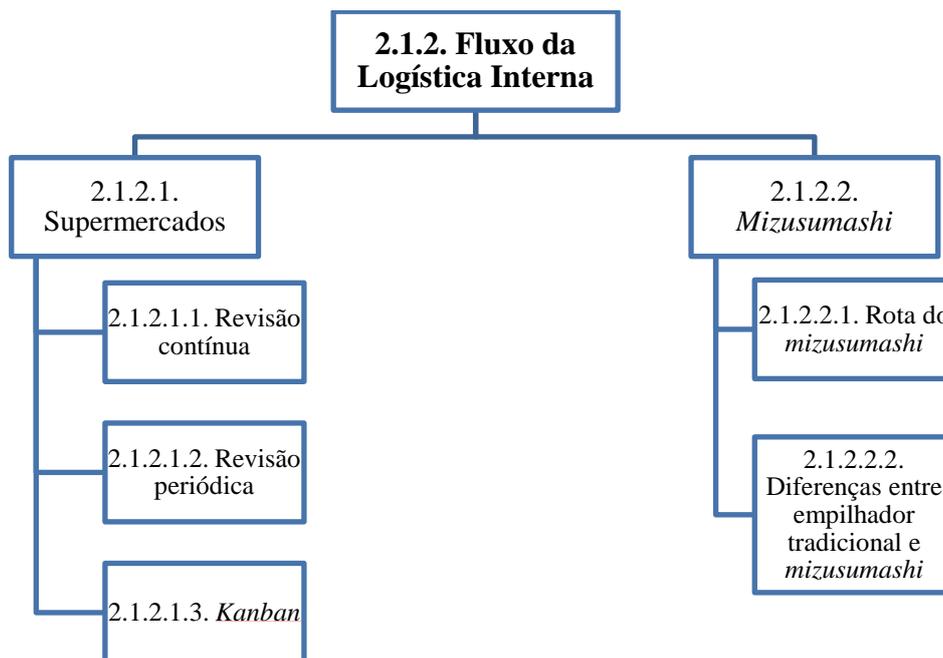


Figura 2.9. Organização da secção 2.1.2.

2.1.2.1. Supermercados

Os supermercados são locais definidos onde um *stock standard* é mantido para abastecer processos a jusante. Cada componente tem uma localização específica no supermercado, do qual o operário o retira nas quantidades necessárias para o processo (Lean Enterprise Institute, 2008). De acordo com Gross e McInnis (2003), os supermercados são então locais de armazenamento, onde os materiais se encontram perto do seu ponto de uso, de modo a serem utilizados quando necessário. Estes ajudam a minimizar custos de movimentação e facilitam o controlo visual.

Os *stocks* dos supermercados podem ser revistos segundo dois sistemas: revisão contínua e revisão periódica.

2.1.2.1.1. Revisão contínua

No sistema de revisão contínua o *stock* existente é verificado sempre que um item é retirado, sendo o intervalo entre encomendas variável e a quantidade a encomendar constante (Stevenson, 2012). O ponto de encomenda, PE , é um nível de *stock* que corresponde à quantidade de itens consumidos durante o tempo de entrega. Quando o *stock* atinge esse ponto de encomenda uma quantidade fixa é encomendada, sendo determinado por (Ballou, 1999; Dilworth, 1993; Stevenson, 2012):

$$PE = d \times LT, \quad (2.2)$$

em que d é a taxa de consumo e LT é o tempo de entrega. A Equação (2.2) é utilizada quando não existe variabilidade no consumo durante o tempo de entrega, nem variabilidade nesse tempo. A taxa de consumo e o tempo de entrega devem ser expressos na mesma dimensão temporal (Ballou, 1999).

Quando existe variabilidade no tempo de entrega ou no consumo durante esse período é utilizado um *stock* de segurança, SS . O *stock* de segurança surge para evitar que exista rutura de *stock* devido à variabilidade existente. Assim, (2.2) toma a seguinte forma (Stevenson, 2012):

$$PE = d \times LT + SS. \quad (2.3)$$

Um sistema particular do ponto de encomenda é o sistema de duplo lote ou dupla caixa, que implica duas caixas de *stock* de cada componente, como representado na Figura 2.10, e apenas quando uma caixa se esgota a outra caixa começa a ser usada e a caixa vazia ativa um pedido de reabastecimento (Monden, 2012). A quantidade existente na caixa deve ser suficiente para a procura durante o período de reposição (Owens e Warner, 1996) e é sempre a mesma quantidade a ser reposta (Rushton et al., 2017).



Figura 2.10. Esquema do modelo de dupla caixa, (Akro-Mils, 2017).

2.1.2.1.2. Revisão periódica

Com o sistema de revisão periódica verifica-se o *stock* existente em intervalos de tempo definidos, sendo o intervalo entre as ordens de encomenda constante e as quantidades encomendadas variáveis (Rushton et al., 2017; Sanders e Reid, 2012; Stevenson, 2012), de forma a aumentar o nível de inventário para um limite especificado (Chopra e Meindl, 2007).

2.1.2.1.3. Kanban

O *kanban* é a palavra japonesa para cartão (Hopp e Spearman, 2000; Sule, 2008), sendo este um sistema de controlo da produção através de cartões (Ballou, 1999). Este método ajuda a coordenar um sistema de produção ativada através da procura. Segundo Stevenson (2012), o *kanban* é um sistema manual utilizado para controlar o movimento de componentes e materiais. Podem existir *kanbans* de recolha, de *stock* e de produção. Um exemplo de um *kanban* de *stock* é apresentado na Figura 2.11.

Kanban I Production		Rolls-Royce													
Item Number:		Description:													
186A087-00		BED PLATE													
Kanban 1 This Kanban should be received on Production order		WM418512C													
Warehouse BROU01	Raw material : 950A215-20	Routing : OUBR1													
Quantity: 10		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Op</th> <th>Work Center</th> <th>Machine</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>BRWBR1</td> <td>BR01 - Flame Cutting</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>BRWF16</td> <td>F16 - Milling</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>BRWB25</td> <td>B25 - Drilling</td> </tr> </tbody> </table>		Op	Work Center	Machine	10	BRWBR1	BR01 - Flame Cutting	20	BRWF16	F16 - Milling	30	BRWB25	B25 - Drilling
Op	Work Center	Machine													
10	BRWBR1	BR01 - Flame Cutting													
20	BRWF16	F16 - Milling													
30	BRWB25	B25 - Drilling													

Figura 2.11. Exemplo de *kanban* de produção, (Akashmavle, 2012).

2.1.2.2. Mizusumashi

O *mizusumashi* é um operador logístico responsável pelo reabastecimento de todos os materiais e componentes, com uma rota de ciclo fixo (Coimbra, 2013; Hill, 2012). É um funcionário que reabastece apenas o material necessário na quantidade necessária e no momento exato, ou seja, *just-in-time* (Hill, 2012; Ichikawa, 2009). Pode ainda ser definido como sendo alguém que se movimenta rapidamente e de forma eficiente de um local para o

outro de modo a recolher e entregar material (Reis et al., 2016). O *mizusumashi* é também conhecido por aranha de água (Coimbra, 2013; Hill, 2012; Reis et al., 2016), pelas suas características de movimento.

Se o reabastecimento de material não funcionar de forma correta, toda a eficiência da produção vai ser prejudicada (Ichikawa, 2009). Assim, o principal objetivo do uso do *mizusumashi* é eliminar tarefas sem valor acrescentado realizadas pelos funcionários e colocar todas essas tarefas numa única pessoa (Reis et al., 2016), tornando deste modo o reabastecimento mais eficiente. Para realizar o reabastecimento, o *mizusumashi* vai repetir a mesma rota num ciclo de tempo fixo, em que vai parar em vários pontos ao longo da rota e verificar se necessitam de material (Coimbra, 2013), recolhendo cartões que existam a sinalizar materiais a entregar posteriormente, e assim, entregar os materiais (Lean Enterprise Institute, 2008). Para o reabastecimento é utilizado um comboio logístico que tem capacidade de carga para abastecer todos os pontos de paragem (Coimbra, 2013).

De acordo com Hill (2012), o *mizusumashi* tem uma rotina diária e tem que conhecer todos os processos o suficiente para intervir, caso necessário. Por vezes, este funcionário também auxilia nas tarefas de *changeover*, fornece ferramentas e providencia qualquer outra ajuda necessária de forma a manter o fluxo.

2.1.2.2.1. Rota do *mizusumashi*

Para se traçar a rota de reabastecimento do *mizusumashi* devem seguir-se um conjunto de passos, propostos por Coimbra (2013):

1. Realizar uma lista de tarefas que lhe são pertencentes;
2. Fazer uma estimativa da duração de cada tarefa;
3. Desenhar uma rota circular no *layout* da empresa, que tenha o mesmo ponto de início e de fim;
4. Identificar os pontos de paragem;
5. Construir um protótipo do comboio logístico;
6. Testar o “comboio”, medir tempos e eliminar desperdícios;
7. Escolher a melhor pessoa para desempenhar esta função;
8. Elaborar uma folha de trabalho normalizado.

2.1.2.2.2. Diferenças entre empilhador tradicional e mizusumashi

O processo de reabastecimento com recurso a um empilhador tradicional não ocorre de forma *standard*, uma vez que não existe uma rota ou ciclo fixos, enquanto que o *mizusumashi* trabalha segundo o trabalho normalizado, tendo uma rota e ciclos definidos (Coimbra, 2013).

Na Figura 2.12 pode observar-se que o empilhador (à esquerda) se desloca a cada ponto para adquirir apenas cada contentor de acordo com as ordens que recebe, enquanto que o *mizusumashi* (à direita) se desloca a todos os pontos com um só percurso pré-definido. Também a capacidade de carga do empilhador limita os pontos onde este se pode deslocar.

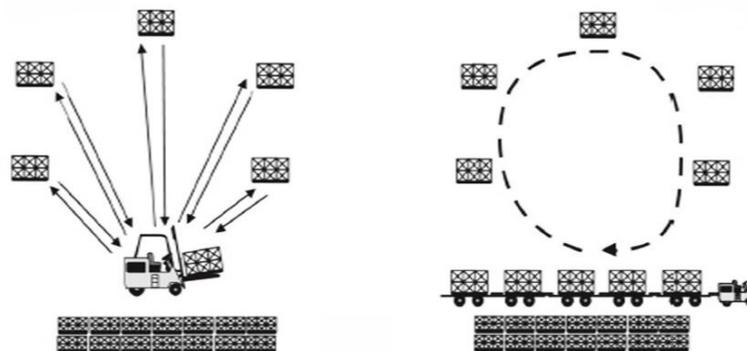


Figura 2.12. Percurso do empilhador vs. percurso do *mizusumashi*, (Coimbra, 2013).

2.2. Metodologia 5S

Ao longo do tempo, vários tipos de “lixo” podem ser acumulados numa empresa. Este “lixo” inclui *stocks* de WIP desnecessários, produtos com defeitos, equipamentos e/ou ferramentas desnecessárias (Monden, 2012).

O termo “5S” surgiu no Japão, derivando assim de palavras japonesas para cinco práticas *lean manufacturing* que conduzem a um espaço de trabalho limpo e organizado: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Womack e Jones, 2003). As palavras japonesas, correspondem respetivamente em inglês a *Sort* (seleção), *Straighten* (organização), *Shine* (limpeza), *Standardize* (normalização) e *Sustain* (disciplina) (Arnold et al., 2012; Sule, 2008). A metodologia 5S é uma ferramenta conhecida por melhorar o desempenho do sistema (Omogbai e Salontisa, 2017), uma vez que com a sua implementação é possível atingir os três principais objetivos da gestão da produção: melhorar os níveis de qualidade,

melhorar o *lead time* e reduzir custos (Monden, 2012). Estas práticas facilitam o controle visual e a implementação de outras ferramentas *lean* (Wilson, 2010).

De acordo com Ortiz (2006), muitas pessoas discordam com o conceito 5S, afirmando que o processo de produção é sujo e desarrumado por natureza. Contudo, uma empresa bem organizada e limpa ganha mais credibilidade junto de clientes, fornecedores, visitantes e candidatos (Monden, 2012).

Irá proceder-se a uma breve descrição sobre cada “S”.

- ***Seiri***

O primeiro “S” corresponde ao ato de selecionar tudo o que é necessário e desnecessário no posto de trabalho (Arnold et al., 2012; Sule, 2008). Deste modo, devem ser removidos todos os materiais, ferramentas e equipamentos desnecessários da área de trabalho (Ortiz, 2006; Sule, 2008). Como os itens desnecessários são removidos, obtém-se um espaço de trabalho mais limpo e produtivo (Sule, 2008).

- ***Seiton***

Após a seleção, as ferramentas, componentes, documentos e postos de trabalho devem ser organizados (Ortiz, 2006). Com este “S” pretende-se que tudo seja arrumado de forma a ser encontrado rapidamente por todos (Monden, 2012), existindo um local definido para tudo e devendo tudo estar no seu local (Lean Enterprise Institute, 2008). A organização é essencial para que sejam desenvolvidos hábitos de trabalho disciplinados (Liker e Meier, 2006)

- ***Seiso***

No final de cada turno, os postos de trabalho devem ficar limpos e arrumados, não ficando nada fora do devido local (Feld, 2001). Ortiz (2006) defende que pisos sujos e molhados são um risco para a segurança de todos os que lá caminham, pelo que devem ser mantidos limpos. As ferramentas e equipamentos também devem ser limpos e alvo de manutenção preventiva, de forma a garantir a longevidade e diminuir a possibilidade de avarias, refere ainda Ortiz (2006).

- ***Seiketsu***

O objetivo da normalização, é manter os 3S já mencionados, tendo-se um espaço de trabalho limpo e sem “lixo” (Monden, 2012). Pretende-se que exista um esforço para se cumprir os *standards* de limpeza dentro da empresa (Feld, 2001). Como exemplos de normalização devem ser realizadas auditorias e manutenção preventiva (Sule, 2008).

- ***Shitsuke***

Com o “S” da disciplina pretende-se que os trabalhadores tenham o hábito de se conformar às regras (Monden, 2012). A administração deve reforçar a importância da organização e da limpeza junto dos funcionários (Feld, 2001), podendo recorrer a ações de formação para esse efeito.

2.3. Métodos de Análise de Fluxos

A análise de fluxos ajuda a que *layouts* de instalações tenham um melhor *design* (Stephens e Meyers, 2013). Os objetivos da análise de fluxos são promover a eficiência e alcançar uma redução de custos. Assim, uma análise detalhada do fluxo de material vai apresentar informações acerca de requisitos de operação, necessidades de manuseio de material, necessidades de armazenamento, requisitos de inspeção e razões de atraso (Stephens e Meyers, 2013). Vão ser focados dois métodos de análise de fluxos, o fluxograma operatório e a análise do processo.

2.3.1. Fluxograma Operatório

O fluxograma operatório é um tipo de análise útil para apresentar sob a forma de esquema a sequência das operações necessárias para a fabricação de um produto. As operações são representadas pelos seguintes elementos (Courtois et al., 2007):

- Operação com valor acrescentado 
- Movimentação 
- Armazenagem com operação de entrada/saída 
- *Stock-tampão* 
- Controlo 

Em geral, as cores utilizadas são o laranja, azul e verde, que correspondem, respetivamente, a saída/entrada de stock, movimentação e operação com valor acrescentado.

Este tipo de análise tem as vantagens de sintetizar os trajetos e de permitir visualizar a importância das operações sem valor acrescentado em relação às que induzem valor acrescentado (apenas as representadas por retângulos). Por outro lado, apresenta a desvantagem de não apresentar informação quantitativa, relativamente à distância, tempo e quantidade. Ao serem eliminadas as operações sem valor acrescentado, aumenta-se a produtividade (Courtois et al., 2007).

2.3.2. Gráfico do Fluxo do Processo

O gráfico do fluxo do processo traduz uma análise mais exata do que o fluxograma operatório, pois para além da descrição das operações, apresenta informações de quantidade, distância e tempo (Courtois et al., 2007). Este mostra graficamente cada passo que o produto/componente segue até que esteja completo (Sule, 2008), como exemplificado na Figura 2.13. Os símbolos utilizados para identificar o tipo de processo são os mesmos que são utilizados no fluxograma operatório. O objetivo desta análise é determinar o método de produção que utiliza o menor número de símbolos (Sule, 2008). Assim, esta torna-se útil pois proporciona oportunidades de as operações serem estudadas e de assim se encontrarem formas de as melhorar (Dilworth, 1993), por exemplo, ao nível da redução de tempos ou da distância percorrida.

Processo	Símbolo	Quantidade	Distância (metros)	Tempo (minutos)
1. Saída do armazém				
2. Para corte		500	70	10
3. Corte				60
4. Para furação		20	10	15
5. Furação				20
6. Para controlo		20	5	20

Figura 2.13. Exemplo de gráfico do fluxo do processo, adaptado de Courtois et al., (2007).

3. A EMPRESA AFONSO O. COSTA

A empresa Afonso O. Costa, localizada em Anadia, dedica-se à produção de equipamentos florestais e conta com trinta colaboradores. O *layout* das suas instalações encontra-se apresentado no ANEXO A – *Layout* das instalações atuais.

Os produtos mais fabricados são reboques florestais, guas florestais e cabeças processadoras de eucalipto e pinho. A produção é feita em pequenos lotes, de cinco a dez unidades, dependendo do tipo de equipamento, com base em encomendas firmes.

Os equipamentos produzidos são complexos, compostos por uma grande quantidade de componentes, sendo alguns fabricados internamente (por exemplo, cavilhas e cubos de articulação) e outros adquiridos a fornecedores externos (por exemplo, porcas e parafusos). Após a produção/aquisição dos componentes necessários, o produto passa por uma fase de montagem. Primeiramente, os produtos sofrem uma montagem intermédia, que se destina a juntar todos os componentes e soldar o necessário. De seguida, passam por uma montagem final, em que são colocados os componentes hidráulicos e eletrónicos. A diversidade de componentes pertencentes a um dado produto e a existência de encomendas a serem produzidas em paralelo geram fluxos de materiais complexos no espaço fabril.

A nível de planeamento, é realizada uma reunião mensal em que é feito o levantamento da produção e são contabilizadas as encomendas em carteira, sendo desta forma gerada uma nova ordem de produção em papel, se necessário. Estas ordens são entregues maioritariamente nas zonas de corte, nomeadamente nos serrotes, guilhotina e oxicorte/plasma. Algumas ordens são entregues diretamente nos tornos, que solicitam material às zonas de corte. Não é atribuída data de entrega às ordens de produção. Não existem tempos de operações e de *setup*, apenas existem alguns tempos de operação retirados automaticamente dos tornos de CNC (Controlo Numérico Computorizado) para componentes de modelos de fabrico antigos.

Resta referir que a Afonso O. Costa terminou recentemente a construção de novas instalações para onde a produção irá passar nos próximos meses. As novas instalações são compostas por dois edifícios principais: (1) escritórios e armazém e (2) nave industrial para onde serão transferidos os equipamentos de produção. O armazém destina-se apenas

para componentes adquiridos a fornecedores externos. O novo *layout* encontra-se praticamente definido e pode ser observado no ANEXO B – *Layout* das novas instalações.

3.1. Problemas Identificados

Após visitas à empresa e reuniões com a administração identificaram-se um conjunto de problemas:

- existe dificuldade no controlo dos fluxos de materiais, devido à sua enorme complexidade, pois cada produto é constituído por um grande número de componentes;
- a dificuldade de controlo de fluxos origina dificuldades na coordenação das várias etapas necessárias à realização de um dado produto/componente, verificando-se que por vezes os materiais necessários não se encontram todos disponíveis para assegurar a execução de uma dada operação;
- existe, aparentemente, um estrangulamento da produção associado ao setor dos tornos, por falta de mão-de-obra qualificada para a realização dessa tarefa;
- a existência de estantes de supermercados para componentes adquiridos entre postos de trabalho dificulta a comunicação entre os postos, pois são de altura elevada;
- existência de supermercados desarrumados;
- os postos de trabalho encontram-se pouco organizados;
- grande conjunto de componentes que já não são utilizados nos modelos de fabrico atuais junto aos postos de trabalho;
- movimentações desnecessárias por parte dos funcionários ao longo do dia.

4. ANÁLISE DA GRUA FLORESTAL G4200X

A grua florestal G4200X, apresentada na Figura 4.1, é alvo de análise por ser um dos produtos mais vendidos. Este produto é constituído por nove subconjuntos principais: (1) caixa de giro, (2) coluna, (3) cilindro hidráulico de elevação, (4) braço principal, (5) cilindro hidráulico de articulação, (6) braço secundário, (7) cilindro hidráulico da lança, (8) lança principal e (9) lança secundária, entre outros elementos estruturais. O produto é fabricado em lotes de dez unidades.



Figura 4.1. Grua florestal G4200X, (Afonso O. Costa).

Partindo da análise da lista de materiais deste produto, verificou-se que este é constituído por 460 tipos de componentes diferentes, sendo 309 fabricados e 151 adquiridos, correspondendo respetivamente, a percentagens de 67% e 33%. Considerando que é necessário mais do que um exemplar de alguns componentes, estes traduzem-se num total de 939 componentes, sendo 483 fabricados e 456 adquiridos, correspondendo respetivamente, a percentagens de 51% e 49%. Estas quantidades encontram-se sintetizadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Quantidade de componentes fabricados e de componentes adquiridos.

	Tipos componentes	Número total	% tipos	% número total
Adquiridos	151	456	33	49
Fabricados	309	483	67	51
Total	460	939		

Para cada componente fabricado identificou-se quais os equipamentos que são necessários visitar para a sua produção, elaborando-se assim um documento de rotas com recurso a uma folha de cálculo. Um exemplo é apresentado no APÊNDICE A . Considerou-se importante excluir alguns componentes que não tinham operações ao nível dos equipamentos, tais como as mangueiras que só sofrem corte ou cravagem. Retirou-se também alguns outros elementos considerados muito simples, tais como anilhas ou componentes que só sofriam corte. Estes elementos excluídos resultam num total de 83 tipos de componentes, correspondente a 27% dos tipos fabricados. Dos tipos de componentes fabricados existem 85 geridos por *kanban* (19%).

Na Tabela 4.2 pode observar-se quantos componentes visitam cada posto de trabalho, divididos pelos conjuntos que constituem o produto. Assim, verifica-se que onde existe uma maior afluência de componentes é nos serrotes, tornos e centros de maquinagem.

Tabela 4.2. Quantidade de componentes que visitam cada posto de trabalho.

	Caixa de giro	Coluna	Cilindro hidráulico de elevação	Braço principal	Cilindro hidráulico de articulação	Braço secundário	Cilindro hidráulico lança	Lança principal	Lança secundária	Outros elementos	Total
Serrotes	60	13	11	2	10	12	9	16	16	23	172
Guilhotina	0	2	0	0	0	2	0	2	2	0	8
Quinadeiras	0	2	0	2	0	7	0	8	11	2	32
Oxicorte e plasma	1	0	0	2	0	6	0	6	0	22	37
Rebarbadora	1	0	0	2	0	6	0	6	0	22	37
Tornos	60	13	9	1	8	2	7	4	0	23	127
Centros de maquinagem	43	0	6	1	6	17	7	17	13	33	143
Soldadura MIG	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	4
Robô soldadura	4	0	2	0	2	1	2	2	0	15	28
Fresadora universal	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Chanfradora	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2

Existe um conjunto de 97 tipos de componentes para o qual não foi possível identificar as suas rotas de produção, mas num trabalho futuro considera-se importante realizar esse levantamento, não só para estes componentes, mas também para os componentes dos outros dois principais produtos. Deste modo passará a existir um registo

das rotas, essencial para o *mizusumashi*, proposto no subcapítulo 5.2, conhecer para onde deve deslocar os componentes fabricados, sem necessidade de interromper os restantes funcionários.

Depois de identificado o percurso de cada componente no espaço fabril, analisou-se quais as rotas de fabrico que se repetem mais frequentemente. Esta análise é exposta na Tabela 4.3, através da qual se conclui que existem apenas três rotas principais: serrote-centro de maquinagem; serrote-torno; e serrote-torno-centro de maquinagem. Sendo que a rota serrote-torno é a que mais se repete, verificando-se para 76 componentes. Existem algumas rotas que por não se repetirem um número de vezes significativo não serão apresentadas.

Tabela 4.3. Principais rotas de fabrico.

	Caixa de giro	Coluna	Cilindro hidráulico de elevação	Braço principal	Cilindro hidráulico de articulação	Braço secundário	Cilindro hidráulico lança	Lança principal	Lança secundária	Outros elementos	Total
Serrote-Centro maquinagem	1	0	2	1	2	10	2	8	4	0	30
Serrote-Torno	47	13	5	1	4	1	2	3	0	0	76
Serrote-Torno-Centro maquinagem	12	0	4	0	4	0	5	1	0	17	43
Oxicorte/plasma-Rebarbadora-Centro maquinagem	1	0	0	0	0	1	0	2	0	7	11
Oxicorte/plasma-Rebarbadora-Centro maquinagem-Quinadeira	0	0	0	0	0	5	0	4	0	0	9
Serrote-Centro maquinagem-Quinadeira	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9

4.1. Análise de Fluxos

Na Figura 4.2 e na Figura 4.3 mostram-se duas análises de fluxo, que foram realizadas para o subconjunto mais simples da grua, o cilindro hidráulico de elevação.

Na Figura 4.2 realiza-se a análise do fluxo através do fluxograma operatório. Cada saída de stock corresponde respetivamente, material que sai para o fabrico da haste tipo B, cabeça, ponteira quadrada, cubo, g4200, camisa, êmbolo, cabeça tipo D, casquilho e casquilho duplo. Os dois primeiros após a soldadura originam a haste do cilindro hidráulico

de elevação, enquanto que os quatro seguintes soldados formam a camisa do cilindro hidráulico de elevação. Estes juntamente com os restantes componentes originam então no final o cilindro hidráulico de elevação.

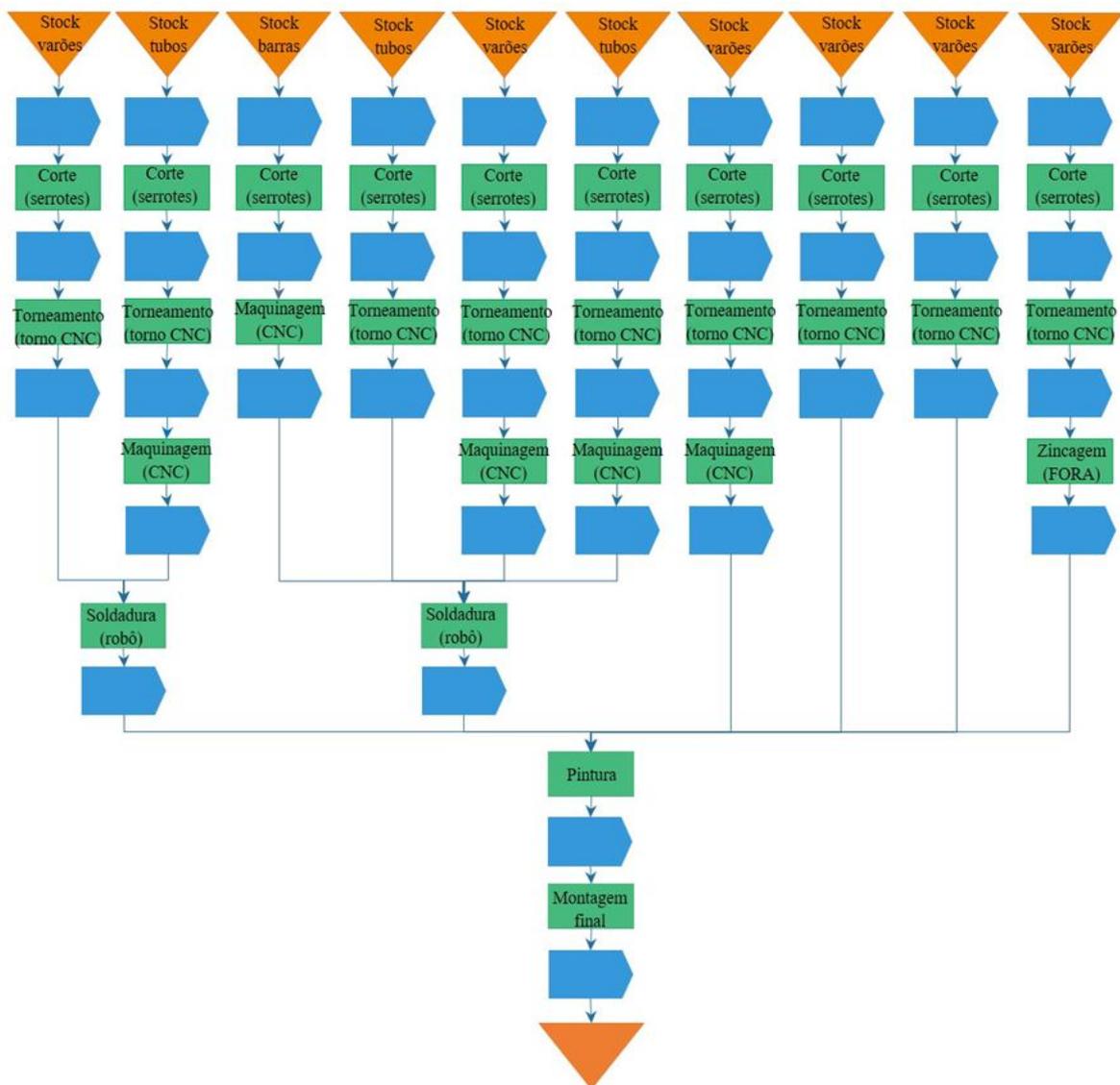


Figura 4.2. Fluxograma operatório para o fabrico do cilindro hidráulico de elevação.

Na Figura 4.3 é apresentado o gráfico do fluxo do processo, em que se identificam as precedências necessárias para o processo ocorrer. Os ícones do tipo de processo são correspondentes aos utilizados no fluxograma operatório da Figura 4.2. Não existem dados relativos à distância e ao tempo.

Nº	Processo	Tipo Processo	Precedências	Quantidade	Distância [m]	Tempo [min]
1	Saída do stock de varões	▼▲■D◀				
2	Para corte	▼▲■D◀		1		
3	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		2		
4	Para torneamento	▼▲■D◀		3		
5	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		4		
6	Para soldadura	▼▲■D◀		5		
7	Saída do stock de tubos	▼▲■D◀				
8	Para corte	▼▲■D◀		7		
9	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		8		
10	Para torneamento	▼▲■D◀		9		
11	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		10		
12	Para maquinagem	▼▲■D◀		11		
13	Maquinagem (centro CNC)	▼▲■D◀		12		
14	Para soldadura	▼▲■D◀		13		
15	Soldadura (robô)	▼▲■D◀		6, 14		
16	Para pintura	▼▲■D◀		15		
17	Saída do stock de barras	▼▲■D◀				
18	Para corte	▼▲■D◀		17		
19	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		18		
20	Para maquinagem	▼▲■D◀		19	2	
21	Maquinagem (centro CNC)	▼▲■D◀		20		
22	Para soldadura	▼▲■D◀		21		
23	Saída do stock de tubos	▼▲■D◀				
24	Para corte	▼▲■D◀		23		
25	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		24		
26	Para torneamento	▼▲■D◀		25		
27	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		26		
28	Para soldadura	▼▲■D◀		27		
29	Saída do stock de varões	▼▲■D◀				
30	Para corte	▼▲■D◀		29		
31	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		30		
32	Para torneamento	▼▲■D◀		31		
33	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		32		
34	Para maquinagem	▼▲■D◀		33		
35	Maquinagem (centro CNC)	▼▲■D◀		34		
36	Para soldadura	▼▲■D◀		35		
37	Saída do stock de tubos	▼▲■D◀				
38	Para corte	▼▲■D◀		37		
39	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		38		
40	Para torneamento	▼▲■D◀		39		
41	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		40		
42	Para maquinagem	▼▲■D◀		41		
43	Maquinagem (centro CNC)	▼▲■D◀		42		
44	Para soldadura	▼▲■D◀		43		
45	Soldadura (robô)	▼▲■D◀		22, 28, 36, 44		
46	Para pintura	▼▲■D◀				
47	Saída do stock de varões	▼▲■D◀				
48	Para corte	▼▲■D◀		47		
49	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		48		
50	Para torneamento	▼▲■D◀		49		
51	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		50		
52	Para maquinagem	▼▲■D◀		51		
53	Maquinagem (centro CNC)	▼▲■D◀		52		
54	Para pintura	▼▲■D◀		53		
55	Saída do stock de varões	▼▲■D◀				
56	Para corte	▼▲■D◀		55		
57	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		56		
58	Para torneamento	▼▲■D◀		57		
59	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		58		
60	Para pintura	▼▲■D◀		59		
61	Saída do stock de varões	▼▲■D◀				
62	Para corte	▼▲■D◀		61		
63	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		62		
64	Para torneamento	▼▲■D◀		63		
65	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		64		
66	Para pintura	▼▲■D◀		65		
67	Saída do stock de varões	▼▲■D◀				
68	Para corte	▼▲■D◀		67		
69	Corte (serrotes)	▼▲■D◀		68		
70	Para torneamento	▼▲■D◀		69		
71	Torneamento (tomo CNC)	▼▲■D◀		70		
72	Para zincagem	▼▲■D◀		71		
73	Zincagem (fora da empresa)	▼▲■D◀		72		
74	Para pintura	▼▲■D◀		73		
75	Pintura	▼▲■D◀		16, 46, 54, 60, 66, 74		
76	Para montagem final	▼▲■D◀		75		
77	Montagem final	▼▲■D◀		76		
78	Entrada stock	▼▲■D◀		77		

Figura 4.3. Gráfico do fluxo do processo para o fabrico do cilindro hidráulico de elevação.

Relativamente às ferramentas utilizadas, estas podem realmente ser interessantes para fazer uma análise do fluxo, mas os produtos fabricados são demasiado complexos. Aplicaram-se estes métodos para um subconjunto mais simples e foi já complicado, demonstrando assim a complexidade dos fluxos existentes. Portanto, realizar esta análise para um produto completo é muito trabalhoso e moroso.

4.2. Layout Atual vs. Novo Layout

Como a empresa se encontra numa fase de mudança de instalações e o *layout* ainda pode sofrer algumas alterações, considera-se importante avaliar se o novo *layout* é adequado ou não.

Considerando o *layout* atual e o *layout* fornecido das novas instalações, foram traçadas as principais rotas, que podem ser observadas, respetivamente, na Figura 4.4 e Figura 4.5.

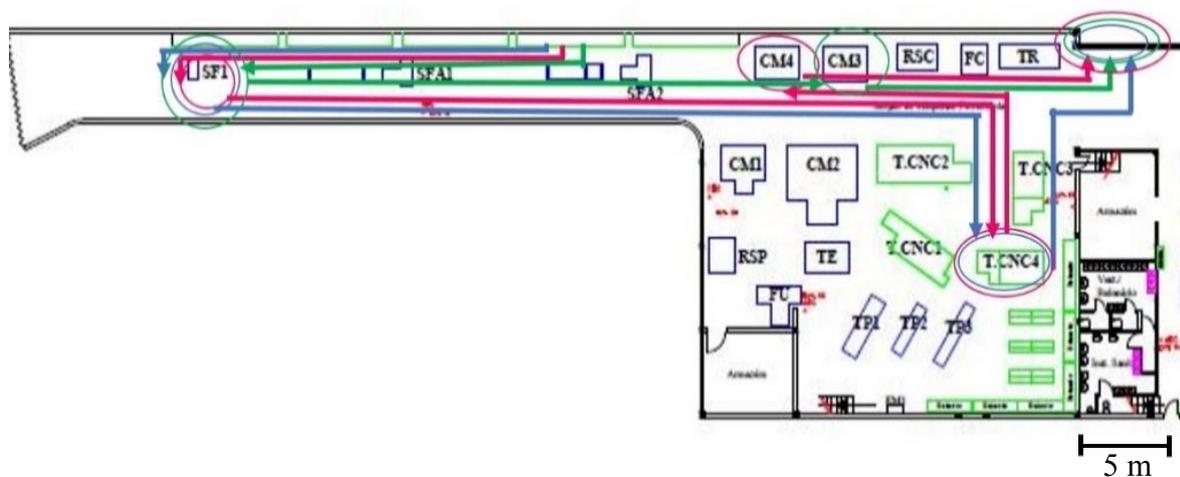


Figura 4.4. Principais rotas de fabrico nas instalações atuais.

Rosa: estantes-serrote-torno CNC-centro de maquinagem-armazém intermédio

Azul: estantes-serrote-torno CNC-armazém intermédio

Verde: estantes-serrote-centro de maquinagem-armazém intermédio

Consideram-se as mesmas cores para a Figura 4.5.

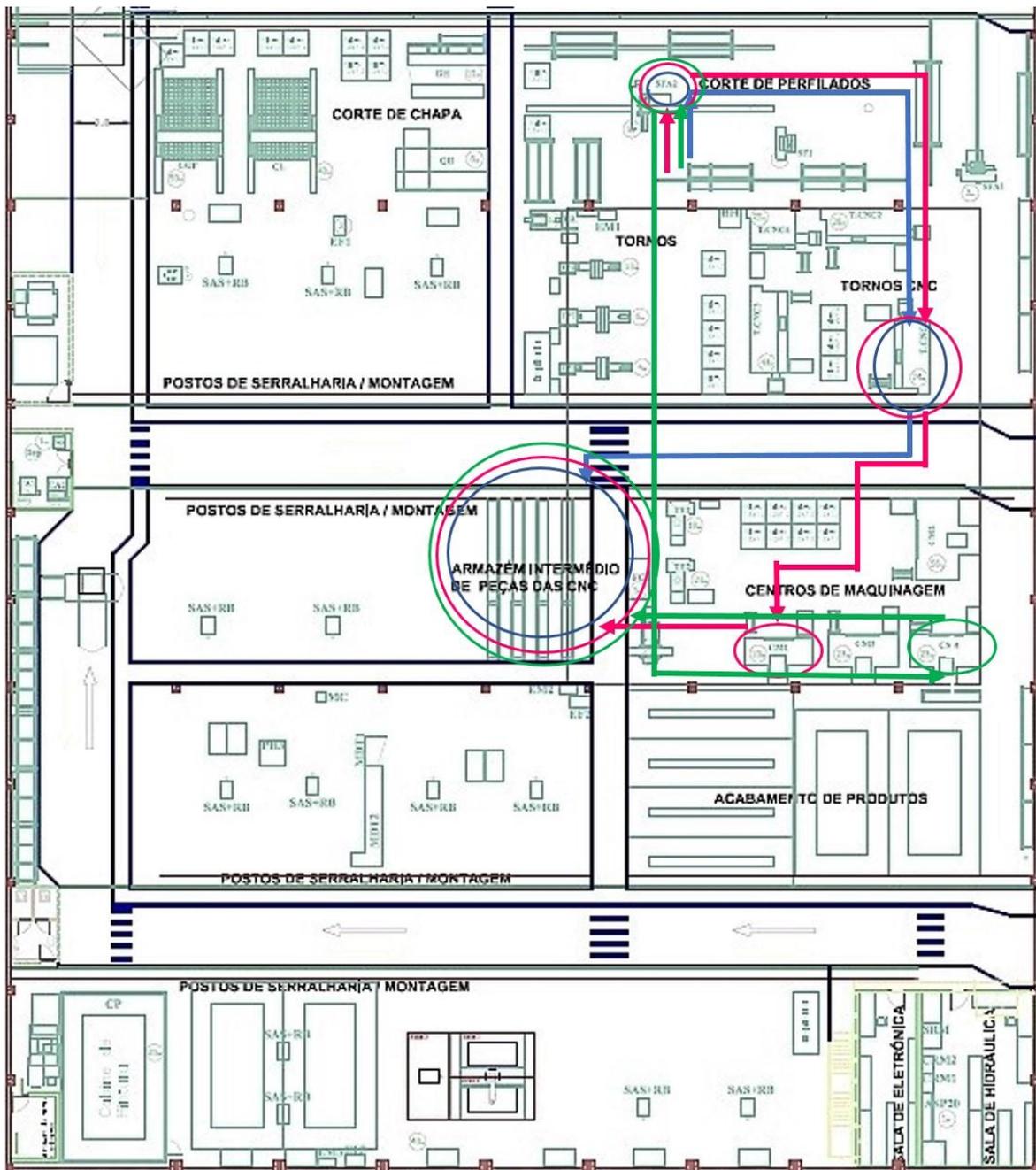


Figura 4.5. Principais rotas de fabrico nas novas instalações.

4 m

Nas instalações atuais verifica-se que a empresa trabalha de acordo com um *layout* funcional, e que de futuro assim continuará. Tendo em conta as tipologias de *layout* que foram apresentadas na subsecção 2.1.1.1, considerando o tipo de produção da empresa (*job-shop*) e o grau de especialização dos funcionários (por exemplo, um funcionário do serrote não pode trabalhar num torno) o *layout* tem que ser funcional. As taxas de produção são baixas e o *mix* de produtos existentes não permite que existam linhas nem um *layout* em

células. Tendo também em consideração a análise de fluxo que foi realizada no subcapítulo anterior, não existe alternativa ao *layout* funcional.

Considerando as rotas mais frequentes para o fabrico dos componentes da grua florestal G4200X, apresentadas neste capítulo, achou-se importante medir o tamanho desses percursos nas instalações atuais e nas novas. Tendo em conta os *layouts* à escala das duas instalações, é apresentado o comprimento aproximado (em metros) dessas rotas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Tamanho das principais rotas.

Rota	Instalações atuais	Instalações novas
Serrote-Torno	86 m	50 m
Serrote-Centro Maquinagem	70 m	59 m
Serrote-Torno-Centro Maquinagem	112 m	57 m

Como existem 76 componentes que fazem a rota serrote-torno tem-se 6536 metros de movimentação nas instalações atuais e 3800 metros nas novas. Para a rota serrote-centro de maquinagem existem 30 componentes, medindo 2100 metros nas instalações atuais e 1770 metros nas novas. Existem ainda 43 componentes que fazem a rota serrote-torno-centro de maquinagem que resultam em 4816 metros nas instalações atuais e de 2451 metros nas novas.

Nas instalações atuais, estas rotas representam um total de 13452 metros, enquanto que nas novas instalações correspondem a um total de 8021 metros. Existindo assim uma redução de 5431 metros, correspondente a uma diminuição da distância em 40%. Deste modo, verifica-se que o *layout* das novas instalações é mais vantajoso pois reduz a distância percorrida, para o fabrico da grua florestal G4200X, sendo expectável que o mesmo ocorra para os restantes produtos.

4.3. Análise de Tempos

Na Figura 4.6 é apresentada uma amostra de tempos retirados automaticamente dos tornos de CNC para o fabrico de componentes de modelos anteriores da grua florestal em análise. A administração estima serem necessárias cinco horas de trabalho de torno para o fabrico dos componentes da grua, que coincidem com os tempos entregues, referiram também que este tempo de torno se traduz em cerca de doze horas e meia de mão de obra, e que para produzir uma série são necessárias cerca de três semanas.

LISTA DE COMPONENTES MECÂNICOS									
	CÓDIGO:	QT./ UN.	DESIGNAÇÃO	SUBSISTEMA	TORN CNC				
	PRODUTO: G4000X (baseada na G2750X)				PROGR	TEMPO (min:seg)			
G4000X	1	3111 35X1475	1 Haste furada 35x20	Cil. Hidráulicos	GG82	0	31	0	31
G4000X	2	3111 060X931	1 Haste 60	Cil. Hidráulicos	CH20	1	27	1	27
G4000X	3	3111 060X886	1 Haste 60	Cil. Hidráulicos	CH20	1	27	1	27
G4000X	4	3112 55X1405	1 Camisa 55	Cil. Hidráulicos	N			0	0
G4000X	5	3112 100X857	1 Camisa 100	Cil. Hidráulicos	N			0	0
G4000X	6	3112 100X859	1 Camisa 100	Cil. Hidráulicos	N			0	0
CH	7	3113 055X012	1 Fundo 55	Cil. Hidráulicos	GG85	0	28	0	28
CH	8	3113 100X054	2 Fundo 100X54	Cil. Hidráulicos	G416	2	58	4	116
CH	9	3114 060X100	1 Cabeça 60x100	Cil. Hidráulicos	0	5	0	5	0
CH	10	3115 035X055	1 Embolo 35x55	Cil. Hidráulicos	GG99	4	47	4	47
CH	11	3115 060X100	1 Embolo 60x100	Cil. Hidráulicos	0	4	0	4	0
CH	12	3116 060X100	1 Tampa Embolo 60x100	Cil. Hidráulicos	0	2	0	2	0
G2750X	13	3117 035X084	1 Cabeça articulação 35	Cil. Hidráulicos	GG49	2	22	2	22
G4000X	14	3131 060x158	1 Cubo (1)	Artic.	G410	2	34	2	34
G4000X	15	3131 050x158	1 Cubo (2)	Artic.	G401	2	44	2	44
G4000X	16	3131 050X225	2 Cubo (3 e 4)	Artic.	G402	3	20	6	40
G4000X	17	3131 050X088	1 Cubo (5)	Artic.	G403	2	2	2	2
G4000X	18	3131 050X133	1 Cubo (6)	Artic.	G404	2	18	2	18
G4000X	19	3131 060X088	1 Cubo (7)	Artic.	G408	2	3	2	3
G4000X	20	3131 060X133	1 Cubo (8)	Artic.	G409	2	8	2	8
G4000X	21	3131 060X248	1 Cubo (9)	Artic.	G413	4	23	4	23

Figura 4.6. Tempos de tornos de CNC para fabrico de modelos anteriores da grua florestal G4200X.

Os tempos recolhidos dos tornos demonstram ser de pouco interesse, pois apenas fornecem a informação de que se todos os componentes fossem fabricados em contínuo, iriam demorar cinco horas a serem produzidos, desconhecendo-se o tempo de preparação. Posto isto, deve ser realizada uma recolha dos tempos de preparação, de modo a existir uma noção mais exata do tempo despendido com esse aspeto. Mas, considerando a estimativa das doze horas e meia de trabalho de mão de obra e tendo em conta que cinco horas são de funcionamento da máquina, obtém-se sete horas e meia para preparação, relativos a tempos de *setup* e de medição das peças. Deste modo, tem-se que para cada hora do torno em produção existem duas horas e meia em que a máquina está em preparação. Assim, conclui-se que os tempos de preparação são muito elevados e como o setor dos tornos é considerado

pela administração uma zona crítica de produção, considera-se essencial a implementação da ferramenta SMED, tendo em conta os aspetos apresentados na subsecção 2.1.1.4., com vista a diminuir esse tempo, aumentando assim a produtividade.

5. PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo apresentam-se um conjunto de propostas que se consideram essenciais para a resolução dos problemas identificados no subcapítulo 3.1.

5.1. Dimensionamento e organização dos supermercados para componentes adquiridos junto aos postos de trabalho

A existência dos supermercados é útil pois diminui as deslocações ao armazém por parte dos funcionários. Um dos grandes problemas identificados no chão de fábrica foi a existência de estantes muito altas de supermercados com componentes adquiridos, que formam barreiras entre os postos de trabalho, dificultando assim a comunicação entre postos. É possível observar-se um exemplo das paredes que são criadas, identificada a vermelho na Figura 5.1.



Figura 5.1. Paredes criadas entre postos de trabalho.

Considera-se que aquando da passagem para as novas instalações, a existência de supermercados para componentes adquiridos junto aos postos de trabalho se deve manter. Estes componentes têm consumos elevados, que causariam movimentações desnecessárias dos funcionários sempre que se deslocassem ao armazém quando esses componentes fossem necessários. Nos supermercados podem existir parafusos, porcas, anilhas, rolamentos, correntes, o-rings, casquilhos, *grazés* e/ou molas. Nos postos de montagem hidráulica e eletrónica, existem componentes específicos que apenas são ali utilizados.

Encontra-se definido que as estantes nas novas instalações não devem ter mais de 1,50m de altura, de forma a eliminar as barreiras existentes. Deste modo, deve-se dimensionar qual o *stock* de cada componente que deve constar nessas estantes.

Para tipos de componentes tais como os apresentados na Figura 5.2, em que cada caixa contém apenas um componente, considera-se que o *stock* deve ser gerido através de um ponto de encomenda. As caixas vão sendo retiradas por ordem e quando o *stock* existente atinge o ponto de encomenda definido, é exposto um cartão *kanban* que deve ser retirado pelo funcionário e colocado num quadro junto a esse supermercado, que transmite a informação de que é necessário reabastecer aquele componente. Considerando que o *kanban* é colocado no quadro a seguir ao percurso do *mizusumashi* (apresentado no subcapítulo 5.2), como ele volta a reabastecer ao início de cada manhã, o tempo de reposição é no máximo de um dia. O tempo de entrega máximo apenas ocorre quando o ponto de encomenda se atinge após a recolha dos *kanbans*. Supõe-se que a maior parte das vezes o tempo de entrega deve ser inferior. O uso do tempo de entrega máximo vai considerar um ponto de encomenda que assegura a manutenção de *stock* caso haja um aumento da taxa de consumo. Existe incerteza na taxa de consumo durante o período de entrega, porém, neste caso poderia ser utilizado o ponto de encomenda sem *stock* de segurança. O *stock* de segurança pode ser dispensado uma vez que se vai considerar o tempo de entrega máximo (um dia). E, caso exista uma flutuação muito grande na procura desse componente, há sempre a possibilidade do próprio funcionário se deslocar ao armazém. Não se está perante um caso de estudo com uma linha de produção, em que não fará grande diferença no prazo de entrega do produto se casos pontuais destes acontecerem.

O ponto de encomenda pode ser então determinado com recurso a (2.2), desconhecendo-se qual a taxa de consumo durante o tempo de entrega e considerando o

mesmo um dia. Assim, o ponto de encomenda deve ser no mínimo a quantidade de *stock* para um dia de produção.

A quantidade a reabastecer pode ser a quantidade para um dia de produção. Esta quantidade deve ser utilizada para componentes de maior valor económico ou com grandes probabilidades de se danificarem. Para componentes de menor valor, podem ser reabastecidos para uma semana de produção. É necessário realizar um trabalho posterior da determinação do correto ponto de encomenda e do *stock* a reabastecer.



Figura 5.2. Exemplo de arrumação das prateleiras.

Relativamente aos componentes armazenados em caixas de *stock* normalizadas, tais como os apresentados na Figura 5.3, o *stock* poderia ser gerido pelo sistema de dupla caixa, uma vez que são componentes muito pequenos, tais como porcas, parafusos e anilhas, que se tornam complicados contabilizar e gerir. O ponto de encomenda é atingido sempre que uma caixa termine, sendo colocado um cartão *kanban* indicativo do tipo de componente num quadro junto a esse supermercado, que dá a informação de que é necessário reabastecer esse componente nesse supermercado.



Figura 5.3. Exemplo de supermercado com caixas de *stock* normalizadas.

Estas estantes também se encontram bastante desarrumadas. Como é visível na Figura 5.2, existem caixas dispostas na horizontal e como cabem mais algumas de lado são colocadas outras na vertical. De modo a resolver este problema, as prateleiras das estantes deveriam ser sem divisórias, com as posições das caixas marcadas por etiquetas para garantir que as caixas ficam arrumadas apenas de uma forma (por exemplo, todas na horizontal) e não acontecer como se verifica atualmente. As prateleiras também não devem ser muito profundas, de modo a evitar que se perca o controlo visual do número de caixas que existem. Deve ainda ser colocada uma etiqueta em cada prateleira que identifique o tipo de componente que lá pertence e o seu respetivo desenho, e não apenas a etiqueta em cada caixa, existindo assim um melhor controlo visual.

5.1.1. Metodologia para o dimensionamento das estantes

Para se proceder ao correto dimensionamento das estantes dos supermercados é necessário conhecer os consumos dos componentes que se pretendem lá colocar, conhecer a dimensão desses componentes ou das caixas e o tempo de reposição dos materiais.

5.2. Abastecimento aos postos de trabalho através de um *mizusumashi*

O fluxo de material e de informação é pouco eficiente e existe um grande número de deslocamentos por parte dos funcionários. Constatou-se que grande parte das deslocamentos realizadas pelos funcionários se devem ao próprio abastecimento de componentes adquiridos e fabricados e para verificar se alguns componentes necessários a uma dada operação se encontram fabricados.

De modo a evitar movimentações desnecessárias e para melhorar a coordenação do fluxo considera-se fundamental a implementação de um *mizusumashi*, que é definido por vários autores, como já referido, ser essencial para o bom fluxo da logística interna.

5.2.1. Implementação

O *mizusumashi* usualmente é dimensionado tendo em conta a cadência da linha e assim o processo de implementação proposto na literatura não é muito aplicado a esta tipologia de indústria. Não se está perante um sistema de produção contínua, em que existe uma linha de montagem, mas um sistema de *job-shop*. Portanto, o processo de implementação não pode ser o mesmo, sendo então apresentada uma adaptação.

5.2.1.1. Funções do *mizusumashi*

Este funcionário será responsável pelo reabastecimento de componentes adquiridos aos supermercados e aos postos de trabalho e terá também a tarefa adicional de movimentar componentes fabricados entre postos de trabalho. Será ainda responsável por verificar se todos os componentes necessários a uma dada operação se encontram fabricados e no devido local, e caso não estejam, dar ordem para que seja fabricado. Deste modo, este papel deverá ser desempenhado por um funcionário responsável, assíduo e pontual.

O *mizusumashi* deve ter consigo a lista de materiais dos produtos e a folha de rotas, que foi já elaborada para os elementos da grua, de forma a saber para onde tem de transportar os componentes fabricados que se encontrem junto aos postos de trabalho.

Todos os supermercados devem ter um quadro onde são colocados os cartões, que irão transmitir a este funcionário, a informação das necessidades dos componentes adquiridos. E, também nos postos de trabalho, principalmente nos postos de montagens

intermédias, deverão existir quadros de modo a que sejam afixadas as necessidades em termos de componentes adquiridos que não existam em supermercados junto aos postos.

5.2.1.2. Rotas do *mizusumashi*

Este funcionário terá que ter uma rota para reabastecimento de componentes comprados, em que este sai do armazém com uma *checklist*, dá a volta pelos supermercados todos e aos postos de montagem, verifica o que está em falta, recolhe os *kanbans*, volta ao armazém, abastece-se e vai repor o que está em falta nos locais em que falta, voltando por fim ao armazém para deixar o “comboio logístico”. Este “comboio” pode ser por exemplo, um *stacker* ou algo já existente na empresa, de forma a evitar custos desnecessários. Este procedimento deve ser realizado apenas uma vez por dia, ao início de todas as manhãs, de modo a garantir que vão existir os componentes necessários para o turno de trabalho.

Quando os supermercados e os postos de montagem estiverem todos reabastecidos, deve existir uma rota para movimentar os componentes fabricados. O funcionário deve dirigir-se aos postos de trabalhos, identificar o que está acabado, identificar qual o seu destino e tratar da movimentação. A determinação do número de vezes que a rota deve ser realizada ao longo do dia e que variantes deve ter esta rota em função do tipo de produto deve ser algo a ser realizado posteriormente. Contudo, em função do novo *layout* e das rotas mais comuns para o fabrico da grua, o *mizusumashi* deve começar por dirigir-se à zona dos serrotes, recolher o material acabado, dirigir-se à zona dos tornos e deixar o material que necessita de torneamento, recolhendo o material acabado dos tornos. De seguida, deve dirigir-se à zona dos centros de maquinagem e deixar o material proveniente dos serrotes ou dos tornos que necessitem de maquinagem e recolher os componentes acabados da zona dos centros de maquinagem. Por último, deve levar o material acabado proveniente dos tornos e dos centros de maquinagem que já não necessitam de mais operações para o armazém intermédio de peças.

Para a movimentação dos componentes fabricados não é necessário realizar investimento em equipamento de tração, nem em testes a verificar se este se consegue movimentar no espaço fabril. Este trabalho pode ser realizado, por exemplo, com recurso a um monta-cargas.

5.2.1.3. Considerações

Para esta implementação, depois de escolhida uma pessoa para esta função, será necessário identificar que equipamentos estarão disponíveis na empresa para o processo. Devido à diversidade de produtos fabricados e das grandes dimensões, deverá ser necessário testar se os equipamentos de transporte têm capacidade e se suportam os componentes a transportar. Será necessário também medir os tempos que o operador irá demorar nas suas tarefas, para perceber qual a carga de trabalho que esta pessoa irá ter.

Inicialmente pode existir alguma resistência à mudança, pois os trabalhadores estão habituados a uma rotina de trabalho que é difícil mudar. Deste modo, devem existir ações de formação em que se mostrem os benefícios desta implementação. Deve ser transmitido aos trabalhadores como este método de reabastecimento funciona e que já não terão que sair dos seus postos de trabalho para se abastecerem de componentes, ocorrendo assim uma diminuição da carga de trabalho para os mesmos. Contudo, se excepcionalmente faltar algum componente eles próprios podem ir abastecer-se.

5.3. Melhorias no bordo de linha

Grande parte dos componentes fabricados são armazenados junto aos postos de trabalho. Deste modo, devem ser colocados contentores junto a estes para se colocarem estes componentes e o *mizusumashi* os movimentar. O bordo de linha tem que ser perfeitamente desenhado de forma a existir espaço entre os postos de trabalho e o corredor do *mizusumashi*.

Deve ser utilizada a localização frontal para contentores mais pequenos e para colocação de paletes. Foram já desenhados na empresa suportes empilháveis para colocação de paletes de madeira, dos quais se estão a fabricar algumas unidades para teste. Estes suportes irão servir para colocar componentes fabricados no bordo de linha e serem posteriormente transportados entre postos, pelo *mizusumashi*.

A localização na retaguarda deve ser usada para os subconjuntos fabricados como os braços da grua, que ultrapassam os três metros de comprimento. Estes terão que ter estantes à medida, conforme as que já existem atualmente, do tipo cantiléver/viga encastrada.

Cada contentor/estante deve ter uma folha identificativa do tipo de componentes que lá existe.

5.4. Implementação de ferramentas de trabalho normalizado

Com esta proposta não se pretende a implementação de trabalho normalizado tal como ela normalmente é implementada. Neste caso, por exemplo, não se pode abordar conceitos como o *takt time*, que é utilizado quando existe uma linha de produção, o que não é o caso. Como tal, tenciona-se apenas aplicar ferramentas para que exista um registo dos tempos, que já se referiu ser essencial, para um controlo das operações e ferramentas para que existam procedimentos de montagem bem definidos.

5.4.1. Criação de folhas de observação de tempos

As folhas das ordens de produção entregues aos funcionários por secção (exemplo na Figura 5.4) mostram qual a quantidade de componentes que necessitam da operação naquele posto, mas como se pode observar não é registada a duração das operações. Assim, considera-se que a implementação de folhas de observação de tempos é importante, não só ao nível de tempos de operação, como também de tempos de *setup*. Deste modo, o registo pode ser realizado de forma mais simples se existir uma pessoa que se dedique ao registo dos tempos por amostragem. É importante conhecer os tempos de entrada e saída dos equipamentos que cada componente vai passando, inclusivamente tempos de montagem e de soldadura, para assim se determinar o tempo produtivo, improdutivo e o tempo perdido. Assim, obtém-se o número total de horas de trabalho efetivo para o fabrico de componentes e do produto e pode também avaliar-se os possíveis ganhos da implementação de SMED.

COSTA		Ordem Produção					
Secção: Tornos CNC		G4200X 2016/29					
Produto: G4200X	Data: 13-jul-2016	Data Inicio: 8/8/2016					
Quant.: 10	Nº série: 29	Data fim: 14/10/2016					
Ano.: 2016	Colab.: Manuel Esteves	Assinatura: 					
Requis. Inter. Cortes: N°							
Requis. Inter. Mat. Primas: N°							
#	Qt.	Descrição	Ex.	Duração	Conclusão	Assinatura	<input type="checkbox"/>
1		Caixa de giro					
2	10	Coluna			8/8/16	M.S	<input checked="" type="checkbox"/>
3	10	Aro			/ /		<input type="checkbox"/>
4	10	Tampa interior			/ /		<input type="checkbox"/>
5	40	Camisa			/ /		<input type="checkbox"/>
6	40	Porca de camisa			/ /		<input type="checkbox"/>
7	40	Fundo de camisa			/ /		<input type="checkbox"/>
8	40	Embolo			/ /		<input type="checkbox"/>
9	20	Cremalheira			/ /		<input type="checkbox"/>
10	10	Base da coluna			14/10/16	M.S	<input checked="" type="checkbox"/>
11	5	Casquilho de coluna			/ /		<input type="checkbox"/>
12	40	Casquilho da cremalheira			/ /		<input type="checkbox"/>
13		Cilindros Hidraulicos					
14	10	Haste cil. Elevação			/ /		<input type="checkbox"/>
15	10	Haste cil. Articulação			/ /		<input type="checkbox"/>
16	10	Haste cil. Extensão			/ /		<input type="checkbox"/>
17							
18							
19							
20							

Figura 5.4. Folha de ordem de produção entregue nos tornos CNC para fabrico de componentes da grua florestal G4200X.

5.4.2. Criação de folhas combinadas de trabalho normalizado

Com esta proposta pretende-se que seja realizada uma adaptação e que esta folha seja uma folha de procedimentos de montagem, que contém a lista de tarefas, a sua sequência e os equipamentos necessários à sua realização. Visto que o processo produtivo é complexo, estas folhas devem existir bem definidas apenas para as tarefas de montagem dos três produtos principais. No APÊNDICE B é apresentado um exemplo daquilo que poderia ser uma folha a ser preenchida para as tarefas de montagem.

Este tipo de ferramenta facilita o processo de aprendizagem de novos funcionários, uma vez que o modo como a montagem deve ser realizada passa a estar documentada.

5.4.3. Benefícios possíveis de obter com a implementação

Segundo Kosaka et al. (2009) a implementação do trabalho normalizado na “ThyssenKrupp”, sem qualquer investimento financeiro, alcançou as seguintes melhorias:

- Redução do *stock* de WIP em 40%;
- Diminuição da distância diária percorrida pelos funcionários em 1500 metros;
- Aumento de 9% de produtividade;
- Melhoria da satisfação dos trabalhadores;
- Condições de segurança melhoradas.

Posto isto, mostra-se o potencial da aplicação destas ferramentas e os objetivos que esta empresa pode considerar atingir.

5.5. Implementação de 5S nos postos de trabalho

Verificou-se que os postos de trabalho estão pouco organizados, existindo materiais e ferramentas que não são necessários, podendo beneficiar de alguma organização geral. Também todo o espaço fabril não está bem limpo e organizado, propondo-se como tal a implementação das práticas 5S. Uma vez que as instalações atuais vão deixar de ser utilizadas em breve, e as novas ainda não estão em funcionamento, não foi possível realizar esta implementação. Contudo, considera-se importante esta implementação para evitar que o espaço de trabalho nas novas instalações se torne igual ao das atuais.

5.5.1. Quadro de sombras para ferramentas

Observou-se bancadas de trabalho desarrumadas e com ferramentas desorganizadas, como por exemplo a da Figura 5.5. Um quadro de sombras onde pequenas ferramentas, tais como martelos, chaves de parafusos, fitas-métricas, etc., fossem colocadas iria tornar estas bancadas mais organizadas. Esse quadro poderia ser colocado, por exemplo,

na parede por cima desta bancada em que se iria desenhar a sombra da ferramenta que deve constar em cada espaço e o funcionário deve colocá-la sempre no seu espaço devido.



Figura 5.5. Exemplo de bancada de trabalho.

5.5.2. Verificação anual dos componentes

Constatou-se a existência de uma grande quantidade de *stock* de WIP que já não é utilizado nos modelos de fabrico atuais, que se encontra a ocupar muito espaço junto aos postos de trabalho. Alguns desses componentes ainda podem ser utilizados para reparações de modelos antigos, mas outros são completamente obsoletos. Propõe-se que haja anualmente, uma verificação dos componentes existentes junto aos postos, de forma a existir uma triagem. Para esta verificação anual pode seguir-se o procedimento apresentado na Figura 5.6. O local correto para o qual o componente e deve ser movido pode ser um posto de trabalho ou armazém de peças intermédia.

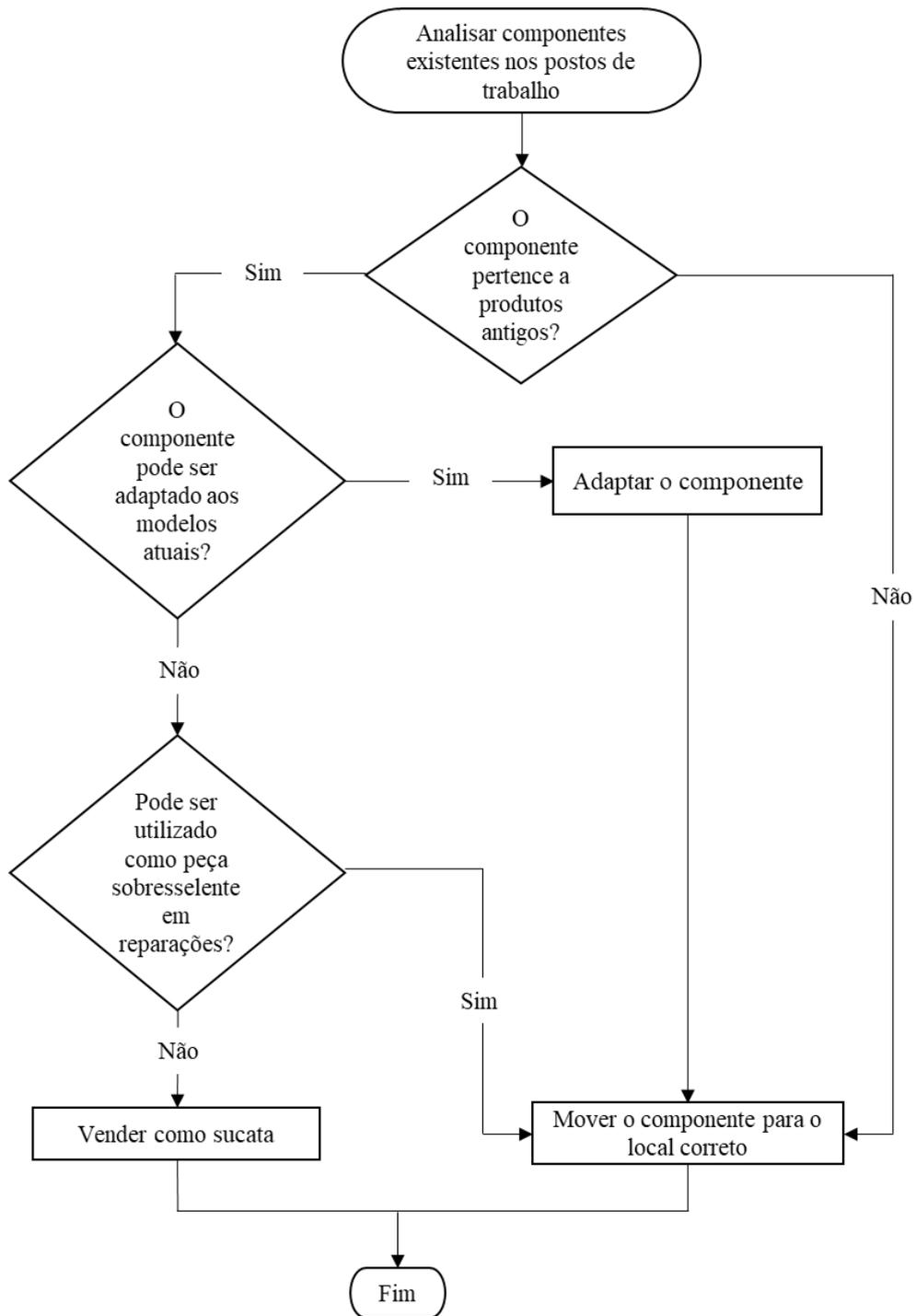


Figura 5.6. Procedimento para verificação dos componentes.

5.5.3. Ação de formação sobre 5S e colocação de cartazes informativos

Deverá existir pelo menos uma ação de formação tanto para a administração, como para os restantes funcionários, sobre as práticas 5S, do modo como são aplicadas e sobre os seus benefícios. Seria também importante colocar cartazes informativos relativos a esta metodologia, de forma a relembrar constantemente os funcionários que devem cumprir tais práticas de limpeza e arrumação do material e ferramentas.

Poderia ainda existir algum tipo de benefício aos funcionários que cumprissem estas práticas, como por exemplo, uma recompensa aos que tivessem o seu posto de trabalho mais limpo e organizado de forma a serem motivados.

6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHO FUTURO

6.1. Conclusões

O grande objetivo do presente trabalho passou pela compreensão de um sistema extremamente complexo, pela identificação dos principais pontos a melhorar e sugestão de caminhos para que essas melhorias possam ser feitas. Estas propostas deverão ser implementadas no âmbito de subprojectos, com uma profundidade de análise que não foi possível realizar devido à falta de dados de consumo de material e de tempos, ao facto do estágio ser não residente e ao facto da mudança de instalações prevista para um futuro próximo. Encontrou-se um sistema pouco organizado e altamente complexo, devido à natureza do processo produtivo e ao facto de um produto acabado ser composto por centenas de componentes. A desorganização surge do facto da empresa ter nascido há vários anos e de estarem em instalações que nunca foram pensadas para a empresa chegar a este ponto em que se encontram atualmente, daí a necessidade da mudança de instalações.

Como foi identificado um grande problema de coordenação de fluxos, propôs-se o modelo TFM, com ferramentas que podem ser utilizadas para melhorar fluxos. Foram propostas algumas adaptações destas ferramentas, mas conclui-se que estas têm viabilidade de serem implementadas na indústria metalomecânica.

Não foi possível implementar as propostas apresentadas, mas com as indicações fornecidas neste documento estas podem ser implementadas com êxito e aumentar assim a produtividade e competitividade da empresa. É necessário o empenho da administração e de todos os funcionários para estas melhorias ocorrerem. A resistência à mudança pode ser o principal entrave encontrado ao longo das implementações e, portanto, devem existir ações de formação, para explicar aos funcionários o modo de funcionamento e os benefícios dessas ferramentas.

6.2. Sugestões para trabalho futuro

Esta dissertação aponta alguns caminhos de melhoria, mas cada um destes caminhos deverá ser seguido como um projeto independente, que permita levantar tempos, fazer análise detalhada das rotas, provavelmente no âmbito de estágios residentes. Assim, deve realizar-se o levantamento das rotas desconhecidas para os restantes componentes da grua, e dos outros dois principais produtos e implementar as propostas aqui apresentadas. Com estes dados, poderá ser útil recorrer à simulação para se obter a taxa de ocupação dos postos. Tendo em conta os tempos de produção seria também interessante realizar-se o planeamento com recurso, por exemplo, ao “MS Project” para se analisar que componentes/produtos necessitam que o seu fabrico se inicie mais cedo.

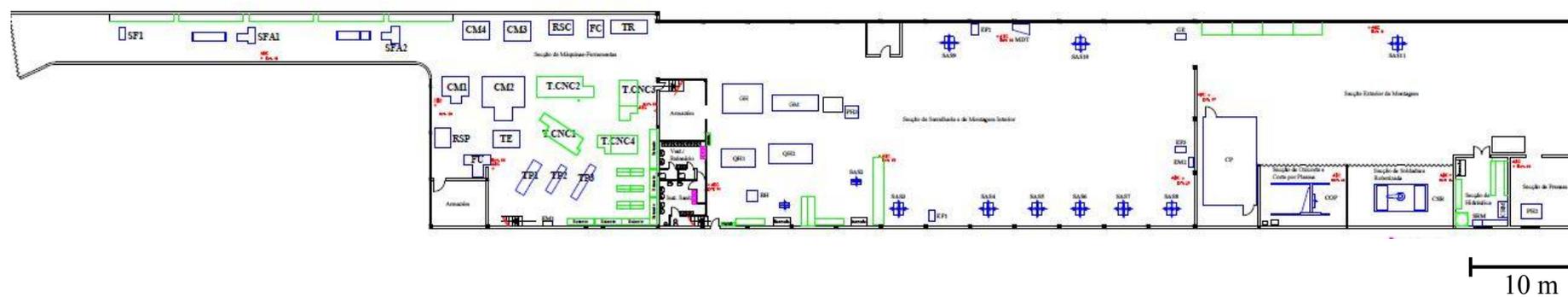
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCERA (2011), “Lean Manufacturing & APS Software”, Acedido a 5 de Junho de 2017, em: <http://www.preactor.com/Company/Publications/White-Papers/Lean-Manufacturing---APS-Software#.WS08zsa1vIU>.
- Afonso O. Costa, “Catálogo Forestry Crane 4200X”, Acedido a 30 de Maio de 2017, em: <http://costa.pt/pt/pdf.php?pdf=/catalogs/g4200x.en.pdf>.
- AIMMAP (2017), “Metalurgia e Metalomecânica Portuguesa”, Acedido a 24 de Maio de 2017, em: <http://app.parlamento.pt/webutils/docs/doc.pdf>.
- Akashmavle (2012), “Baan-ERP-Requirement-for-Kanban-Production-Printing”, Acedido a 6 de Julho de 2017, em: <https://inforep.wordpress.com/2012/08/14/baan-erp-requirement-for-kanban-production-printing/>.
- Akro-Mils (2017), “Kanban Systems: 4 Distinct Ways to Help Manage Inventory Control”, Acedido a 28 de Junho de 2017, em: <https://akro-mils.com/Blog/January-2017/Kanban-Systems-for-Inventory-Control>.
- Arezes, P. M., Carvalho, J. D. e Alves, A. C. (2010), “Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments”, In 17th International Annual EurOMA Conference-Managing Operations in Service Economics, Porto, Portugal, 6-9 June 2010.
- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N. e Clive, L. M. (2012), “Introduction to Materials Management”, 7ª Ed., Prentice Hall.
- Ballou, R. H. (1999), “Business Logistics Management”, 4ª Ed., Prentice Hall.
- Bragança, S. e Costa E. (2015), “An Application of the Lean Production Tool Standard Work”, *Jurnal Teknologi*, 76, 47–53.
- Chopra, S. e Meindl, P. (2007), “Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation”, 3ª Ed., Pearson Prentice Hall.
- Coimbra, E. (2013), “Kaizen in Logistics and Supply Chains”, McGraw-Hill Education.
- Courtois, A., Maurice, P. e Chantal, M.B. (2007), “Gestão Da Produção”, 5ª Ed., LIDEL.
- Dilworth, J. (1993), “Operations Management: Design, Planning, and Control for Manufacturing and Services”, McGraw Hill.
- Emiliani, M L. (2008), “Standardized Work for Executive Leadership”, *Leadership & Organization Development Journal*, 29, 24–46.

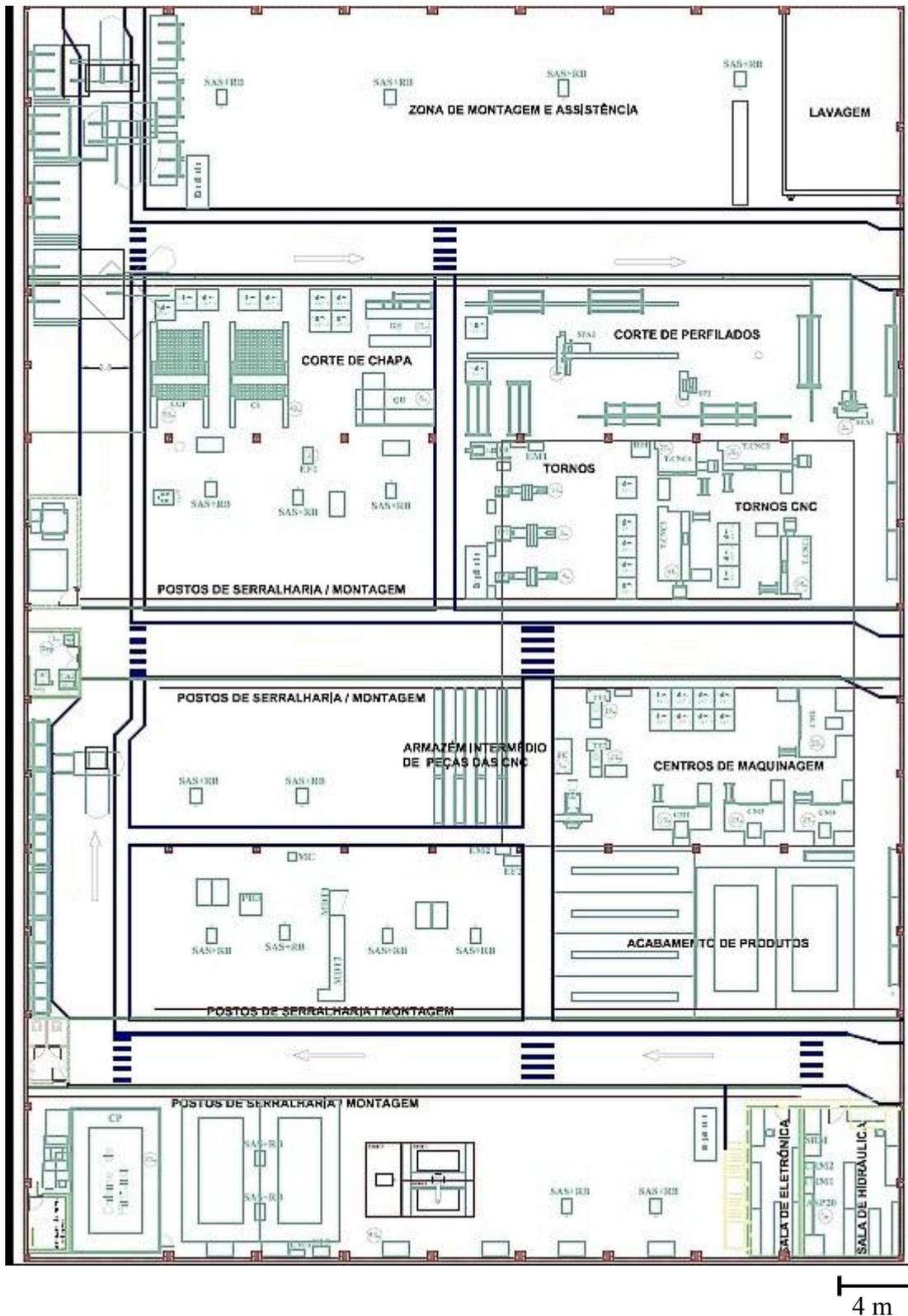
- Feld, W. M. (2001), “Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them”, CRC Press.
- Feng, P. P. e Ballard, G. (2008), “Standard Work From a Lean Theory Perspective”, In Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester, England, 16-18 July 2008. pp. 703–712.
- Gross, J. M. e McInnis, K. R. (2003), “Kanban Made Simple : Demystifying and Applying Toyota’s Legendary Manufacturing Process”, AMACOM.
- Hill, A. V. (2012), “The Encyclopedia of Operations Management: A Field Manual and Glossary of Operations Management Terms and Concepts”, FT Press.
- Hopp, W. J. e Spearman, M. L. (2000), “Factory Physics : Foundations of Manufacturing Management”, 2ª Ed., McGraw-Hill.
- Ichikawa, H. (2009), “Simulating an Applied Model to Optimize Cell Production and Parts Supply (Mizusumashi) for Laptop Assembly”, In Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, Austin, USA, 13-16 December 2009. pp. 2272–2280.
- Jones, S. (2016), “Airbus Broughton Plant Layout”, Acedido a 5 de Junho de 2017, em: <http://22014330.blogspot.pt/2016/11/airbus-broughton-plant-layout-in-airbus.html>.
- Kaizen Institute (2008), “Kaizen Forum Global 03: The Total Flow Management Model” Kaizen Institute, 1–2.
- Kosaka, G., Kishida, M., Silva, A. H. e Guerra, E. (2009), “Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil”, Lean Institute Brasil.
- Kumar, S. A. e Suresh, N. (2009), “Operations Management”, New Age International.
- Labach, E. J. (2010), “Using Standard Work Tools For Process Improvement”, Journal of Business Case Studies, 6, 39–48.
- Lean Enterprise Institute (2008), “Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers”, 4ª Ed., Lean Enterprise Institute.
- Lean Factories (2017), “What Is Total Flow Management (TFM)?”, Acedido a 25 de Junho de 2017, em: <http://www.leanfactories.com/tfm/>.
- Liker, J. K. e Meier, D. (2006), “The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota’s 4Ps”, McGraw-Hill.
- Monden, Y. (2012), “Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time”, 4ª Ed., CRC Press.
- Omogbai, O. e Salonitisa, K. (2017), “The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach”, Procedia CIRP, 60, 380–385.

-
- Ortiz, C. A. (2006), “Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line”, Taylor & Francis Group.
- Owens, R. C. Jr. e Warner, T. (1996), “Concepts of Logistics System Design”, John Snow, Inc./Family Planning Logistics Management (FPLM), for the U.S. Agency for International Development (USAID).
- Patel, J. S. e Patange, G. S. (2017), “A Review on Benefits of Implementing Lean Manufacturing”, *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3, 249–252.
- Reis, L., Varela, M. L. R., Machado, J. M. e Trojanowska, J. (2016), “Application of Lean Approaches and Techniques in an Automotive Company”, *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 50, 112-118.
- Rushton, A., Croucher, P. e Baker, P. (2017), “The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain”, 6ª Ed., Kogan Page.
- Sanders, N. R. e Reid, R. D. (2012), “Operations Management: An Integrated Approach”, 5ª Ed., John Wiley & Sons.
- Shi, J., Miao, R., Su, H. e Gu, X. (2016). “Optimization of Facilities Layout Based on Lean Manufacturing”, In: Qi E., Shen J., Dou R. (Eds) *Proceedings of the 22nd International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2015*, Singapore, 6-9 December 2015. pp.853–860.
- Shingo, S. (1989), “Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint”, Productivity Press.
- Slack, N., Brandon-jones, A. e Johnston, R. (2013), “Operations Management”, 7ª Ed., Pearson.
- Stephens, M. P. e Meyers, F. M. (2013), “Manufacturing Facilities Design and Material Handling”, 5ª Ed., Purdue University Press.
- Stevenson, W. J. (2012), “Operations Management”, 11ª Ed., McGraw-Hill.
- Sule, D. R. (2008), “Manufacturing Facilities : Location, Planning, and Design”, 3ª Ed., CRC Press.
- Wilson, L. (2010), “How to Implement Lean Manufacturing”, 1ª Ed., McGraw-Hill.
- Womack, J. P. e Jones, D. T. (2003), “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”, Free Press.

ANEXO A – LAYOUT DAS INSTALAÇÕES ATUAIS



ANEXO B – LAYOUT DAS NOVAS INSTALAÇÕES



APÊNDICE A – FOLHA DE ROTAS

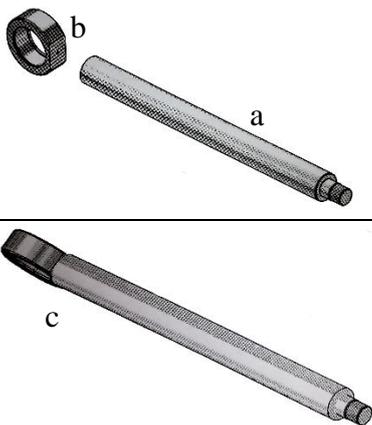
1	Item	Part Number	Description	QTY	serrotes	guilhotina	oxicorte/plasma	rebarbar	centro cnc	torno cnc	torno mec	quinadeira	soldura mig	
4	1.2	5GF1A000Z28.00M7	Cremalheira M7	2		1				3	2			
5	1.3	5GF1D195x180.100	Casq. sup. coluna M7	1		1					2			
6	1.4	5GF1D89x112.0050	Casq. bronze da cremalheira M7	4		1					2			
7	1.5	5CO1E0000089X100	Êmbolo	4		1				3	2			
8	1.6	7GF1G115x100.581	Camisa completa caixa giro M7	4										
9	1.6.1	5GF1G115x100.581	Camisa de caixa giro M7	1		1					2			
10	1.6.2	5CO1C.100X115X42	Fundo	1		1				3	2			
11	1.7	5GF1D00M114.0030	Porca camisa M7	4		1				3	2			
12	1.8	200.1.M10	Garazé	4										
13	1.9	212.8x80	Pino direito tipo mola	4										
14	1.10	243.8.M3/8xM3/8	Casq. duplo BSP3/8 xBSP3/8	8										
15	1.11	243.11.USIT3/8	Anilha vedação BSP38	10										
16	1.12	5GF3E070X30.0095	Colector Hidraulico 6 vias	1		1				2				
17	1.13	243.8.M1/2xM3/8	Casq. duplo BSP1/2 xBSP3/8	2										
18	1.14	5GF1D180x235.007	Anilha bronze sup da caixa M7	1		1				3	2			
19	1.15	5GF1D111x151.005	Anilha bronze do rolamento M7	1										
20	1.16	276.22219	Rolamento de rolos esféricos	1										
21	1.17	213.2.95	Freio exterior 95x3	1										
22	1.18	5GF1D022X13.0015	Casquilho 22x13-15	40		1					2			
23	1.19	5GF1I000CH8.0160	Suporte colector hidraulico	1				1	2	3				
24	1.20	215.4.M10x20	Parafuso Umbrako c/ cil., M10x20, (8.	2										
25	1.21	211.2.M10	Anilha de mola M10	2										
26	1.22	211.2.M24	Anilha de mola M24	10										
27	1.23	263.105x3	O Ring	4										
28	1.24	262.1.80x100x12A	Vedante tipo Vulkolan	4										
29	1.25	5CO1H0000095.020	Cinta de guiagem 10X2	4										

Amarelo: componentes adquiridos

Rosa: componentes excluídos

APÊNDICE B – FOLHA DE PROCEDIMENTOS

<p>Designação do Produto (exemplo: Grua Florestal G4200X)</p> <p>Nome do Procedimento (exemplo: Montagem do cilindro hidráulico de elevação)</p>	
--	---

Passo/Tarefa/Descrição	Imagem (Opcional)	Ferramentas/ Equipamentos de proteção necessários
1. Limpeza: limpar todos os componentes provenientes dos postos de trabalho.	—	- Pano - Líquido de limpeza
2. Inspeção: medir todos os componentes para verificar se têm as medidas corretas.	—	- Fita métrica - Paquímetro
3. Soldadura: soldar haste tipo B (a) e cabeça (b) para originar a haste do cilindro hidráulico de elevação (c).		- Robô de soldadura
4.		

