



Ana Lúcia Figueiredo **Ações de melhoria *Lean* numa célula de produção**
Gomes



**Ana Lúcia Figueiredo
Gomes**

Ações de melhoria *Lean* numa célula de produção

Relatório de Projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Professor Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e co-orientação da Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Ângela Maria Esteves da Silva
Professora Auxiliar da Universidade Lusíada de Vila Nova de Famalicão

Prof.^a Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro (Co-Orientadora)

agradecimentos

Queria agradecer, à direcção da Mercatus, SA por me ter facultado a oportunidade de realizar este projeto, nomeadamente ao meu orientador Eng^o Diamantino Linhares, administrador e diretor de produção, e ao Eng^o Fábio Jorge, responsável pelo departamento de processos.

Um agradecimento também ao meu orientador no DEGEI, Professor Doutor Carlos Ferreira, e à co-orientadora, Prof. Doutora Ana Raquel Xambre, por toda a ajuda na realização deste projecto.

Agradeço também a todos os meus amigos.

Para terminar, quero agradecer aos meus pais, irmã e namorado, por todo o suporte e apoio que me ofereceram durante esta caminhada.

palavras-chave

Lean Manufacturing, VSM, 5S's, Balanceamento.

resumo

O presente projeto aborda diversas metodologias *Lean* e a sua aplicação na melhoria de desempenho de uma célula de produção.

O *Value Stream Mapping* surge como uma ferramenta *Lean* fundamental para desencadear estas metodologias sendo o seu foco principal a identificação e eliminação dos desperdícios existentes no processo produtivo e a aplicação de melhorias contínuas.

O projeto foi desenvolvido na Mercatus em torno da célula produtiva dos armários refrigerados, sendo o seu objetivo principal a melhoria do funcionamento desta célula, através do *Value Stream Mapping*.

O projeto vai ilustrar o funcionamento anterior da célula caracterizando os seus desperdícios e as respetivas oportunidades de melhoria, com o objetivo de desenvolver um estado futuro onde todas as melhorias encontradas sejam implementadas, de forma a manter a melhoria contínua sustentada.

keywords

Lean Manufacturing, VSM, 5S's, Balancing.

abstract

This project addresses several Lean methodologies and its application in order to improve the performance of a production cell.

Value Stream Mapping came into view as a fundamental tool to trigger those methodologies since the primary focus is the identification and reduction of existing waste in the production process and the implementation of continuous improvement.

The project was developed at Mercatus, involved a production cell for refrigerated cabinets, and its main objective consisted in improving that cell through the use of Value Stream Mapping.

The project will illustrate the way the cell worked, characterizing its waste and opportunities for improvement, with the goal of developing a future state where all the identified improvements are implemented in order to maintain sustained continuous improvement.

Índice

1. Introdução.....	7
1.1. Relevância do desafio.....	7
1.2. Estrutura do projeto.....	8
2. Enquadramento teórico	11
2.1. <i>Lean Thinking</i>	11
2.1.1. Os princípios do <i>Lean Thinking</i>	11
2.1.2. Desperdícios	13
2.2. Ferramentas <i>Lean</i>	15
2.2.1. Value Stream Mapping (VSM)	15
2.2.2. Balanceamento de linhas de montagem.....	20
2.2.3. Trabalho padronizado	22
2.2.4. Cinco S's (5S's).....	23
3. Apresentação do estudo de caso	29
3.1. Descrição da empresa	29
3.2. Caracterização do desafio	33
3.2.1. Objetivos a atingir	34
3.2.2. Metodologia utilizada	34
3.3. Descrição da célula Monobloco	35
4. Aplicação das ferramentas Lean	41
4.1. Recolha de dados	41
4.2. VSM da célula produtiva	43
4.3. Balanceamento da linha de montagem	49
4.3.1. Descrição do cenário original	49
4.3.2. Cenário proposto.....	52
4.3.3. Simulação e comparação de resultados.....	55
4.3.4. Implementação do cenário escolhido	57
4.4. Estandarização e gestão visual.....	58
4.5. Aplicação dos 5 S's	59
5. Conclusões e perspectivas de desenvolvimento futuro	63
Bibliografia	67
Anexos.....	69

Índice de figuras

Figura 1 - A estrutura do sistema de produção Toyota (Fonte: http://www.ebah.com.br/)	11
Figura 2 - Os sete princípios <i>Lean Thinking</i> (Fonte: Pinto, 2008)	12
Figura 3 - Exposição dos problemas pela redução do <i>stock</i> (Fonte: DEGEI 2009).....	13
Figura 4 - 8 tipos de desperdícios (Fonte: http://engparatodos.blogspot.pt/)	14
Figura 5 - Representação do fluxo de valor (adaptado de Rother & Shook, 1999)	15
Figura 6 - Passos para a elaboração do VSM	16
Figura 7 - Exemplo de um VSM do estado atual.....	18
Figura 8 - Exemplo de um VSM do estado futuro.....	20
Figura 9 - 5 S's (fonte: http://efagundes.com/artigos/A_metodologia_5s_em_tic.htm)	24
Figura 10 - Pólo I da Mercatus	29
Figura 11 - Organograma da empresa Mercatus.....	30
Figura 12 - Equipamentos refrigerados produzidos pela Mercatus	31
Figura 13 – Exemplo das linhas de produtos Mercatus disponíveis para um tipo armário	31
Figura 14 - Fluxo produtivo simplificado da Mercatus	32
Figura 15 - Secção de transformação - quinadoras	32
Figura 16 - Secção de calafetagem/injeção - prensa	32
Figura 17 - Linha de montagem das bancadas	33
Figura 18 - Fluxo produtivo da célula monobloco	35
Figura 19 - Processo de calafetagem e injeção da célula Monobloco.....	36
Figura 20 - Linha de preparação dos grupos.....	37
Figura 21 - Posto dos cabeçotes	37
Figura 22 - Linha de montagem da célula produtiva	38
Figura 23 - VSM do subprocessos portas.....	44
Figura 24 - VSM do subprocesso grupos refrigerados	45
Figura 25 - VSM do subprocesso cabeçotes	45
Figura 26 - VSM do subprocesso calafetagem/injeção.....	46
Figura 27 - VSM do monobloco	47
Figura 28 - VSM do estado futuro.....	48
Figura 29 - Posto 1 da linha de montagem	50
Figura 30 - Posto 2 da linha de montagem	51
Figura 31 - Posto 3 da linha de montagem	51
Figura 32- Armário M2 1500 no final da linha de montagem	52
Figura 33 - Diagrama de precedências das tarefas.....	53
Figura 34 - Modelo de simulação desenvolvido	56
Figura 35 - Quadro de produção do monobloco	58
Figura 36 - Comparação entre o antes e o depois da aplicação dos 5 S's	59

Índice de gráficos

Gráfico 1 - Quantidade de armários vendidos nos últimos anos	34
Gráfico 2 - Análise de Pareto.....	41
Gráfico 3 - Comparação de cargas de trabalho entre postos	52
Gráfico 4 - Comparação do tempo acumulado dos postos.....	55

Índice de tabelas

Tabela 1 - Duração das tarefas (hh:mm:ss).....	42
Tabela 2 - Divisão das tarefas pelos postos de trabalho.....	49
Tabela 3 - Tarefas alocadas a cada posto.....	54
Tabela 4 - Tempo de processamento de cada posto	56
Tabela 5 - Tempo de processamento de cada posto - cenário proposto	57

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

A sobrevivência de uma empresa, qualquer que seja a sua natureza ou finalidade, depende do êxito de todas as suas operações tanto administrativas como operacionais. Isto leva a que as organizações procurem, cada vez mais, melhorar os seus processos e diminuir os desperdícios, estejam estes relacionados, ou não, diretamente com a produção.

Nesse contexto é essencial a compreensão, por parte dos empresários e profissionais do Setor Industrial, que a sobrevivência e o sucesso das empresas passam pelo estudo e implementação de novas formas de reduzir desperdícios nas organizações.

A evolução da sociedade faz também com que os consumidores finais se tornem cada vez mais exigentes, o que leva a que estes procurem os melhores produtos, ao menor preço possível. Responder de forma rápida e acertada às exigências de um cliente torna a organização mais forte, com maior visibilidade e conseqüentemente resulta num aumento dos seus lucros.

O *Lean Thinking* é uma abordagem inovadora às práticas de gestão, que promove a participação de todos nos processos de melhoria contínua, para criar valor ao cliente através da eliminação de desperdício. Consiste, essencialmente, em fazer mais com menos, ou seja, com menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e até menos espaço, enquanto se produz de acordo com os requisitos dos clientes.

No âmbito da implementação da filosofia *Lean* foi proposta a realização de um projeto na empresa Mercatus, uma empresa que produz equipamentos refrigerados, situada em Águeda. O trabalho desenvolvido foi proposto pelos responsáveis da Mercatus e inseriu-se no departamento de processos. O desafio apresentado consistiu na melhoria da célula produtiva dos armários refrigerados, utilizando ferramentas *Lean*, para assim aumentar a produtividade desta. O projeto passou assim por tentar resolver as causas que levavam à ineficiência da célula.

De uma forma geral, o objetivo deste trabalho passou por responder, de forma clara e direta, à necessidade de uma melhor organização de processos de forma a evitar paragens na produção, acumulação de *stocks* intermédios e, desta forma, aumentar a produtividade da célula em análise. Deste modo, a principal meta a atingir era obter resultados de melhoria visíveis no fim da realização deste projeto que teve a duração de oito meses, tendo sido iniciado em Setembro de 2013 e terminando em Abril de 2014.

1.1. Relevância do desafio

O ponto de partida deste trabalho passou pela definição dos objetivos a atingir. Melhorar o desempenho da célula tratava-se de uma questão que os responsáveis da empresa pretendiam abordar dado serem bastante evidentes os problemas organizativos da mesma.

Eram várias as lacunas na célula produtiva que pretendiam colmatar de forma a melhorar o seu desempenho. A falta de instruções de montagem para auxiliar os operadores a realizarem as suas tarefas, excesso de material nas estantes devido à falta de um fluxo logístico

apropriado, a elevada distância que os operadores percorrem à procura de material eram apenas algumas das falhas presentes na célula.

Sendo a célula produtiva dos armários uma das áreas menos estudada face a outras áreas da empresa, e considerando que estes produtos têm bastante importância nas vendas da empresa (representam cerca de 20% do valor das vendas), este era um desafio a que a empresa necessitava de dar resposta rapidamente. Posto isto foi possível obter a compreensão por parte dos colaboradores da empresa, o que foi fundamental para o sucesso do projeto.

1.2. Estrutura do projeto

Este relatório está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo constitui uma fase introdutória, que procura enquadrar o trabalho desenvolvido e fala sobre aquilo que será apresentado ao longo do presente relatório.

O segundo capítulo apresenta algum enquadramento teórico em relação à filosofia *Lean*. Explica as ferramentas mais importantes relacionadas com a filosofia, de forma a facilitar a compreensão do tema e de modo a ser mais explícita a compreensão da implementação prática que se realizou na empresa.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o projeto, é feita uma caracterização do problema e são apresentados os objetivos propostos. No quarto capítulo é apresentada toda a implementação, sendo realçada a diferença entre o estado inicial e a situação observada depois da aplicação das ferramentas *Lean*.

No último capítulo (capítulo 5) é feita uma síntese do trabalho realizado, analisando-se os resultados obtidos e apontado algumas direções em termos de trabalho futuro.

Capítulo 2

Enquadramento teórico

2. Enquadramento teórico

2.1. Lean Thinking

A metodologia *Lean Thinking* aparece a partir do sistema de produção da Toyota (*Toyota Production System* ou TPS) que começou a ser desenvolvido nos anos 40, no Japão. Após a Segunda Guerra Mundial, a crise do pós-guerra fez com que se começasse a olhar para o nível deficitário de produção na empresa e a analisar os sistemas produtivos de outras empresas para se encontrar soluções para os problemas existentes. Shigeo Shingo (1909-90) e Taiichi Ohno (1912-90), considerados os “pais” do TPS, pretenderam implementar na Toyota um sistema de produção cuja principal finalidade era aumentar a eficiência da produção através da eliminação do desperdício com vista a satisfação do cliente.

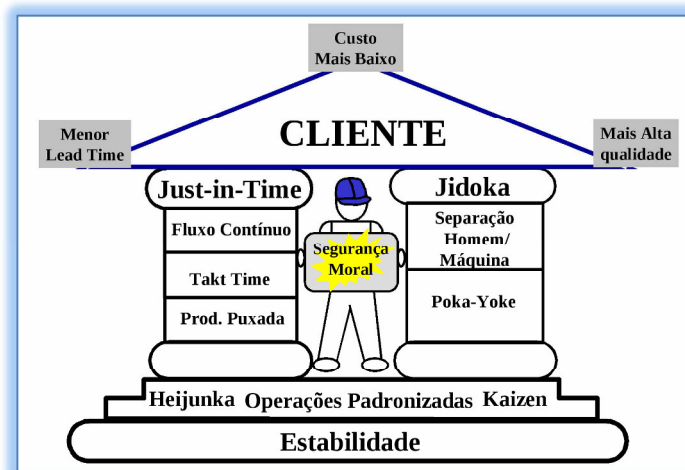


Figura 1 - A estrutura do sistema de produção Toyota (Fonte: <http://www.ebah.com.br/>)

O TPS (ver figura 1) foi ganhando popularidade por todo o Japão nas décadas seguintes, chegando posteriormente aos Estados Unidos. Vários nomes foram sendo utilizados para definir esta filosofia de produção. Em 1990, Womack, Jones, & Ross no livro *“The Machine that Changed the World”* aplicaram pela primeira vez o termo *Lean*. Este surge pelo facto de serem necessários menos recursos, comparado com a produção em massa: menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e espaço e menos *stock* em curso, resultando em menos defeitos, produzindo-se assim produtos com mais qualidade e mais variedade. Tendo sempre em consideração o que o cliente quer, procurando sempre satisfazer as suas necessidades e se possível excedendo as suas expectativas em relação ao produto ou serviço.

2.1.1. Os princípios do *Lean Thinking*

Segundo Womack & Jones (2003) a filosofia *Lean Thinking* tem como base cinco princípios:

1. **Criar valor:** segundo Womack & Jones (2003) não é a empresa quem define o que é o valor, mas sim o cliente. Assim sendo, segundo estes autores, é necessário focar-se essencialmente no cliente aquando a especificação e criação de valor, é a partir dessa máxima que tudo o resto se desenrola.
2. **Definir a cadeia de valor:** as organizações têm que satisfazer todas as partes interessadas, fornecendo-lhes valor. Para isso terá que se definir para cada *stakeholder* a sua cadeia de valor.
3. **Otimizar o fluxo:** o fluxo produtivo deve ser contínuo, sem interrupções para que não sejam criados *stocks* intermédios nem outros desperdícios, reduzindo assim o *lead time* e aumentando a qualidade.
4. **O sistema Pull:** o sistema *pull* faz com que seja o cliente a “liderar” os processos. Consiste em produzir apenas o que o cliente quer, quando ele quer. Desta forma é possível reduzir os *stocks* e valorizar o produto.
5. **Perfeição:** procura contínua da melhoria. Incentivar a melhoria contínua a todos os níveis da organização, ouvindo sempre a voz do cliente permitirá às organizações melhorar continuamente.

No entanto, os cinco princípios apresentados não eram suficientes para cobrir toda a dimensão do *Lean Thinking*, apresentando algumas falhas. Posto isto, e de forma a combater estas as lacunas, a Comunidade *Lean Thinking* (Pinto, 2008) apresenta uma revisão dos princípios de *Lean Thinking*, propondo a adoção de mais dois princípios (ver figura 2), que são:

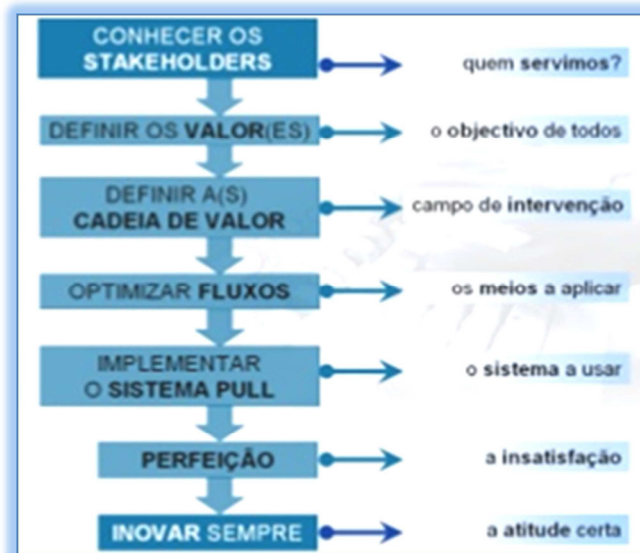


Figura 2 - Os sete princípios *Lean Thinking* (Fonte: Pinto, 2008)

Conhecer o stakeholder: é importante conhecer em pormenor todos os *stakeholders* do negócio. É importante que as organizações não se concentrem apenas no cliente mas sim em todos os intervenientes que são parte interessada no negócio pois caso não seja assim estão a comprometer o seu futuro. É igualmente importante que a organização tenha uma visão global

de todo o processo e não apenas da etapa seguinte, isto é, focalizar a sua atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor.

Inovar sempre: é essencial inovar sempre. Inovar para obter novos produtos, novos serviços, novos processos pois só assim se consegue criar valor. Pois de nada serve a uma organização ser a mais eficiente a produzir um produto, se este for ultrapassado e já não for de encontro aquilo que o cliente deseja

2.1.2. Desperdícios

Jackson & Jones (1996) referem que Taiichi Ohno, da Toyota, definiu desperdício como sendo qualquer atividade que não acrescente valor a um produto ou serviço. Valor é aquilo que um cliente está disposto a pagar por um produto. Quer o cliente seja interno ou externo, estará apenas interessado no valor do produto, este deverá ter qualidade e ser entregue no momento pretendido. Desta forma, qualquer atividade que durante o processo não contribua para a criação de valor é considerada desperdício.

As sete formas de desperdícios identificadas por Ohno e Shingo são as seguintes:

- **Excesso de produção** – É produzir um produto antes que este seja realmente necessário ou em quantidades superiores ao que é pedido. Isto geralmente acontece quando as empresas produzem em grandes lotes, para minimizar os tempos da preparação das máquinas, o que provoca essencialmente custos associados com a existência de *stocks* e ocupação desnecessária de recursos.
- **Excesso de *stocks*** – Significa ter excesso de matéria-prima, de produto em curso de fabrico (*WIP*¹), ou de produtos acabados que causam desperdício. O *stock* nas organizações acaba por esconder problemas (defeitos, lead times elevados, etc.) e conduz a custos adicionais de transportes, armazenamento e de recursos como matérias-primas, pessoas e energia (ver figura 3).

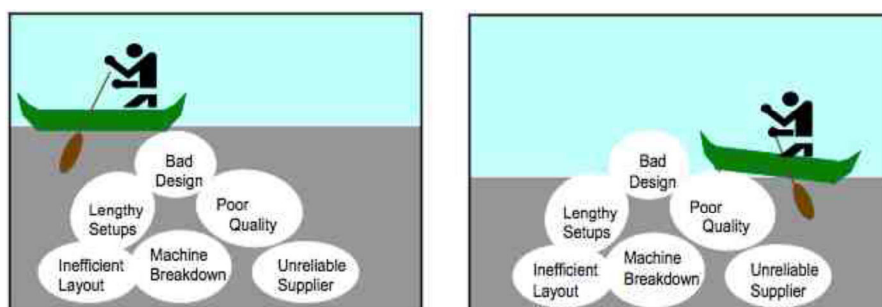


Figura 3 - Exposição dos problemas pela redução do *stock* (Fonte: DEGEI 2009)

- **Transporte desnecessário** – São todas as deslocações de materiais, pessoas ou informação desnecessários. Algumas atividades de transporte são indispensáveis e nestes casos devem ser minimizadas.

¹ WIP (*Work in Process*) – material que se encontra a ser processado ou entre processos

- **Processos inapropriados** – São processos que não acrescentam valor ao produto. Relacionados com a utilização incorreta de equipamentos, ferramentas e recursos ou por procedimentos complexos ou incorretos.
- **Tempo de espera** – Seja de material, equipamento ou ferramentas, é um período de inatividade num processo. Algumas das consequências do tempo de espera são elevados *lead times* e fluxos irregulares.
- **Movimentação desnecessária** – São movimentos excessivos dos operários ou equipamentos. Este desperdício está diretamente ligado à desorganização de espaço e ferramentas.
- **Defeitos** – São materiais que estão fora das especificações de qualidade. Estes defeitos provocam desperdícios de quatro formas:
 - Materiais consumidos;
 - Mão-de-obra desperdiçada na produção;
 - Mão-de-obra necessária para retrabalho;
 - Maior quantidade de recursos humanos consumidos para resolver reclamações clientes.



Figura 4 - 8 tipos de desperdícios (Fonte: <http://engparatodos.blogspot.pt/>)

Grande parte da bibliografia sobre *Lean* defende a existência de mais um tipo de *muda*², que é a não utilização do potencial humano e toda a envolvente de aprendizagem inerente a este (ver figura 4). Ou seja, um dos grandes objetivos da filosofia *Lean* também é “criar pessoas pensantes” (Ohno, 1988). É importante perceber que por si só, a automatização das fábricas e dos armazéns, não beneficia a melhoria contínua.

² *Muda* - palavra japonesa que significa desperdício. Atividades que não acrescentam valor.

2.2. Ferramentas *Lean*

2.2.1. Value Stream Mapping (VSM)

O VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor) é um método muito visual e útil e tem sido um dos mais utilizados no universo de implementações *Lean* em empresas industriais e de serviços. Esta ferramenta encontra-se na base da casa *Lean* e serve como suporte para aplicação de outras ferramentas.

Segundo Rother & Shook (1999) o *Value Stream Mapping* é uma ferramenta, de lápis e papel, que ajuda a perceber o fluxo de material e informação de um produto na sua cadeia de valor e tem como base um dos princípios fundamentais do *Lean*: a eliminação de etapas que não acrescentam valor. O VSM representa uma fotografia do processo produtivo (ver figura 5), desde a receção da encomenda até à entrega ao cliente final (*door-to-door*), através de símbolos e valores que, após análise e identificação de oportunidades de melhoria, irá permitir desenvolver um mapa do processo.

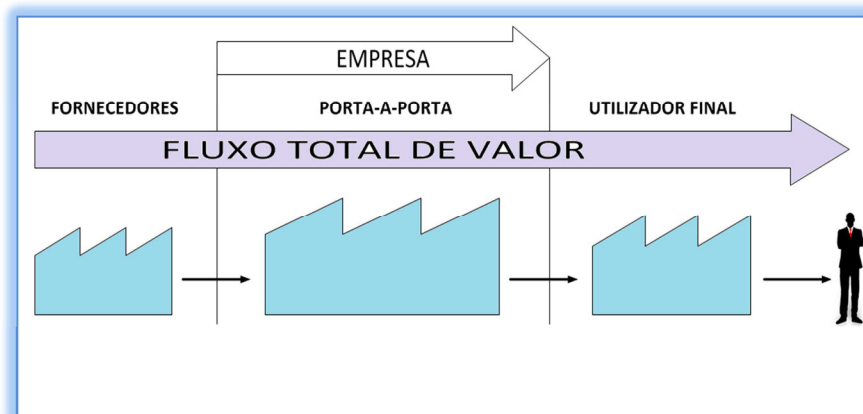


Figura 5 - Representação do fluxo de valor (adaptado de Rother & Shook, 1999)

Segundo as afirmações de Rother e Shook (1999), o VSM é uma ferramenta essencial e as suas principais características são:

- Permite a visualização de todo o fluxo (de porta-a-porta);
- Ajuda a visualizar todos os processos e as suas interligações, dando a imagem do fluxo como um todo;
- Permite a identificação de desperdícios e as suas fontes no fluxo de valor;
- Utiliza uma linguagem simples e intuitiva na análise e tratamento dos processos produtivos;
- Permite a integração de práticas e outras ferramentas *Lean*;

- Torna visíveis os fluxos de materiais e informação;
- Apoia a tomada de decisão para a criação de um plano futuro.

A implementação do VSM segue uma sequência de quatro etapas, representadas na figura 6:

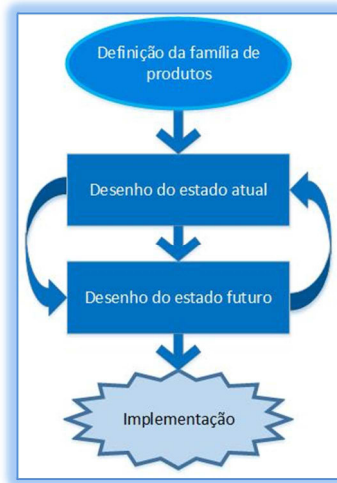


Figura 6 - Passos para a elaboração do VSM

Passo 1: Definição da família de produtos

Para a escolha de uma família de produtos, deve-se escolher um grupo de produtos que passe por etapas idênticas durante o processo produtivo, com tempos de ciclo semelhantes, similaridade de processos ou procuras idênticas.

Após a definição das famílias de produtos, a seleção da família a analisar deve ter em conta um ou mais dos fatores abaixo enunciados:

- Tenha um maior número de componentes;
- Englobe um maior número de processos;
- Represente o maior volume de procura;
- Seja responsável pela maior fatia de faturação.

Depois de definido o produto ou família de produtos a seguir, deve então ser escolhido alguém que lidere o processo de mapeamento. Este deverá ter um conhecimento geral do fluxo de informação e materiais de um produto e ter o poder de tomar decisões e implementar as alterações necessárias.

Passo 2: Desenho do estado atual do processo

Depois de selecionado o produto ou família de produtos é necessário fazer um desenho representativo do processo produtivo atual. O VSM foi inicialmente concebido para ser desenhado através de papel e lápis de forma simples e prática, por isso a sua replicação e

duplicação tornam-se até certo ponto limitadas. Com a evolução da informática e da popularidade da ferramenta foram desenvolvidas aplicações informáticas para que o uso do VSM fosse facilitado.

A construção do VSM irá documentar como ocorre o fluxo do processo de materiais e informação, desde o pedido do cliente até que o produto lhe seja entregue. De referir que esta descrição feita pelo VSM é estática. É feita em determinada altura e representa inequivocamente esse mesmo momento, tornando-se, assim, muito importante uma boa escolha desse momento, para que, na fotografia capturada, a informação contemplada possa representar com a maior fidelidade possível a realidade da organização.

Para a obtenção da “fotografia” do estado atual a recolha de informação do fluxo de material deve ser feita no local, de forma cuidadosa, percorrendo toda a cadeia de valor de porta-a-porta, ou seja, processo a processo desde o cliente aos fornecedores.

O fluxo de material é desenhado na parte inferior, da esquerda para a direita. Por sua vez, o fluxo de informação é representado na parte superior, da direita para a esquerda. Paralelamente é feita uma recolha de dados que ajudarão a descrever e mais tarde analisar todo o processo produtivo.

Conforme os objetivos de cada organização, e tendo em conta as necessidades dos seus clientes, a recolha de dados poderá variar. Do conjunto de dados a recolher proposto por Rother e Shook (1999), destacam-se os seguintes:

- Tempo disponível de trabalho: tempo útil de trabalho que os colaboradores dispõem;
- Tempo de ciclo do processo;
- Tempo de *change-over*: tempo necessário para a mudança de equipamentos e máquinas desde que terminam o último produto de um tipo até que iniciam o primeiro do tipo seguinte;
- Número de operadores;
- Tamanho do lote de produção.

Para cada processo serão recolhidos estes dados, no entanto o VSM pode integrar mais informação como a procura de produto, *lead time*, *stocks*, valor acrescentado, oportunidades de melhoria, entre outros.

Na figura seguinte é apresentado um exemplo de um VSM.

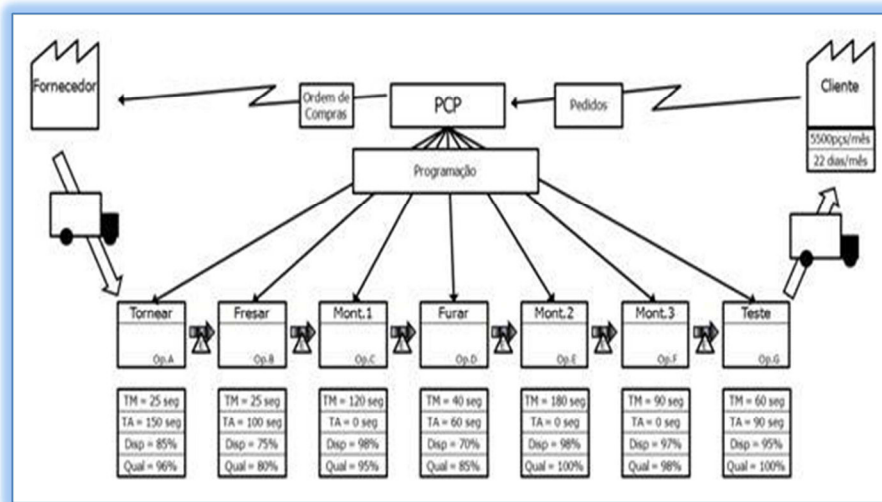


Figura 7 - Exemplo de um VSM do estado atual

Passo 3: Desenho do estado futuro do processo

Depois de concluído o mapeamento do estado atual, é possível identificar as oportunidades de melhoria que originam um fluxo mais próximo do ideal. Para desenvolver o mapa do estado futuro, *Womack e Jones (2003)* referem que as seguintes perguntas precisam ser respondidas.

1. Qual é o Takt Time?

Este valor diz-nos com que “velocidade” é que os clientes estão a consumir os produtos. Produzindo à mesma “velocidade” que os produtos são consumidos sincroniza-se o ritmo da produção com o ritmo de vendas. Evitam-se assim excessos de produção.

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Procura}}$$

2. Deve-se produzir para stock ou diretamente para o cliente?

Produzir para qualquer tipo de *stocks* é contra uma política *Lean*, mas nos casos em que os processos produtivos não asseguram a produção diária requerida o uso de *stocks* é importante, uma vez que permite evitar possíveis situações de incumprimento relativamente à entrega do produto ao cliente.

3. Onde usar fluxo contínuo?

Usar um fluxo contínuo significa produzir uma única peça de cada vez, passando para o processo seguinte sem interrupções, tendendo a anular desperdícios.

4. Onde usar “supermercados” pull?

Quando existe a necessidade de fabricar em lotes, devido à descontinuidade do fluxo, será preciso instalar um “supermercado” *pull*, onde o processo cliente irá ao supermercado e

retira apenas o que precisa quando precisa, e o processo fornecedor produzirá apenas para reabastecimento desse supermercado.

5. *Em que ponto da linha deve ser planeada a produção?*

Num sistema regido inteiramente pela filosofia *Lean*, é necessário apenas um ponto de calendarização de produção. Estando a linha a trabalhar em contínuo, o fluxo de informação e materiais fluirá de tal ordem que será apenas necessário um ponto na linha onde é planeada a produção.

6. *Como nivelar o mix produtivo?*

Nivelar o *mix* produtivo significa distribuir a produção de diferentes tipos de produtos uniformemente durante um período de tempo. Ao invés de produzir todos os produtos “A” de manhã e os “B” de tarde, nivelar significa repetir alternadamente lotes menores de produtos “A” e “B”. Quanto mais nivelada for a produção maior será a capacidade de resposta a diferentes solicitações da procura por parte dos clientes.

7. *Que quantidade de produto deverá ser sempre produzida?*

Num sistema ideal esta quantidade é um. Isto corresponderá a um fluxo de uma só peça e em circunstâncias em que se produza na mesma proporção da procura, obter-se-á a variedade máxima de produto com zero *stocks*.

8. *Que planos auxiliares serão precisos desenvolver para implementar o estado futuro?*

Muitas das vezes, para se atingir o estado futuro, mudanças a nível do processo produtivo serão acompanhadas de mudanças organizacionais ou estruturais. Os planos para essas mudanças deverão sempre acompanhar o plano de implementação para o estado futuro.

Passo 4: Implementação

Após a finalização do desenho do mapa do estado futuro (ver figura 8) é necessário implementar as medidas que dele resultaram, com a ajuda de um plano de atividades.

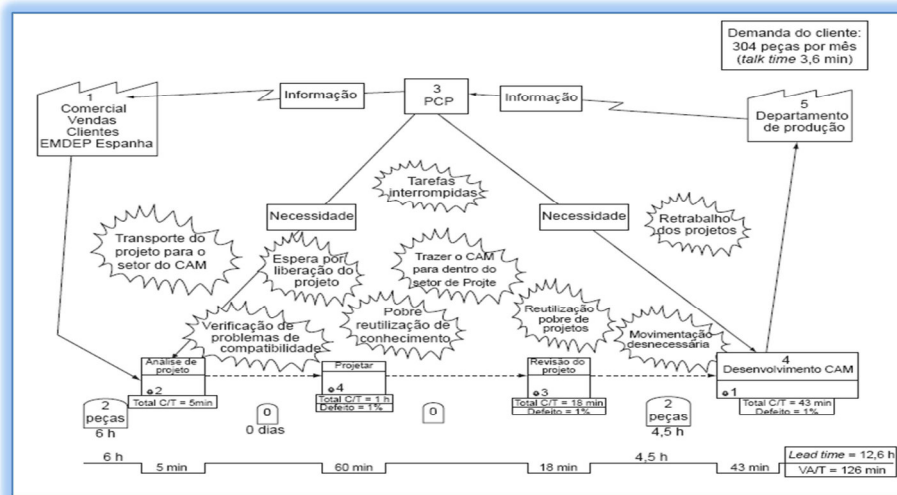


Figura 8 - Exemplo de um VSM do estado futuro

Esse plano deverá conter objetivos bem definidos e mensuráveis e a nomeação de responsáveis por cada atividade. A apresentação e posterior divulgação deste plano não são necessárias uma vez que os resultados dos mapas do estado atual e estado futuro são suficientes.

2.2.2. Balanceamento de linhas de montagem

Uma linha de montagem consiste num conjunto de postos de trabalho ligados entre si por um sistema que permite transferir o trabalho de forma manual ou automática e cuja sequência é ditada pela lógica das sucessivas operações a realizar. Segundo Stevenson (2008), cada unidade a produzir vai passar em todos os postos obedecendo à sequência das tarefas. Um posto de trabalho pode ser constituído por um único operador ou por vários, onde são realizadas operações manuais ou assistidas por ferramentas ou pequenos equipamentos.

As tarefas são as atividades que acrescentam valor ao produto final e que são afetadas aos postos de trabalho, estas obedecem a um tempo de execução, que se considera fixo, e a ligações de precedência que ditam a sequência das atividades necessárias a desempenhar. É importante referir que os tempos de execução variam de tarefa para tarefa e, por esse facto, é imprescindível afetar as tarefas aos postos de trabalho, de modo a minimizar os tempos inativos, diminuir o tempo de ciclo e harmonizar a carga de trabalho, assegurando a procura do produto (Stevenson, 2008).

O balanceamento da linha de montagem consiste em agrupar tarefas individuais de processamento e de montagem de maneira a que o tempo total afetado a cada posto de trabalho seja praticamente igual. O ideal seria ter o mesmo tempo em todas as estações de

trabalho, para ter um balanceamento ótimo e para que a produção decorra com homogeneidade, o que na prática é difícil de alcançar.

De uma forma geral, os problemas de balanceamento de linhas de montagem surgem quando se redesenha o modelo do produto a ser montado. Consoante a configuração da linha e sua flexibilidade, assim como a afetação dos recursos humanos, equipamentos e ferramentas aos postos de trabalho, o reajuste da linha será ou não facilitado e as alterações efetuadas poderão conduzir a soluções de maior qualidade em relação ao tempo inativo de cada posto de trabalho e à distribuição da carga de trabalho.

Independentemente da configuração da linha que se pretenda adotar, existem aspetos a considerar para se poder balancear uma linha de montagem. Cada posto de trabalho tem um tempo fixo para concluir as tarefas, denominado por tempo de ciclo. O tempo mínimo do ciclo corresponde, normalmente, à duração da tarefa mais demorada e o tempo máximo à soma dos tempos de todas as tarefas a desempenhar, este tempo estabelece a capacidade da linha. Deste modo, a capacidade da linha é o tempo total que a linha funciona (L) a dividir pelo tempo de ciclo (C).

$$Capacidade = \frac{L}{C} \quad (1)$$

No caso de existirem postos paralelos não é necessário limitar o tempo de ciclo (C) à duração da tarefa mais longa, este pode ser determinado pelo quociente entre o tempo total de laboração da linha de montagem e a quantidade necessária para satisfazer a procura (P), durante esse tempo.

$$C = \frac{L}{P} \quad (2)$$

As unidades pretendidas para satisfazer a procura são um valor definido que corresponde ao nível de produção que se pretende atingir, sendo possível, nesta situação, calcular o tempo de ciclo. A principal dificuldade consiste em agrupar e afetar as tarefas individuais em postos de trabalho, tendo em conta as precedências das tarefas, restrições e o tempo de execução destas, que não pode exceder o tempo de ciclo.

Para conseguir analisar as soluções de balanceamento encontradas podem ser utilizados diversos tipos de medidas. Uma das mais utilizadas é a quantidade mínima teórica de postos de trabalho necessários para produzir uma determinada quantidade de produto, determinado através da seguinte fórmula:

$$N_{min} = \frac{\sum t}{C} \quad (3)$$

Em que,

N_{min}= número mínimo de postos,

Σt= somatório do tempo de todas as tarefas

C = Tempo de ciclo

Outro dos indicadores utilizados é a percentagem de tempo inativo na linha que se pode calcular do seguinte modo:

$$\% \text{ Tempo inativo} = \frac{\text{tempo inativo por ciclo}}{N_{\text{atual}} \times C} \quad (4)$$

Sendo,

N_{atual} = número atual de postos de trabalho

A eficiência da linha é maior quanto menor for o tempo inativo, uma linha balanceada tem uma elevada eficiência

$$\text{Eficiência} = 100\% - \% \text{ tempo inativo} \quad (5)$$

É essencial efetuar o balanceamento da linha para facilitar o planeamento e a execução do produto, uma vez que uma linha balanceada torna a produção mais organizada, mais rápida e mais eficiente, permitindo uma maior fluidez.

2.2.3. Trabalho padronizado

O trabalho padronizado é uma das ferramentas mais importantes da filosofia *Lean* e das mais poderosas. Segundo Pinto (2008) uniformizar, normalizar ou estandardizar significa todos fazerem do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, operações e ferramentas.

No Sistema de Produção Toyota, qualquer operação repetida mais de uma vez deverá ser padronizada. O trabalho padronizado é utilizado para desenvolver métodos de trabalho e, de acordo com os autores Narusawa & Shook (2009), este documenta o modo mais seguro, fácil e eficaz de produção, a partir das tecnologias e dos processos existentes. À medida que o padrão é melhorado, o novo padrão torna-se a linha de base para a melhoria, e assim por diante. Melhorar o *standard's work* é um processo que nunca termina, é necessário pensar no trabalho realizado de forma a detetar as oportunidades de melhoria. Uma frase muito famosa de Taiichi Ohno reforça precisamente esta ideia: “*Where there is no standard, there can be no kaizen!*” (livremente traduzido para ‘Quando não existe um padrão não pode haver melhoria’).

Nem todo o trabalho é repetível e previsível, mas todo o trabalho contempla desperdícios e um dos principais propósitos do trabalho padronizado é analisar os desperdícios resultantes da produção e eliminá-los, assim como a obtenção de resultados consistentes e controlo sobre a variação destes.

Segundo Martin & Bell (2011) existem quatro pré-requisitos para se atingir e manter o trabalho padronizado. São eles:

1. O homem deve ser capaz de realizar o trabalho. Ou seja, deve ser um trabalho que uma pessoa consiga fazer em segurança e de forma ergonómica, no tempo e com o nível de qualidade requerido.
2. Deve haver uma sequência repetitiva de trabalho. O trabalho que é necessário realizar deve ser passível de ser executado pelo colaborador da mesma forma todas as vezes que tal for requerido.
3. O equipamento, ferramentas e espaço de trabalho devem ser fiáveis. Se isto não se verificar podem surgir problemas como paragens e variações no tempo de ciclo, o que pode ter um grande impacto negativo no trabalho.
4. Os materiais utilizados devem ser de alta qualidade. Se as matérias-primas e componentes usados não forem de boa qualidade podem surgir frequentemente defeitos e outros problemas de qualidade que serão uma fonte constante de variações.

Taichi Ohno (Ohno, 1988) definiu três componentes básicos do trabalho padronizado:

- **Takt time:** é a cadência com que um produto deve ser produzido para satisfazer a procura do cliente;
- **Sequência de trabalho:** ordem pela qual um operador realiza tarefas. Determinar esta sequência é muito importante pois diminui a variabilidade e a ocorrência de erros;
- **Standard WIP:** é o *stock* ou quantidade de material que deve estar presente na linha de produção de forma a assegurar o cumprimento da sequência, sem que a diferença de tempo de ciclo de cada etapa do processo influencie o *takt time* e por forma a permitir gerir processos gargalo.

Como principais benefícios do trabalho padronizado pode-se considerar a documentação do processo atual para todos os turnos, a redução da variabilidade, a formação mais facilitada de novos operadores. O *standard work* serve também como base para outras atividades de melhoria.

Padronizar o trabalho acrescenta disciplina para a empresa, apesar de ser um elemento que é frequentemente negligenciado, e é essencial para enraizar a filosofia *Lean*. O trabalho padronizado é também uma ferramenta de aprendizagem que suporta auditorias, promove a resolução de problemas e envolve os membros da equipa no desenvolvimento de *poka-yokes*³.

2.2.4. Cinco S's (5S's)

O 5S's (ver figura 9) é uma ferramenta *Lean* que visa a redução de desperdício e a organização, padronização e manutenção das condições ótimas do local de trabalho. Feld (2001) quando descreve esta ferramenta afirma que se deve definir um local para cada coisa e cada coisa no seu local, assim como esse local tem de ser devidamente identificado, caso contrário esse não é mantido, referindo que tal é necessário para que se consiga manter um ambiente

³ *Poka-Yokes* – sistemas anti erro

Lean. Deste modo, enfatiza a importância da organização das ferramentas e dos postos de trabalho através da aplicação dos 5S's para a criação de um ambiente *Lean*.

O nome desta ferramenta advém de cinco palavras japonesas que começam pelo som "S", que são as seguintes:



Figura 9 - 5 S's (fonte: http://efagundes.com/artigos/A_metodologia_5s_em_tic.htm)

- **Seiri (Separar):** Refere-se à verificação de todas as ferramentas e materiais e separar o que é útil do que é inútil no posto de trabalho.
- **Seiton (Organizar):** Consiste em ordenar, identificar e definir o local de cada documento, material ou ferramenta, de modo a que sejam encontrados rapidamente e facilitado o seu uso, para assim eliminar movimentos desnecessários.
- **Seiso (Limpar):** Consiste em manter o espaço o mais limpo possível. Mais do que uma operação de limpeza consiste em criar métodos de não sujar. O foco deste procedimento é fazer com que este passo seja diário de forma a ter um espaço limpo e organizado para ser mais fácil e mais rápido executar as tarefas necessárias.
- **Seiketsu (Normalizar):** Significa procurar padronizar as ações e a organização do espaço, seguindo as regras anteriormente estabelecidas.
- **Shitsuke (Autodisciplina):** Este princípio refere-se à manutenção das quatro regras anteriores, tornando-as numa nova maneira de trabalhar, mantendo-se o foco na melhoria contínua, repetindo as regras do 5S.

Cada vez é maior o número de empresas que vão adicionando um sexto S à lista anterior, trata-se do S de segurança, que deve estar associado a qualquer atividade realizada.

O objetivo desta metodologia é melhorar a eficiência através da organização, limpeza e identificação de materiais e espaços, trazendo benefícios tais como o aumento de produtividade através da redução do tempo perdido à procura de ferramentas e materiais, melhor aproveitamento de materiais, melhoria da qualidade dos produtos e serviços e maior segurança no posto de trabalho.

Após o enquadramento teórico da filosofia *Lean* e uma breve descrição das principais ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, tais como o *VSM*, o balanceamento das linhas de montagem, o trabalho padronizado e os 5S's segue-se o capítulo 3 onde é feita a apresentação da empresa onde foi desenvolvido o projeto e a descrição do caso de estudo.

Capítulo 3

Apresentação do estudo de caso

3. Apresentação do estudo de caso

3.1. Descrição da empresa

A empresa Mercatus foi fundada em 1995 e dedica-se à produção e comercialização de equipamentos refrigerados para o segmento de preparação, conservação e stockagem de alimentos, fornecendo o sector de hotelaria, restauração e catering (HORECA) e também de equipamentos para a área de preparação do segmento industrial. As instalações da Mercatus situam-se em: Portugal (2 Fábricas), tendo sido o segundo centro de produção adquirido em 2003; Itália (centro logístico adquirido em 2004) e Brasil (1 Fábrica adquirida em 2009). Nas fábricas de Portugal estão dedicados, atualmente, cerca de 167 colaboradores, estando alocados ao polo I 124 pessoas e ao segundo polo 43. Este projeto foi desenvolvido no polo I, situado em Águeda (ver figura 10).

A sua produção destina-se maioritariamente ao mercado externo (cerca de 98%, em 2012), englobando mais de 30 países. A Mercatus tem vindo a apresentar, desde 2001, ritmos de crescimento significativos, de cerca de 20% ao ano. Apesar de 2009 ter sido um ano com uma conjuntura macroeconómica difícil a empresa decresceu apenas ligeiramente o seu volume de negócios (6%), voltando novamente a crescer nos anos seguintes.



Figura 10 - Pólo I da Mercatus

Estrutura organizacional



Figura 11 - Organograma da empresa Mercatus

A figura 11 apresenta o organograma da empresa, sendo de realçar que o projeto foi desenvolvido no Departamento de Processos, sob a orientação do respetivo responsável.

De seguida apresentam-se mais algumas informações sobre a empresa, nomeadamente: missão, visão, produtos e, finalmente, processo produtivo.

Missão

“Afirmar-se durante este século como a grande referência Europeia no fabrico de móveis para refrigeração comercial, destacando-se por uma enorme capacidade de interação com o meio envolvente e por um standard de produção em perfeita harmonia com o ecossistema.”

Valores

Os três valores a seguir enunciados refletem a cultura da empresa e o compromisso individual dos seus quadros:

Agilidade: *Reagir positivamente ao imprevisto*

Motivação: *"sempre como na primeira hora"*

Evolução: *melhorar é mudar para melhor*

Produtos

O grupo Mercatus produz uma variada gama de modelos de bancadas, armários, kit's refrigerados, câmaras frigoríficas, abatedores e ultra congeladores tendo o aço inox como principal matéria-prima incorporada (ver figura 12). Estes produtos são orientados de forma a

fornecer o melhor tipo de refrigeração para cada tipo de produto alimentar, dispõem de um *design* ergonómico desenvolvido para acrescentar comodidade e sentido prático ao seu funcionamento. A empresa dispõe de várias linhas de *design* para os mesmos equipamentos refrigerados, como podemos observar na figura 13.



Figura 12 - Equipamentos refrigerados produzidos pela Mercatus

No polo I são produzidos armários, bancadas e kit's refrigerados, dedicando-se o polo II à produção de câmaras, abatedores, arrefecedores, minicâmaras, câmaras de fermentação e túneis de congelação.



Figura 13 – Exemplo das linhas de produtos Mercatus disponíveis para um tipo armário

A empresa tem obtido elevado reconhecimento que pode ser comprovado pela sua presença em diversos mercados internacionais, onde coloca, como já foi mencionado, mais de 95% da sua produção. A Mercatus está presente em mais de 30 países distribuídos pela Europa,

Méio Oriente, África e América Latina, sendo que a Europa representa a maior percentagem de vendas.

O projeto foi realizado no polo I, que se dedica, como foi dito anteriormente, à produção de bancadas, armários e kit's refrigerados, sendo inserido na célula produtiva de armários refrigerados, que representam cerca de 20% da produção global da Mercatus.

Processo produtivo

Após a fase de conceção e desenvolvimento de um produto, o processo produtivo típico consiste na transformação da matéria-prima e montagem de componentes, resultando em produto acabado, pronto a ser entregue ao cliente, de acordo com os seus requisitos. A figura 14 apresenta o processo produtivo simplificado da Mercatus:



Figura 14 - Fluxo produtivo simplificado da Mercatus

O processo produtivo inicia-se com a programação através do *JetCam* dos *nestings* de chapas, sendo esta enviada posteriormente para as duas punçadoras. Nesta secção, a chapa sofre uma transformação, é furada e posteriormente cortada. Depois da punçadora, as peças fabricadas seguem para as quinadoras (figura 15) e daqui, as peças vão para a secção de calafetagem/injeção (figura 16) ou diretamente para as linhas de montagem. Estes processos de punçagem e quinagem iniciam a produção uma semana antes do início da montagem nas linhas.



Figura 15 - Secção de transformação - quinadoras



Figura 16 - Secção de calafetagem/injeção - prensa

Tal como o nome indica, na secção de calafetagem e injeção (figura 16) as peças são calafetadas e depois injetadas. Existem três secções de injeção, sendo que cada uma delas é dedicada a um tipo de produtos diferente (bancadas, armários e kit's).

Nas linhas de montagem (figura 17) é feita a junção de todos os componentes, vindo dos processos anteriores e do armazém, para assim formar os equipamentos refrigerados. Após a montagem dos equipamentos seguem para a linha de teste, onde são testados os parâmetros de conformidade e funcionamento.



Figura 17 - Linha de montagem das bancadas

Depois de controlados, os produtos são embalados em caixas de cartão com cintas ou fita de embalagem e colocados em paletes. Depois de embalados, os produtos, são expedidos ou colocados no armazém de produto acabado.

3.2. Caracterização do desafio

O foco deste projeto é a célula de fabrico dos armários refrigerados e o principal objetivo é melhorar os processos de forma a aumentar índices de produtividade e, consequentemente, contribuir positivamente para os resultados da organização.

Esta célula, como toda a organização, produz um elevado número de modelos de armários em relativamente poucas quantidades. Devido a isso existem muitos desafios, como processos mal balanceados, que não se adequam aos diferentes modelos de produtos, muitas variações nos lançamentos semanais ou falta de fluxo de informação entre as diversas áreas. Com o aumento da procura destes equipamentos (como podemos ver pelo gráfico abaixo), e a falta de capacidade de resposta às encomendas sentiu-se a necessidade de atuar, o mais rapidamente possível, de forma a aumentar a produtividade da célula em questão.

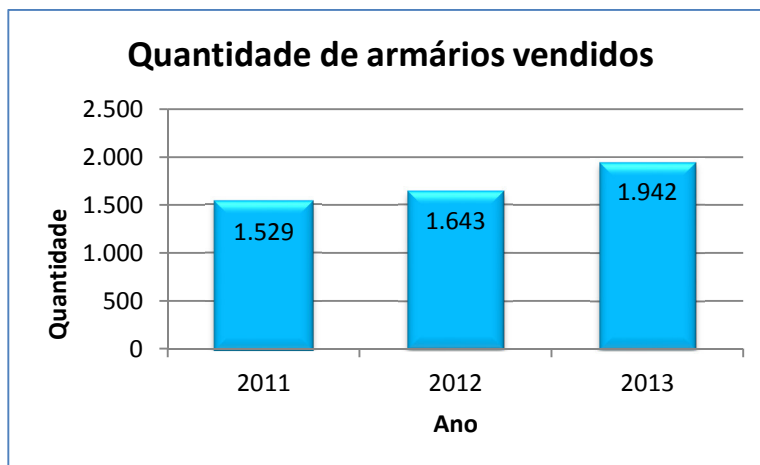


Gráfico 1 - Quantidade de armários vendidos nos últimos anos

3.2.1. Objetivos a atingir

Os principais objetivos traçados para o projeto, pela organização em conjunto com a autora deste trabalho foram:

- Aumento da produtividade de monoblocos
- Diminuição da distância percorrida pelos operadores;
- Redução de *Stock*/WIP com criação de fluxo logístico;
- Definição e seguimento diário do “*Takt Time*”;
- Aplicação do OEE;
- Realização de um ficheiro de tempos e cargas semanais de produção;
- Criação de *Standard 's Works*.

3.2.2. Metodologia utilizada

No sentido de resolver os principais desafios da célula produtiva, e ir de encontro aos objetivos delineados, foi necessário identificar as principais fontes de desperdícios, os principais desafios e assim encontrar as oportunidades de melhoria.

A primeira etapa do projeto foi a observação e recolha de dados da linha de montagem dos monoblocos (descrita em mais detalhe no ponto seguinte), para assim conhecer o *mix* de produtos e os processos associados. De seguida foi efetuado o desenho do *Value Stream Mapping* (VSM) para avaliar a situação atual e definir o estado futuro.

Concluída esta etapa prosseguiu-se com o balanceamento da linha. Depois desta fase do projeto foi possível avançar para a implementação de outras ferramentas *Lean*, como os 5S's ou gestão visual, de forma a sustentarem as melhorias implementadas.

Numa fase final, o objetivo foi criar suportes (documentos, quadros, métodos) por forma a que os operadores consigam acompanhar o respetivo desempenho e saberem se estão a cumprir com os objetivos definidos, e ainda de forma a manter as melhorias implementadas sustentáveis.

3.3. Descrição da célula Monobloco

A célula produtiva dos armários, denominada por Monobloco, representa cerca de 28% da produção do centro produtivo I, produzindo cerca de 26 modelos diferentes de armários. Esta célula divide-se em cinco processos principais: calafetagem/injeção, portas, grupos refrigerados, cabeçotes e linha de montagem. Na figura seguinte está representado o fluxo produtivo da célula.

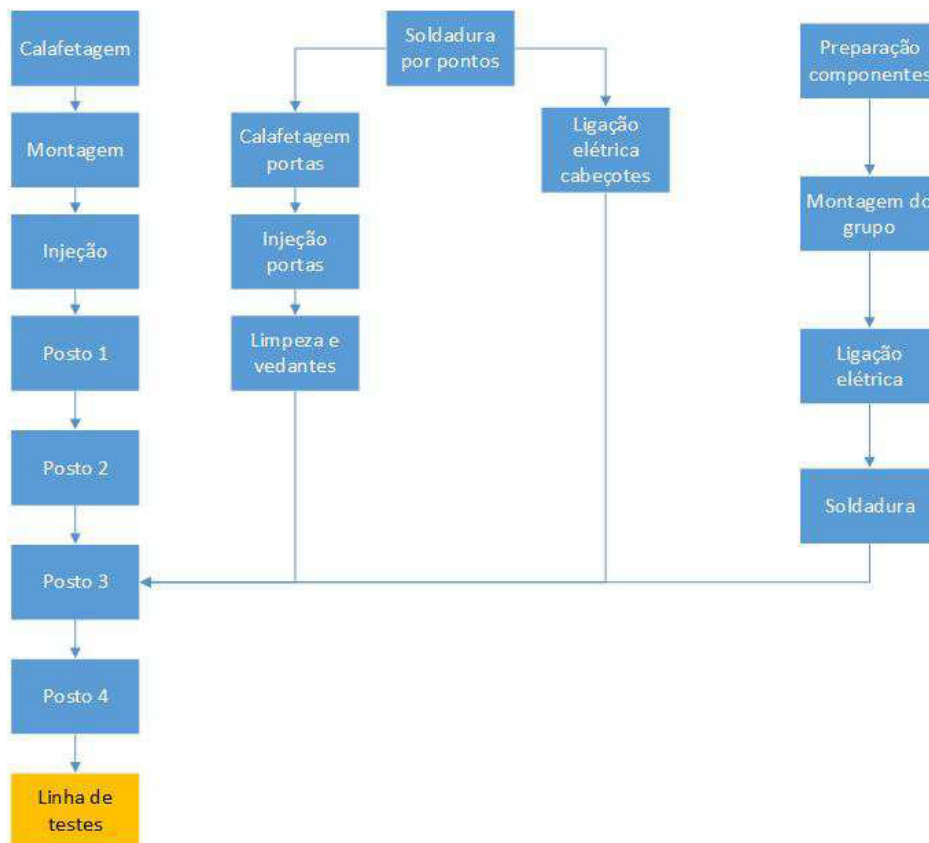


Figura 18 - Fluxo produtivo da célula monobloco

O material chega quinado da transformação, aos postos de calafetagem e injeção e aqui procede-se à calafetagem dos painéis exteriores e forras interiores dos armários (figura 19). Após estas tarefas segue-se a junção destes e forma-se o corpo do armário sendo a injeção feita

por monobloco. A esta etapa estão dedicados 3 operadores, sendo que um deles está encarregue pelo posto 1 na linha de montagem.



Figura 19 - Processo de calafetagem e injeção da célula Monobloco

Os postos de trabalho dedicados à preparação das portas, tal como o processo descrito anteriormente, recebem material vindo diretamente da transformação. A preparação das portas é iniciada pela soldadura, seguindo para um processo de calafetagem e/ou colagem e de seguida injeção sendo esta injeção feita numa prensa exterior à célula. Depois de injetada é feita uma limpeza e aplica-se o vedante na porta. Após concluídas estas tarefas a porta é levada para a linha de montagem onde será colocada a dobradiça e mais alguns componentes.

Na linha de preparação dos grupos de frio (figura 20) o processo inicia-se com a preparação dos componentes (evaporadores e condensadores) e, de seguida, é feita a junção destes. Após a finalização da montagem do grupo de refrigeração procede-se à brasagem do mesmo. A ligação elétrica do grupo pode ser realizada após a montagem ou só depois da brasagem, dependendo do tipo de armário. Os materiais que são incorporados neste processo vêm maioritariamente do armazém. O grupo será incorporado na linha de montagem dos armários.



Figura 20 - Linha de preparação dos grupos

É nos cabeçotes que se encontra o controlador do grupo de frio, este permite, entre outras funções, regular a temperatura de trabalho do equipamento. Os cabeçotes são soldados pelo mesmo colaborador que solda as portas. Após estarem soldados seguem para o posto de preparação (figura 21), onde é colocado o microprocessador e realizada a ligação das cablagens ao mesmo. O cabeçote vai ser rebitado ao armário na linha de montagem.



Figura 21 - Posto dos cabeçotes

A linha de montagem (figura 22) é dividida em quatro postos de trabalho e é sobre esta linha que a maioria do projeto incide.



Figura 22 - Linha de montagem da célula produtiva

O processo de montagem do armário, propriamente dito, começa quando o armário sai do monobloco e é colocado no tapete de roletes. O colaborador do primeiro posto, encarregue também por parte da calafetagem e da injeção do armário, coloca os pés/rodas no armário, levanta-o e coloca-o numa paleta. No posto seguinte é feita uma limpeza nos perfis do armário e retira-se o plástico do interior deste. O posto de trabalho 3 é onde os armários sofrem a maior parte da sua diferenciação. Neste posto são colocadas as portas, o grupo de refrigeração, cabeçote e outros componentes como serpentinas ou blindagens, evaporadores, o que diferencia o modelo e a linha de *design* do armário. No último posto é feita a ligação elétrica do cabeçote ao grupo, são colocadas as grelhas e é feita uma limpeza geral a todo o armário. Daqui o armário segue para a linha de teste, finalizando assim o processo na célula monobloco.

Neste capítulo foi feita uma pequena descrição da empresa Mercatus, dos seus produtos e, de uma forma geral, o respetivo processo de fabrico. Foi, também, apresentada uma descrição detalhada da célula produtiva onde foi desenvolvido este projeto. De seguida, no capítulo 4, será descrito como foram aplicadas as ferramentas *Lean* utilizadas no desenvolvimento deste projeto.

Capítulo 4

Aplicação das ferramentas *Lean*

4. Aplicação das ferramentas Lean

4.1. Recolha de dados

Para melhor avaliar e aprofundar a causa dos problemas encontrados, e com o fim de perceber como atuar sobre eles, procedeu-se à observação do processo produtivo no terreno, a recolha de tempos e análise do método de trabalho.

De início recorreu-se a uma análise de Pareto para perceber quais os modelos de armários refrigerados que apresentavam maior volume de vendas. Esta análise foi feita com dados do ano 2013, de Janeiro até Setembro, altura em que foi iniciado este trabalho. No gráfico seguinte podemos observar que os 20% de modelos que correspondem aos 80% do volume de vendas são os modelos M1 750, M2 750, M1 1500, M2 1500, Q1 500 e M6 750. Posto isto e dada a semelhança entre os primeiros quatro modelos, optou-se por iniciar a análise com modelo M2 1500, pois este é o armário que incorpora mais componentes e, conseqüentemente, o que tem maior tempo de ciclo. Este passo foi dado a pensar no desenho do *Value Stream Mapping* da célula produtiva, uma das etapas do projeto descrita no ponto a seguir.

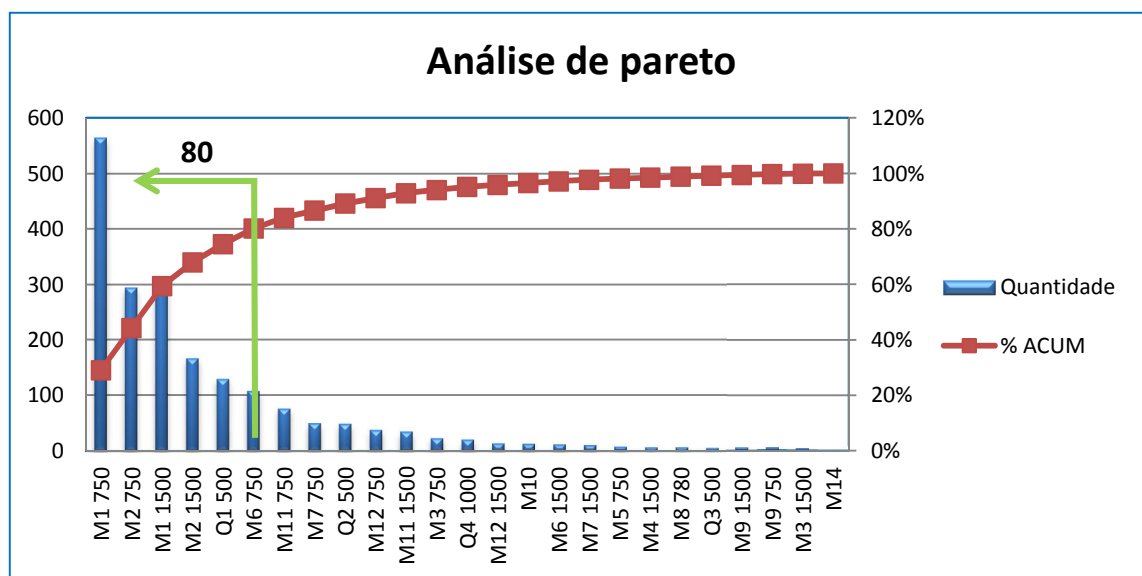


Gráfico 2 - Análise de Pareto

Para melhor analisar o processo produtivo foi necessário fazer um levantamento de todas as tarefas necessárias para a montagem de um armário, o que auxiliou o passo seguinte que consistiu na recolha de tempos de realização das tarefas. Com isto conseguiu-se criar uma base de trabalho para as restantes etapas do projeto. Para essa recolha foi utilizado o cronómetro e a máquina de filmar.

A tabela 1 corresponde à base de tempos recolhida para o armário M2 1500, esta é constituída pela listagem das tarefas necessárias para produzir o armário na linha de montagem e pela duração destas. Na tabela constam as observações recolhidas para cada tarefa e a respetiva média. Foram recolhidas apenas cinco observações, ou até menos, para algumas das tarefas, por uma questão de acelerar o processo de recolha de dados.

Depois desta base de tempos estar feita prosseguiu-se para o desenho do *Value Stream Mapping* da célula produtiva dos armários, como foi referido anteriormente.

Tabela 1 - Duração das tarefas (hh:mm:ss)

Armário M1 /2 1500							
Tarefas	Duração					Média	σ
	1	2	3	4	5		
Retirar proteções	00:00:33	00:00:35	00:00:38			0:00:35	0:00:02
Aplicar rodas/pés	00:04:18	00:03:01	00:03:49			0:03:43	0:00:32
Palete/levantar armário e rodar	00:02:05	00:02:15	00:01:51			0:02:04	0:00:10
Retirar Fita cola	00:04:37	00:04:02	00:03:04	00:03:40		0:03:51	0:00:34
Retirar proteções	00:00:47	00:00:49	00:00:46	00:00:42	00:01:08	0:00:50	0:00:09
Retirar plástico	00:04:56	00:04:59	00:04:35	00:05:32	00:04:37	0:04:56	0:00:21
Colocar pernos	00:02:23	00:02:20	00:02:55	00:03:15	00:02:14	0:02:37	0:00:24
Limpar perfis	00:03:39	00:04:10	00:01:32	00:01:12	00:03:14	0:02:45	0:01:11
Abrir buraco esgoto	00:00:49	00:00:51	00:00:14	00:00:16	0:00:27	0:00:31	0:00:16
Colocar válvula de esgoto	00:00:50	00:00:43	00:00:36	00:00:40	00:00:37	0:00:41	0:00:05
Colocar proteções anti moças	00:00:15	00:00:18	00:00:12			0:00:15	0:00:02
Aplicar pilar	00:01:08	00:01:26	00:01:36	00:01:50	00:01:40	00:01:32	0:00:14
Fazer buraco para resistência	00:03:58	00:03:00				00:03:29	0:00:29
Aplicar resistência	00:03:12	00:03:25				00:03:18	0:00:06
Preparar calha de remate superior	00:02:23	00:01:58				00:02:11	0:00:12
Colocar calha remate superior	00:00:51	00:00:46	00:01:27	00:01:11		00:01:04	0:00:16
Colocar mástique	00:00:23	00:00:26				00:00:25	0:00:02
Colocar perfis	00:12:00	00:11:39	00:06:01			00:09:53	0:02:45
Rebitar pilar	00:02:25	00:02:00				00:02:13	0:00:12
Preparar campânulas	00:04:54	00:04:46				00:04:50	0:00:04
Colocar spray	00:00:21	00:00:19				00:00:20	0:00:01
Aplicar porta sondas	00:00:44	00:00:50	00:00:43			00:00:46	0:00:03
Aparafusar suporte porta	00:01:58	00:01:36	00:01:45			00:01:46	0:00:09
Colar tela isolante	00:02:08	00:01:59				00:02:03	0:00:05
Colocar grupo	00:01:40	00:01:28	00:01:38	00:01:46		00:01:38	0:00:06
Aparafusar campânulas	00:06:04	00:05:59	00:03:49	00:04:53		00:05:11	0:00:55
Rebitar cabeçote	00:03:50	00:03:00	00:02:31	00:03:55	00:02:48	00:03:13	0:00:34
Preparar portas	00:06:53	00:06:26	00:07:58			00:07:06	0:00:39
Colocar portas	00:02:29	00:02:16	00:02:58	00:04:17	00:03:03	00:03:01	0:00:42
Alinhar porta com cabeçote	00:02:39	00:01:56	00:01:36	00:01:06	00:01:53	00:01:50	0:00:30
Fazer ligação do cabeçote ao grupo	00:02:48	00:02:50	00:02:56	00:02:45	00:02:19	00:02:44	0:00:12
Aparafusar proteção dos fios	00:01:12	00:00:56	00:00:55	00:00:56	00:01:02	00:01:00	0:00:06
Aparafusar fio terra	0:00:36	00:00:35	00:00:39	00:00:38	00:00:40	00:00:38	0:00:02
Retirar plástico do pilar	00:02:19	00:01:58	00:01:56	00:02:20	00:01:42	00:02:03	0:00:13
Aparafusar suporte calhas frontais e posteriores	00:04:52	00:05:23	00:04:22	00:04:32	00:05:48	00:04:59	0:00:29
Colar etiqueta de vinil	00:00:35	00:00:32	00:00:38	00:00:26	00:00:29	00:00:32	0:00:04
Colocar parafusos pilar	00:00:52	00:01:45	00:01:01	00:01:12	00:01:02	00:01:10	0:00:17
Colocar calhas	00:01:40	00:01:37	00:01:24	00:01:18	00:01:17	00:01:27	0:00:09
Colocar grelhas	00:05:46	00:04:57	00:05:19	00:05:13	00:05:49	00:05:25	0:00:18
Aparafusar cabeçote	00:00:10	00:00:12	00:00:32	00:00:10	00:00:18	00:00:16	0:00:08
Aplicar silicone e limpar	00:01:52	00:01:21	00:00:57	00:00:39	00:01:30	00:01:16	0:00:23
Retirar plástico das costas e das portas	00:02:54	00:03:31	00:03:27	00:03:12	00:02:54	00:03:12	0:00:14
Tempo total				1:43:19			

4.2. VSM da célula produtiva

Após a recolha de dados, e de forma a perceber qual era realmente o estado atual da célula produtiva para assim se conseguir delinear, mais eficazmente, o caminho que vá de encontro aos objetivos traçados, desenhou-se o *Value Stream Mapping*.

Para o desenho do VSM adaptaram-se os passos propostos à realidade vivida pela Mercatus.

Passo 0: Definição da equipa

A definição da equipa é um dos passos mais importantes e que requer algum cuidado na escolha. Esta definição teve por base o pensamento organizacional, a experiência e o conhecimento.

A elaboração do VSM teve, numa primeira fase, a participação de um representante de cada departamento, nomeadamente o departamento técnico, produção, produto, qualidade, aprovisionamento, processos e administração. Contou também com a participação da autora deste projeto e com duas estagiárias do departamento de processos. Foi feita uma pequena apresentação da ferramenta VSM a todos, para que estivessem ao mesmo nível de conhecimento e informação. Esta primeira fase contou com mais participantes para que todos ficassem informados sobre o que era pretendido, para consciencialização da importância de atuar nesta célula, e também para que, sempre que fosse necessário, estes fornecessem a informação solicitada. Após esta fase apenas ficaram presentes os representantes dos departamentos de processos e de produção.

Passo 1: Escolha da família de produtos a analisar

Este passo foi previamente realizado, aquando da decisão de por onde começar a recolher os dados. Como dito anteriormente, o armário escolhido para representar a realidade vivida pela empresa foi o modelo M2 de dois corpos (2C). Este pertence a uma família de quatro armários, sendo este o mais complexo. Esta família é constituída por dois armários de um corpo (750) e dois de dois corpos (1500). Os dois modelos M1 são armários Gastronorm e os M2 são armários de Congelados.

O modelo M2 1500 é um armário de congelação de dois corpos, ou seja, com dois compartimentos, e o que o diferencia dos restantes modelos é o seu tamanho, daí incorporar um maior número de componentes, e o facto de ser de um armário de congelação faz com seja necessário colocar uma resistência em cada porta, o que leva ao aumento do tempo de ciclo em relação ao modelo M1 1500.

Ao melhorar-se o processo de fabrico do modelo em questão consegue-se melhorar o processo de fabrico de toda a família, e de alguns aspetos comuns aos restantes armários que não pertencem a esta família de produtos. Após esta escolha prosseguiu-se para o passo seguinte, o mapeamento do estado atual do processo.

Passo 2: Desenhar o estado atual do processo

Após a conclusão das etapas iniciais do *VSM* avançou-se para o desenho do estado atual da célula monobloco. Para isso foram necessários alguns dados como o número de operadores, *stocks* intermédios, tempo de trabalho disponível e tempo acumulado de cada posto. Alguns dos dados já tinham sido recolhidos aquando da recolha de dados e outros foram retirados no terreno pela equipa de trabalho.

Quando se iniciou o desenho do *VSM*, propriamente dito, surgiram algumas dificuldades e, de forma a facilitar o mapeamento, optou-se por dividir o processo de fabrico dos armários em subprocessos, tendo então sido desenhado um *VSM* de cada um deles (portas, grupos refrigerados, cabeçotes, calafetagem/injeção - figuras 23, 24, 25 e 26) e um geral com a junção dos anteriores (figura 27). Depois de todas as condições reunidas prosseguiu-se para o mapeamento processo em papel.

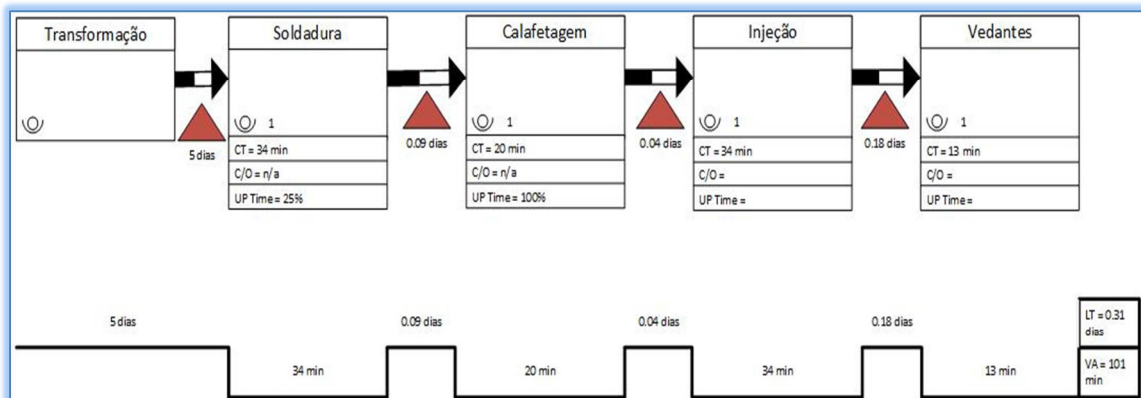


Figura 23 - VSM do subprocessos portas

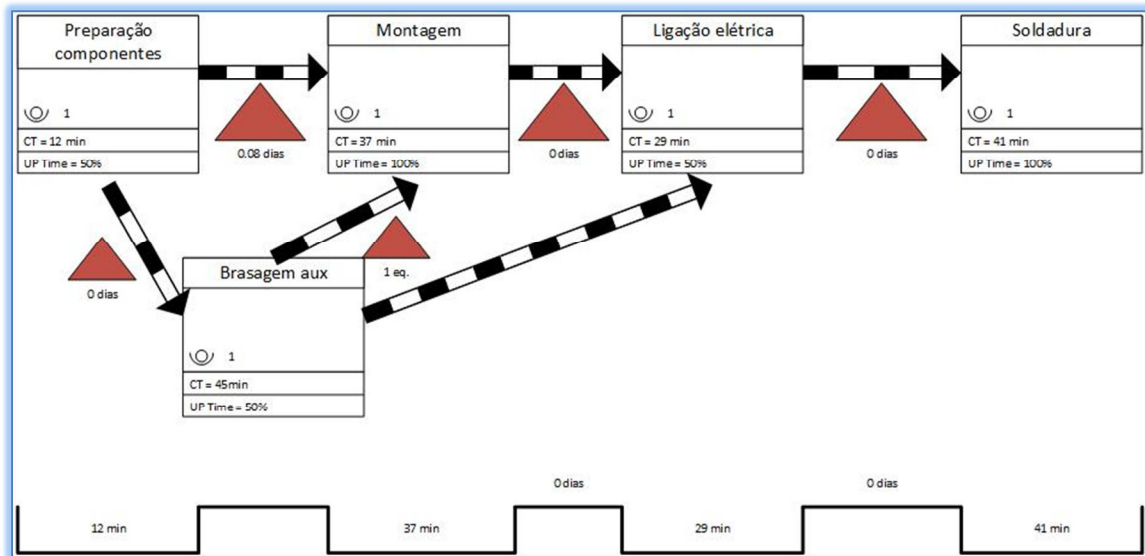


Figura 24 - VSM do subprocesso grupos refrigerados

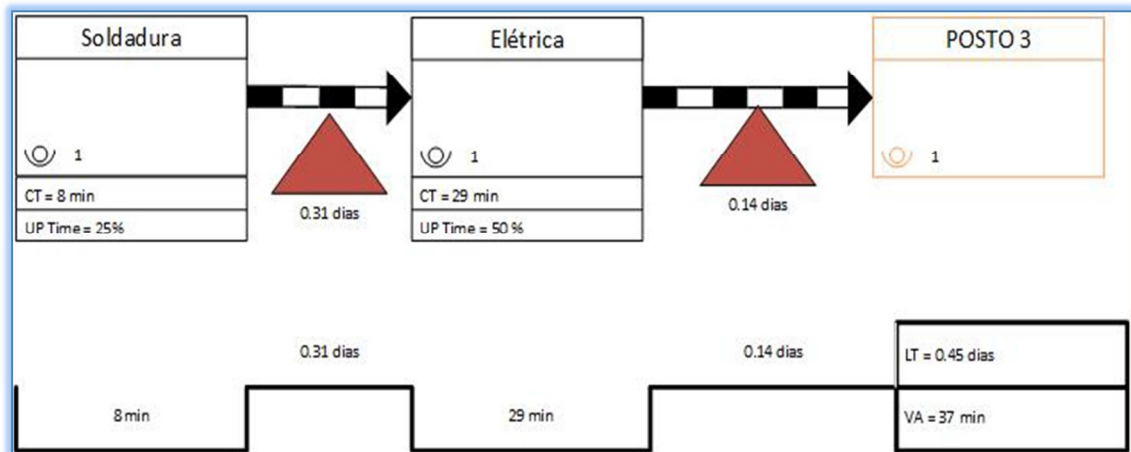


Figura 25 - VSM do subprocesso cabeçotes

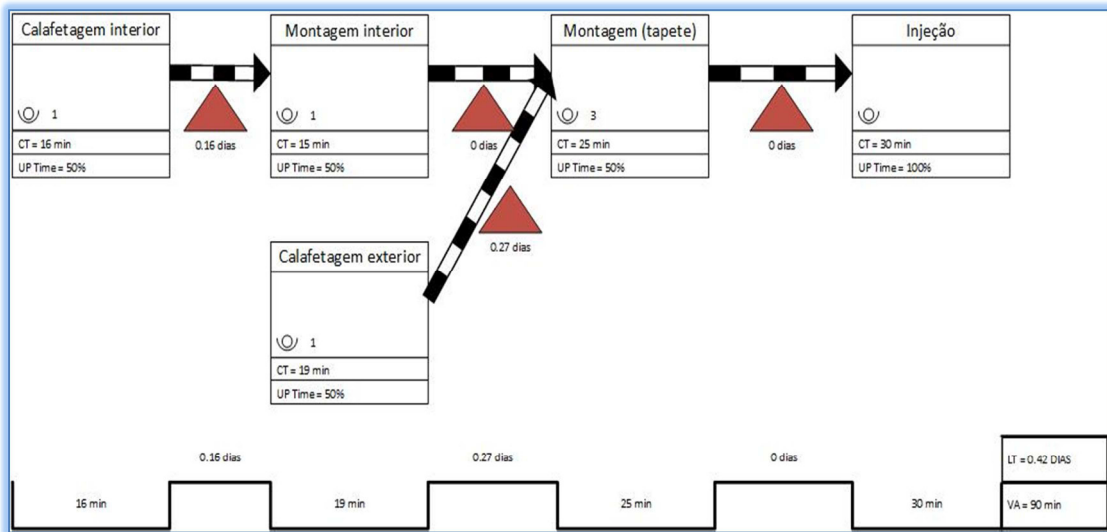


Figura 26 - VSM do subprocesso calafetagem/injeção

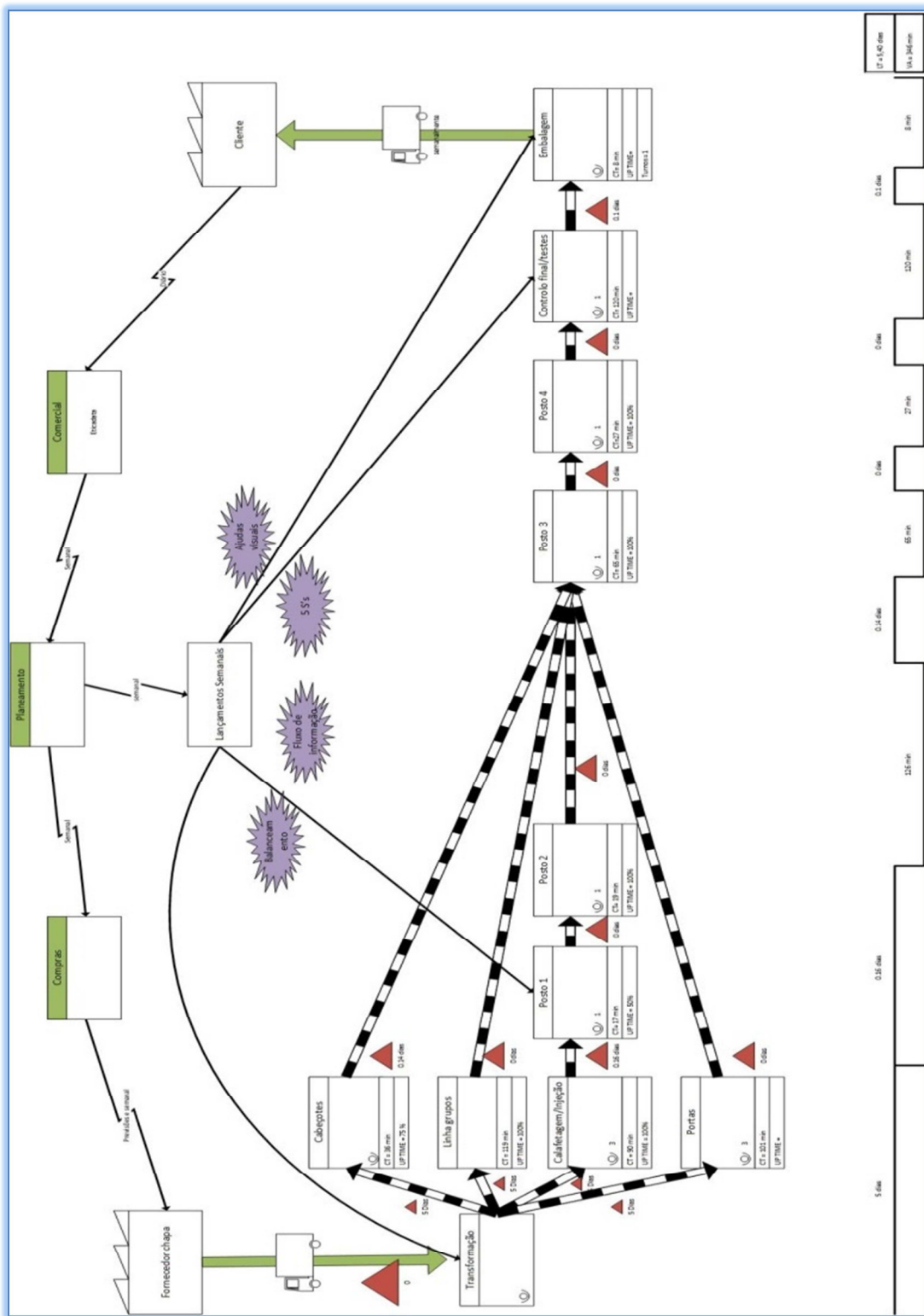


Figura 27 - VSM do monobloco

Com VSM global da célula produtiva detetaram-se alguns dos aspetos críticos da mesma nomeadamente, concluiu-se que era necessário reajustar o balanceamento da linha de montagem, visto que o posto 3 estava sobrecarregado em relação aos restantes. Identificou-se ainda a necessidade de aplicar as ferramentas 5S's e gestão visual em todos os postos, estas já tinham sido aplicadas, alguns anos antes, mas encontravam-se desajustadas com as necessidades atuais.

Detetou-se também que existia falta de comunicação entre os vários processos constituintes da célula produtiva, sendo necessário criar uma forma de comunicação de forma a que todos soubessem o que realmente era necessário produzir em cada momento.

Passo 3: Desenhar o estado futuro do processo

Depois de concluído o mapeamento do estado atual do processo, este foi analisado e foram encontradas algumas oportunidades de melhoria, como o balanceamento da linha de montagem, implementação da ferramenta 5 S's e gestão visual. Depois destas melhorias terem sido propostas fez-se o desenho do mapeamento do estado a atingir (figura 28).

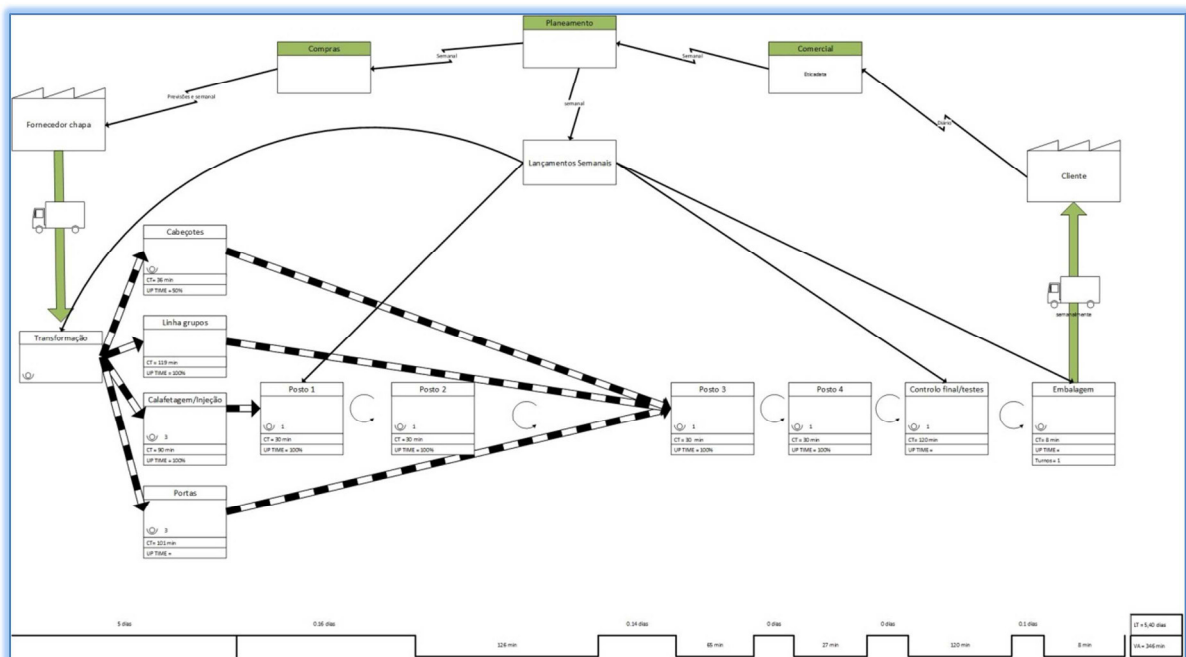


Figura 28 - VSM do estado futuro

No estado futuro pretende-se que a linha de montagem esteja balanceada, devendo a carga de trabalho ser praticamente igual nos quatro postos de trabalho. Depois de criada a forma de comunicação entre os postos, estes saberão exatamente o que produzir em cada momento, o que fará com que os stocks intermédios sejam reduzidos.

Passo 4: Implementação das ações

Uma fase essencial da metodologia VSM é a aplicação das ações dele resultantes, daí surge a necessidade de atribuir as tarefas a um responsável e definir uma data de conclusão. As

ações foram atribuídas à autora deste projeto, com o auxílio da equipa do departamento de processos. O tempo limite de conclusão destas seria no final do projeto, ou seja, final do mês de Abril de 2014.

4.3. Balanceamento da linha de montagem

O balanceamento da linha de montagem foi uma ação resultante do mapeamento do fluxo de valor da célula produtiva. Neste ponto é feita uma descrição do balanceamento original da linha e de um cenário proposto, a simulação e comparação de resultados entre o cenário alternativo escolhido e o original. Por fim é descrita a implementação do cenário alternativo proposto.

4.3.1. Descrição do cenário original

No cenário original a linha de montagem é constituída por quatro postos de trabalho, e na tabela 2 está representada a divisão de tarefas por postos (tarefas referentes à montagem de um armário M2 1500).

Tabela 2 - Divisão das tarefas pelos postos de trabalho

Posto 1
Calafetagem (tapete)
Colocar armário na prensa
Injeção do armário
Retirar armário da prensa
Retirar proteções
Aplicar rodas/pés
Palete/levantar armário e rodar
Posto 2
Retirar Fita-cola
Retirar proteções
Retirar plástico
Limpar perfis
Abrir buraco esgoto
Colocar válvula de esgoto
Colocar proteções anti mossas
Colocar pernos
Arrumar proteções
Posto 3
Aplicar pilar
Fazer furos para resistência
Aplicar resistência
Preparar calhas de remate superior
Colocar calha remate superior
Colocar mástique
Colocar magnético nos perfis
Colocar perfis
Preparar campânulas
Rebitar pilar
Colocar <i>spray</i>
Aplicar porta sondas
Aparafusar suporte porta

Colar tela isolante
Colocar grupo
Colocar campânulas
Rebitar cabeçote
Preparar portas
Colocar portas
Alinhar porta com cabeçote
Posto 4
Fazer ligação do cabeçote ao grupo
Aparafusar proteção dos fios
Aparafusar fio terra
Aparafusar suporte calhas frontais e posteriores
Colar etiqueta
Retirar plástico do pilar
Colocar calhas
Colocar grelhas
Aparafusar cabeçote
Aplicar silicone e limpar
Retirar plástico das costas e do interior da porta

No posto 1 (figura 29) são aparafusadas as rodas ou pés dos armários. O operador é também responsável por tarefas externas à linha de montagem, é responsável por finalizar a calafetagem do armário, colocá-lo na prensa, fazer a injeção e, depois do tempo de cura concluído, retirar o armário e colocá-lo no tapete da linha de montagem.

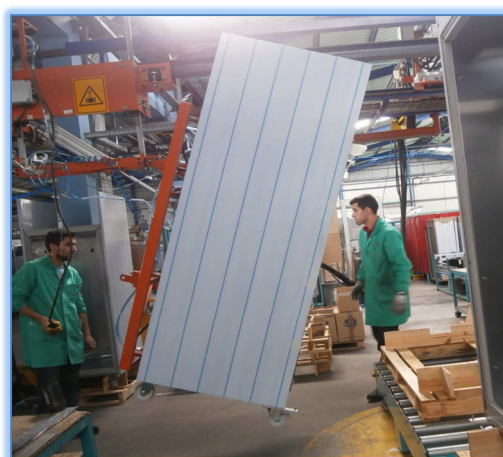


Figura 29 - Posto 1 da linha de montagem

No segundo posto (figura 30) o operador retira as proteções dos perfis e limpa-os, de seguida retira o plástico do interior do armário e coloca pernos e a válvula de esgoto.



Figura 30 - Posto 2 da linha de montagem

No posto 3 (figura 31) são colocadas as resistências da porta, rebita-se o pilar, colocam-se os perfis de remate, preparam-se as duas portas e colocam-se no armário. É também colocado o grupo de frio, preparam-se e aparafusam-se as campânulas para proteção do grupo, depois é rebitado o cabeçote. Após estas tarefas é feito um alinhamento do *reed*⁴ das portas com os *reeds* do cabeçote.



Figura 31 - Posto 3 da linha de montagem

No último posto é feita a ligação elétrica do grupo ao cabeçote, retira-se o plástico do pilar, do interior das portas e das costas do armário. São colocadas as calhas, grelhas e é feita limpeza geral ao armário (figura 32).

⁴ Reed – interruptor eletrônico, neste caso, utilizado para dar sinal ao microprocessador que a porta está aberta/fechada, desligando/ligando assim o compressor e a ventilação



Figura 32- Armário M2 1500 no final da linha de montagem

Após esta breve descrição do que é feito na montagem do armário em cada posto, e considerando a informação apresentada n gráfico 3, que representa os tempos acumulados de cada posto, rapidamente se percebe que estes se encontram com cargas de trabalho muito desequilibradas e daí a necessidade de balancear os postos.

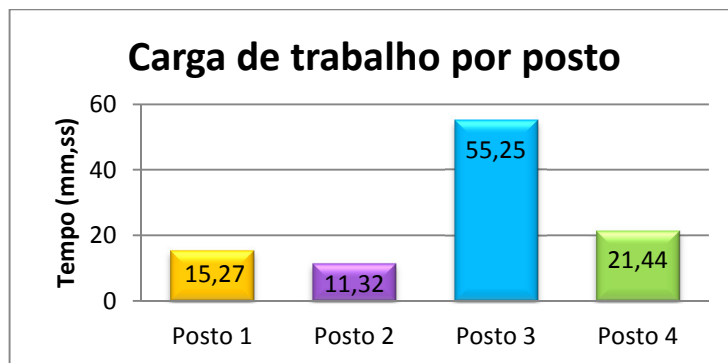


Gráfico 3 - Comparação de cargas de trabalho entre postos

4.3.2. Cenário proposto

Foram propostos dois cenários possíveis para o balanceamento da linha de montagem, mas antes de efetuar o balanceamento foi feito um diagrama de precedências (figura 33). Este diagrama serve como base para realizar o balanceamento, pois assim garante que a sequência em que as tarefas são realizadas está correta.

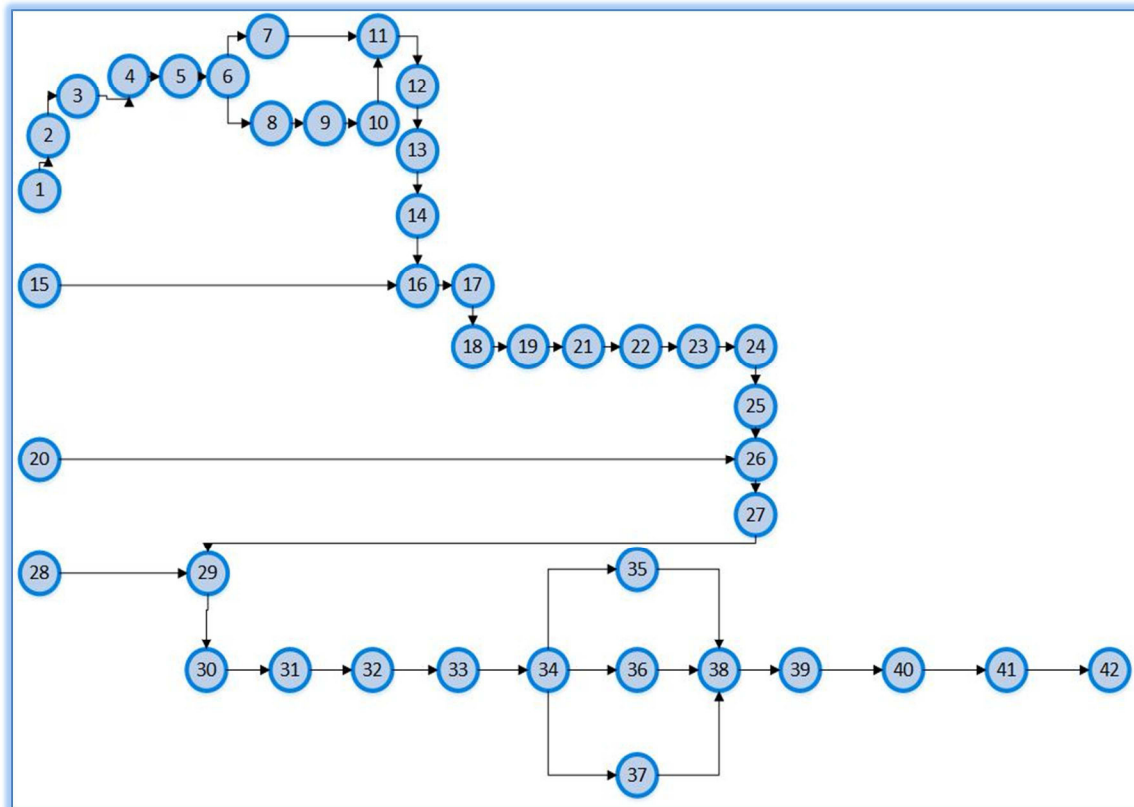


Figura 33 - Diagrama de precedências das tarefas

Depois do diagrama de precedências concluído calculou-se o número mínimo de postos de trabalho necessários em função do *takt-time*. Neste caso não se utilizou a procura do cliente para o cálculo do *takt-time*. Recorreu-se a um tempo de ciclo pretendido, este é ditado pela máquina de injeção monobloco, são 30 minutos que correspondem ao tempo de cura mais o tempo de pré-aquecimento desta. Com isto o objetivo pretendido era otimizar ao máximo o tempo máquina e consequentemente conseguir produzir mais armários para satisfazer as encomendas.

Posto isso, pela fórmula (3) temos:

$$N_{\min} = \frac{113.3 \text{ min}}{30 \text{ min}} = 3,78 \approx 4 \text{ Postos}$$

O tempo acumulado das tarefas diz respeito apenas ao tempo necessário para a montagem do armário na linha de montagem e contempla um fator de compensação que corresponde a 10% do tempo total. O número de postos de trabalho existentes na linha, no estado inicial, também era de quatro, mas o operador do posto 1 apenas utiliza metade do tempo disponível neste posto e o tempo restante é utilizado na calafetagem e injeção do armário. Com estes cálculos concluímos que eram necessários 4 postos na linha de montagem.

Com o número de postos necessários calculado e a definição do tempo de ciclo pretendido procedeu-se à redistribuição das tarefas pelos postos de trabalho, tendo em atenção a precedência das tarefas, o tempo de ciclo pretendido e as condições de trabalho de cada posto.

Cenário proposto

Este cenário consistiu em retirar ao operador do posto 1 a calafetagem e injeção do armário e atribuir aos operadores dos postos anteriores, ficando este apenas responsável por colocar as rodas/pés no armário, levantá-lo, retirar proteções e o plástico do interior. O posto 2 finaliza a limpeza de perfis, prepara e coloca a calha de remate, pilar, resistência e perfis e ainda prepara as duas campânulas necessárias para o grupo. No posto 3 o operador prepara as portas, coloca o grupo, as campânulas, as portas e o cabeçote, no final faz um alinhamento das portas com o cabeçote. O posto 4 não sofreu alterações, continua a fazer as mesmas funções.

Na tabela 3 podemos ver as tarefas alocadas a cada posto e no gráfico 4 a comparação entre o tempo acumulado por posto.

Tabela 3 - Tarefas alocadas a cada posto

Posto 1		
1	Retirar proteções	0:00:35
2	Aplicar rodas/pés	0:03:43
4	Palete/levantar armário e rodar	0:02:04
5	Retirar Fita-cola	0:03:51
6	Retirar proteções	0:00:50
7	Retirar plástico	0:04:56
8	Colocar pernos	0:02:37
9	Limpar perfis	0:02:45
10	Abrir buraco esgoto	0:00:31
11	Colocar válvula de esgoto	0:00:41
12	Colocar proteções anti mossas	0:00:15
13	Aplicar pilar	00:01:32
	Tempo total	0:24:21
Posto 2		
4	Fazer furos para resistência	00:03:29
15	Aplicar resistência	00:03:18
16	Colocar calha remate superior	00:01:04
17	Colocar mástique	00:00:25
18	Colocar perfis	00:09:53
19	Rebitar pilar	00:02:13
25	Preparar campânulas	00:04:50
	Tempo total	0:25:12
Posto 3		
20	Colocar spray	00:00:20
21	Aplicar porta sondas	00:00:46
22	Aparafusar suporte porta	00:01:46
23	Colar tela isolante	00:02:03
24	Colocar grupo	00:01:38
26	Colocar campânulas	00:05:11
27	Rebitar cabeçote	00:03:13
28	Preparar portas	00:07:06
29	Colocar portas	00:03:01
30	Alinhar porta com cabeçote	00:01:50

Tempo total		0:26:54
Posto 4		
Tarefa	Duração	
31	Fazer ligação do cabeçote ao grupo	00:02:44
32	Aparafusar proteção dos fios	00:01:00
33	Aparafusar fio terra	00:00:38
34	Aparafusar suporte calhas frontais e posteriores	00:04:59
35	Colar etiqueta de vinil	00:00:32
36	Retirar plástico do pilar	00:02:03
37	Colocar parafusos pilar	00:01:10
38	Colocar calhas	00:01:27
39	Colocar grelhas	00:05:25
40	Aparafusar cabeçote	00:00:16
41	Aplicar silicone e limpar	00:01:16
42	Retirar plástico das costas e do interior da porta	00:03:12
Tempo total		0:24:42

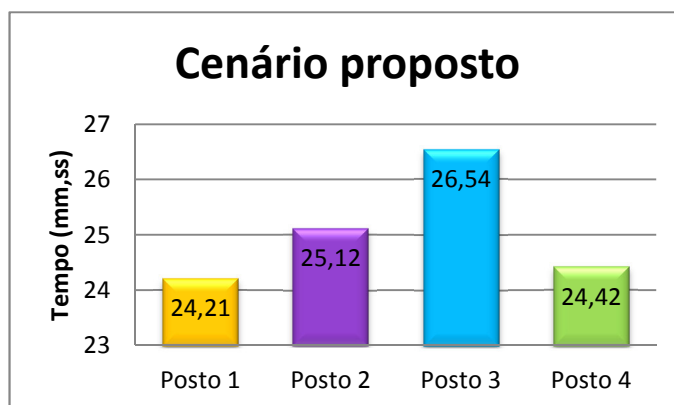


Gráfico 4 - Comparação do tempo acumulado dos postos

No ponto seguinte, será apresentada uma simulação deste cenário proposto no software Arena e será feita uma comparação de resultados entre o cenário original e o cenário proposto.

4.3.3. Simulação e comparação de resultados

Para validar essa escolha foi feita uma comparação entre o cenário original e o cenário proposto através do *software Arena*®. O *Arena*® é uma ferramenta de simulação desenvolvida pela *Rockwell Software Corp*, que permite aos usuários criar modelos de simulação que permitem representar com precisão o funcionamento de um sistema.

Para desenvolver o modelo inicial foi simulado um dia de produção, com 15 repetições. Foi utilizada uma distribuição triangular para os tempos de processamento de cada estação de trabalho (Tabela 4). O tempo de processamento da máquina de injeção foi considerado

determinístico, 30 minutos, em que 10 min correspondem ao tempo de pré-aquecimento dos moldes e 20 min ao tempo de cura depois de ser injetado o armário. Foram também considerados pormenores significativos da linha de montagem como:

- O funcionamento da linha de montagem de oito horas por dia;
- Pausas para lanche e almoço;
- Tempo de transporte de um posto para o seguinte;

Tabela 4 - Tempo de processamento de cada posto

Posto	Min (min)	Moda (min)	Max (min)
Calafetagem	13	14	15
Posto 1	15	16	17
Posto 2	19	20	21
Posto 3	60	65	66
Posto 4	25	26	27

Pelos resultados do modelo de simulação (figura 34) conclui-se que foram produzidos cinco armários e que o operador do posto 1 e da calafetagem é o recurso gargalo. Este recurso coloca todo o sistema em questão. A taxa de utilização do recurso gargalo é de 100%, enquanto a fila de espera do posto 1 é $3,48 \pm 0,05$ armários e da calafetagem é $6,65 \pm 0,08$ painéis. Verificou-se também que o operador do posto 3 também tem uma taxa de utilização muito elevada, perto de 100% (99,94%), o que significa que este é também um ponto de estrangulamento. O tempo que leva para um armário de atravessar o sistema é de cerca de $341,62 \pm 1,44$ minutos.

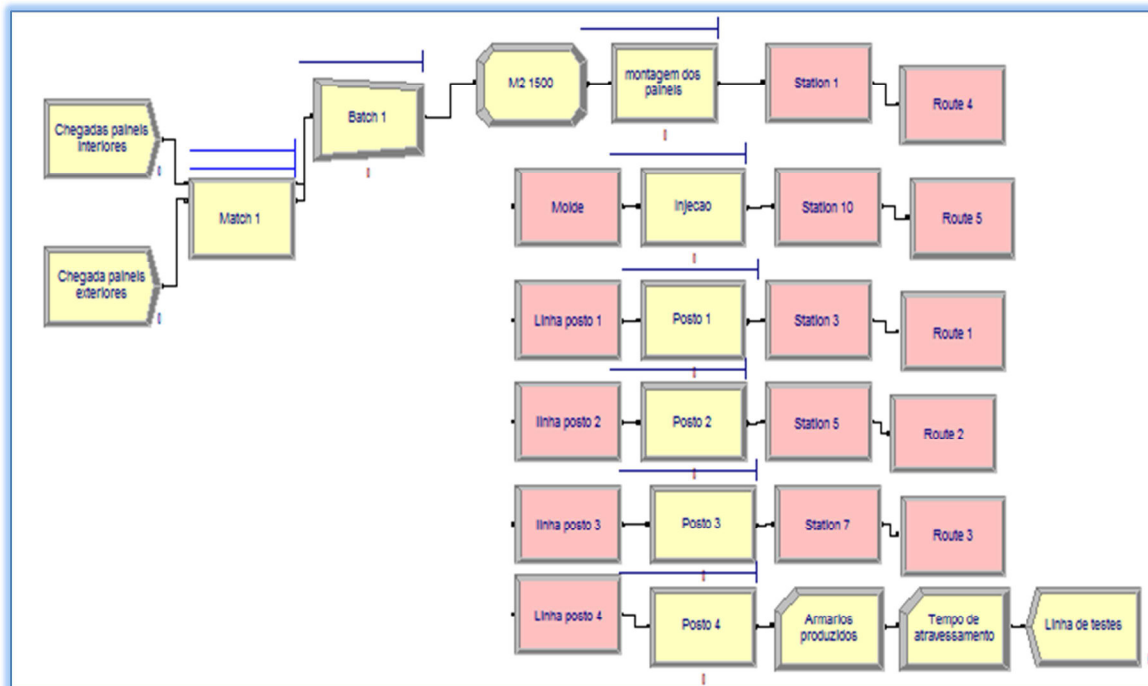


Figura 34 - Modelo de simulação desenvolvido

Uma das etapas mais importantes da simulação é a verificação e validação. Se o modelo não refletir o sistema real, as saídas do modelo vão influenciar negativamente a qualidade da decisão. A ideia principal da verificação é assegurar que o modelo não contenha erros de implementação das lógicas de funcionamento do sistema, tal como: rotina de decisão, fluxo de entidades, atribuição de variáveis, etc (Banks, 1998). A verificação e validação do modelo inicial foram realizadas envolvendo pessoas familiarizadas com o processo. Depois do desenvolvimento do modelo, com todos os fatores considerados, obteve-se um modelo com capacidade de produção e tempo de fluxo do produto muito próximo do sistema real.

Após a verificação e validação do modelo inicial, realizou-se o desenvolvimento do modelo proposto. Nessa etapa foram inseridas variações no modelo inicial para observação do comportamento do sistema. É importante realçar que nessa etapa não se procurou a melhor alternativa, mas sim avaliar possíveis impactos causados por alterações no sistema.

A alternativa analisada passou por introduzir um novo operador no posto de montagem dos painéis e balancear os postos 1, 2, 3 e 4, mantendo-se as outras condições de simulação.

Tabela 5 - Tempo de processamento de cada posto - cenário proposto

Posto	Min (min)	Moda (min)	Max (min)
Calafetagem	13	14	15
Posto 1	24	25	27
Posto 2	27	29	30
Posto 3	26	28	29
Posto 4	25	26	27

Com estas alterações conseguiu-se aumentar a produção de 5 para 11 armários. A taxa de utilização dos operadores do posto 1 e 3 baixaram, passando a ser de 88.43% e 78.24% respetivamente. O recurso gargalo passa a ser o posto de calafetagem tendo 93.30% do tempo ocupado.

Depois da simulação dos dois cenários podemos concluir que o modelo proposto obteve melhor desempenho que o modelo atual da linha de montagem. No modelo proposto é realizada somente uma nova distribuição das tarefas entre os quatros postos e afetou-se um novo colaborador ao posto da calafetagem. O resultado dessa automatização é uma melhoria considerável, apesar de se adicionar um recurso conseguiu-se diminuir o tempo de ciclo da linha de montagem para metade e consequentemente aumentar a produção para o dobro.

4.3.4. Implementação do cenário escolhido

Depois de o cenário ter sido simulado no *software* Arena® decidiu-se testar no terreno. Este cenário foi colocado em prática durante uma semana. Para avaliá-lo foi necessário um acompanhamento exaustivo, retiraram-se tempos e analisaram-se as condições necessárias em cada posto para que pudessem realizar as tarefas, pois algumas delas foram mudadas de posto e nem todos os postos tinham as condições pretendidas para que estas fossem realizadas com qualidade e segurança.

Para avaliar os resultados foi realizado um diagrama de tempo de ciclo (Anexo 1), em que se compara o cenário inicial, o cenário proposto e o cenário proposto aplicado na realidade. Este diagrama foi apresentado, discutido e aprovado pela equipa de trabalho. Posto isto, a proposta foi implementada na linha de montagem. Apesar dos resultados serem evidentes e este balanceamento melhorar muitos aspetos em quase todos os produtos, é necessário realizar o mesmo trabalho para as restantes famílias de produtos.

4.4. Estandarização e gestão visual

De forma a manter as melhorias conseguidas pelo balanceamento e padronizá-las foi necessário criar instruções de montagem (IDM's) para todos os postos da linha. Este era um dos pontos em que célula estava muito deficitária. Não existia nenhum suporte de informação do que era necessário fazer nem de como o fazer. Encontra-se em anexo um exemplo de uma IDM realizada (Anexo 2).

Foram também criadas ajudas visuais para outros postos da célula, estas ajudas consistem em dar mais ênfase a um ponto específico e não tanto à montagem do produto em si. Apesar de já existir alguma informação, esta encontrava-se desatualizada. No anexo 3 está representado um exemplo de uma ajuda visual.

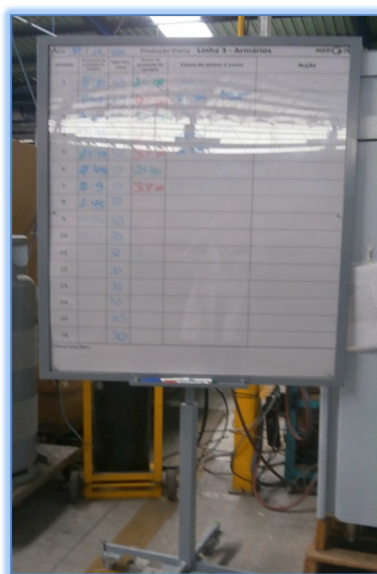


Figura 35 - Quadro de produção do monobloco

Foi também criado um quadro de produção (figura 35), onde se aponta o momento em que um armário sai da linha de montagem, o tempo de ciclo pretendido e, caso haja atraso na produção de um armário, o motivo desse atraso. Desta forma os operadores têm noção se estão ou não a cumprir o objetivo e os responsáveis de produção, no final do dia, ao analisarem o quadro, conseguem perceber melhor quais os problemas que devem combater.

4.5. Aplicação dos 5 S's

Uma das outras ferramentas *Lean* aplicadas ao longo do projeto foi os 5S's. Esta ferramenta foi aplicada com o intuito de responder aos problemas de organização e ergonómicos detetados inicialmente.

Anteriormente, aquando da implantação inicial da célula produtiva Monobloco, a empresa tinha-lhe aplicado a ferramenta 5S's mas, com o passar dos anos, esta ferramenta foi-se desajustando das necessidades atuais dos postos de trabalho. Além disso, no posto 4 da linha de montagem, não tinham chegado a concluir a aplicação da ferramenta, por essa razão o posto apresenta condições ergonómicas deficitárias. Devido a isso e ao pouco tempo disponível para a aplicação desta ferramenta em toda a célula optou-se por se aplicar, primeiramente, apenas neste posto.

Para ser possível a aplicação da ferramenta foi, em primeira instância, feita uma breve explicação teórica do que consistia a ferramenta e quais os objetivos pretendidos ao colaborador do posto. Com esta primeira abordagem foi possível facilitar e melhorar a cooperação do colaborador em causa.

Na figura abaixo podemos ver uma comparação do antes e do depois da aplicação da ferramenta. Na situação antes da aplicação da ferramenta *Lean* pode observar-se que não existia lugar para colocar as ferramentas, nem um local definido para todos os componentes. Algumas das caixas onde eram abastecidos os componentes eram demasiado grandes, ocupando assim espaço desnecessário, espaço esse que poderia ser utilizado para outros componentes. Existia também muito material danificado, em excesso e algum até mesmo obsoleto.



Figura 36 - Comparação entre o antes e o depois da aplicação dos 5 S's

Para a aplicação dos 5S's seguiram-se os passos recomendados pela bibliografia. Desta forma começou-se por separar o útil do inútil e assim conseguiu-se retirar todo o material que

não era necessário. De forma a arranjar um lugar para as ferramentas criou-se um quadro sombra para o seu suporte, substituíram-se as caixas onde eram armazenados os componentes por caixas de *stock* plásticas, com dimensões adequadas à quantidade que é necessário armazenar no posto. Apesar da bancada de trabalho ser demasiado grande para o efeito, não foi possível substituí-la, devido aos custos assim, como alternativa optou-se por se aproximar as caixas do operador, com a fixação de uma chapa quinada em “L” para que as estas não saíssem do sítio. Com isto, conseguiu-se reduzir os movimentos desnecessários e facilitar o acesso às mesmas. Ao eliminar esses espaços evita-se que voltem a aparecer materiais desnecessários e se volte à situação inicial. Por último, identificaram-se todos os componentes e o sítio das ferramentas.

Como foi referido anteriormente, apenas foi possível aplicar esta ferramenta a um posto, devido à falta de tempo durante a realização do projeto. Mas a expansão desta ferramenta ao resto da célula deverá ser tida em consideração e realizada num projeto futuro.

Depois de concluída a descrição do projeto desenvolvido é necessário fazer algumas considerações finais. No capítulo seguinte (capítulo 5) são apresentadas as conclusões retiradas da elaboração deste projeto e apresentadas algumas perspetivas de trabalho futuro.

Capítulo 5

Conclusão

5. Conclusões e perspectivas de desenvolvimento futuro

Tendo em conta o atual cenário industrial, as empresas deparam-se com um mercado cada vez mais competitivo e com uma procura de produtos cada vez mais específicos. Como resultado, as empresas necessitam de sistemas, técnicas e ferramentas que as auxiliem nos processos produtivos com a finalidade de reduzir os custos de produção para se manterem no mercado. Mas é importante notar que a redução desses custos deve ter em consideração a qualidade dos produtos finais.

O Sistema de Produção *Toyota* é um sistema desenvolvido com o intuito de identificar e eliminar as fontes de desperdícios nos processos produtivos. De entre as ferramentas do Sistema Toyota de Produção, destaca-se o Mapeamento do Fluxo de Valor que permite identificar todos os desperdícios existentes numa cadeia produtiva. O estudo do caso analisado demonstrou como pode ser útil o Mapeamento do Fluxo de Valor, já que permitiu a redução de *stocks*, movimentações logísticas, tempo de produção e, conseqüentemente, redução do *lead-time*.

É de salientar que o Mapeamento do Fluxo de Valor do estado futuro descrito neste projeto não deve ser encarado como o final de um trabalho, mas sim como o início de um processo de melhoria contínua que certamente vai desenvolver novos estados futuros, cada vez melhores e com menos desperdícios.

A implementação da proposta de balanceamento da linha de montagem dos armários permitiu reduzir o tempo de ciclo da produção dos armários, e dessa forma, aumentou a produção destes, a simulação da proposta no *software* Arena® veio ajudar a demonstrar esses resultados. Mas apesar dos resultados satisfatórios não se pode dar por concluído este processo, será necessário fazer o mesmo percurso para as restantes famílias de produtos. Para isso será necessário criar uma base de métodos e tempos, mais completa, para todos os modelos de armários.

A aplicação da ferramenta 5S's traz muitos benefícios às organizações. Durante a realização do projeto apenas foi possível aplicar a ferramenta a um dos postos da linha de montagem da célula produtiva, posto 4. Esta aplicação fez com que se eliminassem alguns desperdícios, como por exemplo, o tempo que o operador gastava a procurar uma ferramenta. É importante estender esta ferramenta à restante célula produtiva, tendo em consideração o abastecimento logístico à célula.

O maior obstáculo encontrado na realização deste projeto foi a falta de material, o que dificultou a recolha de dados e levava à redução da produtividade da célula e, conseqüentemente, da motivação dos operadores.

Outras das maiores dificuldades sentidas foi a mentalidade dos colaboradores. Esta encontra-se de tal modo focada na forma como realizam o trabalho que nenhuma melhoria apresentada é encarada como capaz de obter melhores resultados. A mudança de mentalidades dos colaboradores de uma empresa, principalmente dos que já trabalham nela à vários anos, é

das principais dificuldades na implementação desta metodologia nas empresas. É por isso que é extremamente necessário e importante a sensibilização destes para esta realidade *Lean*.

Bibliografia

Bibliografia

Banks, J. (1998). *Handbook of simulation principles, methodology, advances, applications, and practice*. New York: John Wiley & Sons.

Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. New York: St. Lucie Press.

Jackson, T. L., & Jones, K. R. (1996). *Implementing a Lean Management System*. Productivity Press.

Martin, T. D., & Bell, J. T. (2011). *Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement*. New York: Productivity Press.

Narusawa, T., & Shook, J. (2009). *Kaizen Express: Fundamentos para a sua jornada Lean*. São Paulo: Lean Institute Brasil.

Ohno, T. (1988). *The Toyota production system: beyond large scale-production*. Productivity Press.

Pinto, J. P. (2008). *Pensamento Lean, A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel.

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to create*. Lean Enterprise Institute, Massachusetts.

Stevenson, W. J. (2008). *Operations Management* (10ª ed.). Mc Graw Hill.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster.

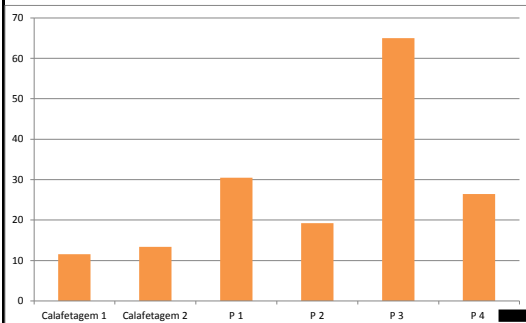
Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Macmillan Publishing Company.

Anexos

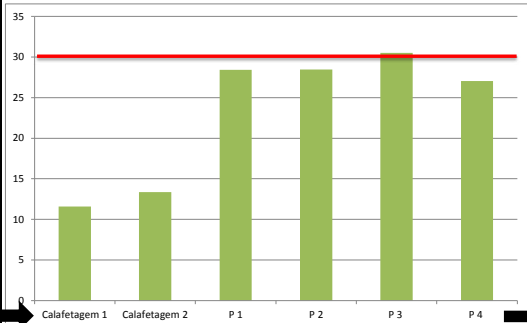
Anexo 1

Diagrama de Tempo de Ciclo

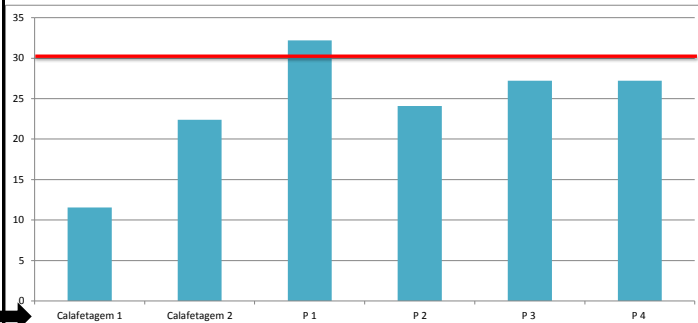
Situação inicial



Situação Proposta



Análise do ensaio



	Calafetagem 1	Calafetagem 2	P 1	P 2	P 3	P 4
TC Min	11,58	13,36	30,47	19,2	65	26,41

	Calafetagem 1	Calafetagem 2	P 1	P 2	P 3	P 4
TC Min	11,58	13,36	28,42	28,46	30,52	27,05

	Calafetagem 1	Calafetagem 2	P 1	P 2	P 3	P 4
TC Min	11,55	22,39	32,18	24,11	27,2	27,21

Comentários:

4 operadores na linha de montagem, em que o operador do posto 1 faz também a injeção e finaliza a montagem do armário na tapete da calafetagem

2 pessoas na calafetagem e montagem dos painéis

PPD = 7 armários / 6 pessoas * 465min = 0,002509

Comentários:

4 operadores na linha de montagem

1 operador dedicado apenas à injeção e finalização da montagem do armário no tapete da calafetagem

2 pessoas na calafetagem e montagem dos painéis

PPD = 15 armários / 7 pessoas * 465min = 0,004608

Comentários:

O tempo do posto 1 está acima do objetivo devido à falta de polivalência

O posto 2 tem mais tempo livre - pode ser utilizado para tratar da parte logística (ex: buscar câmpulas...)

PPD = 14 armários / 7 pessoas * 465min = 0,004301

Anexo 2

Instrução de Montagem

Código: 10202302-A-M-0
10201302-A-M-0

Designação: Armário de Congelados Up Green - 2C c/ kit rodas e c/ HEG
Armário Gastronorm Up Green - 2C c/ kit rodas e c/ HEG

Data: 30-04-2014

IDM

Qualidade

Produção

Processos



Lista de Componentes

Código	Descrição	Qt (un)
42601008	Capas Plásticas p/ Terminais Ficha	4
44201008	Abraçadeiras de Serrilha - KCT-200-2,5 - Pretas	22
44408003	Parafuso Cabeça de Embeber Phillips M4x20 Inox	1
46502006	Grelhas União c/ 565 x 212 - Rilsan	3
46502004	Grelhas c/ 650 x 530 - Rilsan	6
50501011	BETAFIL 10211 (Cola e veda) - Cinza 600 ml	0,8
50901080	Autocolante Vinil Transparente - 155x20 mm	1
60701479	Calha Direita CPL M's	6
60701480	Calha Esquerda CPL M's	6
60721128	Suporte Posterior Direito p/Calhas - M's	2
60721129	Suporte Posterior Esquerdo p/Calhas - M's	2
60721136	Suporte Frontal Direito p/Calhas CPL - M's	2
60721136	Suporte Frontal Esquerdo p/Calhas CPL - M's	2
43801008	Tampa protecção PA262	1

Código: 10202302-A-M-0
10201302-A-M-0

Designação: Armário de Congelados Up Green - 2C c/ kit rodas e c/ HEG
Armário Gastronorm Up Green - 2C c/ kit rodas e c/ HEG

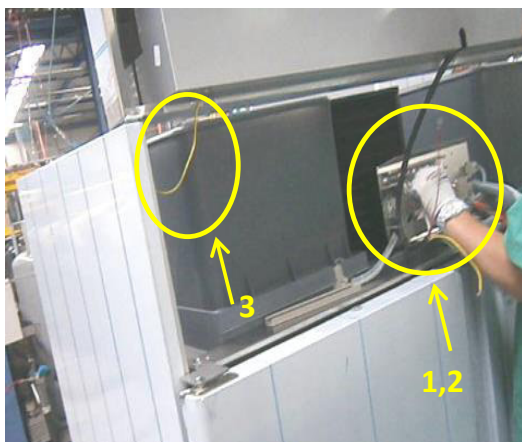
Data: 30-04-2014

IDM

Qualidade

Produção

Processos



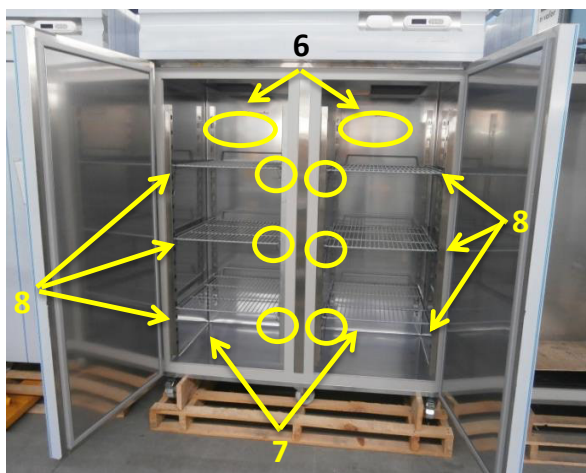
- 1- Fazer ligação do cabeçote ao grupo
- 2 - Aparafusar proteção de fios
- 3 - Aparafusar fio terra



- 4- Encaixar e aparafusar suporte calhas posteriores e frontais



- 5 - Encaixar calhas



- 6 - Colar duas etiquetas de vinil
- 7 - Colocar grelhas
- 8 - Segurar as grelhas com abraçadeiras serrilha ao suporte das calhas



- 9 - Aparafusar cabeçote com parafuso M4 x 20 inox



- 10- Aplicar silicone nos perfis e limpar com um pano e álcool
- 11 - Retirar plástico das costas, do pilar e do interior

Anexo 3

Ajuda Visual

Secção:	Monobloco	Posto:	Brasagem
Modelo:	Evaporador M3 750 / M3 750 HEG	Revisão:	00

1 - Tubo de 3/8 com 2300mm
 - Virar ao batente 90°
 - Medir da curva 100mm e virar 90°

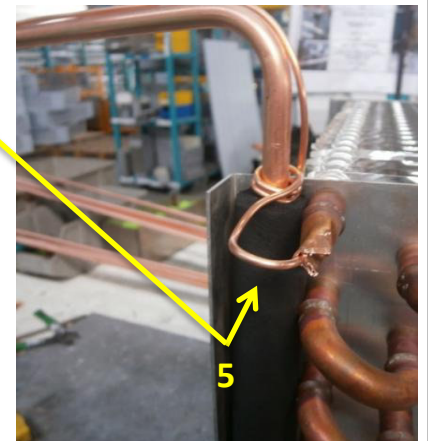
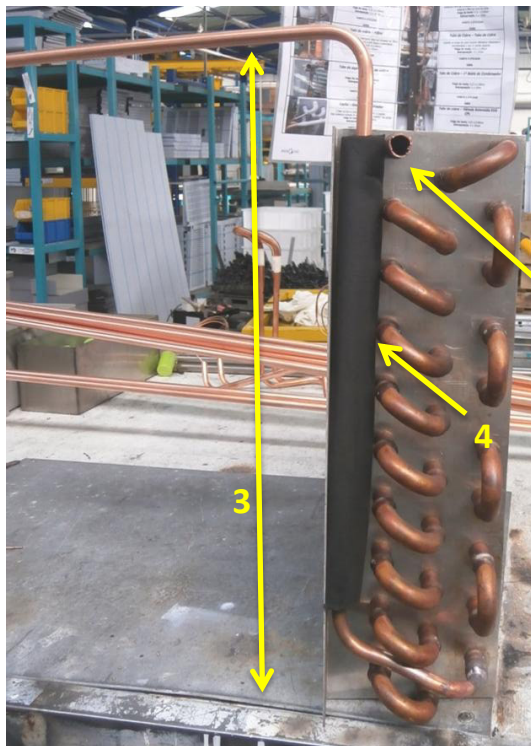
2 - Colocar o tubo de cobre no evaporador



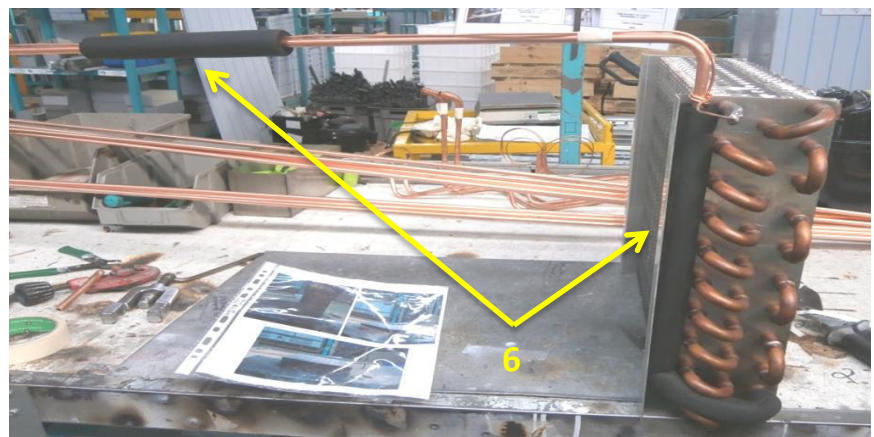
3 - Medir 440mm e virar o tubo 90°

4 - Colocar 300mm de tubo de isolamento

5 - Colocar capilar de $\Phi 1,2$ com 1800mm e dar duas voltas no tubo de 3/8



6 - Colocar tubo de isolamento



Feito por:	Ana Gomes	Validado por:		Data:	18-03-2014
-------------------	-----------	----------------------	--	--------------	------------