



**Sara Raquel Sequeira
de Almeida**

***TOTAL FLOW MANAGEMENT* APLICADO A UMA
SECÇÃO DE PRODUÇÃO**



**Sara Raquel Sequeira
de Almeida**

***TOTAL FLOW MANAGEMENT APLICADO A UMA
SECÇÃO DE PRODUÇÃO***

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família pelo apoio incondicional e força que sempre me transmitiram durante todo o percurso académico.

o júri

presidente

Professora Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos

Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Vera Lúcia Miguéis Oliveira e Silva

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre

Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à minha orientadora da Universidade de Aveiro, Professora Doutora Ana Raquel Xambre, pelo acompanhamento contínuo, disponibilidade e orientação, fulcrais para a realização do projeto.

Agradeço à empresa Oliveira & Irmão, S.A. pela oportunidade única de integrar uma excelente equipa e pelo ambiente de aprendizagem proporcionado.

Agradeço ao Departamento de Engenharia, em especial ao meu orientador Jorge Valente e ao Ernesto Lasca, Daniel Coimbra, José Viana, Ruslan Zagidullin e Francisco Almeida, por todo o apoio e conhecimentos transmitidos. Um agradecimento também à Isabel Pinho, por todo o acompanhamento ao longo do projeto.

Agradeço à Universidade de Aveiro e aos Professores, pelos conhecimentos adquiridos, pela experiência e ambiente académico proporcionado.

Agradeço a todos os meus amigos pela amizade e pelos momentos passados durante todo este percurso.

Agradeço à minha família, por sempre me acompanharem em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao Ricardo, por toda a motivação, apoio e perseverança transmitidos.

Agradeço aos meus pais por todo o carinho e apoio incondicional e por todas as oportunidades proporcionadas, que possibilitaram o meu crescimento pessoal e profissional.

palavras-chave

Total Flow Management, Cadeia de Abastecimento, Fluxo de Produção.

resumo

O ambiente de competitividade que diariamente se verifica entre as organizações, suscita a necessidade de criação de processos eficientes para satisfazer as crescentes exigências e necessidades dos clientes. Neste contexto, surge o modelo *Total Flow Management* (TFM) com o objetivo da criação de um fluxo contínuo em toda a cadeia de abastecimento, através da redução de desperdícios, aplicada às áreas da produção, logística interna e externa. Apesar das vantagens conhecidas da aplicação deste modelo de melhoria, a sua aplicação prática encontra-se pouco difundida na literatura. O projeto apresentado surge como uma abordagem de melhoria aos processos existentes, através da aplicação dos princípios do TFM a um sector específico de produção de torneiras. A aplicação do modelo requer a implementação prévia de princípios fundamentais para garantir um grau satisfatório de estabilidade do processo. Estes princípios já se encontram, atualmente, a ser colocados em prática na área de produção, fator determinante na escolha do sector sobre o qual incidiu o presente trabalho. O projeto engloba assim a análise de processos críticos que suscitem necessidade de melhorias em determinadas áreas do TFM, bem como a implementação de raiz do modelo, inerente ao processo de inserção de um novo produto na linha de montagem. A análise efetuada pretende, através destas duas vertentes, garantir um fluxo eficiente na área da produção e, por outro lado, demonstrar, de uma forma prática, as vantagens intrínsecas à aplicação do modelo e o seu impacto na relação entre as diferentes áreas de atuação da cadeia de abastecimento.

keywords

Total Flow Management, Supply Chain, Production Flow.

abstract

The environment of daily competitiveness between companies, leads to a necessity of creating efficient processes to satisfy clients' needs and requirements.

In this context, the Total Flow Management (TFM) model emerges with the objective of creating a continuous flow throughout the supply chain, by eliminating waste in the production area, as well as in activities related to internal and external logistics. Although the advantages of the model's application are well known, there is a gap in the literature regarding its practical application.

The presented project resulted from an improvement approach to the existing processes through the application of TFM principles to a specific inlet valve production area. The model's application requires a previous implementation of fundamental principles to guarantee a satisfactory stability level of the process. Those principles are already in practice within the production area, which constituted a determinant factor for choosing the sector analysed in this work. The project's scope includes critical processes analysis that raise the need for improvements in specific pillars of the TFM model, as well as the implementation of the model as a consequence of introducing a new product in the assembly line. The analysis intends, through both of this approaches, to guarantee an efficient production flow and also, on the other hand, to demonstrate the advantages of applying the TFM model to an area and to show the impact on the relationships between the different supply chain areas.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do trabalho	1
1.2. Relevância do trabalho	2
1.3. Estrutura do relatório	3
2. Enquadramento Teórico	5
2.1. Perspetiva Histórica.....	5
2.2. <i>Toyota Production System</i>	5
2.3. Princípios Fundamentais do TFM	8
2.4. <i>Total Flow Management</i>	10
2.5. Fluxo na Produção.....	13
2.5.1. <i>Layout</i> e Desenho de Linhas	14
2.5.2. Bordo de linha	16
2.5.3. Normalização.....	17
2.5.4. SMED	20
2.5.5. Automação de Baixo Custo	21
3. Oliveira & Irmão, S.A.	23
3.1. Apresentação da empresa.....	23
3.2. Implementação do <i>Total Flow Management</i>	25
3.3. Departamento de Engenharia.....	26
4. Projeto a desenvolver	29
4.1. Objetivos e Metodologia	29
4.2. Área de Produção de Torneiras.....	31
4.3. Descrição do Projeto	32
4.4. Célula TB006 – Inserção de um novo modelo	33
4.4.1. Descrição do Posto e Procedimento.....	33
4.4.2. Planeamento do desenho da linha.....	33
4.4.3. Desenho da Linha	37
4.4.4. Implementação	39
4.4.5. Conclusão do estudo	43
4.5. Célula TB001 – Eliminação de Desperdícios	43
4.5.1. Descrição do Posto e Procedimento.....	43

4.5.2.	Problemas Detetados.....	44
4.5.3.	Recolha e análise de dados.....	47
4.5.4.	Propostas de melhoria.....	49
4.5.5.	Discussão de Resultados.....	52
4.5.6.	Implementação.....	55
4.5.7.	Conclusão do estudo.....	56
4.6.	Célula TB005 – Melhoria do Bordo de Linha.....	57
4.6.1.	Descrição do Posto e Procedimento.....	57
4.6.2.	Estado inicial.....	57
4.6.3.	Estado futuro.....	62
4.6.4.	Implementação.....	64
4.6.5.	Análise dos resultados.....	67
4.6.6.	Conclusão do estudo.....	70
5.	Conclusão.....	71
5.1.	Reflexão sobre o trabalho realizado.....	71
5.2.	Desenvolvimentos Futuros.....	72
	Referências Bibliográficas.....	75
	Anexo 1 – Processo Produtivo da Empresa.....	78
	Anexo 2 – Processo de Montagem TP101.....	79
	Anexo 3 – Instrução de Manufatura TP101.....	80
	Anexo 4 – Processo de Montagem TC101.....	81
	Anexo 5 – Análise SIMO - Método Inicial.....	82
	Anexo 6 – Códigos Produzidos na célula TB005.....	83
	Anexo 7 – Posições e Contentorização dos modelos TB005.....	84
	Anexo 8 – Bordo de Linha ECO e CPT - Proposto.....	85
	Anexo 9 – Análise SIMO – Método Proposto.....	86

Índice de Figuras

FIGURA 1: <i>TOYOTA PRODUCTION SYSTEM</i>	6
FIGURA 2: PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DO TFM.....	8
FIGURA 3: PILARES DO <i>TOTAL FLOW MANAGEMENT</i>	10
FIGURA 4: REDUÇÃO DO <i>LEAD-TIME - ONE-PIECE FLOW</i>	13
FIGURA 5: DESENHO DE SISTEMAS.....	15
FIGURA 6: ZONA DE VALOR ACRESCENTADO	16
FIGURA 7: ESTRUTURA DO GRUPO FONDITAL	23
FIGURA 8: EXEMPLOS DE PRODUTOS OLI.....	24
FIGURA 9: SITUAÇÃO INICIAL (ESQ.) E APÓS IMPLEMENTAÇÃO DO TFM (DIR.)	25
FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA.....	27
FIGURA 11: ÁREA DE PRODUÇÃO DAS TORNEIRAS	31
FIGURA 12: PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS TORNEIRAS.....	31
FIGURA 13: ESTUDO DOS MOVIMENTOS (ESQ.) E DISTÂNCIA DOS MOVIMENTOS (DIR.) ..	38
FIGURA 14: BORDO DE LINHA TB006	38
FIGURA 15: BORDO DE LINHA DA CÉLULA TB006	39
FIGURA 16: FOLHA DE ESTUDO DE TEMPOS TB006.....	41
FIGURA 17: PRODUÇÃO EXCESSIVA NA CÉLULA TB001.....	45
FIGURA 18: DIAGRAMA SPAGHETTI DAS MOVIMENTAÇÕES NA CÉLULA TB001.....	46
FIGURA 19: WIP ENTRE OS POSTOS DA CÉLULA TB001.....	46
FIGURA 20: ANÁLISE GRÁFICA DE TEMPO DE ESTUDO (1 HORA).....	47
FIGURA 21: ANÁLISE DO DESPERDÍCIO NA CÉLULA TB001	48
FIGURA 22: FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA CÉLULA TB001	50
FIGURA 23: SIMULAÇÃO PROCESSO DE MONTAGEM DO POSTO 2 – CÉLULA TB001	50
FIGURA 24: MODELO DE ANIMAÇÃO DA SIMULAÇÃO DA CÉLULA TB001.....	51
FIGURA 25: ANIMAÇÃO DO MODELO 1 (ESQ.) E MODELO 2 (DIR.).....	52
FIGURA 26: <i>STOCK</i> ACUMULADO NO INÍCIO (ESQ.) E NO FIM DO TAPETE (DIR.)	55
FIGURA 27: INÍCIO (ESQ.) E FIM DO PERÍODO DE PAUSA (DIR.).....	56
FIGURA 28: ESTADO INICIAL DO POSTO 1 DA CÉLULA TB005	58
FIGURA 29: FOLHA DE ESTUDO DE TEMPOS TC101 – MÉTODO INICIAL.....	60
FIGURA 30: BORDO DE LINHA TC 101 – INICIAL (ESQ.) E PROPOSTO (DIR.).....	63
FIGURA 31: SUPERMERCADO DE COMPONENTES PARA A TORNEIRA TC101.....	64
FIGURA 32: EXEMPLO DE KANBAN TB005.....	64
FIGURA 33: NOVAS POSIÇÕES (ESQ.) E ABASTECIMENTO LATERAL (DIR.) TB005	65
FIGURA 34: GAVETAS E DISPOSITIVOS DE MONTAGEM TB005.....	65
FIGURA 35: SENSOR ANTES (ESQ.) E APÓS (DIR.) IMPLEMENTAÇÃO TB005	66
FIGURA 36: ESTADO INICIAL DO BORDO DE LINHA TB005	66
FIGURA 37: ESTADO FINAL DO BORDO DE LINHA TB005.....	66
FIGURA 38: FOLHA DE ESTUDO DE TEMPOS TC101 – MÉTODO PROPOSTO	68
FIGURA 39: WIP ENTRE POSTOS TB005	70

Índice de Tabelas

TABELA 1: CALENDARIZAÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO	30
TABELA 2: PEÇAS DAS TORNEIRAS TP101 E ECO	34
TABELA 3: PRODUÇÃO NA CÉLULA TB006 PARA 6 MESES.....	34
TABELA 4: CÁLCULO DAS COMPENSAÇÕES PARA A CÉLULA TB006	36
TABELA 5: COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA REAL E O MODELO DE SIMULAÇÃO	51
TABELA 6: COMPARAÇÃO DE MEDIDAS DE DESEMPENHO ENTRE OS TRÊS MODELOS...	53
TABELA 7: COMPARAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS ENTRE OS TRÊS MODELOS.	54
TABELA 8: COMPARAÇÃO DOS ESTADOS DOS RECURSOS ENTRE OS TRÊS MODELOS..	54
TABELA 9: ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DO MÉTODO DE TRABALHO INICIAL DA CÉLULA TB005	61
TABELA 10: ANÁLISE DO ESFORÇO DO MÉTODO DE TRABALHO INICIAL DA CÉLULA TB005	62
TABELA 11: TIPOLOGIAS DE CAIXA EXISTENTES	63
TABELA 12: RESUMO DAS OPERAÇÕES ENTRE O MÉTODO INICIAL E PROPOSTO TB005	69
TABELA 13: RESUMO DO ESFORÇO ENTRE O MÉTODO INICIAL E PROPOSTO TB005	70

Lista de Abreviaturas

CA	Cadeia de Abastecimento
FIFO	<i>First-In-First-Out</i>
IM	Instrução de Manufatura
JIT	<i>Just-In-Time</i>
SCD	<i>Supply Chain Design</i>
SIMO	<i>Simultaneous Motion Chart</i>
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
SQDCM	<i>Safety, Quality, Delivery, Cost, Motivation</i>
TFM	<i>Total Flow Management</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UET	Unidade Elementar de Trabalho
WIP	<i>Work In Progress</i>

1. Introdução

1.1. Enquadramento do trabalho

O presente relatório de projeto tem como base o trabalho desenvolvido na empresa Oliveira e Irmão S.A, localizada em Aveiro, que se dedica à produção de autoclismos e mecanismos de descarga, cujos componentes são obtidos através do processo de injeção de plástico.

Durante muitos anos, o modo de produção tradicional da empresa constituiu um obstáculo para esta alcançar de um estado de excelência dos processos produtivos.

Em parceria com o Instituto Kaizen, em 2007, a empresa iniciou um projeto de *Total Flow Management* (TFM) aplicado a toda a cadeia de abastecimento. Esse ano constituiu um marco de mudança para a empresa e, através da eliminação de desperdícios que anteriormente se verificavam e da implementação de princípios base do modelo TFM, os objetivos estabelecidos para as diferentes áreas foram atingidos.

A conservação do modelo implementado encontra-se sob a responsabilidade do Departamento de Engenharia, local de desenvolvimento do presente projeto. A função principal do departamento incide na garantia de fluxo na área de produção, através de todas as atividades relacionadas com a industrialização de novos modelos ou melhoria de processos existentes. As tarefas a desempenhar relacionam-se com o desenho e balanceamento dos bordos de linha, definição da contentorização dos componentes, definição de normas de trabalho, elaboração de ferramentas e construção de dispositivos de auxílio à produção. A eficácia do processo de abastecimento constitui uma área adicional de atuação, através da construção de supermercados, estabelecimento das rotas dos comboios logísticos, inserção de informação para colocação nos *kanbans* e construção de quadros de nivelamento da produção.

O projeto desenvolvido surge no âmbito do TFM, através da aplicação de determinados pilares ou da sua conjugação de acordo com duas vertentes: a inserção de novos modelos nas células de montagem ou a melhoria dos postos existentes. O foco central da parte prática será colocado nos três pilares do TFM, de acordo com as duas áreas referidas.

Desta forma, este projeto procura garantir o fluxo de produção, através do acompanhamento do processo de inserção de um novo modelo e, por outro lado, relacionado com a segunda área de atuação, investir numa melhoria dos processos existentes e, assim, salientar as vantagens da implementação do modelo TFM em todas as áreas da empresa, através de exemplos práticos.

1.2. Relevância do trabalho

Durante décadas, os processos de aquisição de componentes, produção e logística foram geridos de forma independente, apoiados pela segurança que as elevadas quantidades de inventário proporcionavam a estes processos. A focalização das organizações centrava-se maioritariamente na gestão das operações internas, descurando as operações externas e, mais importante, as relações com os fornecedores.

O fator de sucesso e excelência das organizações era frequentemente associado aos seus processos produtivos, como o exemplo da Toyota que, devido ao surgimento do *Toyota Production System* (TPS), ficou sempre marcada como uma empresa de excelência devido ao seu sistema produtivo, embora um dos fatores que mais contribuiu para o seu sucesso tenha sido a integração do sistema em todas as suas operações, tanto internas como externas.

Apenas a partir da década de 90, com o início do crescimento dos mercados à escala global, surgiu o termo cadeia de abastecimento (CA), devido à necessidade crescente de lidar com redes de logística cada vez mais complexas e à escala internacional (Arlbjorn et. al, 2010).

O aumento da competitividade e globalização dos mercados colocaram uma enorme pressão nas empresas que, para subsistir, rapidamente investiram no fortalecimento das suas cadeias de abastecimento. A gestão eficiente de materiais e informação constituía um fator de vantagem competitiva para uma resposta rápida às crescentes necessidades dos clientes.

Neste contexto, com o continuado crescimento da CA, surgem os modelos de melhoria e *pull flow*, como o exemplo do TFM com uma forte focalização na integração de todas as operações desde a produção à área logística. A eliminação de desperdícios e gestão da CA através de um fluxo puxado, onde todos os processos são iniciados através da ordem de compra do cliente, permite melhorar o desempenho individual da organização, bem como o desempenho de toda a sua CA.

O principal objetivo de modelos como o TFM é a criação de uma CA ao nível de desempenho de excelência (*world-class performance*), em vários fatores como a qualidade, custo e capacidade de entrega, onde o alinhamento sincronizado de todos os processos permite uma maximização do serviço ao cliente para, assim, atingir uma vantagem competitiva no mercado relativamente à concorrência.

1.3. Estrutura do relatório

O relatório encontra-se dividido em cinco capítulos distintos, em que no capítulo atual se procura introduzir, de uma forma sucinta, o enquadramento do trabalho desenvolvido, relativamente ao local, tema, âmbito do projeto e principais objetivos. Segue-se uma breve abordagem à relevância e importância do tema abordado, bem como da estrutura do relatório.

O projeto desenvolvido de âmbito prático deve ser sustentado por um enquadramento teórico, apresentado no segundo capítulo, onde se faz referência à perspetiva histórica de todo o percurso anterior ao surgimento do TPS. De seguida, descrevem-se os princípios fundamentais para aplicação do TFM, que constituem a base de sustentação e funcionamento do sistema. A descrição do modelo TFM inicia-se com a referência aos diferentes pilares, com ênfase na área que será objeto de estudo, relativa ao fluxo da produção e aos cinco pilares constituintes: *layout* e desenho de linhas, bordo de linha, normalização, SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e automação de baixo custo.

No terceiro capítulo pretende-se dar a conhecer a empresa onde teve lugar o projeto, através da apresentação histórica do seu percurso e das suas principais áreas de atividade. Refere-se ainda o percurso da empresa relativamente à implementação do modelo TFM, para demonstrar todas as vantagens da inserção deste modelo nas suas operações do quotidiano. A descrição do departamento de engenharia, local de desenvolvimento do projeto, encontra-se de seguida, onde são explicadas de forma mais pormenorizada, todas as atividades inerentes aos processos de manutenção do fluxo de produção.

O quarto capítulo remete para a parte prática do projeto, onde inicialmente se expõem os objetivos e a metodologia de trabalho, com respetiva calendarização das diferentes tarefas a executar. A área de produção das torneiras é apresentada, dado que constitui o foco central da parte prática do projeto. As três áreas de atuação são apresentadas de seguida, nomeadamente os três postos que serviram como ponto de partida da análise efetuada (TB006, TB001 e TB005). O objetivo inerente à análise de cada posto engloba, por um lado, a implementação do modelo TFM na inserção de um novo modelo de torneira (TB006) e, por outro lado, a melhoria dos postos, na vertente de eliminação de desperdícios (TB001) e melhoria do funcionamento dos bordos de linha (TB005).

Para cada posto é apresentada a sua descrição e o procedimento do estudo a efetuar, seguido de apresentação de dados, quando necessário, e de toda a metodologia utilizada, bem como a implementação e respetiva análise de resultados, acompanhada de uma breve conclusão acerca do estudo efetuado.

Por fim, no capítulo cinco apresenta-se uma reflexão geral acerca do trabalho realizado e a exposição de possibilidades de desenvolvimentos para trabalho futuro.

2. Enquadramento Teórico

O presente capítulo constitui o enquadramento teórico dos conceitos que apoiam o trabalho desenvolvido na parte prática. A abordagem da perspetiva histórica relativa à evolução das filosofias de produção, desde a produção em massa até ao surgimento do TPS, permite estabelecer uma base sólida de conceitos para a descrição do foco do projeto, acerca do modelo TFM.

2.1. Perspetiva Histórica

A produção a nível mundial foi marcada durante séculos por técnicas artesanais, através de processos demorados, de cariz manual, com poucas ferramentas e com recurso a trabalhadores especializados (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Surge, no início do século XX, após o período de privação que se fez sentir como consequência da Primeira Guerra Mundial, uma filosofia de produção inovadora, com raízes intrínsecas à indústria automóvel (Womack et al., 1990). Em 1913, na Ford Motor Company, surge um modelo de produção criado para reduzir as movimentações dos trabalhadores da linha. Contrariamente ao modo de produção anterior, em que os operadores se movimentavam entre sucessivos veículos, a movimentação era efetuada pela linha de montagem enquanto os operadores permaneciam no seu local de trabalho e efetuavam apenas uma tarefa específica (Womack et al., 1990). O esforço humano para a montagem de um carro era reduzido, em comparação com o sistema anterior e, quanto maior a quantidade de carros produzida, maior a diminuição do custo do veículo (Womack et al., 1990).

A combinação de vantagens competitivas que o sistema concedeu à Ford, impulsionou a empresa para um lugar de grande destaque na produção de veículos automóveis (Womack et al., 1990). No entanto, a produção a ritmo contínuo e em grandes quantidades, tornava os equipamentos muito sensíveis a paragens não programadas. O custo elevado dos equipamentos e o baixo nível de flexibilidade atribuíam uma elevada complexidade ao processo de inserção de um novo produto, resultando na oferta de uma baixa variedade de modelos (Womack et al., 1990).

A situação de estagnação da produção em massa era notória, tanto nos Estados Unidos como na Europa, e as fraquezas demonstradas pelo sistema inspiraram a segunda transformação de técnicas produtivas da indústria automóvel, surgindo como uma resposta aos problemas detetados nos métodos anteriores (Womack et al., 1990).

2.2. *Toyota Production System*

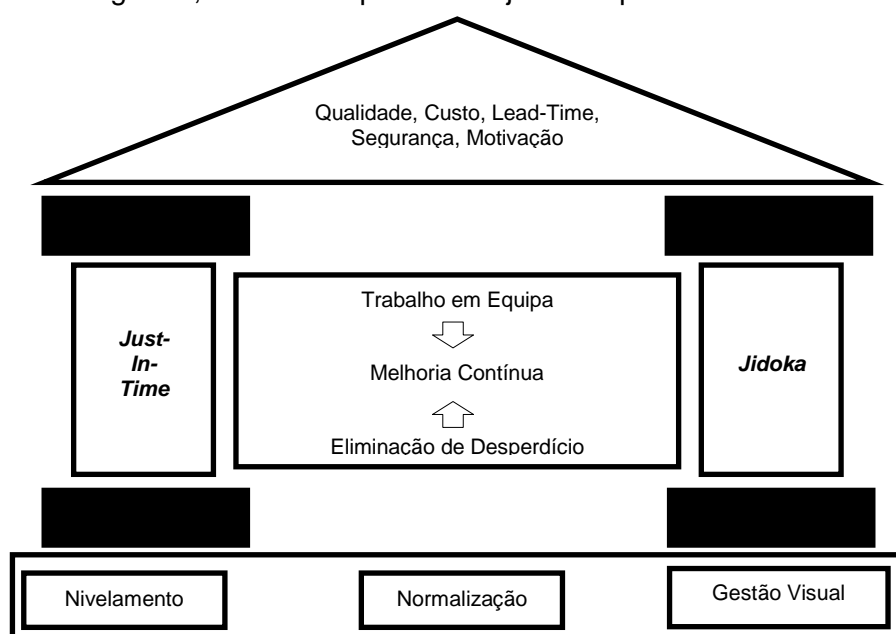
Do lado oposto do mundo, no Japão, o clima após a segunda guerra mundial despoletou um ambiente fértil para a geração de novas ideias e Eiji Toyoda, da família dos criadores da Toyota, embarcou em 1950 numa viagem de visita às instalações da fábrica da Ford em Detroit. Após uma observação detalhada de todo o sistema Eiji concluiu que existia a possibilidade de melhoria do sistema atual e, em conjunto com Taiichi Ohno, o engenheiro de produção, iniciaram uma jornada de mais de vinte anos de

implementação de uma mudança drástica da produção em massa, para uma produção mais eficiente a todos os níveis, apelidada de *Toyota Production System* (Ohno, 1988; Womack et al., 1990).

“The Toyota production system represents a revolution in thinking. Because it requires us to change our way of thinking in fundamental ways, I hear strong support as well as strong criticism.”

- Taiichi Ohno

O sistema de produção da Toyota, difundido atualmente por empresas em todo o mundo, pretende alcançar um estado de excelência da organização, através de produtos variados e constante diminuição de custos, com elevada qualidade e sem defeitos, num curto espaço de tempo, com excelente segurança e elevada motivação dos trabalhadores (Gao & Low, 2014). Esta filosofia é usualmente representada através de uma casa, representada na Figura 1, constituída por um conjunto de pilares fulcrais.



**FIGURA 1: TOYOTA PRODUCTION SYSTEM
(ADAPTADO DE (GAO & LOW, 2014))**

O primeiro pilar de sustentação do sistema, *just-in-time* (JIT) pressupõe uma forma de produção em fluxo, onde as peças necessárias para um determinado processo, chegam ao local no momento em que serão utilizadas e na quantidade correta (Ohno, 1988). Com o objetivo de atingir o sistema JIT, foram desenvolvidas ferramentas como fluxo contínuo, sistema *pull*, *kanban*, mudança rápida de ferramentas e o conceito de logística integrada na Toyota (Gao & Low, 2014; Salvendy, 2001).

O segundo pilar do sistema, intitulado *jidoka*, simboliza a libertação dos operadores das máquinas e a deteção de defeitos de qualidade antes da sua passagem para o posto seguinte (Gao & Low, 2014; Ohno, 1988). A automatização dos equipamentos permitia a libertação do operador para outras tarefas, apenas necessitando de intervenção em caso de paragem (Ohno, 1988). Os equipamentos encontravam-se ainda equipados com

dispositivos de detecção de defeitos, acionados sempre que ocorresse algum problema, não permitindo desta forma a passagem para o processo seguinte e, por sua vez, reduzindo a quantidade de retrabalho necessária no final da linha (Gao & Low, 2014; Womack et al., 1990).

O funcionamento dos dois pilares acima referidos apenas se torna possível através do envolvimento das pessoas e da fomentação do espírito de equipa, fatores que constituem o centro da casa do TPS. O conceito *jidoka* relaciona-se com as competências e talento individual dos operadores, enquanto o JIT se relaciona com o envolvimento da equipa em atingir um objetivo comum (Ohno, 1988). O envolvimento dos trabalhadores era fomentado por um processo de contribuição de ideias, através da criação de um espaço temporal para a sugestão de oportunidades de melhoria apelidado de *kaizen* em japonês, que significa melhoria contínua (Benders & Morita, 2007; Womack et al., 1990). Por outro lado, ambos os pilares permitem a redução de desperdícios, outra característica intrínseca ao modelo. O primeiro pilar pretende alcançar níveis nulos de inventário e o segundo, a redução de defeitos e produção excessiva (Ohno, 1988).

O adequado funcionamento de todo o sistema requer um determinado nível de estabilidade, atingido através do método de nivelamento da produção (em japonês *heijunka*) para atingir uma quantidade uniforme de trabalho. O volume de produção deve ser mantido em quantidades estáveis, sem flutuações demasiado notórias, para que os processos adjacentes ao produto final apresentem capacidade para produzir de forma eficiente e sempre a um ritmo constante (Salvendy, 2001).

O nivelamento da produção constitui uma base de estabilidade para a definição de formas de trabalho padronizado, para que o ritmo de produção seja constante e as operações sejam efetuadas por todos os trabalhadores de forma semelhante, com o objetivo de eliminar possíveis fontes de variabilidade no processo (Hino, 2005).

Relacionada com o conceito *jidoka*, a gestão visual constitui outro dos alicerces de sustentação para a casa do TPS. Na Toyota, a gestão visual era praticada através da colocação de um quadro luminoso denominado *Andon*, colocado num local elevado para que fosse visualizado por todos os operadores da fábrica. A paragem de uma linha ou atraso nas suas operações era sinalizada através de uma luz amarela. Se a paragem se devesse a um ajuste das máquinas, um sinal vermelho era exibido (Monden, 1998). Desta forma, era possível controlar de uma forma simples e visual, em cada momento, o estado das linhas de produção.

O sucesso da Toyota, frequentemente associado à implementação do TPS na área de produção, deve-se, na realidade, à conjugação entre o TPS e um conjunto de valores culturais denominados *Toyota Way*. A aplicação de ambos os sistemas à gestão de toda a sua CA tornou-se um dos fatores chave para o estado de excelência atingido pela empresa (Iyer et. al , 2009).

Embora a importância da implementação de um processo eficiente de gestão da CA seja conhecida por parte das organizações, a dificuldade reside no modo de implementação. A literatura providencia linhas de orientação práticas para a gestão da CA relacionadas com a competitividade (Li et. al, 2006), para diferentes estratégias, filosofias de alinhamento dos produtos, da produção e de processos logísticos (Stavroulaki & Davis,

2013), bem como modelos para atingir um grau de excelência na CA (Jasti & Kodali, 2015). Existe, no entanto, uma lacuna notável na literatura relativamente à existência de um modelo holístico de aplicação a várias CA, com forte relação entre a área produtiva e logística e com linhas orientadoras de aplicação prática nas diversas áreas da CA (Coimbra, 2009; González-R et. al, 2013).

Neste contexto, surge o modelo *Total Flow Management*, com o objetivo de complementar a literatura existente acerca do estabelecimento do fluxo em toda a cadeia de abastecimento, através da incorporação de princípios de melhoria contínua e *pull flow* (Coimbra, 2009).

2.3. Princípios Fundamentais do TFM

A implementação do modelo TFM de melhoria deve ser iniciada através da compreensão de princípios base de melhoria contínua e *pull flow*, que implicam um forte comprometimento das organizações em torno da estrutura segundo a qual todo o sistema irá operar, representada na Figura 2 (Coimbra, 2009).

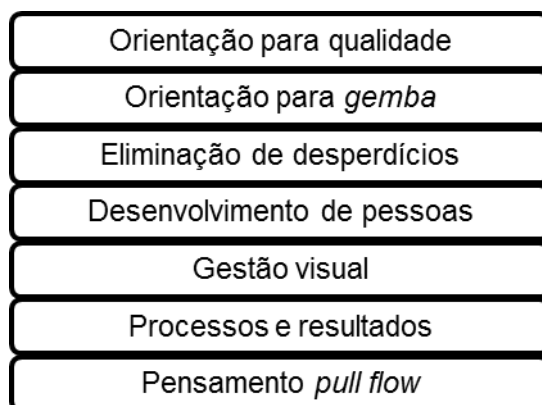


FIGURA 2: PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DO TFM

Um dos primeiros passos em direção ao TFM insere-se no âmbito da qualidade, que deve ser colocada no topo das prioridades da organização. Todas as atividades devem ser orientadas no sentido de garantir a qualidade total do produto, através da determinação da causa real dos problemas nos processos a montante, considerando que o processo seguinte será o cliente final. As necessidades do cliente e do mercado devem ser estudadas em antecipação, as quais devem ser consideradas durante o processo produtivo (Coimbra, 2009; Peratec Ltd., 2012).

O segundo princípio evidencia uma forte orientação para o *gemba* ou chão-de-fábrica, local onde a produção acontece. Deve ser observado o estado atual e real da produção, para assim detetar as oportunidades de melhoria a implementar. Como consequência, os hábitos de trabalho das pessoas devem ser alterados, através da alteração da disposição física dos componentes ou da alteração de normas de trabalho (Coimbra, 2009).

De forma semelhante ao TPS, a eliminação de desperdícios constitui um dos passos elementares para o bom funcionamento de qualquer sistema. As atividades de valor acrescentado pelas quais o cliente se encontra disposto a pagar devem ser reforçadas, enquanto o desperdício deve ser eliminado, uma vez que utilizam recursos não

contribuindo para a adição de valor do produto final. A observação dos processos revela frequentemente uma percentagem muito diminuta de valor acrescentado, usualmente na ordem dos 7% (Kerber & Dreckshage, 2016).

Os sete tipos de desperdício englobam a produção excessiva, processamento excessivo, inventário, defeitos, movimentação, espera e transporte (Cudney et. al, 2013). A produção excessiva é considerada a mais crítica dos sete defeitos, uma vez que pode ser uma consequência ou causa de todos os outros, uma vez que se traduz na produção acima das quantidades definidas. O processamento excessivo, por sua vez, envolve o processamento suplementar de uma peça, para além do que foi exigido pelo cliente (Chiarini, 2012). O terceiro desperdício, denominado inventário é necessário para uma produção nivelada, embora em grandes quantidades se traduza em capital e produto estagnado, que não gera receitas. A produção de material defeituoso pode ser originada por processos ineficientes ou mudanças no processo de engenharia. Relativamente aos movimentos dos operadores, métodos inconsistentes de trabalho podem gerar deslocamentos desnecessários, outro desperdício que deve ser combatido. O transporte de peças e produtos entre processos constitui também um desperdício que, embora seja por vezes necessário em determinados processos, deve ser reduzido sempre que possível. O tempo de espera em certas operações constitui outra forma conhecida de desperdício, que pode ser originado pelo balanceamento incorreto das linhas ou a interação com equipamentos (Chiarini, 2012).

Recentemente surgiu o oitavo desperdício, relacionado com os recursos humanos, que indica a falta do reconhecimento das pessoas como parte fulcral do sistema, bem como o subaproveitamento das suas capacidades e ideias (Cudney et al., 2013)

Englobado na temática dos recursos humanos, o quarto princípio do TFM defende o reconhecimento das pessoas como um fator vital no desenvolvimento da organização. A fomentação do trabalho de equipa e do desenvolvimento dos trabalhadores refletem-se na adoção de novos hábitos de trabalho e maiores níveis de motivação, que espelham uma maior qualidade do produto, custos reduzidos e melhorias no serviço ao cliente (Coimbra, 2009).

O princípio da gestão visual surge como uma forma de alinhamento entre vários executantes de uma mesma tarefa. A criação de normas ou instruções devem ser maioritariamente visuais, de fácil perceção e compreensão (Coimbra, 2009). Este princípio contribui ainda para a redução de desperdícios, garantia de um local de trabalho com maior segurança e maior facilidade de comunicação no interior da organização (Ortiz & Park, 2011).

A forte ligação entre os objetivos estabelecidos e os processos deve estar presente como outro princípio a seguir. A concentração apenas nos objetivos torna complexa a tarefa de melhoria contínua, uma vez que não existe uma visão definida do trajeto a percorrer para se atingir o resultado pretendido (Coimbra, 2009).

Por último, o pensamento *pull flow* deve estar presente em toda a cadeia de abastecimento da empresa, organizada segundo um fluxo otimizado de materiais e informação. O inventário deve ser eliminado ao máximo e o fluxo de material deve ser

determinado pelas ordens de compra ou consumo do cliente final, que irá despoletar uma ordem de produção (Coimbra, 2009).

O estabelecimento das bases fundamentais para o funcionamento do sistema permite iniciar a fase de implementação do TFM, através da focalização nos diferentes pilares que o constituem, apresentados seguidamente de forma mais detalhada.

2.4. Total Flow Management

O surgimento do TPS e a sua aplicação em empresas de todo o mundo refletiu-se em rápidos progressos nas suas áreas de produção e, conseqüentemente, em inúmeros benefícios para toda a cadeia de valor.

O modelo *Total Flow Management* surge na mesma linha de pensamento, como uma nova abordagem de implementação do TPS, amplificando a sua área de abrangência e implementação a todos os processos que se relacionam diretamente com a área de produção (Coimbra, 2009).

“Total Flow Management an integrated system for increasing the process flow and pull effectiveness across the entire supply chain”

- Euclides Coimbra

O modelo proposto apresenta como objetivo a implementação de princípios *kaizen* (melhoria contínua) aliados a uma gestão de operações em *pull flow*, baseada no paradigma da criação de fluxo de materiais e informação, a toda a cadeia de abastecimento (Coimbra, 2013).

O objetivo principal do TFM visa a redução do *lead-time* em toda a cadeia de abastecimento, verificando-se a eliminação de tempos de espera que, por sua vez assegura o fluxo contínuo de materiais, aliados a uma redução de custo, aumento da produtividade, qualidade e dos níveis de satisfação do cliente (Coimbra, 2009). A sua aplicação em diversas empresas revela uma perceção positiva dos benefícios inerentes ao TFM (Motwani & Mohamed, 2002; Sujová & Marcineková, 2015).

O modelo divide-se em cinco pilares essenciais, apresentados na Figura 3, relacionados com a estabilidade básica do sistema, garantia do fluxo na produção e nas áreas de logística interna e externa, e desenho da cadeia de abastecimento.

II: Fluxo Produção	III: Fluxo Logística Interna	IV: Fluxo Logística Externa
5. Automação de Baixo Custo	5. Planeamento em <i>Pull</i>	5. Planeamento em <i>Pull</i> Total
4. SMED	4. Nivelamento	4. <i>Outbound</i> e Entrega
3. Trabalho Normalizado	3. Sincronização (KB/ JJ)	3. <i>Inbound</i> e <i>Sourcing</i>
2. Bordo de Linha	2. <i>Mizusumashi</i>	2. <i>Milkrun</i>
1. <i>Layout</i> e Desenho de Linhas	1. Supermercados	1. Desenho de Armazéns
I: Estabilidade Básica		
V: Supply Chain Design (SCD)		

FIGURA 3: PILARES DO TOTAL FLOW MANAGEMENT
(ADAPTADO DE (COIMBRA, 2009))

A estabilidade básica apresenta-se como o primeiro pilar do sistema, que estabelece os quatro elementos necessários para a criação de um fluxo eficaz, denominados por 4Ms (Mão-de-Obra, Máquina, Materiais e Métodos). Esses quatro elementos são assegurados de várias formas, nomeadamente: através da garantia de formação e da minimização do erro humano; pela manutenção e garantia da disponibilidade de equipamentos; pela diminuição da variabilidade dos métodos através da criação de normas; e através da utilização de materiais de qualidade adequados ao processo em causa (Holloway, 2016).

Atingido o grau de estabilidade necessário à implementação do modelo, a criação do fluxo em toda a cadeia de abastecimento enfatiza a possibilidade de melhoria em três áreas distintas: produção, logística interna e logística externa (Coimbra, 2009).

O fluxo na produção compreende a implementação de uma filosofia *one-piece flow* através da organização do *layout* segundo o fluxo dos materiais, a conceção de bordos de linha para fornecimento eficiente das peças necessárias à produção, o estabelecimento de trabalho normalizado e automação de baixo custo para um aumento da eficiência dos operadores e, por fim, a aposta na mudança da produção através de uma técnica de redução dos tempos de *setup*, que permite uma mudança rápida de ferramentas, denominada SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) (Coimbra, 2009). As vertentes de melhoria da área de fluxo de produção serão abordadas com mais detalhe ao longo do relatório, devido à sustentação da parte prática segundo estes pilares.

Diretamente interligado com o processo produtivo, o fluxo de logística interna inclui os movimentos de materiais relacionados com o pedido, entrada, armazenagem e operações de embalagem de materiais e peças, que permitam a reinserção do material no fluxo produtivo (Tsigkas, 2012).

Os principais objetivos do estabelecimento de um fluxo na área da logística centram-se no aumento da eficiência em operações de recolha e seleção das peças a transportar, o seu posterior transporte até ao ponto de utilização e a garantia de sincronização entre o fornecimento e início de produção, associados a uma correta calendarização das linhas e equipamentos, bem como o planeamento da produção de acordo com os pedidos de cliente (Coimbra, 2009).

O aumento da eficiência da recolha de peças por parte dos operadores de transporte é garantido através de estruturas denominadas “supermercados”, com um funcionamento semelhante ao das superfícies comerciais. O material encontra-se, desta forma, num local de fácil acesso, visível para o operador e na contentorização adequada (Tsigkas, 2012).

O transporte entre o supermercado e o bordo de linha é assegurado por um comboio logístico, usualmente denominado *mizusumashi* (termo japonês que significa “aranha de água” sendo esta denominação utilizada para fazer uma analogia com este tipo de aranha devido à sua agilidade) (Coimbra, 2009) ou *milk run* (devido à semelhança com o sistema de distribuição de leite aos consumidores) (Tsigkas, 2012). O veículo utilizado percorre uma rota com um ciclo definido por forma a, através de um pequeno atrelado com capacidade ajustada às necessidades, servir todas as estações incluídas no seu percurso (Tsigkas, 2012).

Para que todo o funcionamento deste sistema seja assegurado, o início da produção, a recolha e entrega de materiais devem ser sincronizadas, através de um sistema de gestão visual (*kanban* em japonês, que significa cartão) (Salvendy, 2001). O operador verifica a necessidade de reposição de caixas ao bordo de linha e, regressando ao supermercado, retira o *kanban* da caixa vazia, colocando-o num sequenciador de pedido de reposição do material, retirando de seguida uma caixa cheia do supermercado para repor no bordo de linha, a caixa que foi consumida (Coimbra, 2009).

O nivelamento da produção constitui um fator importante para o funcionamento do sistema, uma vez que permite um ritmo de produção constante e, por sua vez, facilita o trabalho de abastecimento do comboio logístico. A passagem de informação entre os bordos de linha e o operador do *mizusumashi* (relativamente à necessidade de mudança de código ou próximos abastecimentos) é realizada de uma forma visual através de um quadro de nivelamento (*heijunka*), que indica através dos *kanbans*, toda a calendarização da produção para o turno em questão (Coimbra, 2009).

Se a filosofia de produção consistir num processo despoletado pelas necessidades reais do cliente, o planeamento da produção deve ser assegurado segundo o conceito *pull*, em que as ordens de produção são ditadas por necessidades de reposição para o processo seguinte, filosofia suportada pelo sistema *kanban* e nivelamento da produção (Tsigkas, 2012).

Relacionada com a área logística, o fluxo externo corresponde à movimentação de material e informação entre o exterior e o interior da organização, de forma a proporcionar uma entrega rápida e eficaz ao consumidor final (Duerre, 2010).

O desenho de um armazém eficiente torna-se essencial na criação de uma estrutura física para o fluxo de materiais, onde devem ser definidas células ou linhas agrupadas segundo cadeias de valor. O critério definido para o agrupamento de secções deve ter em conta o volume das peças, grupos de clientes, ou tipos de ordens de produção e a organização do *layout* deve ser de acordo com o nível de consumo dos artigos. A criação de fluxo na área de logística externa é assegurada através do planeamento em *pull* total onde as previsões apenas são utilizadas para planear a capacidade do circuito logístico (Coimbra, 2009).

Embora o modelo pretenda constituir uma base sólida e direcional de criação de fluxo em toda a cadeia de valor, os diferentes tipos de cadeias de abastecimento existentes tornam complexa a uniformização de uma estrutura comum a todas as empresas. Com o intuito de formular uma solução aplicável a qualquer tipo de cadeia de abastecimento, surge o quinto pilar do modelo denominado *supply chain design (SCD)* (Coimbra, 2009).

O processo de *design* da cadeia de valor tem um impacto significativo na forma como os produtos são organizados e coordenados desde a sua compra, à sua transformação e distribuição (Delfmann & Klaas-Wissing, 2007).

Os cinco pilares são cruciais para o estabelecimento do fluxo de produção em toda a cadeia de abastecimento. No entanto, como referido anteriormente, o pilar que será abordado com mais ênfase engloba apenas o fluxo da produção, uma vez que serve de sustentação à vertente prática desenvolvida.

2.5. Fluxo na Produção

A criação de um fluxo em toda a CA pressupõe o alinhamento entre as várias áreas constituintes do processo, inserindo-se, neste contexto, a criação de um fluxo eficiente na área da produção.

Pretende-se através dos diferentes pilares, a eliminação de desperdícios e a criação de um processo eficaz, que permita atingir um nível de excelência de qualidade, custo e entrega ao consumidor final, aliado a um nível de motivação dos operadores e garantia da sua segurança (*Safety, Quality, Delivery, Cost, Motivation - SQCDM*) (Coimbra, 2013).

O primeiro pilar constituído pelo desenho de linhas, pretende conceber *layouts* que permitam uma produção segundo a filosofia de *one-piece flow* (Coimbra, 2009). Contrariamente a esta filosofia, na produção em lotes cada operação é efetuada a múltiplas peças até que estas passem para a operação seguinte, enquanto o *one-piece flow* permite o processamento de cada peça na sua totalidade, seguindo para o processo subsequente sem necessidade de esperar o processamento de todo o lote.

A produção por lotes apresenta inúmeras desvantagens, uma vez que muitos dos problemas de qualidade são detetados tardiamente e, uma vez detetados, os defeitos já se propagaram a um elevado número de peças, o que pode causar a necessidade retrabalho ou mesmo a destruição das peças (Protzman et. al, 2015; Rangaraj, 2009).

Por outro lado, o *one-piece flow* apresenta diversos benefícios para os processos em diferentes áreas. O aumento do nível da qualidade, garantida através da diminuição do tempo de verificação das peças entre postos, a eliminação de desperdícios através do balanceamento das linhas (Li et. al, 2012), a redução do *lead-time* (tempo que decorre entre a encomenda do cliente e a entrega do produto final (Hayes & Jones, 2013)) e consequentemente do *work in progress* (WIP) (tarefas incompletas ou em processamento (Land et. al, 2012)) (Rangaraj, 2009) são alguns dos benefícios desta filosofia, como se pode observar no exemplo da Figura 4:

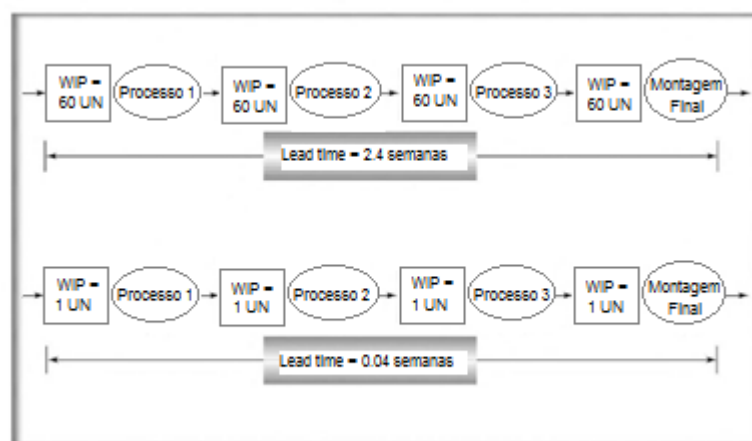


FIGURA 4: REDUÇÃO DO LEAD-TIME - ONE-PIECE FLOW (ADAPTADO DE (RANGARAJ, 2009))

No entanto, a implementação deste tipo de produção requer um nível de variabilidade reduzido nos tempos de processamento dos componentes pois, se ocorrer um atraso em alguma das operações, todo o fluxo de processo é momentaneamente bloqueado (Rangaraj, 2009).

A redução dos desperdícios de movimentos dos operadores constitui outro dos objetivos do pilar, que pode ser conseguido através de uma boa definição, planeamento e construção do bordo de linha e de criação de uma forma de trabalho normalizado (Coimbra, 2009). O trabalho normalizado refere-se a uma clara especificação de como as tarefas devem ser desempenhadas. As tarefas devem ser organizadas de acordo com a melhor sequência e a melhor combinação de recursos conhecida até ao momento. Posteriormente, a sequência determinada deve ser bem documentada e deve ser difundida pelos diferentes operadores que executam a operação, de forma a garantir um *output* consistente e com baixa variabilidade (Rangaraj, 2009).

Em contraste com a filosofia de produção em massa, o fluxo da produção pretende ainda atingir a produção em grandes quantidades, embora com um nível de elevada customização, o que apenas se consegue atingir através da inclusão da flexibilidade no processo produtivo. A flexibilidade do processo é garantida através da produção de lotes de pequenas dimensões e de uma troca rápida de ferramentas, facilitada por filosofias como o *single-minute exchange of die* (SMED) (Coimbra, 2009).

A troca rápida de ferramentas é facilitada por outra vertente do pilar, nomeadamente a criação de automação de baixo custo. Os dispositivos simplificados de auxílio às operações de montagem contribuem para uma melhoria da ergonomia através da substituição de operações manuais e exaustivas por técnicas de trabalho mais mecanizado (Coimbra, 2009).

De acordo com os objetivos que se pretendem atingir, as áreas enunciadas anteriormente constituem os cinco domínios de melhoria que serão descritos com mais detalhe de seguida: *layout* e desenho de linhas, bordo de linha, trabalho normalizado, SMED e automação de baixo custo (Coimbra, 2009).

2.5.1. Layout e Desenho de Linhas

O projeto de sistemas de produção é um dos primeiros passos para a contribuição do aumento da eficiência das operações de montagem. O início do planeamento do processo de fabrico pressupõe um procedimento definido com várias etapas, com o objetivo essencial de conceber linhas de produção isentas de operações sem valor acrescentado, orientadas para uma produção segundo a filosofia de *one-piece flow* e com níveis reduzidos de WIP entre postos (Coimbra, 2009).

Numa primeira fase deve ser disponibilizada toda a informação relativamente ao produto, nomeadamente desenhos técnicos dos componentes, especificações físicas e funcionais de desempenho, qualidade e aspeto visual, a quantidade total e taxa de produção requerida, disponibilidade de recursos e respetiva data de entrega do produto. De seguida, deve-se construir uma folha de especificação de tarefas, com os processos básicos para obtenção de um componente, com a determinação da melhor sequência lógica de operações (Buffa & Sarin, 1987; Halevi, 2013).

Numa fase posterior, a seleção do processo define o modo como os equipamentos e produtos estarão organizados. As implicações abrangem o planeamento da capacidade, o *layout* das linhas e do equipamento e o desenho de sistemas de trabalho. A seleção de processos ocorre aquando do planeamento e implementação de novos produtos, mudanças tecnológicas ou pressão a nível competitivo. A Figura 5 demonstra onde se situa a seleção de processos e o planeamento da capacidade no desenho de sistemas.

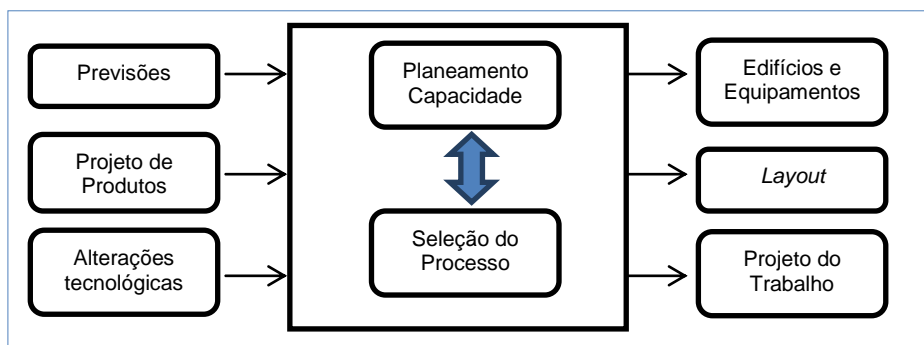


FIGURA 5: DESENHO DE SISTEMAS (STEVENSON, 2007)

Os processos existentes dividem-se em dois tipos principais: contínuos e discretos. O processo contínuo engloba produção em grandes quantidades, com elevado nível de normalização e dotada de equipamentos pouco flexíveis. Em contraste, a produção discreta pode-se dividir em repetitiva, por lotes, *job-shop* ou por projeto.

A produção repetitiva, utilizada na empresa onde se insere o projeto desenvolvido, pressupõe volumes elevados e uma forma de produção normalizada, com variedade reduzida de produtos e flexibilidade reduzida de equipamentos. A organização do sistema produtivo normalmente assenta na estratégia de produto e, conseqüentemente os recursos são dispostos de acordo com o processo de produção em prática (Stevenson, 2007). Este sistema encontra-se usualmente organizado por produto, como é exemplo a indústria automóvel que utiliza linhas de produção independentes, ou células de trabalho. A produção por células apresenta maiores vantagens em relação à disposição por produto, uma vez que permite uma menor quantidade de *WIP*, menor movimentação de materiais e menores tempos de *setup* (Stevenson, 2007), permitindo naturalmente uma produção segundo uma filosofia de *one-piece flow* (Rangaraj, 2009).

O tipo de processo repetitivo permite que o trabalho seja dividido em tarefas elementares, agrupadas e associadas a um posto de trabalho específico constituído por um ou dois operadores. O processo de distribuição das tarefas entre os postos denomina-se balanceamento das linhas e permite atingir uma carga de trabalho equilibrada entre os diferentes postos, sem tempos de espera e com taxas de utilização elevadas dos diferentes recursos (Stevenson, 2007).

Durante a tarefa de desenho de linhas devem ser considerados princípios importantes de garantia de eficiência do processo. O desenho das linhas deve ser baseado nos tipos, volumes e ciclos de vida dos produtos, e a conceção deve ter em vista a diminuição de movimentações e o trabalho em *one-piece flow*. Idealmente uma linha que opere segundo esta filosofia admite a existência de apenas uma peça em *WIP* entre postos, no

entanto, a quantidade ideal de peças entre postos deve ser igual ao número de postos a balancear (Coimbra, 2009).

Um dos elementos de maior importância, o *takt time*, deve também ser considerado durante a concepção da linha, uma vez que permite estabelecer o número de operadores que devem ser utilizados para o processo de montagem (Rangaraj, 2009). O *takt time* estabelece o ritmo de produção a que a linha deve operar para atingir as necessidades de consumo do cliente e é calculado através da razão entre o tempo efetivamente disponível para a produção e as necessidades de produção por turno. Através deste valor e do tempo padrão definido para a tarefa de montagem, obtém-se o número de postos necessários para o processo (Meyers & Stewart, 2002).

No processo de desenho das linhas devem ser considerados os princípios da economia de movimentos, abordados com mais detalhe no ponto 2.5.3., acerca da normalização, aliados a uma concepção eficiente do bordo de linha e respetivas contentorizações dos componentes, conceito abordado de seguida (Coimbra, 2009).

2.5.2. Bordo de linha

A vertente relacionada com o projeto do bordo de linha lida com a definição do tipo de abastecimento a ser realizado pelo comboio logístico, a escolha das localizações apropriadas para os componentes e seleção do tipo e dimensões de contentorização dos materiais.

O abastecimento das peças deve ser definido de acordo com o tipo de produto a produzir na célula. Peças de grande dimensão devem ser abastecidas de forma sequencial de acordo com a sua necessidade (*junjo*), contrariamente ao tipo de abastecimento contínuo (*kanban*) que se pode usar para peças de menor dimensão disponíveis aquando do início do processo (Salvendy, 2001). A localização das peças no bordo de linha deve ser preferencialmente frontal, na zona de valor acrescentado de movimentação do operador (Figura 6), para que os movimentos de alcance sejam reduzidos. A dinâmica de utilização das peças deve ser feita segundo o sistema *first-in-first-out* (FIFO), onde as peças são abastecidas por um lado do bordo de linha e utilizadas no lado oposto. O abastecimento pela retaguarda do operador apenas deve ser utilizado quando o abastecimento frontal, na zona de valor acrescentado, não for possível (Coimbra, 2009).

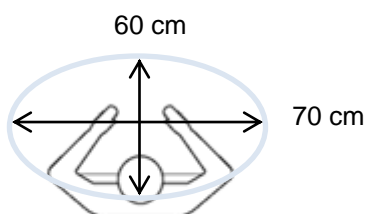


FIGURA 6: ZONA DE VALOR ACRESCENTADO

O conceito de contentorização de pequenas dimensões encontra-se diretamente relacionado com a dimensão da peça que este condiciona e com a autonomia necessária para garantir a produção de um determinado número de peças até ao próximo

abastecimento do comboio logístico. As vantagens da utilização de contentorizações de pequenas dimensões são várias, desde a garantia da qualidade do transporte, à qualidade das peças em si, ao custo relacionado com a redução do desperdício, à redução de tempos de operação e ao aumento da ergonomia dos operadores (Coimbra, 2009).

Caixas de dimensões reduzidas permitem a movimentação manual do material sem a necessidade de auxílio de equipamentos de movimentação, desde que o seu peso não exceda os 12 kg, caso em que devem ser utilizadas bases com rodas para a movimentação do material em fluxo. As caixas utilizadas dividem-se em três categorias desde pequenas, médias a grandes dimensões, que podem ser abastecidas ao bordo de linha de diferentes formas. A contentorização mais adequada para um determinado componente, deve ter em conta o seu formato, dimensões e acondicionamento. Para peças plásticas ou metálicas ou pré-montagens com tamanho inferior a 555 mm deve ser utilizada uma contentorização com o máximo de 400 mm x 600 mm, para peças acima deste valor, devem ser utilizadas caixas mais alongadas, adaptadas às peças em questão, peças que não se possam acondicionar em caixas devem ser colocadas em outros tipos de contentorização ou em bases com rodas, e assim sucessivamente, de acordo com as características de cada componente (Coimbra, 2009).

A normalização de contentorização deve ser colocada numa base de dados por forma a facilitar decisões em termos logísticos sendo, para cada componente, ainda necessário indicar a sua identificação, o seu tamanho, peso e taxa de consumo no processo (Coimbra, 2009).

Estreitamente relacionada com a definição do bordo de linha, a normalização das operações efetuadas é, em certa parte condicionada pela correta colocação dos materiais, que pode influenciar os movimentos do operador e conseqüentemente a qualidade do trabalho efetuado (Coimbra, 2009).

2.5.3. Normalização

O terceiro pilar do estabelecimento do fluxo da produção diz respeito à normalização do trabalho. A normalização relaciona-se com a especificação clara da forma como as tarefas devem ser efetuadas e, segundo Coimbra (2009): *“A standard is the best, safest, easiest and most effective way of performing a certain task, achieving the best link between human and machine work”*.

A sequência de tarefas definida deve estar documentada para ser difundida por todos os operadores que as executem, com o objetivo de normalizar o modo operatório por toda a organização e assim garantir uma baixa variabilidade no produto final. Se cada operador executar o seu conjunto de tarefas de forma diferente a melhoria do processo torna-se uma tarefa complexa (Rangaraj, 2009). A determinação da norma constitui um objetivo dinâmico, onde os próprios operadores são livres de sugerir progressivamente formas mais eficientes de realizar uma determinada operação, iniciando de novo o ciclo de determinação da nova sequência de operações, posterior documentação e disseminação por todos os executantes das tarefas.

No entanto, a criação de uma norma obriga ao cumprimento de determinados pré-requisitos para garantir um nível mínimo de variabilidade. Em primeiro lugar, o operador deve apresentar capacidade para realizar as operações definidas, relativamente ao aspeto da segurança e da ergonomia, dentro do tempo requerido, e com o nível de qualidade desejado. O próprio conjunto de tarefas deve ainda apresentar uma sequência clara de repetibilidade, para que seja possível efetuar o mesmo conjunto de operações a cada ciclo. O local de trabalho, equipamentos e ferramentas utilizados devem ser fidedignos, no sentido de permitirem um trabalho contínuo, sem paragens constantes devido a falhas de funcionamento. Os materiais utilizados devem ser de elevada qualidade, caso contrário, o aparecimento de defeitos obriga a uma inspeção constante por parte do operador, causando entropia no processo (Martin & Bell, 2016).

Garantidas as bases para o estabelecimento da norma, pode-se iniciar o processo de normalização, através do cumprimento de cinco etapas cruciais à sua implementação.

O primeiro passo envolve definir o objetivo de melhoria, por exemplo, através da gravação dos movimentos do operador em vídeo, pode-se quantificar o tempo que se pretende reduzir. Uma forma de medir a eficiência será através da comparação entre o tempo padrão definido e o tempo real de operação (Coimbra, 2009).

Numa segunda fase, os movimentos do operador, respetivos desperdícios, WIP e defeitos de qualidade devem ser observados através do método de estudo de tempos (Coimbra, 2009). Este método, inicialmente utilizado por Frederick M. Taylor em 1880, constitui um processo de determinação do tempo necessário para um trabalhador experiente e a um ritmo normal, efetuar uma determinada tarefa (Meyers & Stewart, 2002). A forma de observação ideal deve ser apoiada por vídeos ou cronometragem (Coimbra, 2009) e os tempos recolhidos, registados em folhas de estudo de tempos. Os tipos de procedimentos do estudo podem ser realizados de forma contínua (para trabalho de duração reduzida) ou em ciclos longos (para trabalho com duração superior a 31 minutos ou estudos com duração de 8 horas) usualmente aplicados na determinação de operações que originam um fraco desempenho do processo (causas de paragens, por exemplo) (Meyers & Stewart, 2002).

Paralelamente, para uma observação mais detalhada para o estudo de micro-movimentos, podem ser elaborados diagramas como o *operation analysis chart* utilizado apenas para um operador, *operator/machine chart* para interações entre o operador e o equipamento, *gang chart* para trabalho efetuado por duas ou mais pessoas onde as suas tarefas se relacionam, *multimachine chart* para um operador que utilize mais do que um equipamento, *left-hand/right-hand chart* para estudo dos movimentos de cada mão e *simultaneous motion chart* (SIMO *chart*) para avaliar o esforço a que cada mão se encontra exposta (Meyers & Stewart, 2002).

Concluída a etapa de observação e identificação de possíveis melhorias, segue-se a terceira fase, relativa à melhoria do trabalho em si. A construção de folhas de registo de melhorias permite documentar as ações a implementar no posto em questão. Deve existir uma preocupação em concentrar os movimentos do operador dentro da área de valor acrescentado e avaliar regras de poupança de tempo dos movimentos (Coimbra, 2009).

As regras de economia dos movimentos definem certas diretrizes acerca da forma como os movimentos devem ser efetuados e que partes do corpo devem ser utilizadas para cada tipo de operação.

No caso dos movimentos das mãos, estas devem-se mover como se se tratassem de um espelho; ambas as mãos devem ser movimentadas ao mesmo tempo e o movimento em si deve ser iniciado e terminado no mesmo instante. A mão esquerda não deve ser utilizada apenas como auxiliar da mão direita, muitas vezes simplesmente funcionando como um apoio para segurar componentes, enquanto a montagem é efetuada pela mão direita. Se for necessário as mãos alcancarem duas peças diferentes, estas devem-se encontrar em direções opostas e a uma distância igual da área de trabalho. No desenho da linha não se deve considerar a mão esquerda ou direita como dominantes, exceto nos casos onde sejam utilizadas ferramentas, onde a escolha da mão direita é privilegiada (Meyers & Stewart, 2002).

A superfície de trabalho deve-se encontrar à altura do cotovelo para facilitar movimentos de elevação e as ferramentas controladas pelas mãos (que se devem encontrar na área do cotovelo ao ombro). Movimentos efetuados acima da altura dos ombros ou a um nível abaixo das mãos podem necessitar de força e tempo adicional (Meyers & Stewart, 2002).

Os movimentos mais específicos, controlados ou restritos devem ser efetuados apenas em casos de restrição de segurança ou qualidade e devem ser favorecidos, sempre que possível, movimentos que iniciem e terminem apenas com um grupo muscular, sem necessidade de intervenção de um músculo adicional durante o processo. Os movimentos contínuos ou angulares são também preferenciais, uma vez que a mudança de direção por parte do corpo reduz a velocidade do movimento (Meyers & Stewart, 2002).

Relativamente à disposição das peças e ferramentas, estas devem estar na zona de valor acrescentado, sempre que possível entre a zona de alcance normal e máxima. Para que exista uma libertação da utilização das mãos, as ferramentas devem encontrar-se fixas sobre o local de trabalho (Meyers & Stewart, 2002).

A gravidade deve ser utilizada sempre que possível para movimentar as peças necessárias ao processo. A utilização de bordos de linha inclinados permite mover as peças para junto do operador ou para devolver peças acabadas para o lado oposto do bordo de linha.

Outro aspeto importante a ter em conta relaciona-se com a ergonomia do operador, onde se devem considerar fatores como a posição do operador, altura do posto, espaço entre postos, iluminação e conforto da operação. Os equipamentos devem ser ajustáveis ao nível de conforto de cada indivíduo, uma vez que dentro de uma determinada população a variação de características pode ser elevada (Meyers & Stewart, 2002).

Quando a etapa de desenho do posto se encontra concluída, deve-se desenhar o padrão de movimentos do operador, que indica o caminho de ambas as mãos no processo de produção de uma peça. O padrão de movimentos funciona como o desenho do método de trabalho para o tempo padrão estabelecido. Com o objetivo de avaliar a viabilidade da disposição de todas as peças, ferramentas e áreas de armazenagem devem ser efetuados testes de utilização. O teste deve ter como objetivo confirmar se o posto é

confortável, funcional e eficiente para o trabalho a ser executado (Meyers & Stewart, 2002).

Se por alguma razão os princípios de economia de movimentos não puderem ser implementados, deve ser indicada a causa para futuras análises de melhorias ao posto (Meyers & Stewart, 2002).

A quarta fase, que diz respeito à difusão da norma para o novo método definido pode então ser iniciada. Existem diversas formas de se difundir a norma pelos operadores da linha, embora a mais utilizada seja a apresentação de uma folha de trabalho normalizado que irá constituir a base para a formação dos operadores. Devem ser ainda criados ou atualizados os documentos relativos ao balanceamento da linha, capacidade do processo e sequência de trabalho. Com a difusão do novo método pretende-se reduzir a variabilidade dos resultados entre operações, que podem derivar do modo de trabalho variável entre os diferentes operadores (Coimbra, 2009).

A fase seguinte consiste apenas na consolidação do método apresentado, devendo existir uma formação cuidada por parte do supervisor, para transformar os novos métodos num hábito e, posteriormente, a verificação periódica do cumprimento do método deve ser efetuada (Coimbra, 2009).

De entre as inúmeras vantagens do trabalho normalizado encontram-se a promoção da consistência das operações e de processos de melhoria contínua por forma a conseguir um progressivo aperfeiçoamento das condições de segurança das operações, a diminuição de custos e o aumento da produtividade (Rangaraj, 2009).

Uma forma particular de trabalho normalizado, aplicada à mudança rápida de ferramentas, descreve-se de seguida, onde se pretende que a duração da troca entre produções seja inferior a dez minutos (Coimbra, 2009).

2.5.4. SMED

O quarto pilar do fluxo da produção, denominado *single-minute exchange of die* (SMED), foi desenvolvido ao longo de um período de 19 anos, com início em 1950, por Shigeo Shingo enquanto trabalhava na Toyota como consultor (Dillon & Shingo, 1985) e tem como objetivo, a troca de ferramentas com um tempo inferior a dez minutos (Coimbra, 2009).

O início da implementação da ferramenta SMED implica uma análise do modo como o processo é efetuado e, através do estudo efetuado, distinguir as operações internas de externas. Operações internas pressupõem a paragem do equipamento para serem efetuadas, como é o exemplo da troca de moldes, enquanto as operações externas podem ser efetuadas enquanto o equipamento se encontra em funcionamento, como o exemplo do transporte dos moldes para a zona de armazenagem (Dillon & Shingo, 1985).

Concluída a divisão das tarefas, as operações internas devem ser convertidas em operações externas, para melhorar a taxa de utilização do equipamento (Dillon & Shingo, 1985).

Os benefícios da implementação da ferramenta justificam o seu investimento, uma vez que contribui para a simplificação do processo de produção, permite aumentar a

capacidade de produção sem necessidade de novos equipamentos e, conseqüentemente aumenta a taxa de produção. Permite ainda a produção de lotes menores, gerando menores níveis de inventário, conferindo uma maior flexibilidade de produção, que por sua vez permite responder de forma mais rápida às solicitações dos clientes e tornar a empresa mais competitiva (Birmingham & Jelinek, 2007).

Para que a troca de produções seja o mais simples possível, deve-se recorrer à conceção de dispositivos flexíveis, que facilitem o seu manuseamento e a produção de diferentes modelos, com possibilidade de troca rápida de ferramentas. De seguida clarifica-se este conceito, denominado automação de baixo custo.

2.5.5. Automação de Baixo Custo

A análise da necessidade de utilização de automação deve estar sempre associada ao processo inicial de desenho de *layouts* e linhas, onde se deve avaliar a complexidade dos movimentos efetuados pelo operador e a necessidade de automatizar certos aspetos manuais da operação.

O conceito da mecanização relaciona-se também com o trabalho normalizado, uma vez que constitui mais um passo na direção do aumento da produtividade através da redução do conteúdo manual do trabalho efetuado (Coimbra, 2009).

A aposta na automação de baixo custo, em oposição à automação convencional muito presente no estilo de produção em massa praticado na Ford, deve-se às inúmeras vantagens adjacentes a esta filosofia. O preço reduzido, pequenas dimensões, flexibilidade e rápido tempo de desenvolvimento da automação de baixo custo, são características que se destacam por oposição à falta de flexibilidade e elevado custo da automação convencional. Adicionalmente, uma automação simples permite uma conceção menos complexa com possibilidade de execução interna, que facilita os processos de manutenção dos equipamentos. A energia despendida pelo trabalhador ao operar o dispositivo é muito baixa, permitindo uma relação *user-friendly* entre os dois intervenientes do processo (Coimbra, 2009).

O processo de avaliação da automatização das operações deve preferencialmente ser iniciado numa linha que opere segundo uma filosofia de *one-piece flow* e com trabalho normalizado bem definido. Primeiro deve-se simplificar o trabalho manual do operador e, de seguida, avaliar a necessidade de automatizar certas tarefas. O nível de automatização pode ser muito variado e inclui automatização de baixo custo para operações de montagem, mecanismos de deteção anti-erro (*poka-yoke*) e operações de libertação de peças, automatização completa para operações de colocação de peças nos postos ou transferência entre postos, entre outros. Os tipos de dispositivos que permitem uma poupança de tempo podem auxiliar em operações de elevação, transporte, abastecimento de componentes, plataformas móveis para montagem e acessórios e suportes de montagem (Coimbra, 2009).

O conjunto de pilares enunciados constitui uma estrutura imprescindível no estabelecimento do fluxo da área da produção, uma temática que será abordada de seguida, numa vertente mais prática, considerando o projeto desenvolvido na empresa Oliveira & Irmão, S.A.

3. Oliveira & Irmão, S.A.

Neste capítulo apresenta-se uma breve descrição da história da empresa, desde a sua criação até ao momento de integração do TFM como sua filosofia de produção. Como informação complementar apresenta-se um fluxograma do processo produtivo para uma melhor compreensão das operações efetuadas ao nível fabril. De seguida é feita uma breve referência ao Departamento de Engenharia, local de desenvolvimento do projeto, bem como uma descrição dos processos de responsabilidade desse departamento.

3.1. Apresentação da empresa

Fundada a 1 de Março de 1954 como uma pequena empresa familiar, em Aveiro, as áreas de negócio da Oliveira & Irmão, S.A. passaram por diversas fases até se dar início à produção de autoclismos durante os anos 80, constituindo o que seria, no futuro, o aspeto central de atividade produtiva da empresa.

O seu crescimento e evolução levaram, em 1993, à integração da empresa no Grupo Fondital (Figura 7) localizado em Itália, com cerca de 2600 colaboradores. As áreas de atividade do grupo inserem-se em quatro setores incluindo aquecimento, fundição em alumínio, metalização em plásticos e redes de esgotos e águas.

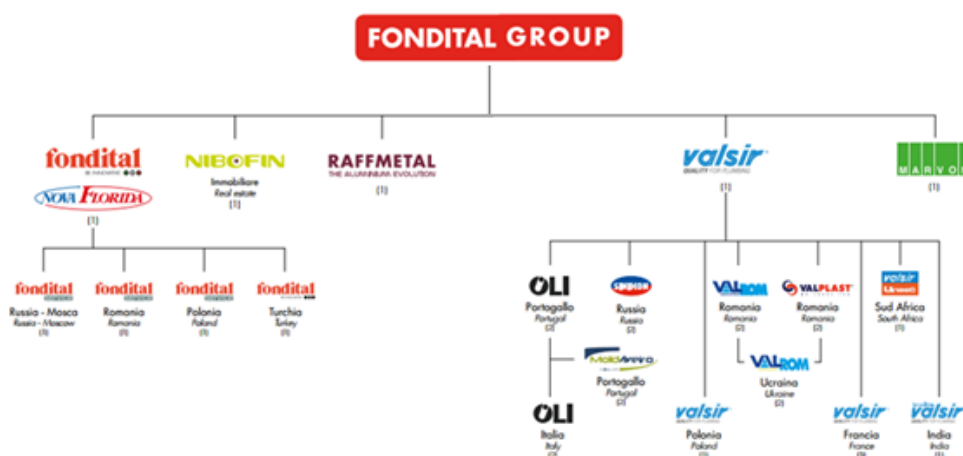


FIGURA 7: ESTRUTURA DO GRUPO FONDITAL (FONDITAL GROUP, 2014)

O ano de integração no grupo marca ainda dois eventos importantes na história da empresa: a criação da MoldAveiro e OLI Itália.

A OLI Itália nasce como uma empresa de comercialização de produtos em Itália, que mais tarde se dedica também ao setor produtivo, estando atualmente focada no fabrico de sistemas de descarga (Fondital Group, 2007, 2014).

A MoldAveiro inicia a sua atividade em 1991 e surge como um complemento ao processo produtivo da Oliveira & Irmão, dedicando-se à produção de moldes para equipamentos de

injeção de plástico. O processo é assegurado na totalidade pela empresa, desde a conceção, produção, testes e assistência pós-venda a processos de alteração de moldes.

Os moldes de pequena e média dimensão são fabricados para incorporação em processos de injeção de termoplásticos com aplicações na indústria sanitária, aplicações elétricas e indústria automóvel (Fondital Group, 2014).

Atualmente, as instalações da Oliveira & Irmão apresentam um total de 79.000 m² entre Portugal e Itália, onde todo o processo da cadeia de valor, apresentado no Anexo 1, é assegurado pelos 400 colaboradores que se inserem na equipa (Oliveira & Irmão S.A., 2016a).

Como complemento à gestão de toda a cadeia de abastecimento, os processos de desenvolvimento de novos produtos, distribuição e sua comercialização, são também assegurados pela empresa (Fondital Group, 2014).

A liderança a nível europeu na produção de mecanismos para a indústria cerâmica é ocupada pela empresa, contabilizando um total de 28.000 unidades produzidas diariamente. A Oliveira & Irmão é ainda a única empresa portuguesa de fabrico de autoclismos interiores, com uma produção diária de 7800 unidades de autoclismos (dados referentes a 2015) (Oliveira & Irmão S.A., 2016a).

Embora o ponto central da produção sejam os autoclismos e mecanismos, existem outros produtos que são também produzidos nas instalações da organização (Figura 8). Desde estruturas estáticas ou reguláveis que permitem a suspensão do vaso sanitário na parede, a placas de comando utilizadas para o acionamento (sensorial ou pneumático) do autoclismo. A empresa aposta ainda numa forte vertente de comercialização de produtos que incluem mobiliário para casa de banho, lavatórios, termoacumuladores, radiadores, caldeiras, entre outros (Oliveira & Irmão S.A., 2015).



**FIGURA 8: EXEMPLOS DE PRODUTOS OLI
(OLIVEIRA & IRMÃO S.A., 2016B)**

A satisfação do cliente revela-se como ponto essencial para a empresa, que aposta numa estratégia de diferenciação, com produtos personalizados e certificados segundo as normas existentes em cada país. A estratégia de personalização constitui uma vantagem competitiva para a organização, uma vez que a extensão do seu negócio abrange mais de 60 países a nível mundial, direcionando 80% da quantidade total produzida em fábrica para exportação (Oliveira & Irmão S.A., 2016a).

Com uma política assente na investigação, desenvolvimento e inovação dos seus produtos, o laboratório de testes de vida dispõe da tecnologia necessária aos testes e

normas que permitem a certificação de produtos nos mercados dos diversos países de atuação da empresa. A qualidade dos produtos é ainda assegurada através da simulação de descargas e de testes com todos os tipos de água da chuva, calcária e do mar (Oliveira & Irmão S.A., 2016a).

A crescente preocupação relativamente a tópicos como a eficiência hídrica e ecológica que se verifica atualmente despontam a necessidade do enquadramento das atividades da organização nesta matéria. A eficiência energética em todos os processos produtivos, a massificação do mecanismo de dupla descarga e a criação de uma torneira de abertura retardada que poupa 9 litros de água por dia, são alguns dos exemplos dos esforços da empresa neste sentido (Oliveira & Irmão S.A., 2016a).

O longo caminho percorrido pela empresa até à situação em que se encontra atualmente foi em grande parte potenciado pela constante preocupação relativamente à melhoria contínua dos seus processos.

Enquadrado nesta linha orientadora surge, em 2007, a necessidade de apostar na melhoria do seu processo produtivo, altura da implementação de um projeto TFM, apresentado de seguida.

3.2. Implementação do *Total Flow Management*

O ano de 2007 representa um marco para a empresa que, em cooperação com o Instituto Kaizen, iniciou o processo de implementação da ferramenta *Total Flow Management* com o objetivo de aumentar os índices de produtividade, reduzir WIP, diminuir *stocks* de produto acabado e de componentes adquiridos.

As ineficiências presentes nos processos produtivos impossibilitavam uma produção em fluxo, sendo os componentes abastecidos às células em contentores de grandes dimensões (Figura 9 à esquerda) provocando um baixo grau de ergonomia verificado no alcance das peças. Os desperdícios de movimentação, espera e transporte encontravam-se presentes na generalidade dos processos, devido à falta de organização das linhas de produção (Martins & Pestana, 2008).



FIGURA 9: SITUAÇÃO INICIAL (ESQ.) E APÓS IMPLEMENTAÇÃO DO TFM (DIR.)

A filosofia de produção *push* praticada (contrária à filosofia *pull*, onde a produção é efetuada de acordo com uma calendarização prévia e impulsionada para os processos seguintes) (Nicholas, 2011) originava também o desperdício de produção em excesso,

uma vez que os componentes eram produzidos sem existir alguma necessidade real por parte do cliente. Uma vez que a produção não era orientada segundo uma necessidade real, todos os processos a jusante eram também afetados, dando origem a uma elevada quantidade de material em *stock* (Martins & Pestana, 2008).

A adoção do processo teve início em várias linhas-piloto, através da implementação dos diferentes pilares do TFM enunciados anteriormente. Os resultados foram notáveis e, de forma iterativa, a filosofia de produção foi difundida a todas as outras áreas (Figura 9 à direita), sendo atualmente a filosofia dominante na organização.

A implementação do projeto TFM traduziu-se em ganhos notáveis tanto a nível de produtividade (30%, em média) como a nível da redução de *stocks* (50%, em média).

A implementação e sucesso deste projeto sustentam a confirmação das vantagens do TFM, sendo atualmente o processo produtivo inspirado na mesma filosofia implementada inicialmente na empresa, numa perspetiva de melhoria contínua e de criação de fluxo em toda a cadeia de abastecimento.

Uma vez implementado o projeto, a conservação do funcionamento do sistema é de vital importância para que se mantenham os benefícios atingidos, função pertencente ao departamento de engenharia, local de desenvolvimento do projeto apresentado, cujas funções serão descritas de seguida.

3.3. Departamento de Engenharia

O departamento de engenharia da Oliveira & Irmão S.A., tem como principal atividade garantir o fluxo na área produtiva segundo os princípios instituídos pelo TFM.

As funções principais do departamento passam por garantir os diferentes níveis do TFM: desenho de *layouts* e bordos de linha, definição das contentorizações dos componentes, conceção de dispositivos de auxílio ao processo de montagem e normalização de operações de montagem.

A interação entre os vários departamentos constitui um ponto essencial para o fluxo de informação e de materiais que se deve verificar numa filosofia de TFM, onde o departamento funciona como um intermediário entre diversos processos, como representado no fluxograma da Figura 10.

A primeira fase, relativa ao planeamento, inicia-se com a entrada de informação do departamento comercial que indica o consumo anual para um determinado produto. Nesta fase estabelece-se uma estimativa da cadência da produção através de observação de modelos semelhantes, para posteriormente se avaliar o número de postos a inserir e efetuar o balanceamento da linha, para que o tempo de ciclo da linha se aproxime do *takt time* pretendido.

Paralelamente, o departamento de conceção fornece os desenhos ou protótipo da peça a produzir (se já concluído). Através deste conjunto de informação, o departamento avalia a complexidade da montagem e necessidade de automatizar o processo de montagem ou partes do processo. Se a decisão de automatização se confirma, prossegue-se para a fase 2, caso contrário, passa-se diretamente para a terceira fase.

Iniciada a segunda fase, de elaboração dos dispositivos, inicia-se o desenho e o processo de escolha do fornecedor para executar os dispositivos pretendidos.

Uma vez executados os dispositivos, a fase 3, relativa ao posto de trabalho, é iniciada. Caso o posto ainda não exista fisicamente, efetuam-se os desenhos do posto pretendido e posteriormente a sua construção. Caso o posto já exista fisicamente, o passo anterior é ignorado e passa-se para a análise do bordo de linha, respetivo planeamento e inserção dos dispositivos no posto. Uma vez instalados, efetuam-se os testes para validação do funcionamento dos dispositivos.

A fase 4 é iniciada através da organização e construção do bordo de linha, onde são definidas as posições de cada componente de acordo com a sequência de montagem e a sua contentorização. Os dados são inseridos no sistema e, em conjunto com o departamento de logística, inicia-se a fase de implementação do que foi planeado. Inicia-se a construção do supermercado para os componentes e elaboração dos *kanbans* para identificação das caixas.

Posteriormente é efetuada, na fase 5, uma pré-série antes do início da produção, para avaliação de possíveis problemas ou melhorias a efetuar. Elabora-se um acordo de industrialização com eventuais ações de melhoria e, uma vez efetuadas, o posto é validado na presença dos vários departamentos intervenientes e o posto é entregue ao departamento de produção.

Uma vez que o processo se encontra validado, efetuam-se os vários documentos necessários à operação do bordo de linha (instrução de manufatura e/ou instrução de operação). Através da observação dos movimentos do operador é determinada a cadência real da linha e é inserido no sistema o *routing* da operação.

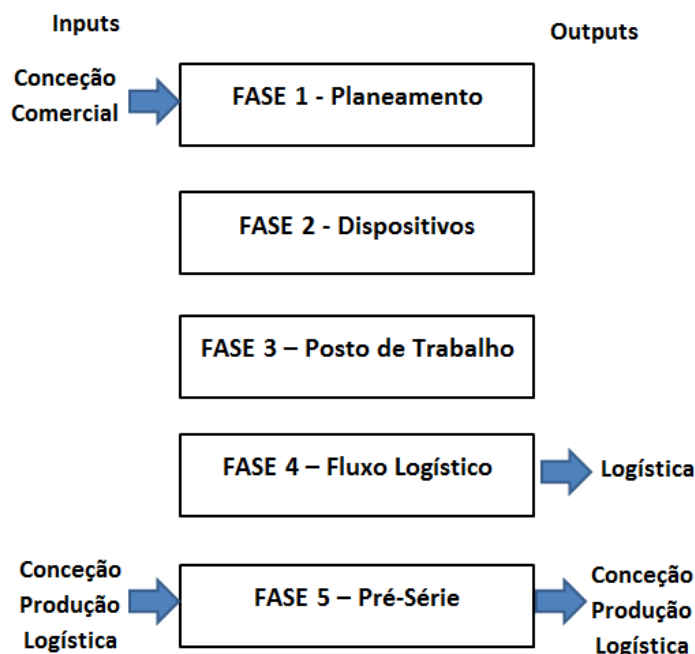


FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

4. Projeto a desenvolver

Neste capítulo será descrita a parte prática do projeto, com foco no plano elaborado e a metodologia que permitirá alcançar os objetivos propostos. De seguida, descreve-se a área de foco do trabalho desenvolvido, nomeadamente a área das torneiras onde foram implementadas as ações descritas ao longo do projeto, apresentando-se um fluxograma do processo produtivo desta área. De seguida, inicia-se a descrição das três células (TB001, TB006, TB005) onde foi implementada a metodologia descrita, através da explicação do estado inicial da célula, das oportunidades de melhoria, dos planos efetuados e da sua posterior implementação. Por fim, apresenta-se uma breve análise e conclusão acerca dos resultados obtidos.

4.1. Objetivos e Metodologia

O início do processo de implementação do TFM na empresa ocorreu em 2007, como referido anteriormente. Desde o início da sua implementação que os benefícios sentidos permitiram a aceitação do processo por parte de todos os intervenientes, ajudando a que a filosofia se tornasse transversal a todo o sistema de produção da empresa.

Apesar do sucesso do início da implementação, o desafio prende-se com a manutenção do modelo implementado, por vezes difícil de atingir devido à existência de desperdícios entre processos ou operações. A integração entre a filosofia de melhoria contínua e a filosofia *pull* inerentes ao TFM surge, de forma análoga ao TPS, como um modo de sustentação do modelo.

Neste contexto, surgiu este projeto, a desenvolver no âmbito do TFM, com o objetivo de garantir a implementação de todas as áreas do TFM em novos processos e, paralelamente, reduzir desperdícios numa ótica de melhoria contínua dos processos existentes, para assegurar um fluxo contínuo em toda a CA. Desta forma, os objetivos dividem-se em duas vertentes, apresentadas de seguida.

Processos novos:

- Garantir uma correta implementação das diferentes áreas do TFM,
- Analisar possíveis melhorias futuras para o processo.

Processos existentes:

- Analisar a situação inicial e estabelecer o ponto de partida para o projeto,
- Identificar processos mais críticos/com mais oportunidades de melhoria,
- Identificar atividades de valor acrescentado e desperdícios, e propor ações para a eliminação dos segundos,
- Implementar as propostas definidas,
- Analisar os resultados obtidos e comparar com o estado inicial,
- Melhorar os processos e simplificar o fluxo entre processos.

De uma forma geral, pretende-se demonstrar de uma forma prática a implementação do TFM e das vantagens inerentes à sua aplicação. A metodologia ou plano de ações para

alcançar os objetivos enunciados anteriormente apresenta-se na calendarização definida na Tabela 1.

A duração considerada é respeitante à duração do projeto, tendo início a 15 de Setembro de 2015 e conclusão no dia 13 de Maio de 2016, considerando este último mês para a realização da parte final do relatório de projeto.

A formação inicial para compreensão das atividades desempenhadas pelo departamento e suas interações com outros departamentos é importante uma vez que permite uma perceção e um enquadramento da aplicação do modelo TFM na prática.

A análise da situação atual será efetuada através da compreensão e observação direta dos processos produtivos da área das torneiras. Após essa observação, serão determinados os processos críticos ou com mais oportunidades de melhoria identificadas e inicia-se a fase seguinte da recolha de dados.

A fase de recolha de dados terá a duração total do projeto e a metodologia para a recolha de dados terá como base a recolha de vídeos e de tempos, para análise das melhorias a implementar e posterior comparação com os resultados finais.

Após planeamento das alterações a realizar, segue-se a fase de implementação das ações propostas e posterior análise do seu impacto.

Legenda:

- 1 – Formação inicial
- 2 – Revisão bibliográfica
- 3 – Análise da situação inicial
- 4 – Recolha de dados
- 5 – Tratamento dos dados
- 6 – Implementação das melhorias
- 7 – Análise do impacto das ações de melhoria
- 8 – Realização do relatório de estágio
- * – *Milestones* de entrega de documentos

TABELA 1: CALENDARIZAÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO

Ativ/Mês	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
			*			*				*

Estabelecidos os objetivos do projeto, bem como a metodologia e plano de análise, descreve-se de seguida o âmbito da implementação do TFM, nomeadamente a área de produção das torneiras.

4.2. Área de Produção de Torneiras

O projeto a desenvolver apresenta como foco principal a área de produção de torneiras ilustrada na Figura 11, constituída por 8 células de produção (TB001, TB004, TB005, TB006, TB007, TB008, TB009) e uma auxiliar destinada a pré-montagens, onde se efetua a montagem de componentes comuns às várias torneiras.

A variedade de torneiras produzidas é bastante elevada e cada célula encontra-se exclusivamente dedicada à produção de um conjunto de modelos que, por sua vez, variam em quantidade de peças, medidas e cores. Como exceção à regra, o exemplo da célula TB005 surge como um local de auxílio à produção dos modelos de maior quantidade, produzindo, para além do seu modelo exclusivo, modelos da célula TB004, TB006.



FIGURA 11: ÁREA DE PRODUÇÃO DAS TORNEIRAS

A enorme variabilidade de produção pode, no entanto, ser simplificada uma vez que o processo é relativamente idêntico entre todas as células. O processo ilustrado na Figura 12 é iniciado pelo operador através da montagem dos componentes no posto 1, que de seguida, coloca a torneira no posto 2 para testar a estanquicidade do produto e, posteriormente procede à sua gravação. Uma vez terminado o processo, o posto 2 liberta o produto, que será retirado pelo operador do posto 3, para terminar a montagem da torneira e, por fim, colocá-la numa caixa de produto intermédio com o respetivo *kanban* ou colocar numa embalagem de cartão para o cliente final, com a respetiva etiqueta.

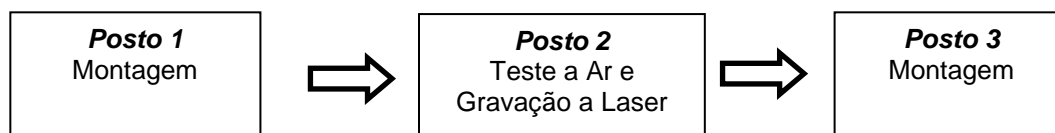


FIGURA 12: PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS TORNEIRAS

Os componentes fabricados podem ser classificados como produto acabado, quando embalado e enviado diretamente para o consumidor ou como produto intermédio que, em conjunto com as válvulas produzidas em outras áreas, constituirão os mecanismos de descarga que serão parte integrante do autoclismo como produto final.

O exemplo ilustrado na Figura 8 (última figura do lado direito) é constituído por uma torneira que permite uma aplicação inferior ou lateral, juntamente com a sua respetiva

válvula, que permite a colocação do botão de acionamento numa posição superior, frontal ou lateral.

O processo de produção da área das torneiras encontra-se relativamente estabilizado e, como tal, os pilares relativos ao modelo de TFM encontram-se implementados com sucesso para a maioria dos códigos.

A filosofia de produção em *pull flow* é garantida através da colocação das ordens de produção de acordo com necessidades reais. A produção nesta área é maioritariamente destinada a incorporação em outros produtos e, como tal, a necessidade de produção para produto intermédio é despoletada pelo consumo dos processos adjacentes.

O quadro de nivelamento presente na área contribui também para a estabilização deste processo, na medida em que permite calendarizar a produção através dos *kanbans* relativos ao produto. O estabelecimento de um ritmo de produção constante, controlo dos atrasos de produção e comunicação com o operador do *mizusumashi* dos componentes e da hora a que devem ser abastecidos, são algumas das vantagens do quadro de nivelamento.

Relativamente ao processo de logística interna, existe uma rota de *mizusumashi* responsável pelo abastecimento da área das torneiras que abrange todas as células e um supermercado dedicado a esta área. O operador é responsável por repor as caixas de componentes utilizados ou abastecer a linha para produção de um novo código. Os materiais são entregues na linha de produção segundo uma filosofia JIT, apenas quando necessários.

4.3. Descrição do Projeto

O projeto desenvolvido centra-se no fluxo da produção e engloba três células de produção (TB006, TB001 e TB005). A análise em cada célula terá como foco apenas um dos pilares do fluxo da produção, embora estejam englobadas na análise várias vertentes desta área, como será descrito de seguida.

Em primeiro lugar, através da apresentação da análise efetuada para a célula TB006, pretende-se demonstrar a metodologia e as fases de inserção de um novo modelo, com maior ênfase no pilar relacionado com o *layout* e desenho de linhas.

De seguida, como descrito nos objetivos, através de uma análise aos processos existentes, as células TB001 e TB005 foram identificadas como as que apresentavam maiores oportunidades de melhoria. Pretende-se com a implementação do TFM demonstrar os benefícios inerentes à aplicação do modelo a células e modelos já existentes.

No caso da célula TB001, o objeto de estudo apresentava um âmbito mais geral, acerca dos princípios fundamentais do TFM, onde se procedeu ao estudo dos desperdícios existentes no processo e à proposta de medidas para eliminação dos mesmos.

No caso da célula TB005, o estudo abrange o pilar relacionado com os bordos de linha, com forte conexão ao pilar do trabalho normalizado, onde se pretende uma melhoria significativa na disposição do bordo de linha atual e consequentemente, do método de trabalho que se verifica.

As células objeto de estudo são apresentadas de seguida, onde se efetua uma breve descrição da mesma e do procedimento de análise, as posteriores medidas propostas e respetiva implementação, sucedida de uma análise dos resultados e uma breve conclusão acerca do estudo efetuado.

4.4. Célula TB006 – Inserção de um novo modelo

4.4.1. Descrição do Posto e Procedimento

A célula TB006, embora tenha uma filosofia de produção semelhante às restantes células devido ao seu abastecimento através de um *mizusumashi*, destaca-se das demais por ser a única constituída por um único posto. O processo de montagem da torneira é bastante simples, resultando numa baixa complexidade de movimentos e, por sua vez, numa cadência de produção elevada, não existindo necessidade de alocar dois operadores ao posto. Por outro lado, a célula trabalha a um, dois ou três turnos consoante a necessidade de produção.

O surgimento de um novo código, ou seja, de uma nova torneira, pressupõe a conceção de um novo bordo de linha e, conseqüentemente, o balanceamento da linha para distribuição das tarefas a efetuar.

Neste caso, como o posto já existia fisicamente, será apenas necessário avaliar se a produção da nova torneira carece de duplicação do posto existente, para que trabalhe de forma semelhante às restantes células da empresa, ou se o posto singular poderá ser mantido.

Uma vez avaliada esta condição, devem ser criadas as condições para uma produção estável, nomeadamente organização do bordo de linha, desenho do posto, estudo dos movimentos do operador, determinação da cadência de produção e inserção de um dispositivo de auxílio à montagem.

4.4.2. Planeamento do desenho da linha

O desenho de uma linha ou inserção de um novo modelo numa linha já existente, como neste caso, pressupõe a recolha de um certo conjunto de dados para um correto planeamento.

A previsão das quantidades a produzir anualmente, informação necessária para análise da capacidade da linha, indica um total de 100.000 unidades por ano.

Conhecida a produção anual prevista, a fase seguinte presume o conhecimento do produto para se determinar a sequência de montagem e, por sua vez, a cadência de produção e a necessidade de automatizar certos movimentos do operador com recurso a dispositivos de automação. A informação acerca do produto é fornecida pelo departamento de conceção que, numa fase inicial, fornece o desenho técnico das peças e, posteriormente, protótipos ou a peça final, se os ensaios da peça já estiverem concluídos. Nesta fase, através dos desenhos da peça dá-se início ao estudo da sequência de montagem e desenho dos dispositivos de automação, para auxílio da montagem da torneira.

A cadência de montagem constitui uma informação necessária para se analisar a capacidade da linha. Embora alguns componentes da nova torneira (TP101) sejam diferentes da torneira produzida no posto (ECO), como se mostra na Tabela 2, os componentes essenciais que se mantêm inalterados, permitem estimar o tempo alocado à sua montagem, enquanto os tempos dos novos componentes serão obtidos por estimativa.

TABELA 2: PEÇAS DAS TORNEIRAS TP101 E ECO

TP101	ECO
Corpo	Corpo
Batente	Porca
Boia Grande	Boia Grande
Boia Pequena	Alavanca Completa
Pistão	Pistão
Alavanca Superior	Alavanca Superior
Limitador	
Com posto de ensaio e gravação a laser	Sem posto de ensaio

A estimativa efetuada para os novos elementos, através da utilização de tempos pré-determinados de outros processos/componentes semelhantes, determina que o tempo de processamento da torneira será de aproximadamente 30 segundos, como demonstrado no Anexo 2.

Recolhidos os dados necessários para o início do projeto, uma vez que a linha já existe fisicamente, deve-se efetuar um estudo da capacidade disponível em linha, relativamente aos modelos que já se encontram a ser produzidos para averiguar se a inserção do novo modelo irá necessitar de criação de um posto adicional.

Os dados da análise das quantidades produzidas para uma amostra de 6 meses (Janeiro a Junho de 2015), bem como o tempo alocado a estas produções e tempo disponível resultante, encontram-se apresentados na Tabela 3:

TABELA 3: PRODUÇÃO NA CÉLULA TB006 PARA 6 MESES

Mês	Tempo disponível (h)	
	Turnos utilizados	Turnos Adicionais
Jan	14,45	91,08
Fev	9,67	70,00
Mar	12,75	145,00
Abr	21,17	91,08
Mai	2,67	34,58
Jun	3,67	84,33
Média	10,73	86,01

Na primeira coluna apresentam-se os meses inseridos na análise, com o tempo disponível (em horas) nas duas colunas seguintes.

Na segunda coluna da tabela encontram-se as horas disponíveis nos turnos efetivamente utilizados, considerando as horas de paragem da célula resultantes de ausência do

operador ou por necessidades de produção em outras células. O mínimo de tempo disponível são 2,67 horas/mês enquanto o máximo são 21,17 horas/mês, perfazendo uma média para os 6 meses de 10,73 horas.

Uma vez que a célula dispõe de três turnos para produção, utilizados de acordo com a necessidade, na terceira coluna encontram-se as horas disponíveis dos turnos adicionais, ou seja, os turnos não utilizados por falta de necessidade de produção. Neste caso, o mínimo são 34,58 horas/mês e o máximo 145 horas/mês, com uma média de 86,01 horas para os 6 meses.

A análise da capacidade disponível será efetuada para diferentes cenários, nomeadamente para: (a) previsão atual, (b) aumento da previsão para o dobro e (c) diminuição da previsão para metade.

(a) Previsão atual: 100.000 peças/ano

A previsão atual de 100.000 peças/ano, traduzida em necessidade mensal, deve considerar os meses de produção efetiva que totalizam 10 meses de produção com 22 dias úteis, em média (sem contabilização de pontes, feriados e fins-de-semana). Se as 100.000 peças forem divididas pelos 10 meses de produção, surge uma necessidade de 10.000 peças/mês.

O tempo alocado à produção de 10.000 unidades corresponde a 83,3 horas, considerando o tempo de ciclo determinado inicialmente de 30 segundos por peça. Logo, analisando as horas disponíveis da Tabela 3, é possível concluir que apenas com a abertura de turnos adicionais será possível satisfazer a procura prevista. No entanto, embora em média seja possível satisfazer a procura do cliente apenas com a abertura de turnos adicionais, para os meses de Fevereiro e Maio as horas disponíveis não seriam suficientes para cobrir a necessidade. Neste caso, seria necessário duplicar o posto ou inserir a produção numa célula de apoio, como a célula TB005 que será abordada de seguida.

No entanto, a melhor opção por enquanto seria manter o posto como singular, enquanto a previsão não se confirmar.

(b) Aumento da previsão para o dobro: 200.000 peças/ano

A análise de cenários alternativos permite a preparação de soluções para flutuações na previsão estabelecida de início. Caso a produção aumentasse para o dobro do valor da previsão, de forma análoga ao processo anterior, a produção mensal teria que contabilizar 20.000 peças/mês o que se traduz em 166,67 horas, considerando o tempo de ciclo de 30 segundos por peça. Neste caso, observando a Tabela 3, não seria possível atingir a produção necessária para nenhum dos meses, ou seja, o posto teria que ser duplicado.

(c) Diminuição da previsão para metade: 50.000 peças/ano

Caso a previsão diminuísse para metade, ou seja 5.000 peças/mês, as horas necessárias seriam 41,67 para produzir as unidades necessárias, considerando o tempo de ciclo de 30 segundos por peça. Através da análise da Tabela 3 apenas não seria possível atingir o objetivo no mês de Maio. Para este mês seria necessário inserir a produção na célula TB005, de forma semelhante ao processo descrito no ponto (a).

A análise da capacidade da linha revela que, de momento, o posto não deve ser duplicado, uma vez que na maioria dos meses o tempo disponível de produção é suficiente para garantir as horas necessárias para produzir as unidades pedidas.

A confirmação do número de postos necessários pode ser analisada pelo cálculo do *takt time* em comparação com o tempo padrão determinado.

Em primeiro lugar devem ser determinadas as compensações para o trabalho a ser realizado, que se encontram representadas na Tabela 4 (Stevenson, 2007). As compensações são determinadas de acordo com a tabela apresentada em Stevenson (2007, página 319), exceto a compensação “Auto-Abastecimento”, que é determinada através de observação do processo e que determina que, em média, a cada 60 minutos, é perdido 1 minuto no abastecimento de componentes ou no retorno de caixas vazias (corresponde a 0.0167).

TABELA 4: CÁLCULO DAS COMPENSAÇÕES PARA A CÉLULA TB006

Compensação	Valor
Pessoal	0,005
Fatiga	0,040
Posição (de pé)	0,020
Atmosférica	0,050
Concentração	0,000
Nível de Ruído	0,020
Esforço Mental	0,010
Monotonia	0,040
Tédio	0,020
Auto-Abastecimento	0,017
Total	0,222

Calculada a compensação que corresponde a 22% do tempo produtivo, pode-se calcular o tempo disponível para produção, que corresponde ao tempo de produção de um turno (em minutos), sem o tempo dedicado a paragens. De seguida calcula-se o tempo real, de acordo com o desempenho do primeiro ano de funcionamento da célula (calculado com base no histórico de outras células, o desempenho corresponde a 66% da capacidade normal) (Meyers & Stewart, 2002).

$$\text{Compensação (\%)} = 0,22$$

$$\text{Desempenho do primeiro ano (\%)} = 0,66$$

$$\text{Tempo disponível} = \text{Tempo Produção} - \text{Paragens} = 455 - 0,222 = 454,78 \text{ h}$$

$$\text{Tempo real} = \text{Tempo disponível} \times \text{Desempenho primeiro ano} = 454,8 \text{ h} \times 0,66 = 300,15 \text{ h}$$

Se se considerarem 10 meses com 22 dias por mês de trabalho efetivo, em média (sem considerar feriados, pontes e fins-de-semana), o consumo diário pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Consumo diário} = \frac{100.000}{\frac{10}{22}} = 454,54 \text{ peças/dia}$$

O *takt time*, como explicado anteriormente, pode ser calculado através da relação entre o tempo real e o consumo diário:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Real}}{\text{Consumo diário}} = \frac{300,15}{454,54} = 0,66 \text{ min/peça}$$

Através do valor de tempo padrão estabelecido anteriormente (30 segundos que equivalem a 0,5 minutos) e da sua relação com o *takt time* é possível determinar o número de postos necessários (Meyers & Stewart, 2002).

$$\text{Nº de Postos} = \frac{\text{Tempo Padrão}}{\text{Takt Time}} = \frac{0,5}{0,66} = 0,75 \approx 1 \text{ posto (aprox.)}$$

O resultado obtido confirma as conclusões da análise anterior relativamente à capacidade disponível da linha. Com a decisão de manter um posto apenas, pode-se dar início ao processo de desenho da linha de produção.

4.4.3. Desenho da Linha

A linha existente encontra-se equipada para a produção do modelo ECO, com o dispositivo correspondente e bordo de linha construído de acordo com o processo de montagem desse produto.

Com a inserção de um novo modelo, deve ser feita a análise da permanência do dispositivo na linha. A peça inserida no modelo TP101 é um batente, ao contrário do que se passa com o modelo ECO em que a peça inserida é uma porca. As limitações de movimentação desta nova peça, levam a que o dispositivo que se encontra na linha não facilite a sua montagem, existindo a necessidade de criar um suporte adicional para este modelo em particular. O suporte é de simples conceção uma vez que não recorre a meios de automação, tratando-se apenas de um sistema de auxílio à montagem do batente no corpo da torneira.

Uma vez concebido o suporte e o protótipo da peça, é possível iniciar a fase do estudo dos movimentos necessários à produção da torneira para, de seguida, serem atribuídas localizações às peças necessárias.

A análise da sequência de montagem apresentada no Anexo 2 permite estabelecer as localizações para cada componente e analisar os movimentos do operador. Na Figura 13, do lado esquerdo, pode-se verificar, de acordo com as localizações planeadas e sequência de montagem, que movimentos serão realizados pelo operador, para cada mão (para a mão esquerda o movimento de alcance representado a azul e o de transporte a roxo; para a mão direita o movimento de alcance representado a verde e o de transporte a laranja). Na mesma figura, do lado direito, apresentam-se as distâncias dos movimentos, para avaliação do esforço do operador e verificação da inclusão dos movimentos na zona de valor acrescentado.

A validação dos movimentos efetuados estabelece a organização do bordo de linha que será definida de acordo com o representado na Figura 14, onde se apresenta a vista de cima e a vista frontal da mesma.

O bordo de linha é constituído do lado esquerdo de uma corredeira superior para a entrega de caixas vazias pelo *mizusumashi* e, na parte inferior, de uma corredeira com um suporte extensível para colocação do produto acabado e posterior entrega ao operador para colocação numa palete.

Do lado direito (na posição 10) encontra-se o posto de ensaio e gravação a laser, na posição 11, o suporte de montagem e na posição 12, uma gaveta para colocação de peças de tamanho reduzido que se encontram distantes do local de montagem. No nível 1 encontram-se as peças de maior dimensão (posição 3 e 9) e no nível 2, as peças de menor dimensão (posição 4, 5, 6, 7, 8).

Estabelecida a sequência de movimentos e disposição de elementos no bordo de linha, segue-se para a parte de implementação do plano determinado.

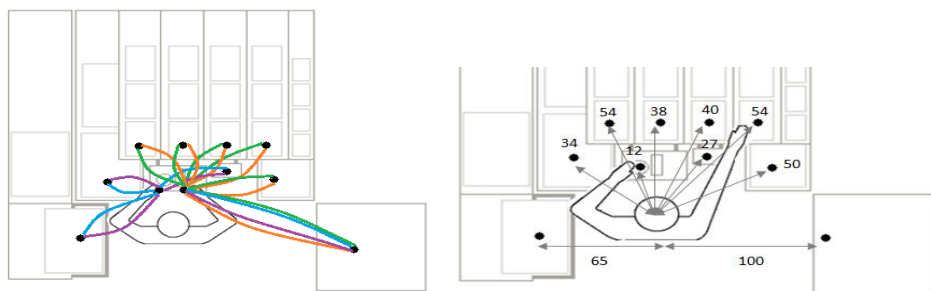


FIGURA 13: ESTUDO DOS MOVIMENTOS (ESQ.) E DISTÂNCIA DOS MOVIMENTOS (DIR.)

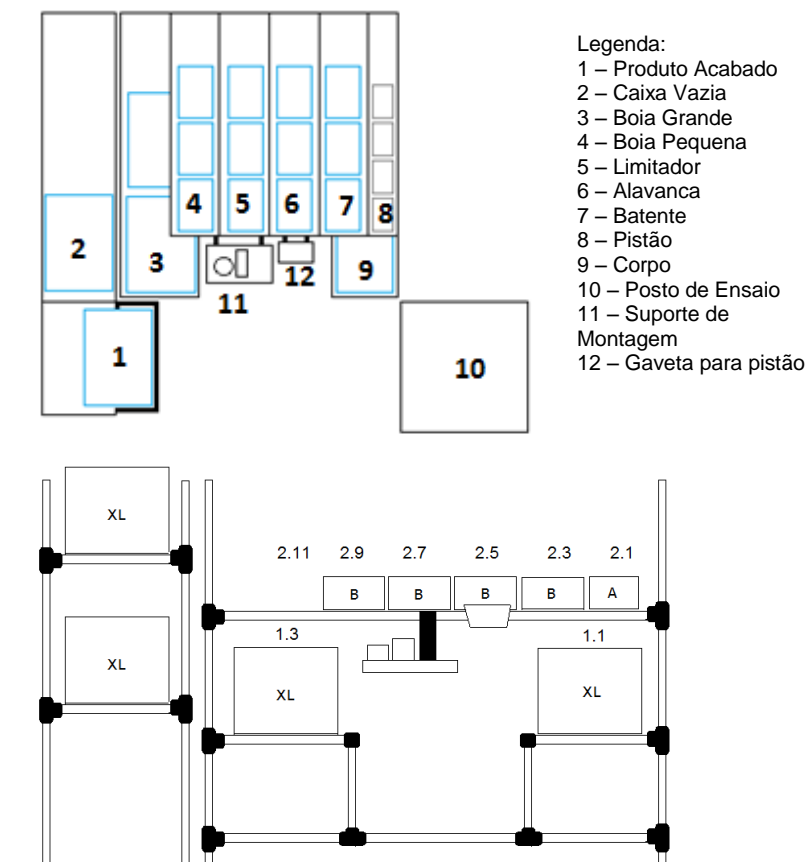


FIGURA 14: BORDO DE LINHA TB006

4.4.4. Implementação

O processo de implementação do bordo de linha planeado inclui um conjunto de processos entre o departamento de engenharia e o departamento de logística, que não se encontram inseridos no âmbito desta análise. A correta inserção dos dados relativos ao bordo de linha em sistema (relativamente à contentorização dos componentes, peças por caixa, localização em supermercado) constitui uma fase importante para o início do processo logístico de impressão de *kanbans* para identificação das caixas, correto abastecimento à célula e criação de localizações físicas em supermercado.

Concluído o processo entre a logística e a engenharia, pode-se iniciar a fase do processo denominado de pré-série, onde todos os elementos necessários à produção se encontram no bordo de linha, para testar e validar o método proposto. A pré-série trata-se de um ensaio realizado para apurar dificuldades ou problemas antes de se iniciar o processo produtivo, encontrando-se a disposição dos componentes representada na Figura 15.



FIGURA 15: BORDO DE LINHA DA CÉLULA TB006

A realização da pré-série confirmou que o bordo de linha se encontrava corretamente definido considerando os movimentos do operador.

Uma vez que o processo de montagem se encontra validado, para assegurar que o método de produção será uniforme e padronizado para todos os operadores, é criada uma instrução de manufatura (IM), apresentada no Anexo 3, verificando-se que se trata de uma instrução simples, com recurso a imagens e texto, que explica a forma de montagem da torneira.

De seguida, a observação dos movimentos do operador e posterior recolha dos tempos de montagem permitem analisar o tempo padrão definido inicialmente e verificar se o valor previsto corresponde ao valor real de montagem na linha.

O método de cronometragem pressupõe uma divisão da operação em unidades elementares de trabalho (UETs), preferencialmente com duração igual ou superior a 0,03 minutos (ou seja, 1,8 segundos), para facilitar a tarefa de cronometragem (Chary, 2009).

Para registo de todas as observações, constrói-se uma folha de estudo de tempos apresentada na figura 16, onde se encontram representadas as 8 UETs. No processo representado no Anexo 2, verifica-se que as operações M2 e M3 se encontram separadas, no entanto, durante o processo de cronometragem, as tarefas apresentavam uma duração demasiado reduzida e uma sobreposição difícil de desagregar, razão pela qual se encontram inseridas na mesma unidade elementar.

O operador selecionado, embora sem experiência de montagem desta torneira em causa, tem experiência de montagem da torneira semelhante. A amostra consistiu de um total de 10 observações recolhidas em método contínuo através de vídeos, sendo o cronómetro ativado no início do estudo e desativado somente no fim. Os valores representados na linha correspondente a “r” tratam-se das medições em contínuo, e a linha denominada “t” representa o tempo gasto a executar a tarefa em segundos.

Terminada a fase de recolha dos dados, inicia-se a fase de tratamento dos valores através do cálculo da média (\bar{t}). Com base na observação do esforço do operador, determina-se o valor de “%R” (*rating*) que determina o desempenho do operador da seguinte forma (Stevenson, 2007):

%R = 1 - A tarefa foi desempenhada a um ritmo normal

%R < 1 - A tarefa foi desempenhada a um ritmo inferior ao normal

%R > 1 - A tarefa foi desempenhada a um ritmo superior ao normal

O fator de desempenho a atribuir pode-se tornar ambíguo dependendo do observador do processo, por essa razão existem procedimentos normalizados para se determinar o valor mais correto. Um dos exemplos trata-se do procedimento enunciado por Meyers & Stewart (2002) que pretende, através da distribuição de um baralho de 52 cartas, avaliar o tempo gasto, comparado com o tempo padrão estabelecido e, assim, estabelecer o padrão de desempenho do esforço colocado na operação. Uma vez compreendido o processo de atribuição de fatores de desempenho, consideraram-se os valores de acordo com o desempenho observado, como é mostrado na figura 16.

De seguida, determina-se a frequência da execução de cada tarefa, ou seja, o número de vezes que cada tarefa é realizada no ciclo de observações (neste caso é sempre igual a um) e de seguida calcula-se o tempo normal de cada operação através da seguinte fórmula (Stevenson, 2007):

$$TN_i = \bar{t}_i \times \%R_i \times Freq_i$$

Após a recolha dos valores deve ser definida a precisão e o nível de confiança desejados, que irá determinar o número de observações adicionais a efetuar. Neste caso, as 10 observações recolhidas são suficientes para assegurar uma precisão de 0,1 e um grau de confiança de 90% como será descrito de seguida.

O tamanho necessário da amostra calcula-se segundo a fórmula e parâmetros indicados de seguida (Stevenson, 2007):

$$n = \left(\frac{z \cdot s}{p \cdot \bar{t}} \right)^2$$

Em que:

n = tamanho da amostra

p = precisão da estimativa

\bar{t} = tempo médio observado para UET

s = desvio padrão da amostra dos tempos para uma UET

z = desvio padrão normal para o nível de confiança desejado

Folha de Estudo de Tempos

Secção: Torneiras	Operador: Patrícia	Data: 19/11/2015
Linha: TB006	Experiência: Sem Experiência	Cronometrista: Sara Almeida
Código: 114401	Descrição da Operação: Montagem da Torneira TP101	Método de Estudo: Contínuo
Descrição: Torneira TP101		

# UET	Descrição UET	Observações (seg)										\bar{t}	%R	FREQ	TN	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1	Colocar batente no suporte (P1)	t	3	2	4	4	4	4	4	4	3	4	3,60	85%	1,00	3,06
		r	3	28	58	86	113	143	172	195	221	249				
2	Montar alavanca e corpo (M1)	t	4	4	3	2	3	2	3	3	3	3	3,00	100%	1,00	3,00
		r	7	32	61	88	116	145	175	198	224	252				
3	Colocar pistão em M1 (M2), colocar corpo no suporte e rodar sobre o batente (M3)	t	3	3	3	4	3	3	2	3	3	3	3,00	100%	1,00	3,00
		r	10	35	64	92	119	148	177	201	227	255				
4	Montar bóia grande com a pequena (P2)	t	4	4	4	3	5	5	3	3	3	4	3,80	95%	1,00	3,61
		r	14	39	68	95	124	153	180	204	230	259				
5	Montar M3 com P2 (M4)	t	2	4	4	4	3	5	2	4	4	4	3,60	90%	1,00	3,24
		r	16	43	72	99	127	158	182	208	234	263				
6	Montar limitador em M3 (M5)	t	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3,20	90%	1,00	2,88
		r	19	47	75	102	130	161	185	211	238	266				
7	Colocar torneira no ensaio (PE)	t	4	4	4	4	7	5	4	5	4	5	4,60	85%	1,00	3,91
		r	23	51	79	106	137	166	189	216	242	271				
8	Retirar torneira anterior e colocar na caixa	t	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2,60	95%	1,00	2,47
		r	26	54	82	109	139	168	191	218	245	274				
															25,17	

# UET	Desvio Padrão	n
1	0,639	8,875
2	0,667	12,185
3	0,471	8,616
4	0,783	8,986
5	0,966	12,263
6	0,422	6,773
7	0,966	7,510
8	0,516	12,566

FIGURA 16: FOLHA DE ESTUDO DE TEMPOS TB006

Neste caso, para um valor de confiança de 90% o valor de $z = 1,645$ e, observando a tabela do lado direito da Figura 16, pode-se concluir que a maioria das operações apresenta observações suficientes para garantir a fiabilidade dos resultados, apenas para os casos das operações 2, 5 e 8 seria necessário recolher 3 observações adicionais.

A validação das observações recolhidas é sucedida do estabelecimento do tempo padrão, calculado através da seguinte fórmula (Stevenson, 2007):

$$TP = TN \times FC$$

Em que:

TP – Tempo Padrão

TN – Tempo Normal

FC – Fator de Compensação

O fator de compensação é determinado através das compensações anteriormente atribuídas ao processo na Tabela 4. A fórmula apresentada de seguida é utilizada quando as várias operações na célula apresentam a mesma compensação, ou seja, quando as operações são semelhantes entre si. Neste caso, o fator de compensação é calculado relativamente ao dia de trabalho e não relativamente ao tempo de operação (Stevenson, 2007).

$$FC = \frac{1}{1-C} = \frac{1}{1-0,22} = 1,28$$

De acordo com a Figura 16, o tempo total de montagem das observações perfaz 274 segundos, ou seja, ao dividir pelas 10 observações, o tempo por peça corresponde a 27,40 segundos. Por sua vez, o tempo normal por ciclo corresponde a 25,17 segundos, ou seja, o operador encontra-se mais lento do que o que seria normal, facto que pode ser explicado pela falta de experiência na montagem da torneira.

Segundo (Meyers & Stewart (2002), o tempo padrão é o tempo necessário para a produção de um componente, por parte de um operador qualificado, a trabalhar a um ritmo normal, enquanto desempenha uma determinada tarefa. O tempo padrão é determinado através da seguinte fórmula:

$$TP = TN \times FC = 25,17 \times 1,28 = 32,22 \text{ seg}$$

A estimativa inicial de 30 segundos encontra-se próxima do tempo padrão determinado, apresentando apenas um desvio de 2,22 segundos.

Determinado o tempo padrão, deve-se estabelecer a cadência da linha, através da seguinte fórmula:

$$\text{Cadência} = \frac{3600}{TN} = 113,70 \text{ peças/hora}$$

Por fim, a cadência deve ser inserida no sistema para auxiliar um planeamento e controlo de produção eficazes.

4.4.5. Conclusão do estudo

O estudo efetuado para a célula TB006, com ênfase no pilar de *layout* e desenho de linhas, permitiu concluir que o posto único a ser utilizado tem capacidade suficiente para inserção do novo modelo, de acordo com as previsões de venda anuais, sem necessidade de duplicação do posto.

A análise efetuada para os diferentes cenários permite a previsão de diferentes respostas às possíveis flutuações de procura, permitindo uma maior agilidade de adaptação do processo.

Embora apenas um pilar tenha sido objeto de estudo mais detalhado, todo o processo de implementação do modelo TFM numa célula permitiu uma visão global da aplicabilidade da filosofia e o cumprimento do objetivo proposto inicialmente, relativo à compreensão dos benefícios da ferramenta.

4.5. Célula TB001 – Eliminação de Desperdícios

4.5.1. Descrição do Posto e Procedimento

A filosofia de produção da célula TB001 destaca-se das restantes, devido a uma aproximação mais fiel ao conceito JIT, em que certas operações de abastecimento são eliminadas através do fornecimento direto de peças para a linha de montagem. Durante o processo de montagem, duas peças são abastecidas diretamente por duas máquinas de injeção que debitam as peças para um tapete, enquanto as restantes são abastecidas da forma mais comum, pelo *mizusumashi*.

Os três modelos produzidos na célula segundo esta filosofia correspondem a 118 códigos diferentes, apenas alterando a quantidade de componentes, a cor ou as dimensões. Existe um caso excecional de um código que não é produzido através das máquinas de injeção da linha e que, por essa razão, necessita de abastecimento das peças através do *mizusumashi*.

O processo produtivo inicia-se nas duas máquinas de injeção, cada uma produzindo a respetiva peça, em conjuntos de duas. Uma vez terminado o processo de injeção de plástico, as peças são libertadas pelas máquinas para o respetivo tapete, que transporta as peças para um tapete comum que, por sua vez, as encaminha para junto do posto de trabalho.

O processo de montagem é semelhante ao enunciado anteriormente na Figura 12, onde o primeiro posto efetua a sequência de montagem inicial e coloca a torneira no posto de ensaio. No posto de ensaio, a funcionalidade da peça é testada e, se for aprovada, o posto efetua a gravação a laser e a peça é libertada para seguir para o último posto. A diferença do processo reside no último posto, uma vez que o operador deve retirar as duas peças que se encontram no tapete, efetuar a sua montagem, incorporar este conjunto na torneira que passou pelo posto de ensaio e, após este processo, terminar a montagem da torneira com a incorporação das peças que se encontram dispostas em caixas no bordo de linha. Quando terminada a montagem, a torneira deve ser disposta numa caixa de 25 unidades (caso seja produto intermédio) ou numa caixa de cartão (em caso de produto acabado). Quando a caixa se encontra preenchida, é colocada em

corrediças que a transportam para a parte frontal da célula, sendo depois retirada por um operador que coloca as caixas numa palete, até atingir a sua capacidade máxima, altura em que é transportada para outra área de produção ou para um armazém de produto acabado.

O estudo efetuado para esta célula surge como uma abordagem à temática da eliminação de desperdícios, através de um diagnóstico inicial dos principais problemas presentes nesta área, que constitui a base para o estudo de simulação posteriormente realizado. O início de um estudo de simulação pressupõe uma fase de recolha de dados, seguida de uma análise e subseqüentes propostas de melhoria. A simulação permite desenhar cenários alternativos e avaliar o seu impacto na redução dos desperdícios identificados, permitindo uma antevisão mais exata das vantagens da sua implementação. Através da discussão dos resultados e avaliação da solução mais adequada, segue-se então a fase de implementação, onde se procura validar o modelo proposto.

4.5.2. Problemas Detetados

A filosofia de produção implementada na célula constitui uma vantagem para o processo, uma vez que permite a produção de peças diretamente para utilização na linha. Desta forma, eliminam-se as operações de transporte de material e acondicionamento na área logística, para posteriormente serem retirados do seu local, colocados em supermercados e distribuídos pelo *mizusumashi* pelas várias células, como sucede em outras linhas. As duas peças produzidas nas máquinas são comuns a todos os modelos produzidos na célula, permitindo uma produção e utilização contínua das mesmas.

No entanto, a produção alinhada com máquinas de injeção, determina um ritmo para a linha de montagem que deve ser semelhante à cadência da máquina.

A observação direta do processo de produção constituiu uma primeira abordagem para a deteção de alguns problemas na linha, nomeadamente a identificação de atividades sem valor acrescentado, que constituem uma desvantagem para todo o processo e que serão analisados de seguida. Os cinco desperdícios mais significativos surgem sob a forma de produção excessiva, inventário, movimentação, espera e transporte.

- Produção Excessiva

O desperdício gerado pela produção excessiva deve ser considerado de eliminação prioritária uma vez que, frequentemente origina outras formas de desperdício, como se verifica neste caso.

As máquinas trabalham a um ritmo contínuo com uma cadência de 35 segundos e 31 segundos respetivamente, tornando difícil a tarefa de balanceamento da linha de montagem de acordo com o ritmo das máquinas. Paralelamente, o ritmo dos tapetes também se encontra demasiado acelerado, levando a uma acumulação excessiva de peças que obrigam os operadores a dirigir-se ao tapete com frequência para retirar as peças para caixas de grandes dimensões, como mostra a Figura 17.

- Stock

Como consequência do desperdício gerado pela produção excessiva, um segundo desperdício é gerado, devido à acumulação de peças. A elevada quantidade de peças

produzidas permanece durante algum tempo em vários contentores que apresentam dimensões muito elevadas, impossibilitando o acesso às máquinas de injeção uma vez que todo o espaço se encontra alocado ao *stock*. Por outro lado, a manutenção das peças neste local, gera uma quebra de fluxo, pois as peças encontram-se paradas sem processamento consecutivo e, contrariamente ao que se deveria praticar, as primeiras peças a sair da produção não são utilizadas em primeiro lugar.



FIGURA 17: PRODUÇÃO EXCESSIVA NA CÉLULA TB001

O funcionamento contínuo das máquinas de injeção constitui uma dificuldade na diminuição das quantidades produzidas durante as horas de intervalo dos operadores. Pontualmente, quando a capacidade dos contentores atinge o seu nível máximo, os operadores solicitam aos responsáveis a paragem das máquinas de injeção para utilizarem as peças que se encontram acumuladas. Como consequência, surgem outros dois tipos de desperdício, movimentação e transporte, detalhados de seguida.

- Transporte

Quando a produção das peças é assegurada pelas máquinas, o desperdício gerado pela produção excessiva gera uma necessidade de transporte das peças do tapete para os contentores por parte do operador. O posto 1 possui um tempo de ciclo mais reduzido do que o posto 2 e, por essa razão, a responsabilidade do transporte e montagem das peças é alocada a este posto com regularidade. O operador retira as peças em excesso do tapete, colocando-as no contentor e, posteriormente efetua a montagem das restantes peças que se encontram no tapete, deixando-as prontas para utilização imediata no segundo posto.

No caso de pedido de paragem das máquinas e tapete, devido ao nível elevado de ocupação das caixas, o processo altera-se de forma visível. Uma vez que o tapete deixa de transportar as peças até ao posto, a responsabilidade de retirar as peças do contentor passa para os operadores, retirando-as para o tapete e efetuando a sua montagem.

- Movimentação

A movimentação dos operadores do posto de trabalho para próximo do tapete, onde se efetua a montagem, surge como outro tipo de desperdício, uma vez que se encontra a alguma distância do local de trabalho. Esta distância representada na Figura 18, deve-se à necessidade de abastecer a célula com o único código que não é produzido pelas máquinas de injeção, referido anteriormente, que requer mais espaço de bordo de linha e, conseqüentemente, um afastamento maior do tapete da zona de valor acrescentado.

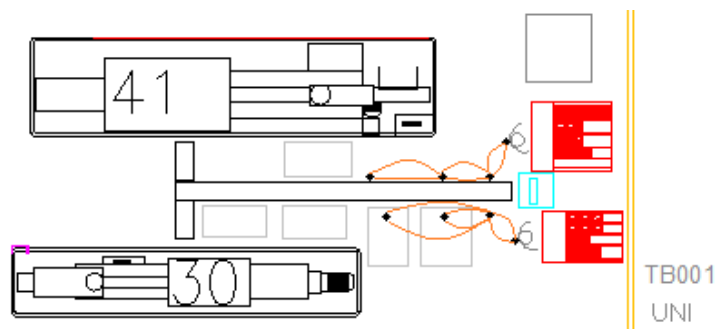


FIGURA 18: DIAGRAMA SPAGHETTI DAS MOVIMENTAÇÕES NA CÉLULA TB001

- Espera

O tempo dedicado a atividades de espera deve também ser diminuído ou eliminado sempre que possível uma vez que constitui uma operação que não acrescenta valor.

A diferença de tempo de ciclo das máquinas faz com que um tipo de peça alcance mais rapidamente o posto de trabalho do que o outro, forçando o operador a um tempo de espera pela peça que necessita para fazer a montagem. Quando a espera é longa, por vezes os operadores optam por retirar as peças de que necessitam das que se encontram nos contentores.

O balanceamento da linha gera também alguns tempos de espera. Em alguns códigos, a diferença do tempo de ciclo do primeiro posto relativamente ao posto de ensaio é significativa, o que origina um tempo de espera do operador pelo posto de ensaio. O mesmo se verifica do primeiro para o segundo posto, onde o tempo de espera é aplicado às peças que aguardam o seu processamento pelo posto 2 (WIP), como se pode observar na Figura 19.

Muitas vezes o tempo de espera do primeiro operador é utilizado para se dirigir ao tapete para efetuar montagens e retirar peças excedentes. Antes de se retirar do local de trabalho, o operador assegura a produção de algumas peças para que, quando o posto de ensaio se encontrar liberto, poder colocar uma peça em ensaio e retornar às operações no tapete.

Como enunciado na parte teórica, caso não seja possível a existência de uma peça entre os postos estes devem ter um número de peças igual ao número de postos a balancear. De acordo com esta indicação, neste caso deveriam estar três peças entre postos, porém verifica-se que existe aproximadamente o dobro dessa quantidade.



FIGURA 19: WIP ENTRE OS POSTOS DA CÉLULA TB001

4.5.3. Recolha e análise de dados

O objetivo das observações efetuadas foi elaborar um diagnóstico mais detalhado das causas e uma contabilização dos desperdícios, através do estudo das paragens para uma análise posterior de possíveis melhorias a implementar na tentativa de redução desses desperdícios.

A análise efetuada consistiu na observação das causas e tempos de paragem dos operadores, através do seu registo num documento de análise gráfica (*graphical analysis*) para estudos de tempos de ciclo longos, neste caso para uma hora de observações, ilustrado na Figura 20.

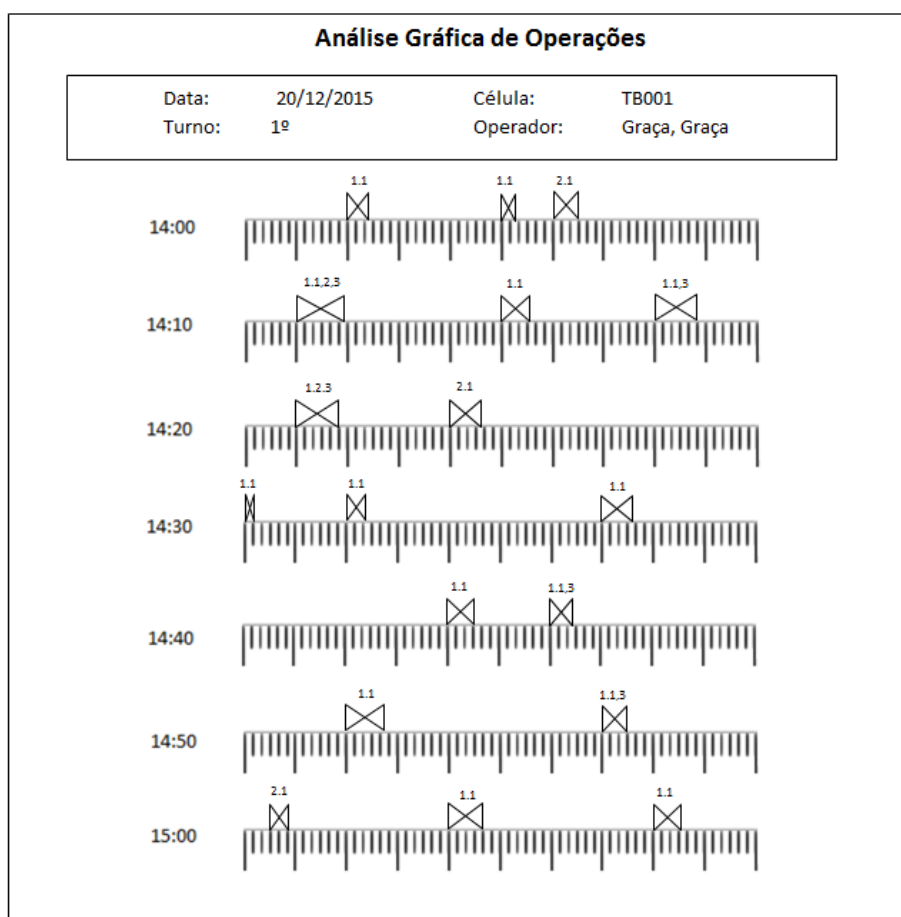


FIGURA 20: ANÁLISE GRÁFICA DE TEMPO DE ESTUDO (1 HORA)
(ADAPTADO DE: (MEYERS & STEWART, 2002))

O intervalo de tempo escolhido, neste caso de uma hora, deve-se a observações anteriores que revelaram um padrão de comportamento semelhante ao longo de toda a duração do horário de trabalho, não se revelando necessário um estudo mais detalhado.

O gráfico elaborado revela os tempos de paragem da linha para dedicação do operador a deslocações ao tapete e o seu tempo de permanência nesse local. Cada linha do gráfico representa um intervalo de 10 minutos, onde cada minuto se divide numa escala de 60 segundos. A sinalização "X" indica a duração da montagem das peças no tapete e, por sua vez, o tempo de paragem da linha. Os valores acima do símbolo indicam o código para a razão da paragem e permitem apurar, no fim do estudo, a frequência das paragens por operador, causa e tempo total. No final do estudo, o tempo de paragem pode ser convertido em perdas de produção, que indicam o possível retorno de implementação de ações de melhoria.

A observação mais detalhada do gráfico permite retirar conclusões acerca do tempo alocado a atividades sem valor acrescentado, como detalhado de seguida.

Tempo de paragem do posto 1:

$$25 + 18 + 55 + 30 + 50 + 25 + 10 + 20 + 35 + 30 + 25 + 45 + 30 + 40 + 30 = 468 \text{ seg}$$

Tempo de paragem do posto 2:

$$30 + 35 + 20 + 25 = 110 \text{ seg}$$

Durante uma hora, o primeiro e segundo posto perdem um total de 7,8 e 1,83 minutos respetivamente, em atividades sem valor acrescentado, o que perfaz em conjunto um valor de 9,63 minutos. A duração total de produção que corresponde a 60 minutos fica então reduzida a apenas 50,37 minutos de produção efetiva, ou de valor acrescentado. Se o resultado obtido for extrapolado para um turno com tempo disponível para produção de 445 minutos, um total de 71,4 minutos, aproximadamente, serão alocados a atividades sem valor acrescentado. Este resultado significa que, por dia, o turno apresenta 1h10min de atividades sem valor acrescentado, apenas em movimentações e montagens na área do tapete. Através do gráfico da Figura 21 pode-se observar que apenas 84% do tempo total é alocado a atividades com valor, enquanto 16% é alocado a atividades sem valor acrescentado (a percentagem de desperdício engloba apenas os tempos improdutivos como consequência das operações objeto desta análise).

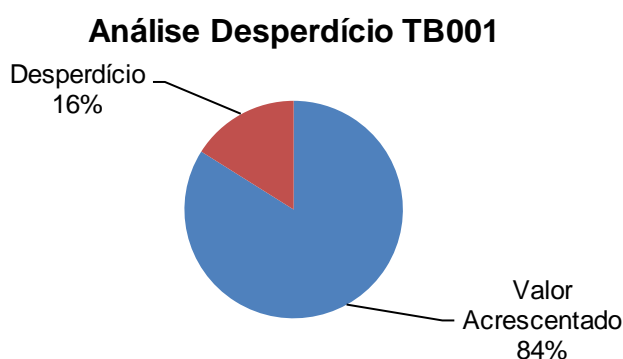


FIGURA 21: ANÁLISE DO DESPERDÍCIO NA CÉLULA TB001

4.5.4. Propostas de melhoria

Os desperdícios detetados anteriormente devem sofrer uma análise mais detalhada por forma a determinar formas concretas de resolução para que o tempo alocado a atividades sem valor acrescentado seja diminuído ou, idealmente, eliminado.

As propostas de melhoria consideradas iriam causar uma alteração significativa no processo e, como tal, revela-se necessária a elaboração de um estudo prévio para analisar os seus impactos.

Com esta perspetiva em mente, considerou-se que a ferramenta mais oportuna para testar cenários alternativos sem custos associados, seria a realização de um estudo de simulação, que permitiria apurar a qualidade das soluções alternativas propostas.

O *software* Arena surgiu como eleito para formulação do estudo de simulação e posterior análise do impacto das propostas. O sucesso de um estudo de simulação compreende a elaboração de um plano com diversas fases, as quais devem ser claras para o analista responsável pelo estudo.

O ponto inicial de um estudo de simulação compreende a definição e formulação do problema a ser estudado. A fase de definição do conteúdo do estudo constitui uma etapa crucial para o início da análise, uma vez que permite identificar os objetivos do estudo e a área que necessita de uma intervenção mais urgente para que, no final do estudo, se possa verificar se os objetivos foram atingidos (Kelton, Sadowski, & Sturrock, 2007). O estudo de simulação apenas irá incidir sobre o código com maior frequência de produção na célula, com uma sequência de montagem simples e sem embalagem de produto acabado.

Completada a primeira fase, importa definir as fronteiras do sistema e os componentes a modelar. As fronteiras do sistema são ditadas pelo objetivo do estudo e podem ser alteradas ao longo do processo uma vez que não são estáticas (Kelton et al., 2007). Neste caso, a modelação do sistema apenas compreende a chegada, processamento e saída de peças do posto de trabalho, incluindo todas as operações necessárias para a montagem do produto final. Uma vez definidas as fronteiras do sistema, as medidas de desempenho devem ser determinadas, para avaliar, na fase de validação, se o modelo espelha de forma correta a realidade do processo. As medidas de desempenho devem ser definidas de acordo com a sua adequação ao sistema em causa. Neste caso importa salientar as unidades produzidas, o tempo de ciclo, as peças não conformes geradas pelo processo, comprimento e velocidade dos tapetes, número de peças em espera antes do dispositivo de teste, antes do posto 2 e número de peças em *stock* nas caixas.

A formulação do modelo inicia-se através da observação detalhada do processo e posterior elaboração de uma lista de requisitos do sistema para obter uma ideia geral do nível de detalhe do sistema a ser modelado. O nível de detalhe do modelo não carece de uma formalização dos requisitos, atingindo-se o mesmo objetivo através da esquematização do processo em forma de um fluxograma, apresentado na Figura 22.

A fase seguinte de recolha de dados é decisiva para um desempenho adequado do modelo, visto que uma recolha incorreta dos dados pode conduzir a conclusões incorretas. Neste caso, os dados necessários à elaboração do modelo incluem os tempos de ciclo das máquinas de injeção, tempos de ciclo dos postos, velocidade e dimensões

dos tapetes, horário dos operadores, tempo determinado como falha (tempo de montagem de peças no tapete) e quantidade média de peças não conformes. Os tempos de ciclo das máquinas de injeção, horários dos trabalhadores e número de peças não conforme foram retirados do sistema informático. Os tempos de ciclo dos postos e tempos determinados como falha, foram recolhidos através de um processo semelhante ao enunciado no ponto anterior referente ao estudo da célula TB006, e não serão objeto de estudo neste ponto. A dimensão dos tapetes foi medida e a sua velocidade determinada através da distância percorrida pelas peças por unidade de tempo.

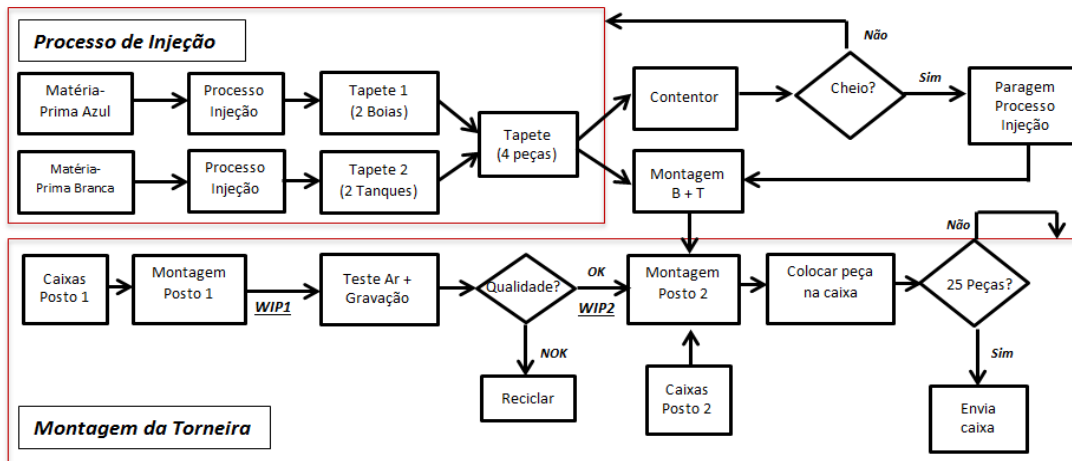


FIGURA 22: FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA CÉLULA TB001

A formulação do sistema torna-se mais importante à medida que a complexidade do sistema aumenta e, segundo (Kelton et al., 2007), a construção deve ser efetuada em diferentes fases e validada sempre que uma fase é completada, de forma iterativa. Uma vez que o modelo é bastante extenso, apenas se retrata na Figura 23 uma parte do sistema, que corresponde ao processo de montagem que ocorre no posto 2.

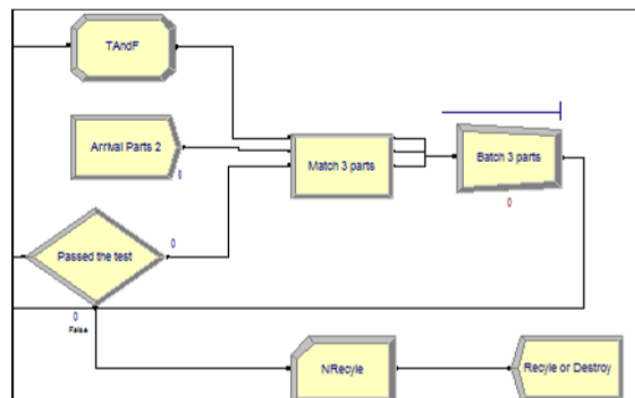


FIGURA 23: SIMULAÇÃO PROCESSO DE MONTAGEM DO POSTO 2 – CÉLULA TB001

As fases mais importantes de conceção do modelo encontram-se concluídas e o próximo passo será a verificação e validação do modelo (Kelton et al., 2007). A verificação é a confirmação de que o modelo se comporta como pretendido e inclui todas as especificações inicialmente definidas, como demonstrado no modelo de animação apresentado na Figura 24.

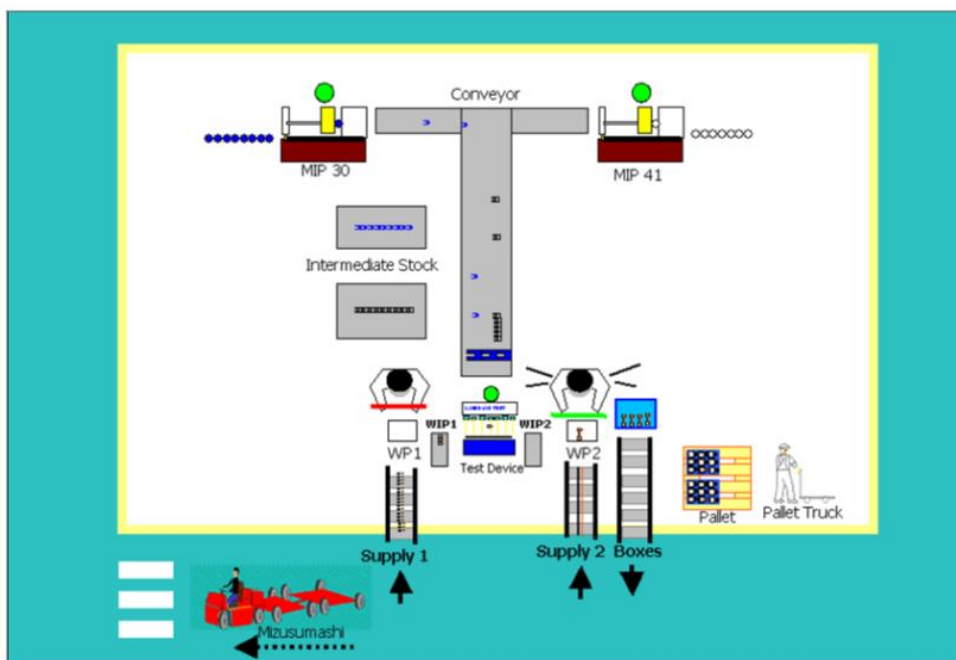


FIGURA 24: MODELO DE ANIMAÇÃO DA SIMULAÇÃO DA CÉLULA TB001

Terminada a verificação do modelo, segue-se a validação que garante que o comportamento do modelo é uma reflexão satisfatória da realidade, através da comparação dos resultados do modelo com os parâmetros reais (Kelton et al., 2007). A fase de validação é demonstrada na Tabela 5, onde os valores do sistema real são comparados com os valores do modelo para identificar se este se ajusta à realidade.

TABELA 5: COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA REAL E O MODELO DE SIMULAÇÃO

Medidas de Desempenho	Sistema Real	Modelo Principal
Output	52 caixas/h 1261 peças/h	52,15 ± 0,38 caixas 1311 ± 8,88 peças/h
Tempo de Ciclo	8,6 min	9,47 ± 0,07 min
Peças Não Conformes	5 peças	4,60 ± 0,89 peças
Distância do Tapete	6,90 m	7 m
Velocidade do Tapete	0,056 m/s	0,2 m/s
Nº peças fila de espera posto ensaio	2 peças	0,93 ± 0,02 peças
Nº peças em fila de espera posto 2	6 peças	117,28 ± 4,75 peças
Nº peças em stock peças A	120 peças	141,12 ± 1,41 peças
Nº peças em stock peças B	100 peças	133,99 ± 1,60 peças

Analisando os valores é possível observar que são bastante semelhantes à exceção do número de peças em espera no posto 2. A diferença de valores deve-se ao facto de, na realidade o operador 1 apenas produzir peças quando foram utilizadas pelo operador 2, utilizando esses tempos de espera para se dirigir ao tapete. No modelo, não foi possível espelhar este comportamento uma vez que se trata de um comportamento condicional.

Neste caso, este valor não será considerado como um valor de medição de desempenho do modelo, apenas para comparação entre modelos.

O modelo encontra-se validado e, como tal, pode-se dar início à construção de modelos alternativos. Nesta fase, pretende-se a idealização de possibilidades de melhoria e posterior conceção de cenários alternativos ao modelo principal, para posteriormente se comparar a eficácia das diferentes alternativas.

Os modelos alternativos considerados são bastante simples uma vez que o *layout* atual será mantido, devido ao nível de inflexibilidade atual da linha e às dimensões das máquinas que não permitem uma aproximação do posto, de forma a reduzir a distância do tapete ao bordo de linha.

O primeiro modelo alternativo consiste na alocação de um terceiro operador para auxiliar nas operações de montagem do tapete, como forma de libertar os operadores atuais dessa mesma função, numa tentativa de balancear as operações da linha.

A segunda alternativa reflete uma realidade diferente. Apesar de serem mantidos os dois recursos atuais, a tentativa de reduzir o nível de *stock* produzido é alcançada através do nivelamento dos ciclos de produção das duas máquinas, diminuição da velocidade do tapete, permitindo a criação de um *buffer* e alocação do tempo completo de montagem no tapete apenas para o primeiro operador, libertando o posto 2 dessa função.

A animação das duas opções encontra-se na Figura 25, à esquerda o modelo 1 (com o terceiro operador) e à direita o modelo 2 (com redução de *stock*).

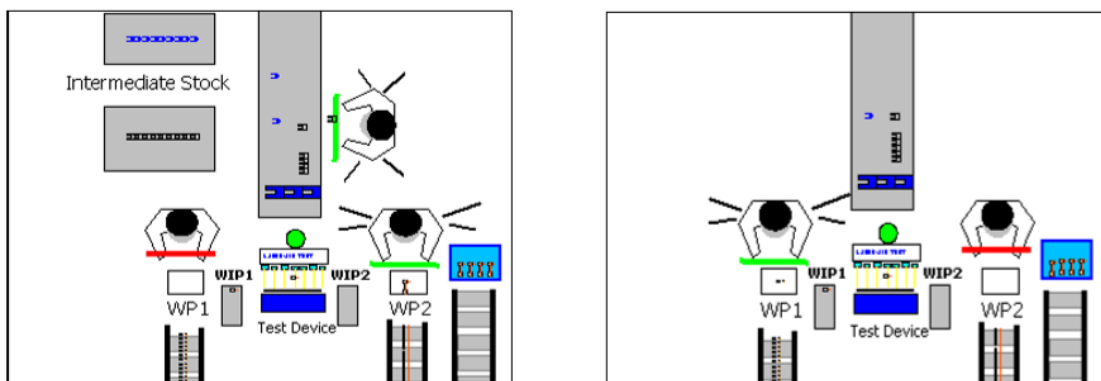


FIGURA 25: ANIMAÇÃO DO MODELO 1 (ESQ.) E MODELO 2 (DIR.)

4.5.5. Discussão de Resultados

A construção de modelos alternativos permite, através das replicações do modelo (1 turno de 8 horas com 20 replicações), obter resultados para os vários cenários e sua posterior comparação. Os resultados obtidos (para níveis de confiança de 95%) para cada modelo encontram-se apresentados na Tabela 6, onde as medidas de desempenho estabelecidas no início serão comparadas para os diferentes modelos.

TABELA 6: COMPARAÇÃO DE MEDIDAS DE DESEMPENHO ENTRE OS TRÊS MODELOS

Medidas de Desempenho	Modelo Principal	Modelo 1	Modelo 2
Output	52,15 ± 0,38 caixas	56,40 ± 0,24 caixas	60,00 ± 0,00 caixas
Posto 1	1964,75 ± 8,68 peças	2784,75 ± 2,86 peças	1879,45 ± 5,64 peças
Posto 2	1311,55 ± 8,88 peças	1418,20 ± 6,72 peças	1524,00 ± 0,00 peças
Posto de Ensaio	1962,85 ± 8,54 peças	2627,00 ± 0,00 peças	1878,00 ± 5,54 peças
Tempo de Ciclo	9,47 ± 0,07 min	8,77 ± 0,04 min	8,13 ± 0,00 min
Distância do Tapete	7 m	7 m	7 m
Velocidade do Tapete	0,2 m/s	0,2 m/s	0,1 m/s
Nº em fila de espera posto de ensaio	0,93 ± 0,02 peças	92,87 ± 1,77 peças	0,67 ± 0,01 peças
Nº em fila de espera posto 2	117,28 ± 4,75 peças	80,25 ± 1,77 peças	14,57 ± 0,08 peças
Nº peças em stock peças A	141,12 ± 1,41 peças	139,61 ± 1,45 peças	-
Nº peças em stock peças B	133,99 ± 1,60 peças	133,38 ± 2,06 peças	-

Iniciando a análise pelo número de unidades produzidas, facilmente se identifica o posto 2 como o recurso gargalo, uma vez que passam 1963 peças (aproximadamente) pelo posto de ensaio e apenas 1312 são processadas pelo posto 2. Este fenómeno indica que o posto 2 indicará o ritmo do processo e devem ser tomadas medidas para aumentar a capacidade do operador.

A comparação do modelo inicial com o modelo alternativo 1 permite detetar um aumento de 1000 peças produzidas no posto 1. No entanto, como o posto 2 dita o ritmo do processo, este incremento apenas se traduz num aumento de 4 caixas no fim do turno. O número de peças em espera antes do posto de ensaio aumenta para 92,87 uma vez que o primeiro operador apenas se focaliza na montagem de peças.

O modelo 2, em contraste, quando comparado com o modelo 1, revela-se como uma opção mais satisfatória. Com apenas 2 operadores, a produção é mais elevada do que nos dois modelos anteriores, diminuindo notoriamente o tempo de ciclo. A velocidade do tapete foi diminuída de forma a acompanhar o ritmo dos operadores, eliminando o *stock* que existia no modelo principal. Desta forma, sem excesso de produção, os operadores focam-se maioritariamente no processo de montagem, diminuindo drasticamente o *stock* entre os postos, aproximando a célula de uma filosofia *one-piece flow*.

A taxa de utilização dos recursos e os seus estados devem ser igualmente alvo de análise através da verificação dos valores que se encontram na Tabela 7. Entre o modelo principal e o modelo 1, pode-se afirmar que no modelo 1 os recursos apresentam uma taxa de utilização superior, embora o operador 3 apresente uma taxa de utilização muito baixa, que provavelmente não justifica a sua alocação a este processo. Por outro lado, no modelo 2, o operador 1 tem uma taxa de utilização mais baixa do que no modelo principal, uma vez que efetua as deslocações e montagens das peças no tapete de forma autónoma. No entanto, o operador 2 que representa o recurso gargalo, por se focar apenas na produção, apresenta uma taxa de utilização maior, o que permite um aumento nas peças produzidas.

TABELA 7: COMPARAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS ENTRE OS TRÊS MODELOS

Utilização Instantânea	Modelo Principal	Modelo 1	Modelo 2
Operador 1	61,57 ± 0,00%	87,30 ± 0,00%	58,92 ± 0,00%
Operador 2	63,80 ± 0,00%	68,98 ± 0,00%	74,12 ± 0,00%
Operador 3	-	12,44 ± 0,00%	-
Posto de ensaio	72,50 ± 0,00%	97,03 ± 0,00%	69,36 ± 0,00%

Através da observação do módulo das frequências, é possível uma análise mais detalhada do estado dos recursos, através dos valores da Tabela 8. Neste caso, no modelo principal, o primeiro operador utiliza 30% do seu tempo para operações no tapete, em comparação com 35% no modelo 2. Em contraste, o segundo operador diminui drasticamente a sua percentagem de estados de falha (15%) e aumenta a sua taxa de ocupação (10%). Uma vez que os ciclos da máquina se encontram alinhados, o tempo de inatividade do operador 1 também diminui uma vez que o tempo de espera pelas peças também sofre uma diminuição significativa. Para o terceiro operador importa salientar que 63% do seu tempo é dedicado apenas a esperas, não se revelando, por este fator, uma decisão vantajosa.

TABELA 8: COMPARAÇÃO DOS ESTADOS DOS RECURSOS ENTRE OS TRÊS MODELOS

Frequência	Estado	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Posto Ensaio
Modelo Principal	Ocupado	61,78%	63,52%	-	72,60%
	Falha	29,20%	17,80%	-	-
	Espera	-	8,22%	-	27,40%
	Inativo	9,01%	10,46%	-	-
Modelo 1	Ocupado	87,28%	69,43%	12,37%	97,02%
	Falha	-	2,82%	13,41%	-
	Espera	-	15,08%	63,30%	2,98%
	Inativo	12,72%	12,67%	10,93%	-
Modelo 2	Ocupado	58,61%	74,23%	-	69,23%
	Falha	32,59%	2,87%	-	-
	Espera	-	10,28%	-	30,77%
	Inativo	8,80%	12,63%	-	-

4.5.6. Implementação

A análise dos dois modelos propostos permite concluir que o modelo 1 apresenta custos mais elevados e é menos vantajoso do que o modelo 2, uma vez que existe a necessidade de alocar um operador numa tarefa com muito tempo de inatividade e com um valor reduzido de unidades produzidas.

Durante o processo de formação de uma linha adjacente a esta célula, um terceiro recurso auxiliou o processo de montagem de peças do tapete, o que permitiu observar os resultados da implementação do primeiro modelo proposto. Como previsto, verificou-se um tempo de atividade muito reduzido e elevados períodos de espera, sem eliminação dos desperdícios e da produção excessiva, revelando poucas vantagens adjacentes à implementação do modelo.

Em alternativa, o segundo modelo proposto apresenta um custo mais reduzido e mais vantagens, uma vez que todas as formas de desperdício são reduzidas ou eliminadas. Para a implementação desta alternativa o estado de funcionamento do tapete foi alterado de automático (onde o tapete se encontra em constante movimento) para intermitente (onde o tapete apenas se move de acordo com um temporizador).

Neste modo de funcionamento as peças chegam à célula de acordo com o ritmo definido pelo tapete, sendo que este se move durante 2 segundos, ficando parado durante 35 segundos. Desta forma, as peças ficam acumuladas no início do tapete (Figura 26 à direita) ao contrário do que acontecia anteriormente em que as peças se acumulavam apenas junto à célula, no fim do tapete, o que causava a deslocação dos operadores ao tapete para retirar o *stock* excessivo (Figura 26 à esquerda).



FIGURA 26: STOCK ACUMULADO NO INÍCIO (ESQ.) E NO FIM DO TAPETE (DIR.)

No entanto, o ritmo do tapete no modo intermitente torna-se demasiado lento, apenas funcionando neste caso devido à acumulação anterior de *stock* que se verifica devido às pausas.

A implementação da segunda alternativa desvenda outro problema, que constitui a possível origem de todos os desperdícios na célula. Na realidade, os desperdícios são gerados devido aos períodos de pausas dos operadores, em que as máquinas continuam a produzir, quando no seu retorno ao posto de trabalho, devido à velocidade do tapete (atuando como uma segunda causa) se torna uma tarefa impossível acompanhar o ritmo das máquinas. Na Figura 27 demonstra-se o procedimento de um período de pausa, em que todas as peças que se encontram no tapete são retiradas e após os dez minutos da

pausa, o tapete se encontra cheio de peças, impossibilitando o acompanhamento operador-máquina no restante período de produção.



FIGURA 27: INÍCIO (ESQ.) E FIM DO PERÍODO DE PAUSA (DIR.)

4.5.7. Conclusão do estudo

O estudo efetuado para a célula TB001, com ênfase num conceito mais geral do TFM enquadrado com os princípios fundamentais do TFM relativo à eliminação de desperdícios, permitiu concluir que a taxa de desperdício é bastante elevada, quando comparada com o tempo alocado às atividades de valor acrescentado. Os períodos de desperdício traduzem-se na perda de aproximadamente 1 hora por turno, o que poderia representar uma produção adicional de componentes.

Para analisar a situação atual e prever as alterações necessárias para reduzir os desperdícios encontrados, procedeu-se à construção de um modelo de simulação, que foi validado de acordo com os dados recolhidos.

As propostas de melhoria consistiam na colocação de um operador adicional para as montagens do tapete ou na diminuição da velocidade do tapete para diminuir o *stock* intermédio gerado.

A implementação da primeira proposta reforçou os resultados obtidos na simulação e revelou-se como inviável devido ao tempo de inatividade do recurso.

A segunda proposta, quando implementada, revelou outro problema relacionado com os períodos de pausa dos operadores, em que os equipamentos continuam em funcionamento, dificultando o acompanhamento posterior do processo produtivo pelos operadores.

Desta forma, as opções que devem ser avaliadas para melhoria do posto são:

- 1) Acompanhamento das paragens dos operadores pelas máquinas: estas devem ser colocadas num estado de *stand-by* durante as pausas para evitar a formação de *stock* excessivo e, por sua vez, o aumento da velocidade do tapete para acompanhar em tempo real a produção dos operadores
- 2) Caso não seja viável a paragem das máquinas: a eliminação dos períodos de paragem através da produção em contínuo e, igualmente à opção anterior, aumentar a velocidade do tapete para acompanhar a produção

3) Se nenhuma das opções anteriores for viável, deve-se atuar na segunda causa do problema e avaliar a diminuição da velocidade dos tapetes, como demonstrado no modo intermitente, para evitar a formação de *stock* apenas no fim do tapete e constituir uma forma de *buffer* para acompanhar a produção, o que não iria eliminar os desperdícios, apenas iria atuar na sua diminuição.

As medidas propostas não foram implementadas devido à falta de disponibilidade de liberação de recursos, que serão no entanto consideradas para desenvolvimento futuro.

Neste caso, o objetivo proposto inicialmente não foi atingido na sua totalidade, uma vez que a implementação de ações de melhoria não foi possível.

4.6. Célula TB005 – Melhoria do Bordo de Linha

4.6.1. Descrição do Posto e Procedimento

A célula TB005, como explicado anteriormente, surge como uma alternativa à produção de modelos de elevada quantidade das células TB004 e TB006 (CPT e ECO, respetivamente), para além da produção do seu modelo exclusivo (TC101).

A produção de diferentes modelos e, conseqüentemente, de inúmeros códigos eleva o grau de complexidade da linha, devido a variações de peças, medidas, cores e sequências de montagem. Para cada modelo é ainda necessário um dispositivo diferente e também uma disposição diferente do bordo de linha, pelo que é essencial garantir uma troca rápida dos dispositivos e ferramentas de forma a rentabilizar o tempo disponível para produção.

O fluxo de trabalho na célula é também variável: o modelo ECO necessita apenas de um operador, o modelo CPT necessita de dois e opera segundo um fluxo da direita para a esquerda, enquanto para a TC101 o fluxo é oposto, da esquerda para a direita.

Neste caso, como forma de complemento ao ponto anterior acerca da célula TB006, pretende-se explorar a interação entre o departamento de engenharia e de logística, bem como todo o processo de reformulação de um bordo de linha.

O estudo da reformulação do bordo de linha irá incidir sobre o primeiro posto de trabalho, uma vez que foi identificado como sendo o posto com mais necessidades de melhoria.

A observação mais pormenorizada do processo permitiu concluir que se trata de um posto gargalo, uma vez que existem várias peças em WIP entre os postos, sendo o ritmo da célula determinado pelo primeiro posto.

4.6.2. Estado inicial

O objetivo proposto para o primeiro posto seria, através da sua análise e reformulação, aumentar a cadência de produção para, por sua vez, aumentar a capacidade da célula.

Como abordagem inicial, a observação aprofundada das operações do posto permitiu num estado inicial, apurar eventuais dificuldades no processo e, posteriormente implementar melhorias para a sua eliminação ou redução.

Relativamente às operações exteriores ao bordo de linha, um dos primeiros problemas detetados relaciona-se com a problemática das operações de abastecimento. A complexidade do abastecimento da célula por parte do *mizusumashi* é relativamente elevada, uma vez que não existe um supermercado definido para as peças utilizadas. A falta de espaço para alocação de um novo modelo, leva a que as peças necessárias à produção se encontrem em posições variáveis, sem identificação, o que origina perdas de tempo por parte do transportador na sua procura.

Por outro lado, a falta de dedicação de espaço para este modelo, implica o abastecimento do supermercado apenas quando a torneira é produzida, sendo que, quando a produção termina, todo o material é devolvido ao armazém de novo. Contrariamente ao funcionamento do habitual supermercado, neste caso as peças apenas são abastecidas quando surge necessidade, causando muitas vezes atraso no abastecimento e ruturas de material na linha.

O abastecimento é efetuado à célula através da leitura pelo transportador da localização pretendida nos *kanbans*. A incorreta definição do local a colocar as peças ou o abastecimento incorreto das peças obriga a uma comunicação constante entre o operador da linha e o *mizusumashi* conduzindo a ineficiências no processo. A constante variação da disposição dos componentes no bordo de linha causa uma variação também na sequência de movimentos do operador, contribuindo para uma falta de normalização do processo, que pode resultar numa cadência menor e mais variável.

Um exemplo do problema referido anteriormente encontra-se na Figura 28 à direita, onde se pode verificar o posicionamento das caixas em corrediças erradas (com maior ou menor dimensão relativamente ao tamanho da corrediça).

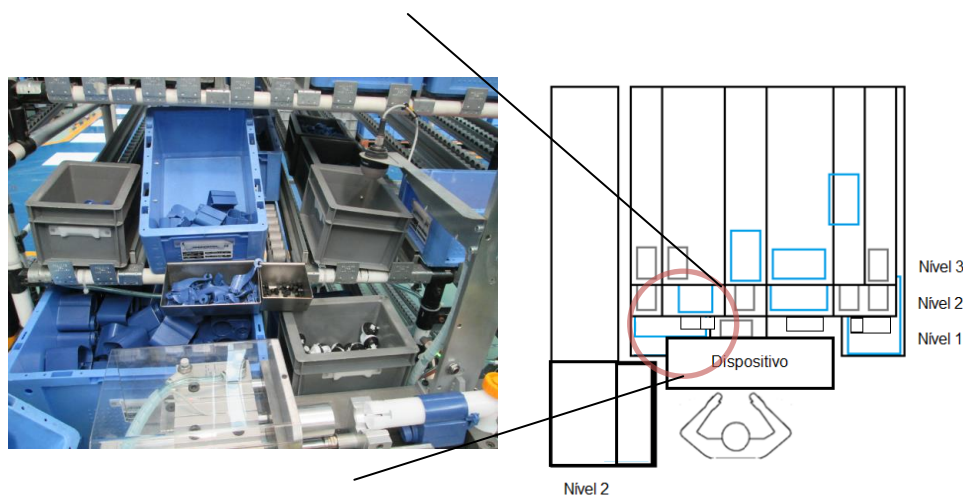


FIGURA 28: ESTADO INICIAL DO POSTO 1 DA CÉLULA TB005

Observando a Figura 28 do lado esquerdo, pode-se verificar que devido à necessidade de utilização de um dispositivo de grande dimensão, o operador encontra-se afastado da zona de valor acrescentado da célula, o que conduz a um esforço acrescido durante o processo de montagem.

A aproximação do dispositivo à célula torna difícil o alcance de certos componentes, como é o exemplo da caixa que se encontra no nível 1 à esquerda, pois existe apenas uma área restrita de alcance das peças. Outro exemplo é a caixa cinzenta que se encontra no nível 1, ao centro, e que se encontra apoiada por outra caixa na sua base, para que o operador consiga obter as peças.

Os três níveis sucessivamente afastados do operador dificultam o alcance das peças que se encontram mais distantes e, devido a essa situação, algumas das peças já se encontram em gavetas (como no exemplo da Figura 28), numa tentativa de as aproximar do local de operação. Devido ao sensor utilizado para um determinado componente, a tarefa de aproximar o dispositivo das peças do nível mais superior torna-se difícil, uma vez que a posição do sensor deve ser respeitada.

Por outro lado, o dispositivo que auxilia a montagem da torneira apresenta problemas de operação que dificultam a montagem e obrigam a um retrabalho por parte do operador, aumentando o tempo de ciclo da peça.

O primeiro passo para reformulação de um bordo de linha passa pela análise dos movimentos e do esforço do operador para se determinar um método mais simples, seguro, eficiente e menos fatigante de produção.

Em primeiro lugar, de forma análoga ao posto analisado anteriormente (TB006), deve-se desenhar o diagrama do processo, como apresentado no Anexo 4, para analisar as precedências das operações de montagem realizadas.

De seguida, compreendido o processo de montagem, recolheram-se 10 observações para cada UET, através do registo de vídeos, por forma a determinar o tempo normal de operação, como demonstrado na folha de estudo de tempos da Figura 29. O tempo por peça são 75 segundos através das observações recolhidas, enquanto o tempo normal são 66,69 segundos, ou seja, o operador realiza a montagem de forma mais lenta do que o normal, devido provavelmente à sua inexperiência (experiência de 1 semana como indicado na folha de estudo de tempos).

Os *outliers* presentes nas observações são retirados, de acordo com a sua classificação, uma vez que iriam afetar os dados.

Pode-se verificar nas UETs identificadas, que a UET número 11 se refere a ajustes na peça, devido ao incorreto funcionamento do dispositivo, que provoca uma necessidade de retrabalho da torneira, como indicado anteriormente.

O número de observações recolhidas, como apresentado na tabela da direita na Figura 29, para um nível de precisão de 0,1 e nível de confiança de 90%, revela que estas são insuficientes apenas para as UETs 5 e 11. As restantes observações em falta não foram recolhidas devido ao tempo insuficiente para terminar o estudo, utilizando-se apenas as observações iniciais para os cálculos efetuados.

Folha de Estudo de Tempos

Secção:	Torneiras	Operador:	Adelaide	Data:	7/10/2015
Linha:	TB005	Experiência:	1 semana	Cronometrista:	Sara Almeida
Código:	096478	Descrição da Operação:	Montagem da Torneira TC101	Método de Estudo:	Contínuo
Descrição:	Torneira TC101				

# UET	Descrição UET		Observações (seg)										n	\bar{x}	%R	FREQ	TN	# UET	Desvio Padrão	n						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
1	Montar filtro e o-ring (P1)	t	6	6	7	6	7	6	6	6	7	7	10	6,40	95%	1,00	6,08	1	0,516	2,074						
		r	6	91	168	247	317	403	479	548	618	688														
2	Montar filtro e tubo (M1)	t	5	4	5	5	4	3	4	5	4	4	10	4,30	100%	1,00	4,30	2	0,675	6,005						
		r	11	95	173	252	321	406	483	553	622	692														
3	Colocar membrana e bloqueador no dispositivo (P2)	t	5	5	6	7	6	5	6	5	5	5	10	5,50	100%	1,00	5,50	3	0,707	3,845						
		r	16	100	179	259	327	411	489	558	627	697														
4	Montar tanque, válvula (P3) e bóia (P4)	t	5	7	9	5	9	5	6	5	6	5	8	5,50	95%	1,00	5,23	4	0,756	4,111						
		r	21	107	188	264	336	416	495	563	633	702														
5	Montar tanque e tubo (M2)	t	4	4	5	2	2	2	3	2	4	2	9	2,78	80%	1,00	2,22	5	0,972	20,719						
		r	25	111	193	266	338	418	498	565	637	704														
6	Montar tubo e membrana (M3)	t	5	3	3	4	14	5	3	4	4	3	9	3,78	90%	1,00	3,40	6	0,833	9,605						
		r	30	114	196	270	352	423	501	569	641	707														
7	Montar tapo e o-ring (P5)	t	9	9	8	5	5	3	5	5	4	5	10	5,80	90%	1,00	5,22	7	2,098	10,257						
		r	39	123	204	275	357	426	506	574	645	712														
8	Colocar tapo e porca no dispositivo (P6)	t	6	7	5	8	5	5	5	5	6	6	10	5,80	90%	1,00	5,22	8	1,033	5,050						
		r	45	130	209	283	362	431	511	579	651	718														
9	Ativação do bi-manual e montagem torneira (M4)	t	10	8	7	6	6	7	6	7	6	7	10	7,00	90%	1,00	6,30	9	1,247	4,187						
		r	55	138	216	289	368	438	517	586	657	725														
10	Fixação da porca (M5)	t	4	5	5	2	4	5	5	5	4	5	10	4,40	100%	1,00	4,40	10	0,966	8,209						
		r	59	143	221	291	372	443	522	591	661	730														
11	Ajustes na peça*	t	2	2	4	2	3	3	4	4	3	4	10	3,10	100%	1,00	3,10	11	0,876	14,988						
		r	61	145	225	293	375	446	526	595	664	734														
12	Montagem da alavanca e tappini (P7)	t	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	10	4,30	100%	1,00	4,30	12	1,093	7,876						
		r	66	150	229	297	379	450	530	599	669	738														
13	Montagem da alavanca e tubo (M6)	t	4	4	5	6	10	7	5	4	4	4	9	4,78	90%	1,00	4,30	13	0,518	4,448						
		r	70	154	234	303	389	457	535	603	673	742														
14	Montagem do parafuso e tubo (M7)	t	8	4	4	4	5	7	4	5	5	4	8	4,38	95%	1,00	4,16	14	0,354	5,956						
		r	78	158	238	307	394	464	539	608	678	746														
15	Inspeção da torneira e colocação no tapete	t	7	3	3	3	3	9	3	3	3	4	8	3,13	95%	1,00	2,97	15								
		r	85	161	241	310	397	473	542	611	681	750														
															Tempo total	750										
															Tempo /peça	75										

* Problemas com ativação do bi-manual para retirar a peça

- Outlier #1 - Problema de montagem da válvula e tanque
- Outlier #2 - Problema de montagem da válvula e tanque
- Outlier #3 - Inspeção visual do tubo (qualidade)
- Outlier #4 - Problema no encaixe do dispositivo
- Outlier #5 - Verificação da qualidade da alavanca
- Outlier #6 - Posição incorreta do parafuso
- Outlier #7 - Posição incorreta do parafuso
- Outlier #8 - Necessidade de inspeção mais aprofundada
- Outlier #9 - Necessidade de inspeção mais aprofundada

FIGURA 29: FOLHA DE ESTUDO DE TEMPOS TC101 – MÉTODO INICIAL

Concluída a análise dos tempos de operação, para quantificar a duração de cada movimento, é importante clarificar os movimentos efetuados pelo operador. O mapeamento dos movimentos pode ser efetuado através de um diagrama mão esquerda/mão direita, no entanto, este gráfico não fornece informação acerca do esforço do operador em cada movimento, ou que parte do corpo se encontra a ser utilizada. Por esta razão opta-se por utilizar o gráfico *simultaneous motion chart* (SIMO), para se determinar a parte do corpo utilizada e o nível de esforço do movimento. O gráfico elaborado para o estado inicial do posto encontra-se apresentado no Anexo 5, onde os movimentos de cada mão se encontram representados através de uma escala dividida em cinco valores que permita quantificar o nível de esforço de acordo com a parte do corpo usada (1 – Dedo; 2 – Pulso; 3 – Antebraço; 4 – Braço; 5 – Ombro).

Os tipos de operação encontram-se agrupados, uma vez que um detalhe superior ao utilizado iria dificultar a cronometragem dos movimentos. Para a representação dos movimentos recorre-se a *therbligs*, 17 símbolos diferentes de representação de movimentos das mãos, criados por Gilbreth como parte da análise de movimentos (Singh, 2016).

A observação do gráfico revela alguns aspetos importantes relativamente aos movimentos do operador, resumidos na Tabela 9. A taxa de ocupação de mão esquerda é de 91% enquanto a ocupação da mão direita é de 88%, valores que deveriam ser invertidos, uma vez que usualmente a mão mais utilizada para os movimentos é a direita.

A operação de *hold* (H) é visivelmente mais preponderante na mão esquerda, enquanto a operação *transport empty, grasp, transport loaded* (TE, G, TL) é mais predominante na mão direita, confirmando o facto de que a mão esquerda é usualmente utilizada como suporte e a mão direita como de alcance dos componentes. A operação *use* (U) encontra-se equilibrada uma vez que se trata de um dispositivo com ativação bi-manual, com necessidade de ambas as mãos.

TABELA 9: ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DO MÉTODO DE TRABALHO INICIAL DA CÉLULA TB005

Método Inicial		
Operação	Mão Esquerda	Mão Direita
A	29%	32%
H	26%	6%
TE,G,TL	15%	32%
P,RL	9%	6%
U	3%	3%
TL,RL	0%	3%
I	3%	3%
P,A,RL	3%	3%
PP,RL	3%	0%
OCUPADA	91%	88%
LIVRE	9%	12%
Total	100%	100%

O equilíbrio entre o esforço das duas mãos constitui outro ponto essencial de análise, que se encontra refletido na Tabela 10. A mão direita possui as atividades de maior esforço do nível 4 ao 5, enquanto a mão esquerda apresenta atividades de menor esforço, do nível 3 e 1. Embora este princípio esteja correto, uma vez que as atividades de maior

esforço normalmente são efetuadas com a mão direita, o objetivo seria equilibrar o esforço entre as duas mãos, para que o trabalho não se torne demasiado cansativo para a mão direita.

TABELA 10: ANÁLISE DO ESFORÇO DO MÉTODO DE TRABALHO INICIAL DA CÉLULA TB005

Método Inicial		
Esforço	Mão Esquerda	Mão Direita
5	0,0%	5,9%
4	2,9%	17,6%
3	32,4%	23,5%
2	8,8%	14,7%
1	47,1%	23,5%
0	8,8%	14,7%

Analisado o estado atual da linha, deve-se proceder à correção dos problemas encontrados e à implementação de medidas que permitam melhores condições de montagem para o operador.

4.6.3. Estado futuro

A reformulação de um bordo de linha requer um planeamento prévio e uma análise do impacto das alterações previstas.

A duplicação do posto em estudo num posto livre existente permite não só recriar a situação atual sem destabilizar o processo de produção, como permite ainda testar vários cenários alternativos para a configuração do bordo de linha e, conseqüentemente, para a sequência de montagem.

A replicação do bordo de linha inicial permite avaliar os problemas atuais e, através da mudança da disposição das caixas, considerando os princípios da economia dos movimentos, desenhar um método mais eficiente em conjunto com o operador, podendo-se avaliar as diferenças entre a montagem inicial e a futura.

Quando o novo método se encontra validado, efetua-se uma análise mais formal, idêntica à realizada para o estado inicial, através de uma análise SIMO apresentada apenas na fase de implementação com os tempos respetivos de cada operação, para se avaliar se o método será eficaz na redução e equilíbrio do esforço.

A análise e reestruturação do bordo de linha centram-se em torno do modelo TC101, uma vez que é um modelo exclusivo da célula. Após a definição inicial para este modelo, os outros códigos produzidos são posteriormente ajustados ao novo bordo de linha.

Primeiro efetua-se uma recolha dos códigos mais produzidos (presente no Anexo 6) que permite verificar que, relativamente ao modelo CPT, a torneira SIDER é a mais produzida e, relativamente ao modelo ECO, a torneira ECO C/ PORCA apresenta as maiores quantidades (os valores são apenas aproximações relativamente às quantidades reais).

Em segundo lugar, efetua-se um levantamento da tipologia de caixas existentes para estudo da nova definição de contentorização de algumas das peças. Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 11.

TABELA 11: TIPOLOGIAS DE CAIXA EXISTENTES

Caixas	Largura (mm)	Altura (mm)	Profundidade (mm)
A	150	120	200
B	200	120	300
C	300	120	400
D	300	170	400
L	300	220	400
XL	400	220	600

Nesta fase, definem-se as novas caixas e posições para o modelo TC101 e as novas posições para cada um dos outros dois modelos, como apresentado no Anexo 7.

As novas posições e contentorizações são inseridas no sistema para dar início ao processo de implementação em conjunto com o departamento de logística.

Apresenta-se na Figura 30, o bordo de linha inicial da TC 101 e a disposição das caixas segundo as posições e respetivos níveis, bem como o bordo de linha planeado para a torneira TC101.

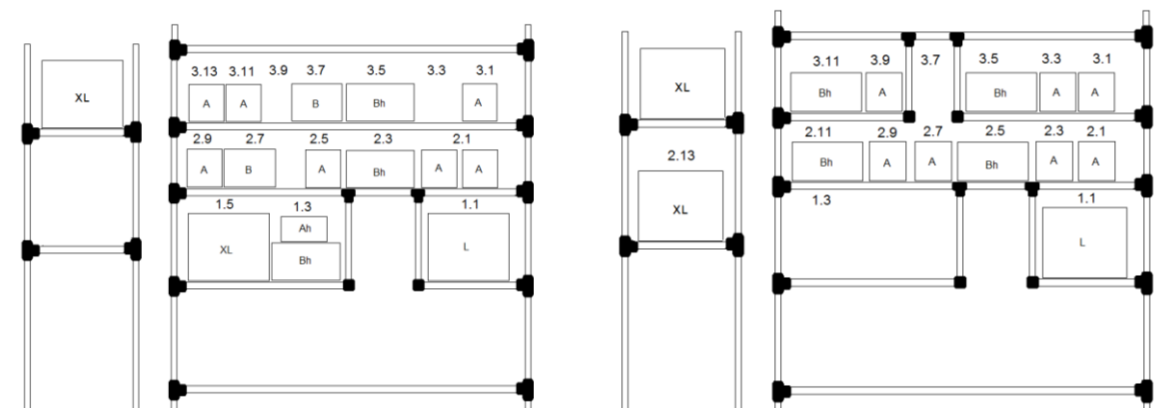


FIGURA 30: BORDO DE LINHA TC 101 – INICIAL (ESQ.) E PROPOSTO (DIR.)

Como se pode verificar, a posição 1.5. é eliminada, passando a caixa XL deste componente para a posição 2.13, que permite um alcance mais eficiente por parte do operador. A posição 1.3. é também eliminada e a caixa colocada na posição 2.3. No estado inicial, a posição 2.1. suporta duas caixas, sem localização definida para cada uma, sendo no estado futuro definida uma localização para cada caixa.

Uma vez que o dispositivo não pode ser aproximado da zona de valor acrescentado, como referido anteriormente, o nível 3 é aproximado da zona pretendida, razão pela qual se encontra com duas divisórias na posição 3.7., para permitir que o sensor esteja no interior do bordo de linha.

O estado inicial da linha possui também muitos espaços com fraco aproveitamento, lacuna que se pretende combater no estado futuro onde cada caixa tem um espaço definido de acordo com o seu tamanho.

No Anexo 8 apresenta-se o planeamento dos bordos de linha para os modelos CPT e ECO, segundo o novo bordo de linha criado para a TC101.

Concluída a fase do planeamento, segue-se a fase de implementação das mudanças projetadas para o bordo de linha.

4.6.4. Implementação

A conclusão da fase de inserção de informação no sistema informático permite dar início à fase de implementação que é realizada conjuntamente pelos departamentos de logística e de engenharia.

Em conjunto com a logística, é então definido um local em supermercado para colocação física dos materiais necessários ao processo de montagem para facilitar o processo de distribuição por parte do *mizusumashi*. Os componentes mais leves são colocados em supermercado, como se pode visualizar na Figura 31, enquanto os de maior peso e de maior dimensão são colocados em paletes e abastecidos de forma semelhante aos que se encontram no supermercado.



FIGURA 31: SUPERMERCADO DE COMPONENTES PARA A TORNEIRA TC101

A impressão de *kanbans* como no exemplo da Figura 32 constitui uma fase importante do processo pois permite um funcionamento eficaz do abastecimento e uma identificação correta das caixas de componentes com indicação do supermercado onde se encontra o componente, da posição em que se deve encontrar no bordo de linha, da caixa utilizada e do número de peças por caixa. Paralelamente a este processo, alteram-se as caixas iniciais para as novas caixas definidas em sistema.



FIGURA 32: EXEMPLO DE KANBAN TB005

Para que a informação entre os *kanbans* e as posições do bordo de linha se encontrem corretas, alteram-se as posições físicas do bordo de linha através da impressão de novas localizações ou eliminação das posições que não serão utilizadas, como demonstrado na Figura 33 do lado esquerdo. A posição 1.5. é eliminada, como descrito anteriormente, e adiciona-se a posição 2.13, em que as peças são abastecidas lateralmente ao posto, como no lado direito da Figura 33.



FIGURA 33: NOVAS POSIÇÕES (ESQ.) E ABASTECIMENTO LATERAL (DIR.) TB005

A aproximação dos componentes mais distantes da zona de valor acrescentado torna-se possível através da colocação de gavetas (Figura 34) dedicadas a um tipo de peça específica, com localização definida de acordo com a proximidade da caixa e com a sequência de montagem, tanto do lado esquerdo como do lado direito do dispositivo. Adiciona-se um dispositivo de auxílio à montagem dos *tappinis* e alavancas como demonstrado na Figura 34 do lado esquerdo e uma chave para auxiliar a tarefa de aperto e fixação da porca do lado direito na Figura 34, uma vez que a operação manual exige muito esforço por parte do operador.

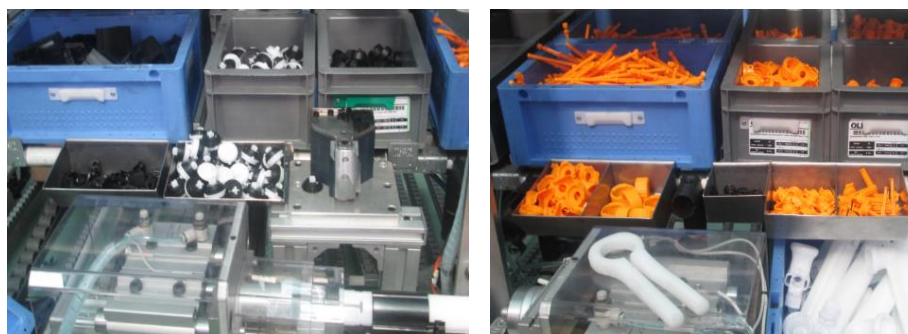


FIGURA 34: GAVETAS E DISPOSITIVOS DE MONTAGEM TB005

Relativamente à estrutura do bordo de linha, o nível 3 é aproximado da zona de valor acrescentado por impossibilidade de aproximação do dispositivo dos componentes, através da colocação de uma barra cortada no centro para permitir a passagem do sensor, como se pode visualizar do lado esquerdo a imagem anterior à implementação e do lado direito a imagem após implementação na Figura 35. Para as peças mais pequenas abastecidas no nível 3, foram colocados travões para que estas não deslizem com demasiada velocidade, permitindo que se mantenham no interior das caixas.

As diferenças antes (Figura 36) e após a implementação (Figura 37) são notórias, por um lado relativamente à organização do próprio posto de trabalho, por outro lado relativamente ao processo de montagem que se encontra normalizado.



FIGURA 35: SENSOR ANTES (ESQ.) E APÓS (DIR.) IMPLEMENTAÇÃO TB005



FIGURA 36: ESTADO INICIAL DO BORDO DE LINHA TB005



FIGURA 37: ESTADO FINAL DO BORDO DE LINHA TB005

4.6.5. Análise dos resultados

A implementação do método proposto permite por fim analisar os resultados obtidos e comparar com o estado inicial para se concluir acerca da eficácia da atividade de reformulação.

Para o novo método foram recolhidas 10 observações como anteriormente e determinado o tempo normal de operação (Figura 38). O cálculo do número de observações necessárias revela que apenas para as UETs 5, 6 e 12 seriam necessárias observações adicionais para garantir um nível de precisão de 0,1 e um nível de confiança de 90%, valores não recolhidos por falta de disponibilidade para recolher observações adicionais.

Através dos resultados obtidos para o tempo normal da operação de montagem, é possível verificar uma melhoria significativa no tempo de ciclo da célula:

- Método inicial: 66,69 segundos
- Método proposto: 55,61 segundos

Com a implementação das melhorias verifica-se um decréscimo no tempo de ciclo de 11,08 segundos, apoiado pela diminuição do tempo de execução de determinadas tarefas, como se pode verificar na Figura 38:

- UETs 1, 2, 5, 6, 7, 8 e do método proposto a UET 13 e 14: as diferenças entre o método inicial e proposto devem-se à experiência do operador uma vez que nenhuma alteração foi realizada;
- UET 3: alteração da localização dos componentes;
- UET 4: alteração da posição da caixa (abastecimento lateral);
- UET 9: aceleração da montagem do dispositivo; o recuo do dispositivo dividia-se em duas etapas com necessidade de acionamento contínuo por parte do operador, após alteração a primeira fase necessita de ativação bi-manual, enquanto a segunda fase permite a libertação das mãos para outras tarefas;
- UET 10: o tempo de fixação da porca mantém-se porque o movimento de rotação também se mantém, embora o esforço seja diminuído devido à utilização da chave;
- UET 11 (método inicial): eliminada no método proposto devido a estabilização do processo efetuado pelo dispositivo;
- UET 12 (método proposto): adicionado dispositivo de montagem entre alavanca e *tappini*.

Relativamente à análise SIMO efetuada no Anexo 9 pode-se verificar uma alteração de certas operações e conseqüente diminuição no esforço de algumas tarefas relativamente ao método inicial. O esforço de nível 5 apenas é considerado para operações de alcance com esforço em altura, em que se utiliza o ombro (por exemplo colocação da torneira no tapete ou alcance do tubo na disposição lateral). Todas as operações de alcance de componentes são consideradas de nível 3 ou 4 consoante a sua localização, uma vez que as operações de auto-abastecimento de componentes localizados no nível 3 do bordo de linha não se encontram contempladas nesta análise, que pertenceriam a um nível de esforço de 5.

Folha de Estudo de Tempos

Secção: Torneiras	Operador: Adelaide	Data: 22/03/2016
Linha: TB005	Experiência: 5 meses	Cronometrista: Sara Almeida
Código: 096478	Descrição da Operação: Montagem da Torneira TC101	Método de Estudo: Contínuo
Descrição: Torneira TC101		

# UET	Descrição UET	Observações (seg)										n	\bar{t}	%R	FREQ	TN	# UET	Desvio Padrão	n						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
1	Montar filtro e o-ring (P1)	t	5	6	6	6	9	6	5	6	6	6	9	5,78	100%	1,00	5,78	1	0,441	2,173					
		r	5	64	120	178	238	299	353	408	459	515													
2	Montar filtro e tubo (M1)	t	5	5	4	4	4	3	4	3	5	3	10	4,00	100%	1,00	4,00	2	0,816	8,395					
		r	10	69	124	182	242	302	357	411	464	518													
3	Colocar membrana e bloqueador no dispositivo (P2)	t	3	4	5	4	5	3	4	4	4	8	9	4,00	100%	1,00	4,00	3	0,707	7,270					
		r	13	73	129	186	247	305	361	415	468	526													
4	Montar tanque, válvula (P3) e bóia (P4)	t	5	5	5	5	6	6	6	5	5	6	10	5,40	100%	1,00	5,40	4	0,516	2,913					
		r	18	78	134	191	253	311	367	420	473	532													
5	Montar tanque e tubo (M2)	t	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	10	2,20	100%	1,00	2,20	5	0,422	14,330					
		r	21	80	136	193	255	314	369	422	475	534													
6	Montar tubo e membrana (M3)	t	4	2	4	2	3	2	2	2	2	4	10	2,70	100%	1,00	2,70	6	0,949	21,407					
		r	25	82	140	195	258	316	371	424	477	538													
7	Montar tapo e o-ring (P5)	t	4	5	5	4	6	4	6	4	6	4	10	4,80	100%	1,00	4,80	7	0,919	6,561					
		r	29	87	145	199	264	320	377	428	483	542													
8	Colocar tapo e porca no dispositivo (P6)	t	4	3	4	6	5	5	6	4	4	5	10	4,60	100%	1,00	4,60	8	0,966	7,510					
		r	33	90	149	205	269	325	383	432	487	547													
9	Ativação do bi-manual e montagem torneira (M4)	t	5	5	5	4	4	4	4	3	5	3	10	4,20	100%	1,00	4,20	9	0,789	7,356					
		r	38	95	154	209	273	329	387	435	492	550													
10	Aperto e fixação da porca com chave e ativação bi-manual (M5)*	t	4	6	5	5	5	7	3	4	4	3	9	4,33	100%	1,00	4,33	10	1,000	8,760					
		r	42	101	159	214	278	336	390	439	496	553													
11	Montagem da alavanca e tappini no dispositivo (P7)	t	5	4	3	3	4	3	3	4	3	3	10	3,50	100%	1,00	3,50	11	0,707	9,495					
		r	47	105	162	217	282	339	393	443	499	556													
12	Montagem da alavanca e tubo (M6)	t	5	3	3	4	4	3	3	3	2	4	10	3,40	100%	1,00	3,40	12	0,843	12,000					
		r	52	108	165	221	286	342	396	446	501	560													
13	Montagem do parafuso e tubo (M7)	t	4	4	4	5	4	3	4	4	5	3	10	4,00	100%	1,00	4,00	13	0,667	6,854					
		r	56	112	169	226	290	345	400	450	506	563													
14	Inspeção da torneira e colocação no tapete	t	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	10	2,70	100%	1,00	2,70	14	0,483	10,900					
		r	58	114	172	229	293	348	402	453	509	566													
															Tempo total	566									
															Tempo/peça	56,6									

* Para libertação da peça

- Outlier #1 - Fio de gito nas peças
- Outlier #2 - Problema de encaixe no dispositivo
- Outlier #3 - Problema com dispositivo

FIGURA 38: FOLHA DE ESTUDO DE TEMPOS TC101 – MÉTODO PROPOSTO

Na seguinte tabela resumo (Tabela 12), pretende-se comparar as operações do método inicial com as operações do método proposto. Podem-se verificar algumas alterações, descritas de seguida:

TABELA 12: RESUMO DAS OPERAÇÕES ENTRE O MÉTODO INICIAL E PROPOSTO TB005

Método Inicial			Método Proposto		
Operação	Mão Esquerda	Mão Direita	Operação	Mão Esquerda	Mão Direita
A	29%	32%	A	19%	22%
H	26%	6%	H	22%	8%
TE,G,TL	15%	32%	TE,G,TL	17%	28%
P,RL	9%	6%	P,RL	8%	8%
U	3%	3%	U	6%	8%
TL,RL	0%	3%	TL,RL	0%	3%
I	3%	3%	TL	0%	3%
P,A,RL	3%	3%	I	3%	3%
PP,RL	3%	0%	P,A,RL	3%	3%
OCUPADA	91%	88%	PP,RL	3%	0%
LIVRE	9%	12%	A,U	3%	3%
Total	100%	100%	OCUPADA	83%	89%
			LIVRE	17%	11%
			Total	100%	100%

- Diminuição da operação de *assemble* (A) devido ao aumento da operação *use* (U) que indica um aumento do uso de dispositivos.
- Melhor distribuição da operação *hold* (H) entre a mão esquerda e direita, embora a mão esquerda ainda seja predominante;
- Maior equilíbrio entre as duas mãos para a operação *transport empty, grasp, transport loaded* (TE, G, TL);
- Maior equilíbrio entre as duas mãos para a operação *position, release* (P, RL);
- As restantes operações mantêm-se inalteradas ou apresentam apenas pequenas variações;

Em termos gerais verifica-se um aumento da variedade do número de operações entre o método inicial e o método proposto devido em grande parte à alteração do processo de montagem de alguns componentes.

Por outro lado, verifica-se uma diminuição acentuada da taxa de ocupação de mão esquerda e um ligeiro aumento da taxa de ocupação de mão direita, o que revela que a mão direita continua a ser mais predominante no processo. Esta diminuição pode-se dever à diminuição da operação *hold* (H) da mão esquerda, que não sendo usada como um suporte às operações da mão direita, fica liberta para outras operações.

A segunda análise a efetuar trata-se da comparação entre o esforço do método inicial e o do método proposto para diferentes partes do corpo. Na Tabela 13 podem-se constatar as seguintes alterações:

- Esforço de nível 5: equilibrado no método proposto para ambas as mãos;
- Esforço de nível 4: diminuído para ambas as mãos (eliminado para a mão esquerda);
- Esforço de nível 3: equilibrado no método proposto para ambas as mãos;
- Esforço de nível 2: aumentado para a mão direita (devido ao uso de dispositivos);
- Esforço de nível 1: equilibrado no método proposto para ambas as mãos;
- Esforço de nível 0: aumento para a mão esquerda

TABELA 13: RESUMO DO ESFORÇO ENTRE O MÉTODO INICIAL E PROPOSTO TB005

Método Inicial			Método Proposto		
Esforço	Mão Esquerda	Mão Direita	Esforço	Mão Esquerda	Mão Direita
5	0,0%	5,9%	5	2,8%	2,8%
4	2,9%	17,6%	4	0,0%	8,3%
3	32,4%	23,5%	3	27,8%	27,8%
2	8,8%	14,7%	2	8,3%	16,7%
1	47,1%	26,5%	1	44,4%	33,3%
0	8,8%	11,8%	0	16,7%	11,1%

4.6.6. Conclusão do estudo

O estudo efetuado para a célula TB005, com ênfase no pilar de melhoria de bordos de linha, permitiu concluir qual o posto que constituía o recurso gargalo de todo o processo e quais seriam as ações de melhoria necessárias para eliminar os desperdícios inerentes ao processo.

A análise do estado inicial através da recolha de tempos e de análise do esforço do operador permitiram estabelecer um paralelismo entre o estado final, após implementação das ações de melhoria.

As propostas implementadas no posto conduziram a melhorias significativas de uma forma geral, com vantagens em todo o processo, desde abastecimento da célula à operação de montagem. A observação da linha de montagem de uma forma mais detalhada revela a eliminação do primeiro posto como gargalo do processo, como demonstrado na Figura 39, em que contrariamente ao que se verificava inicialmente, existe WIP entre os postos com uma grande acumulação de peças, revelando a passagem do segundo posto para gargalo.



FIGURA 39: WIP ENTRE POSTOS TB005

Analisando todo o processo, pode-se considerar que o objetivo determinado inicialmente foi atingido, uma vez que se verificou uma melhoria significativa do posto, através da implementação da metodologia referida.

5. Conclusão

5.1. Reflexão sobre o trabalho realizado

O ambiente competitivo que se verifica atualmente entre as organizações cria a necessidade constante por parte das empresas de se reinventarem, razão do crescente investimento na implementação de conceitos como melhoria contínua.

Contrariamente ao que se tem verificado nas recentes décadas, a cadeia de abastecimento e a integração de todas as suas operações, externas e internas à área de fabrico da empresa, têm sido alvo de grande foco, uma vez que este âmbito se relaciona fortemente com o aumento da capacidade competitiva das empresas.

A implementação do modelo *Total Flow Management*, permite a integração de ferramentas em toda a rede da CA e, através da redução sucessiva de desperdícios em todas as áreas de atuação, desde a logística externa e interna à produção, conectando o sistema segundo um único pensamento orientado para o conceito *pull flow*, confere um grau de estabilidade necessário à CA para uma resposta eficiente às necessidades do consumidor final.

Embora exista pouca literatura acerca da criação de fluxo na cadeia de abastecimento em termos operacionais e a temática do TFM se encontre pouco explorada, a tendência aponta para um potencial crescimento do modelo, uma vez que se denota uma forte aposta por parte das empresas na eficiência das suas operações, através da gestão eficaz dos seus recursos.

O projeto desenvolvido surge no âmbito de demonstrar a aplicação do TFM de uma forma prática e, por outro lado, as vantagens que podem advir da sua correta implementação e da conservação e melhoria contínua do funcionamento do sistema.

O projeto inseriu-se no departamento de engenharia, responsável por garantir a implementação do TFM na área produtiva, com ligação à logística. O âmbito do estudo focou-se na secção de produção de torneiras, com os princípios fundamentais estabelecidos, onde os objetivos se dividem entre a implementação do TFM em processos novos e a melhoria sucessiva de processos já existentes.

Neste contexto, três células constituíram o foco do trabalho realizado, com o apoio de diferentes pilares do TFM. A célula TB006 analisada para a inserção de um novo modelo e, conseqüentemente, das vertentes do TFM, com mais ênfase no desenho da linha, a célula TB001, analisada com o objetivo da redução de desperdícios, e, por fim, a célula TB005 com focalização na melhoria do posto de trabalho e contentorização, relacionada com o estudo dos movimentos dos operadores.

A célula TB006 constitui o exemplo da inserção de um novo modelo, onde o objetivo definido foi atingido, uma vez que todas as etapas de planeamento do TFM foram seguidas e, posteriormente, o processo produtivo/logístico foi implementado com sucesso.

No caso da célula TB001, a análise efetuada determinou os desperdícios existentes no processo e, posteriormente foram elencadas ações para a sua eliminação. Efetuou-se uma simulação para analisar o impacto das medidas sugeridas, no entanto não se

verificaram melhorias uma vez que estas não foram implementadas, atingindo-se apenas de forma parcial o objetivo definido.

Na célula TB005, foram efetuadas alterações no bordo de linha e conseqüentemente nos movimentos de operação, onde ambos os processos revelaram melhorias significativas. O objetivo foi atingido com sucesso para esta célula, fator que se encontra espelhado nos resultados obtidos.

De uma forma geral, analisando os resultados obtidos, comparativamente aos objetivos definidos inicialmente para o projeto, pode-se verificar o cumprimento de grande parte do plano definido, bem como do objetivo geral referente aos benefícios inerentes à implementação do TFM, tanto na área produtiva, como na sua relação com a área logística.

5.2. Desenvolvimentos Futuros

Como referido desde o início, a implementação do modelo TFM, deve ser apoiada por processos sucessivos de melhoria contínua, para que os benefícios do sistema não desvançam com o avançar do tempo.

Deste modo, o trabalho efetuado constitui uma base segundo a qual existem ainda oportunidades de melhoria a implementar, de forma a melhorar os processos nas diferentes áreas apresentadas ao longo do projeto.

No caso da primeira célula estudada (TB006), embora o foco tenha sido no desenho da linha, existem outras áreas que apresentam possibilidades de melhoria, nomeadamente os movimentos do operador e, paralelamente, a disposição dos componentes no bordo de linha. O estudo dos movimentos do operador de forma semelhante ao realizado na célula TB005 poderá conduzir a melhorias na cadência de produção. Por outro lado, a existência de outro dispositivo na linha, devido à produção de outros modelos, suscita a necessidade da melhoria dos tempos de troca dos dispositivos (SMED), de forma a conferir uma maior flexibilidade do processo de troca de códigos.

A célula TB001 carece de uma análise prévia de outros códigos a incluir no estudo uma vez que, para este caso, apenas o código com maior frequência de produção foi analisado entre um total de 34 produzidos na célula. O facto de os códigos apresentarem algumas diferenças entre si, pode alterar as conclusões do estudo, uma vez que o balanceamento da linha poderá ser diferente. Uma vez efetuado o estudo, deve-se verificar se as soluções sugeridas continuam a ser viáveis para os restantes códigos.

A possibilidade de efetuar um estudo mais aprofundado acerca dos desperdícios, poderia ser constituída pela elaboração de uma tabela *gang chart* para avaliar as operações e interações entre as duas operadoras e, se necessário, também um *operator-machine chart* para se avaliar a interação entre a primeira operadora e o posto de ensaio, devido aos tempos de espera que se verificam.

Na célula TB005, apesar da análise detalhada dos movimentos do operador, este processo pode também ser alvo de melhorias, uma vez que algumas das operações eram opostas às regras de economia dos movimentos (por exemplo a troca de

componentes entre as duas mãos) devido à elevada quantidade de componentes no bordo de linha, que gera um grau de inflexibilidade na disposição dos componentes.

Por outro lado, a avaliação do esforço dos movimentos presente no *SIMO chart* revela a ausência de uma informação importante para o analista. A referência do lado a ser utilizado na operação e do membro em movimento, não se relaciona de forma direta com o nível de esforço efetuado. Por exemplo, certas operações de precisão, necessitavam de um grande esforço por parte dos dedos, enquanto outras operações de alcance apenas necessitavam do uso do braço (escala 1 e 4 respetivamente). Embora o esforço por parte dos dedos seja superior e, se efetuado continuamente, possa gerar lesões para o operador, esta indicação não está contemplada na análise. A leitura do gráfico, por outro lado, nada indica acerca da adequação do movimento, ou seja, para o exemplo das membranas, a caixa que antes se encontrava numa posição demasiado baixa, utilizando anteriormente um esforço de nível 3 e, posteriormente, numa posição mais adequada, apresenta o mesmo nível de esforço.

A complexidade da montagem e o número elevado de componentes, revelam ainda a possibilidade de efetuar algumas pré-montagens em outra célula (já existente), o que iria diminuir significativamente o tempo de montagem, aproximadamente 15 segundos por peça. Caso este tipo de abordagem não fosse possível, a colocação de dispositivos para auxílio da montagem dos o-rings com peças de pequena dimensão como o tapo e o filtro, seriam vantajosas para o processo (semelhante ao dispositivo de montagem da alavanca e do *tappini*).

A análise para esta célula foi apenas efetuada para três códigos com maior produção e, tratando-se de uma célula mista, devem ser analisados outros códigos relativamente à adequação da sequência de montagem e abastecimento à célula para avaliar se as alterações efetuadas ao bordo de linha permitem um processo normalizado e eficiente.

Uma vez que, após a implementação de todas as medidas, o posto gargalo transitou para o posto seguinte, a análise futura deve agora focalizar-se nas melhorias a implementar no segundo posto, para que não seja o último posto a determinar a cadência de produção da célula.

Concluindo, a análise efetuada para os três postos, pode ainda ser propagada à restante secção, na tentativa de melhorar continuamente as operações e todo o processo de interação com a secção da logística, uma vez que as vantagens que advêm da implementação do TFM são notórias, como foi possível observar ao longo do projeto.

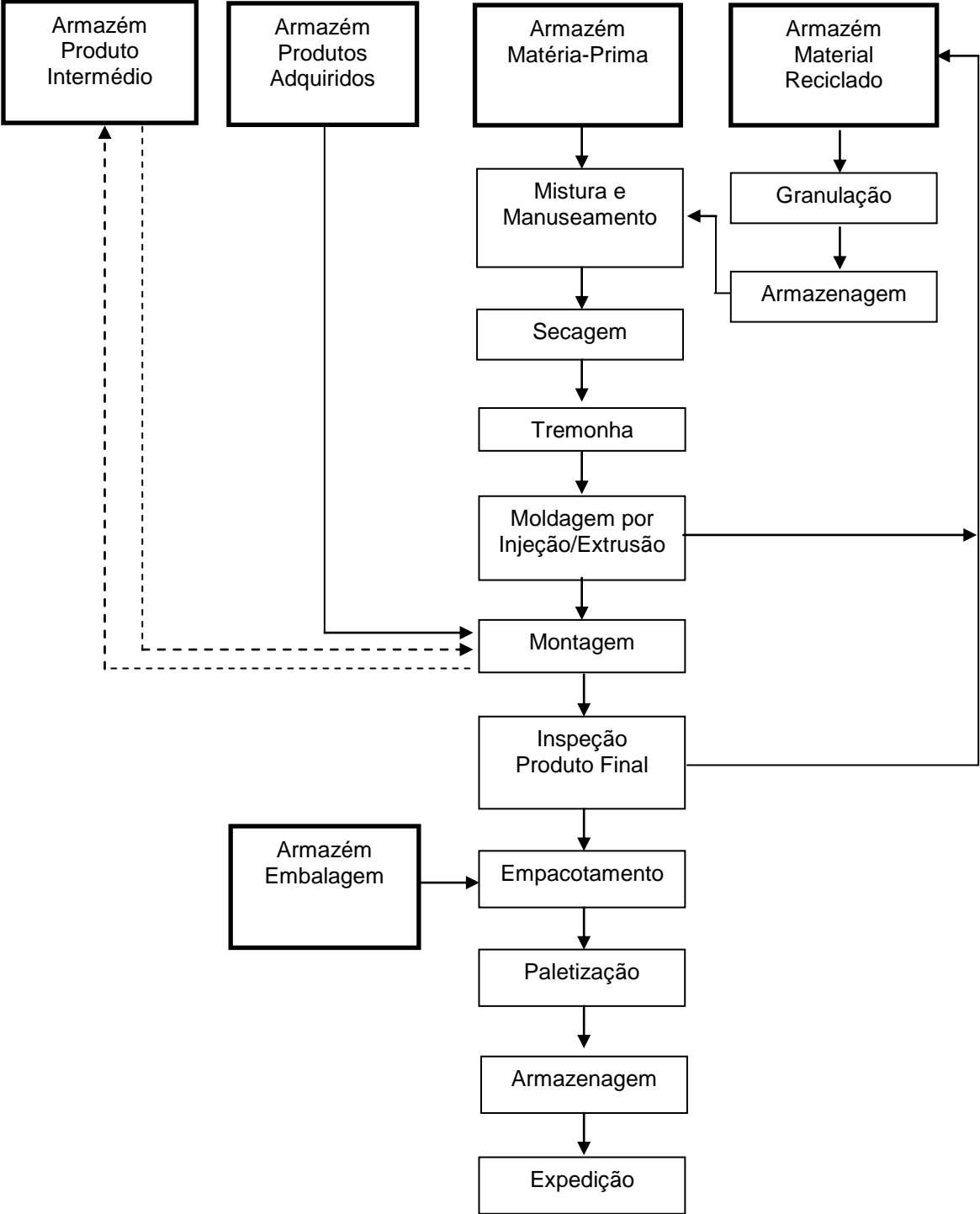
Referências Bibliográficas

- Arlbjorn, J., Haas, H., Mikkelsen, O., & Zachariassen, F. (2010). *Supply Chain Management*. Academica.
- Benders, J., & Morita, M. (2007). Changes in Toyota Motors' operations management. *International Journal of Production Research*. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207540310001602883>
- Birmingham, F., & Jelinek, J. (2007). *Quick Changeover Simplified: The Manager's Guide to Improving Profits with SMED*. CRC Press.
- Buffa, E., & Sarin, R. (1987). *Modern Production/Operations Management*. John Wiley & Sons, Inc.
- Chary. (2009). *Production and operations management*. Tata McGraw-Hill Education.
- Chiarini, A. (2012). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer Science & Business Media.
- Coimbra, E. (2009). *Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw Hill Professional.
- Cudney, E., Furterer, S., & Dietrich, D. (2013). *Lean Systems: Applications and Case Studies in Manufacturing, Service, and Healthcare*. CRC Press.
- Delfmann, & Klaas-Wissing. (2007). *Strategic Supply Chain Design: Theory, Concepts and Applications*. Kölner Wissenschaftsverlag.
- Dillon, A. P., & Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. CRC Press.
- Duerre, M. (2010). *Logistics: The Backbone for Managing Complex Organizations*. Haupt Verlag AG.
- Fondital Group. (2007). Oliver International Product Range. Retrieved May 21, 2016, from http://www.fonditalgroup.com/eng/societa/oliver/gamma_oliver.htm
- Fondital Group. (2014). Corporate Profile. Retrieved May 21, 2016, from <http://www.fonditalgroup.com/pdf/Corporate-Profile-FONDITALGROUP.pdf>
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). *Lean Construction Management: The Toyota Way*. Springer.
- González-R, P., Framinan, J., & Ruiz-Usano, R. (2013). A methodology for the design and operation of pull-based supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(3), 307–330. <http://doi.org/10.1108/17410381311318855>
- Halevi, G. (2013). *Process and Operation Planning: Revised Edition of The Principles of Process Planning: A Logical Approach*. Springer Science & Business Media.
- Hayes, S. G., & Jones, N. (2013). Fast fashion: a financial snapshot. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 10(3). Retrieved from <http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/13612020610679277>
- Hino, S. (2005). *Inside the Mind of Toyota: Management Principles for Enduring Growth* (Vol. 28). CRC Press.
- Holloway. (2016). *Spend Analysis and Specification Development Using Failure Interpretation*. CRC Press.
- Iyer, A., Seshadri, S., & Vasher, R. (2009). *Toyota Supply Chain Management: A Strategic Approach to Toyota's Renowned System*. McGraw Hill Professional.
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2015). A critical review of lean supply chain management frameworks: proposed framework. *Production Planning & Control*, 26(13), 1051–1068. <http://doi.org/10.1080/09537287.2015.1004563>
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2007). Simulation with Arena. <http://doi.org/10.1036/0072919817>
- Kerber, B., & Dreckshage, B. J. (2016). *Lean Supply Chain Management Essentials: A Framework for Materials Managers*. CRC Press.
- Li, S. G., Ni, Y., Wang, X., Shi, L., & Zhu, L. J. (2012). Design of one-piece flow production system with mixed flows: a timed process flow diagram-based approach. *International Journal of*

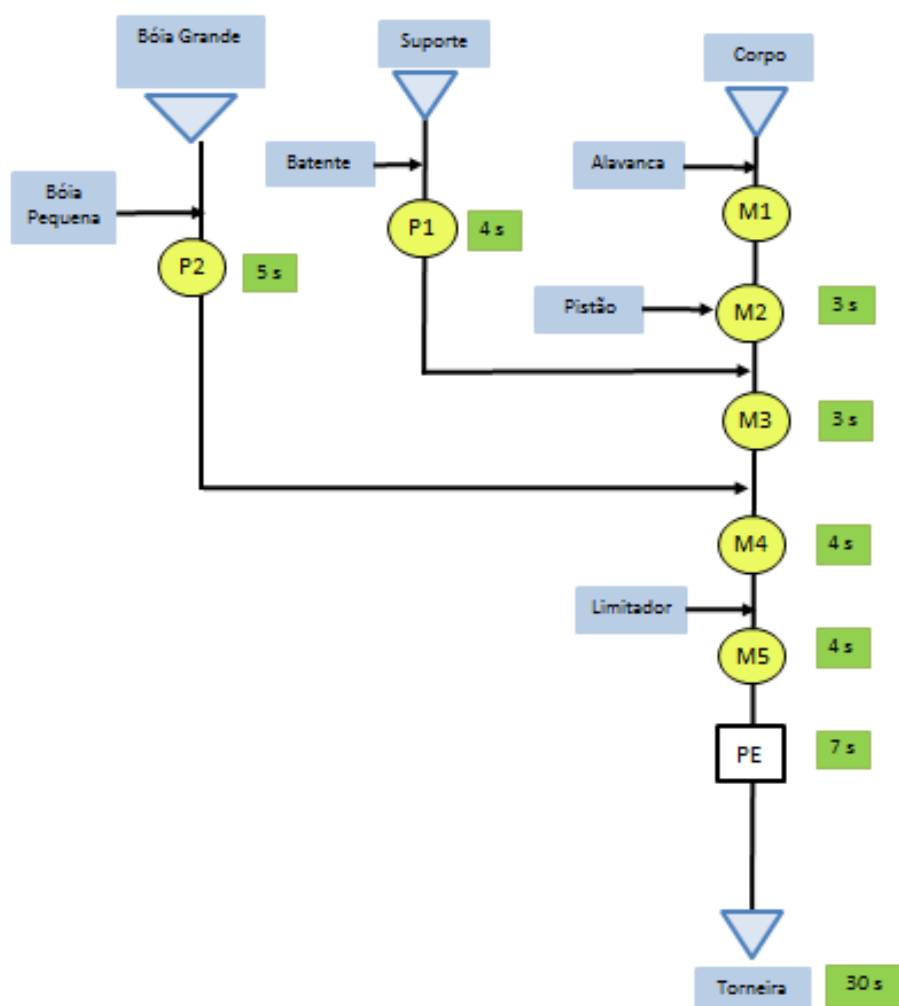
- Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., & Subba Rao, S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega*, 34(2), 107–124. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2004.08.002>
- Martin, T. D., & Bell, J. T. (2016). *New Horizons in Standardized Work: Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement*. CRC Press.
- Martins, N., & Pestana, M. (2008). *Total Flow Management na Indústria no Instituto Kaizen*.
- Meyers, F. E., & Stewart, J. R. (2002). *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*. Prentice Hall.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. Springer Science & Business Media.
- Motwani, J., & Mohamed, Z. M. (2002). Flow manufacturing – necessity, benefits, and implementation: a case study. *Industrial Management & Data Systems*, 102(2), 73–79. <http://doi.org/10.1108/02635570210419618>
- Nicholas, J. (2011). *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*. CRC Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.
- Oliveira & Irmão S.A. (2015). Sistemas de Instalação Sanitária 2015/2016. Retrieved May 21, 2016, from http://www.chagas.pt/ESW/Files/CatalogosFornecedores/CT_164 - AUTOCLISMOS OLI.pdf
- Oliveira & Irmão S.A. (2016a). Brochura da Empresa. Retrieved May 21, 2016, from <http://www.oli-world.com/download.php?f=65&key=7126f2d93e53e52f85c35a70a1f3cd13>
- Oliveira & Irmão S.A. (2016b). Produtos. Retrieved May 21, 2016, from <http://www.oli-world.com/pt/produtos.html>
- Ortiz, C., & Park, M. (2011). *Visual Controls: Applying Visual Management to the Factory*. CRC Press.
- Peratec Ltd. (2012). *Total Quality Management: The key to business improvement*. Springer Science & Business Media.
- Protzman, C., McNamara, J., & Protzman, D. (2015). *One-Piece Flow vs. Batching: A Guide to Understanding How Continuous Flow Maximizes Productivity and Customer Value* (Vol. 12). CRC Press.
- Rangaraj. (2009). *Supply Chain Management For Competitive Advantage*. Tata McGraw-Hill Education.
- Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management*. John Wiley & Sons.
- Singh. (2016). *Work Study and Ergonomics*. Cambridge University Press.
- Stavroulaki, E., & Davis, M. (2013). Aligning products with supply chain processes and strategy. *The International Journal of Logistics Management*. Retrieved from <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09574091011042214>
- Stevenson, W. J. (2007). *Operations Management*. (McGraw-Hill, Ed.) (9th Ed). Boston (MA).
- Sujová, A., & Marcineková, K. (2015). Improvement of Business Processes – A Research Study in Wood-processing Companies of Slovakia. *Procedia Economics and Finance*, 34, 296–302. [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01633-0](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01633-0)
- Susan K. Land, Douglas B. Smith, J. W. W. (2012). *Practical Support for Lean Six Sigma Software Process Definition: Using IEEE Software Engineering Standards*. (John Wiley & Sons, Ed.).
- Tsigkas, A. (2012). *The Lean Enterprise: From the Mass Economy to the Economy of One*. Springer Science & Business Media,.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *Machine that Changed the World*. Simon and Schuster.

Anexos

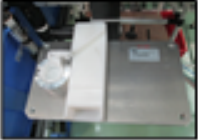
Anexo 1 – Processo Produtivo da Empresa



Anexo 2 – Processo de Montagem TP101



Anexo 3 – Instrução de Manufatura TP101

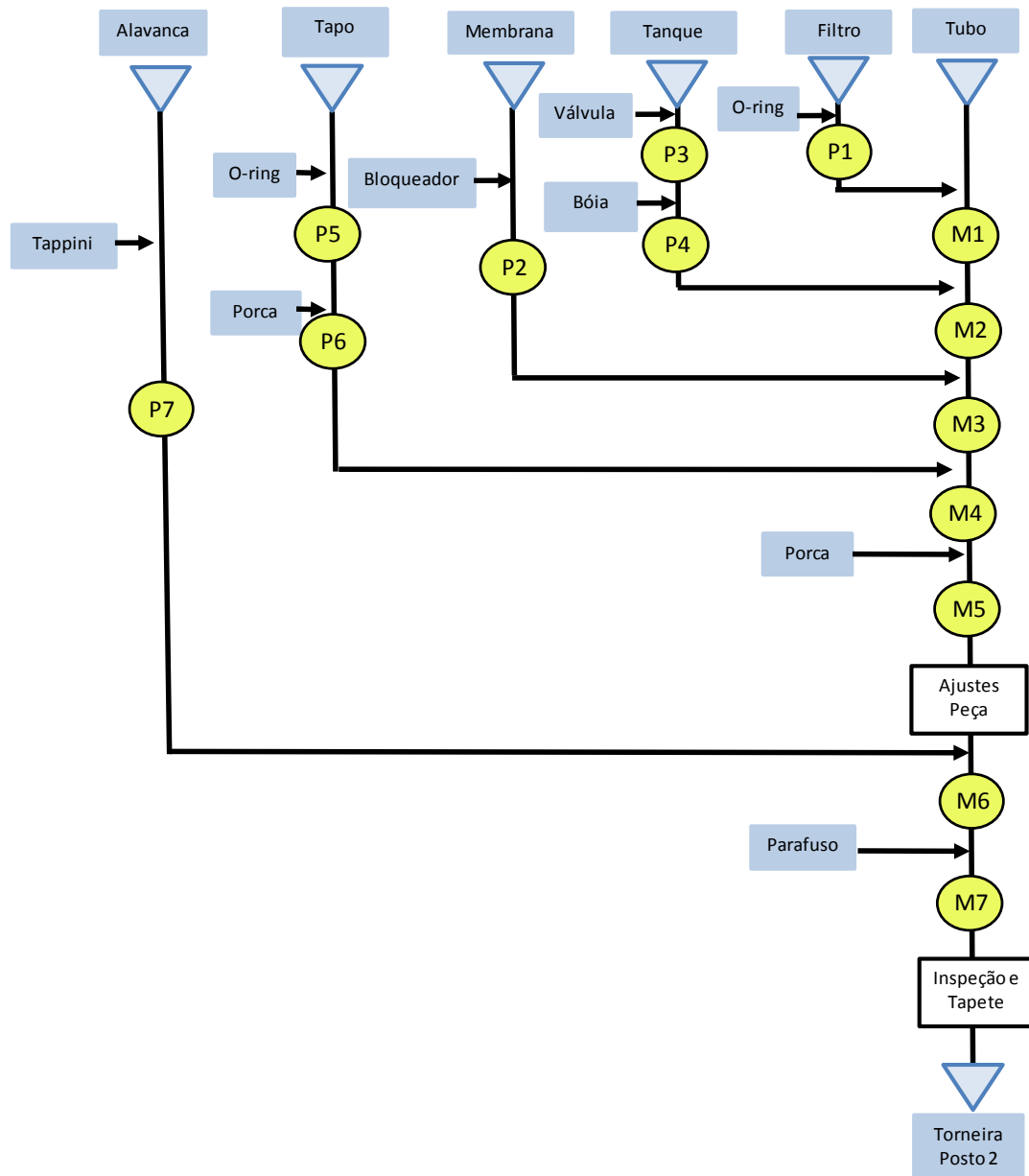
		Instrução de Manufatura <i>Torneiras</i> <i>Torneira TP101</i>	TB006 <small>DM.00.003</small> <small>Pág. 10</small>
o.P.	DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO	AUTOCONTROLO	
1	Colocar peça no dispositivo conforme foto 		
2	Inserir plástico no tubo da torneira 		
3	Inserir alavanca no tubo da torneira 		
4	Colocar o conjunto anterior sobre a peça no dispositivo encaixado à parte superior 		
5	Pressionar a parte superior da torneira e rodar até ficar bloqueado 		
NOTAS : <ul style="list-style-type: none"> Registar no ficheiro de controle de qualidade C.00.10.1. e, no caso de não ir controlado, registar no ficheiro C.00.10.2. Consultar Instrução de Controle C.00.10.3. Verificar que as peças e materiais sejam de acordo com o material de partida do ficheiro de controle. Manter a segurança e trabalhar sempre com cuidado. 			

Elaborado por: JVOLENTE

Data:

1/9/2016

Anexo 4 – Processo de Montagem TC101



Anexo 5 – Análise SIMO - Método Inicial

Análise SIMO

Secção:	Torneiras	Operador:	Adelaide	Data:	7/10/2015
Linha:	TB005	Experiência:	1 semana	Cronometrista:	Sara Almeida
Código:	096478	Descrição da Operação:	Montagem da Torneira TC101	Método :	Presente
Descrição:	Torneira TC101				

#	Descrição - Mão Esquerda	Símbolo	5	4	3	2	1	Tempo Seg	1	2	3	4	5	Símbolo	Descrição - Mão Direita
1	Alcançar filtro													TE,G,TL	Alcançar filtro
2	Segurar filtro	H												TE,G,TL	Alcançar o-ring
3	Montar filtro e o-ring	H						6,40						A	Montar filtro e o-ring
4	Segurar filtro	H												TE,G,TL	Alcançar tubo
5	Segurar tubo	H												H	Segurar filtro
6	Montar filtro e tubo	A						4,30						A	Montar filtro e tubo
7	Soltar tubo	PP,RL													
8	Alcançar membrana	TE,G,TL												TE,G,TL	Alcançar bloqueador
9	Segurar membrana	H												P,RL	Posicionar bloqueador
10	Posicionar membrana	P,RL						5,50							Posicionar membrana
11	Alcançar tanque	TE,G,TL												TE,G,TL	Alcançar válvula
12	Montar válvula e tanque	A												A	Montar válvula e tanque
13	Segurar tanque	H												TE,G,TL	Alcançar bóia
14	Montar bóia e tanque	A						5,50						A	Montar bóia e tanque
15	Segurar tanque	H												TE,G,TL	Pegar no tubo
16	Montar tanque e tubo	A						2,78						A	Montar tanque e tubo
17	Posicionar tubo no dispositivo	P,A,RL						3,78						P,A,RL	Posicionar tubo no dispositivo
18	Alcançar tapo	TE,G,TL												TE,G,TL	Alcançar o-ring
19	Montar tapo e o-ring	A						5,80						A	Montar tapo e o-ring
20	Segurar tapo	H												TE,G,TL	Alcançar porca
21	Segurar tapo	H												P,RL	Posicionar porca
22	Posicionar tapo	P,RL						5,80							Posicionar tapo
23	Ativação bi-manual	U						7,00						U	Ativação bi-manual
24	Montar e apertar porca	A						4,40						A	Montar e apertar porca
25	Ajustes peça	A						3,10						A	Ajustes peça
26	Alcançar alavanca	TE,G,TL												TE,G,TL	Alcançar tappini
27	Montar tappini e alavanca	A						4,30						A	Montar tappini e alavanca
28	Pegar no tubo	TE,G,TL												H	Segurar alavanca
29	Montar alavanca e tubo	A						4,78						A	Montar alavanca e tubo
30	Posicionar tubo no dispositivo	P,RL													Posicionar tubo no dispositivo
31	Alcançar parafuso													TE,G,TL	Alcançar parafuso
32	Montar parafuso e tubo	A						4,38						A	Montar parafuso e tubo
33	Inspecionar qualidade	I												I	Inspecionar qualidade
34	Colocar torneira no tapete							3,13						TL,RL	Colocar torneira no tapete
								70,95							

Anexo 6 – Códigos Produzidos na célula TB005

Cod	Codigo	Quantidade	Descrição	%	% Acum
013957	013957 Total	17450	AZO	29,16%	29,16%
561582	561582 Total	12856	CPT	21,48%	50,65%
012482	012482 Total	4593	AZO	7,68%	58,32%
009630	009630 Total	3456	AZO	5,78%	64,10%
561698	561698 Total	3125	CPT	5,22%	69,32%
561664	561664 Total	2680	CPT	4,48%	73,80%
008830	008830 Total	1952	AZO	3,26%	77,06%
011481	011481 Total	1500	AZO	2,51%	79,57%
061834	061834 Total	1450	AZO	2,42%	81,99%
561606	561606 Total	1235	CPT	2,06%	84,05%
019307	019307 Total	1100	AZO	1,84%	85,89%
088056	088056 Total	1100	CPT	1,84%	87,73%
096478	096478 Total	1000	TC101	1,67%	89,40%
48892	48892 Total	955	ECO	1,60%	91,00%
059501	059501 Total	913	AZO	1,53%	92,52%
561051	561051 Total	750	ECO	1,25%	93,78%
561567	561567 Total	700	CPT	1,17%	94,94%
049972	049972 Total	685	AZO	1,14%	96,09%
561605	561605 Total	650	CPT	1,09%	97,18%
561676	561676 Total	300	CPT	0,50%	97,68%
012769	012769 Total	300	AZO	0,50%	98,18%
106894	106894 Total	292	CPT	0,49%	98,67%
561547	561547 Total	180	CPT	0,30%	98,97%
011831	011831 Total	150	AZO	0,25%	99,22%
012437	012437 Total	120	AZO	0,20%	99,42%
011500	011500 Total	106	AZO	0,18%	99,60%
561593	561593 Total	100	CPT	0,17%	99,76%
561608	561608 Total	55	CPT	0,09%	99,85%
108993	108993 Total	42	TC101	0,07%	99,92%
014106	014106 Total	20	AZO	0,03%	99,96%
035505	035505 Total	15	AZO	0,03%	99,98%
073443	073443 Total	10	AZO	0,02%	100,00%
Total Geral		59840			

Anexo 7 – Posições e Contentorização dos modelos TB005

TC101

Componente	Caixa Anterior	Caixa Nova	Peças por Caixa	Posição Atual	Posição Futura
Alavanca	A	Bh	150	2.9	3.11
Tappini	A	A	4000	3.11	3.9
Porca	B	Bh	200	3.5	3.5
O-Ring	A	A	220	3.13	3.3
Filtro	A	A	160	2.1	3.1
Tanque	L	XL	100	1.5	2.13
Boia	C	Bh	30	2.7	2.11
Bloqueador	A	A	120	2.1	2.9
Válvula	A	A	220	2.5	2.7
Parafuso	B	Bh	195	2.3,3.7	2.5
Membrana	A	A	170	1.3	2.3
Tapo	A	A	180	3.1	2.1
Cabo Torneira	L	L	30	1.1	1.1

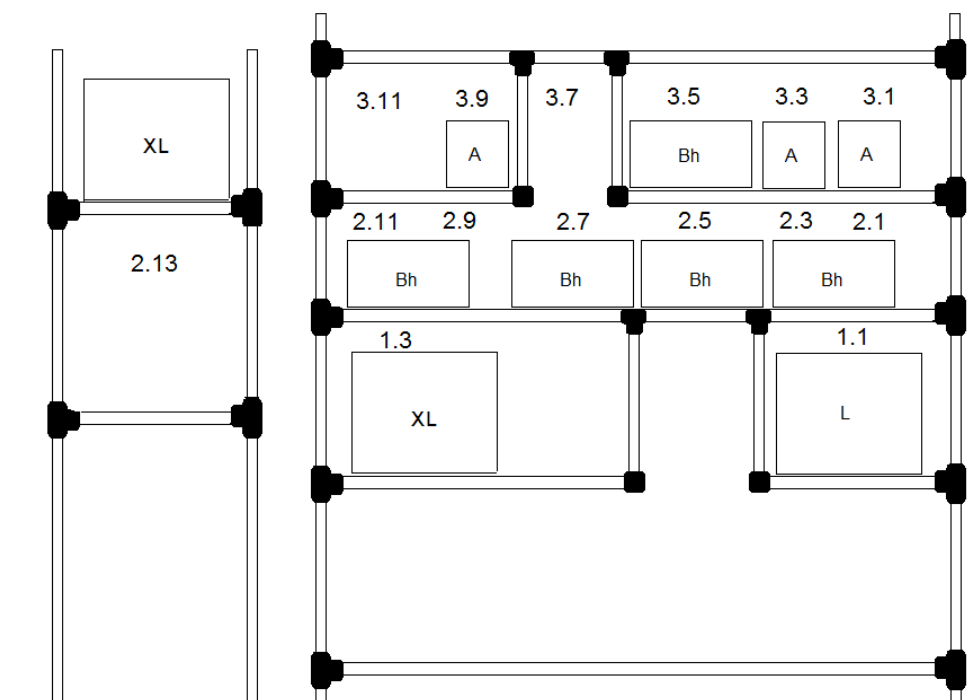
ECO

Componente	Caixa	Peças por Caixa	Posição Atual	Posição Futura
Pistão	A	600	3.9	3.9
Vedante Recor	B/CRT	700	3.5	3.5
Grupo Injetor	A	100	3.1	3.3
Porca Racord	A	240	2.5	3.1
Alavanca Comp	B/CRT	450	2.7	2.11
Porca	Bh	145	2.1	2.7
Corpo	Bh	200	2.9	2.5
Alavanca Superior	Bh	120	2.3	2.3
Boia	XL	85	1.5	1.3
Tubo Corpo	L	65	1.1	1.1

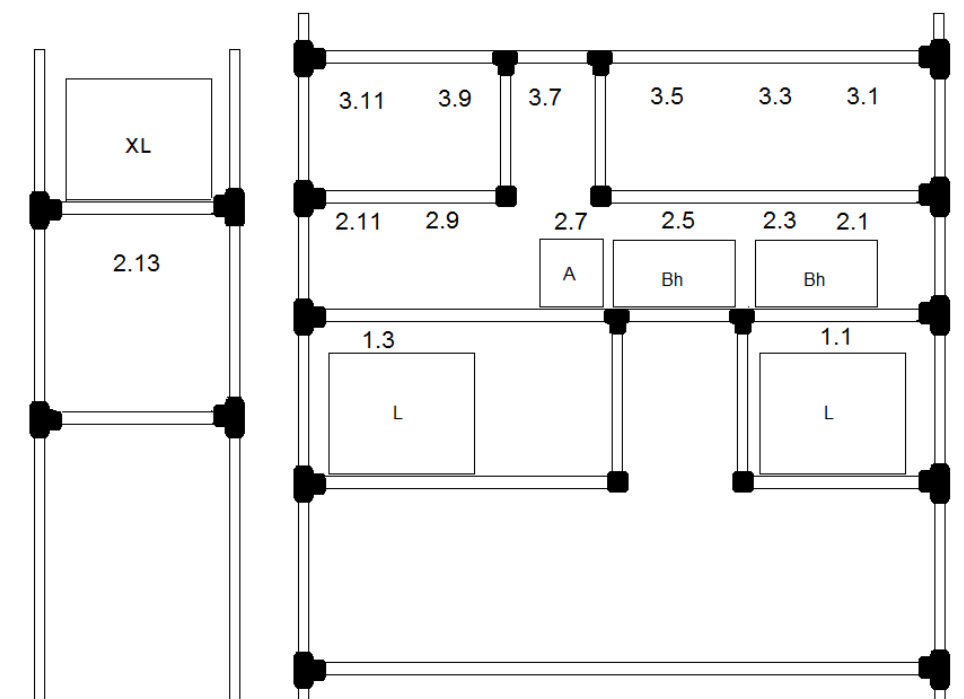
CPT

Componente	Caixa	Peças por Caixa	Posição Atual	Posição Futura
Porca Racord	A	230	2.5	2.7
Limitador	Bh	230	1.3	2.5
Parafuso	Bh	100	2.3	2.3
Boia	XL	160	1.5	1.3
Tubo Torneira	L	60	1.1	1.1

Anexo 8 – Bordo de Linha ECO e CPT - Proposto



Bordo de linha proposto ECO



Bordo de linha proposto CPT

Anexo 9 – Análise SIMO – Método Proposto

Análise SIMO

Secção:	Torneiras	Operador:	Adelaide	Data:	22/03/2016
Linha:	TB005	Experiência:	5 meses	Cronometrista:	Sara Almeida
Código:	096478	Descrição da Operação:	Montagem da Torneira TC101	Método :	Proposto
Descrição:	Torneira TC101				

#	Descrição - Mão Esquerda	Símbolo						Tempo Seg						Símbolo	Descrição - Mão Direita
			5	4	3	2	1		1	2	3	4	5		
1	Alcançar filtro												TE,G,TL	Alcançar filtro	
2	Segurar filtro	H											TE,G,TL	Alcançar o-ring	
3	Montar filtro e o-ring	H					5,78						A	Montar filtro e o-ring	
4	Alcançar tubo	TE,G,TL											H	Segurar filtro	
5	Montar filtro e tubo	A					4,00						A	Montar filtro e tubo	
6	Soltar tubo	PP,RL													
7	Alcançar membrana	TE,G,TL											TE,G,TL	Alcançar bloqueador	
8	Segurar membrana	H											P,RL	Posicionar bloqueador	
9	Posicionar membrana	P,RL					4,00							Posicionar membrana	
10	Alcançar tanque	TE,G,TL											TE,G,TL	Alcançar válvula	
11	Montar válvula e tanque	A											A	Montar válvula e tanque	
12	Segurar tanque	H											TE,G,TL	Alcançar bóia	
13	Montar bóia e tanque	A					5,40						A	Montar bóia e tanque	
14	Segurar tanque	H											TE,G,TL	Pegar no tubo	
15	Montar tanque e tubo	A					2,20						A	Montar tanque e tubo	
16	Posicionar tubo no dispositivo	P,A,RL					2,70						P,A,RL	Posicionar tubo no dispositivo	
17	Alcançar o-ring	TE,G,TL											TE,G,TL	Alcançar tapo	
18	Segurar tapo	H											H	Segurar o-ring	
19	Montar tapo e o-ring	A					4,80						A	Montar tapo e o-ring	
20	Segurar tapo	H											TE,G,TL	Alcançar porca	
21	Segurar tapo	H											P,RL	Posicionar porca	
22	Posicionar tapo	P,RL					4,60							Posicionar tapo	
23	Ativação bi-manual	U					4,20						U	Ativação bi-manual	
24	Alcançar chave												TE,G,TL	Alcançar chave	
25	Fixação da porca com chave	A,U											A,U	Fixação da porca com chave	
26	Ativação bi-manual	U					4,33						U	Ativação bi-manual	
27	Alcançar alavanca	TE,G,TL												Alcançar alavanca	
28	Montar tappini e alavanca no dispositivo												U	Montar tappini e alavanca no dispositivo	
29	Mover tappini para ranhura						3,50						TL	Mover tappini para ranhura	
30	Pegar no tubo	TE,G,TL											H	Segurar alavanca	
31	Montar alavanca e tubo	A					3,40						A	Montar alavanca e tubo	
32	Posicionar torneira	P,RL											P,RL	Posicionar torneira	
33	Alcançar parafuso												TE,G,TL	Alcançar parafuso	
34	Montar parafuso e tubo	A					4,00						A	Montar parafuso e tubo	
35	Inspecionar qualidade	I											I	Inspecionar qualidade	
36	Colocar torneira no tapete						2,70						TL,RL	Colocar torneira no tapete	
							55,61								