



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



Aplicação de Lean Manufacturing na Linha Produtiva da Fedima Tyres

Luís Féteira Silva Vieira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Júri

Presidente: Prof. Rui Manuel dos Santos Oliveira Baptista
Orientador: Prof. Paulo Miguel Nogueira Peças
Co-Orientador: Prof^a Elsa Maria Pires Henriques
Vogal: Prof^a Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera

Outubro de 2010

Agradecimentos

Após um longo percurso académico até à conclusão deste trabalho, gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todos os que, directa ou indirectamente, me ajudaram a efectuá-lo, nomeadamente:

Ao Professor Paulo Peças pela excelente orientação, pelos seus ensinamentos, pelo apoio, dedicação, amizade e momentos de boa disposição.

À Professora Elsa Henriques, pela excelência dos conhecimentos transmitidos, pelo seu apoio e amabilidade.

Ao Sr. Carlos Marques, à D. Conceição Marques, à Rita Marques e ao Emanuel Fernandes bem como a toda a empresa Fedima Tyres, por me terem recebido de braços abertos e me terem proporcionado excelentes condições para a execução deste trabalho.

Ao Carlos Trindade e ao Eng. Nélson Rolo pela amizade, disponibilidade e apoio na aquisição de informação.

Aos meus pais e irmãos, pelo inesgotável apoio, amor e compreensão.

Aos meus primos João da Luz Ferreira e Joana Marques por terem tornado possível esta parceria, pela sua amizade e pelas suas palavras de alento. Ao Francisco, ao Tomás e ao Raul bem como a toda a restante família.

A todos os meus colegas, em especial ao Miguel, André e ao Dário pela dedicação, ajuda, apoio e motivação de trabalho. Também aos meus amigos Nuno, Tomé e Tito.

À Mariana, por tudo.

Resumo

As empresas, hoje em dia, estão sujeitas a grandes desafios, causados sobretudo pelos efeitos da globalização. Face ao risco real da não sobrevivência, e para ultrapassarem a grave crise económica mundial, as empresas são obrigadas a evoluir, reduzindo custos e elevando os seus níveis de produtividade, de forma a conseguirem enfrentar de forma eficaz os seus competidores a nível global. Desta forma, torna-se imperioso e fundamental definir e implementar estratégias que ajudem as empresas a superar as dificuldades. Nesta perspectiva, surge o *Lean Manufacturing*, que engloba um conjunto de ferramentas e metodologias propensas a auxiliar e alcançar um correcto diagnóstico das linhas produtivas, de modo a detectar todo e qualquer desperdício existente, bem como no processo de busca de soluções que visam a sua redução e/ou eliminação. Como *case study*, realiza-se o diagnóstico à Linha Produtiva 1 da empresa Fedima Tyres, aplicando-se as metodologias de estudo dos métodos e dos tempos, culminando com a apresentação do mapa de fluxo de valor do estado actual. Identificados os desperdícios, foram propostas soluções com o objectivo de os reduzir ou, se possível, os eliminar, recorrendo principalmente ao método de mudança de ferramenta – SMED e ao método Kanban. Os resultados que se obtiveram perspectivam mudanças estruturais na actual forma de trabalhar, revolucionando o pensamento produtivo, numa nova abordagem, que permite que a empresa se torne mais eficiente e mais competitiva encarando o futuro com optimismo e de forma sustentada.

Palavras-chave: Produtividade, Lean Manufacturing, Estudo dos Métodos e dos Tempos, Mapa de Fluxo de Valor, SMED, Kanban.

Abstract

Nowadays, enterprises are subjugated to large challenges, mainly caused by the effects of globalization. Due to the real risk of not surviving, and to overcome the global economic crisis, enterprises are forced to evolve by reducing costs and raising their productivity levels in order to deal effectively with their global competitors. Therefore, it is imperative and essential to define and implement strategies that help business overcome difficulties. In this perspective, emerges Lean Manufacturing, which comprises a set of tools and methodologies designed to assist and achieve a correct diagnosis of the production lines in order to detect any waste, as well as in the process of seeking solutions to reduce or eliminate it. As a case study, takes place the diagnosis of Fedima Tyres "Production Line 1", applying the methodology of methods and times study, culminating with the presentation of the value stream map of the current state. Identified waste, solutions were proposed with the aim of reduced or, if possible, eliminate them, mainly using the method of SMED and Kanban system. The results showed structural changes in the current way of working, revolutionizing the productive thinking, a new approach, allowing the company to become more efficient, more competitive facing the future with optimism and sustained.

Keywords: Productivity, Lean Manufacturing, Methods and Times Study, Value Stream Map, SMED, Kanban.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Abreviaturas.....	ix
1. Introdução	1
2. Estado da Arte.....	3
2.1 Realidade Europeia.....	3
2.2 Perspectiva histórica	3
2.3 Lean Manufacturing.....	6
2.4 Lean Thinking.....	8
2.5 Ferramentas e metodologias do Lean Manufacturing	9
2.5.1 <i>Estudo dos Métodos e dos Tempos</i>	9
2.5.2 <i>SMED</i>	10
2.5.3 <i>Kanban</i>	12
2.5.4 <i>Poka-Yoke</i>	13
2.5.5 <i>Mapeamento do Fluxo do Valor</i>	13
2.5.6 <i>5'S</i>	15
3. Aplicação de Lean Manufacturing na Linha Produtiva 1 da Fedima Tyres	17
3.1 Metodologias de Análise	17
3.1.1 <i>Estudo dos Métodos</i>	18
3.1.2 <i>Estudo dos Tempos</i>	18
3.1.3 <i>Análise das Implantações</i>	20
3.1.4 <i>Mapeamento do Fluxo de Valor</i>	20
3.2 Diagnóstico.....	20
3.2.1 <i>Características de um Pneu</i>	20
3.2.2 <i>Enquadramento no Sector Industrial</i>	21
3.2.3 <i>Apresentação da Empresa</i>	22
3.2.4 <i>Descrição do Sistema Produtivo em Estudo</i>	23
3.2.5 <i>Análise dos Tempos e Diagnóstico Resultante</i>	28
3.3 Soluções.....	46
3.3.1 <i>Metodologias aplicadas às soluções</i>	46

3.3.2	<i>Soluções apoiadas em métodos</i>	47
3.3.3	<i>Soluções imediatas</i>	75
3.3.4	<i>Mapa de fluxo de valor do estado futuro – Impacto geral</i>	76
4.	Conclusões.....	79
4.1	Trabalho Futuro.....	80
5.	Referências	81
	ANEXOS.....	83

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Efeitos negativos causados pelo excesso de stock numa linha produtiva (Adaptado Costa, 2007).....	7
Figura 2.2 – Esquema ilustrativo das forças a favor e contra a implementação da filosofia Lean (Adaptado Melton, pág. 664, 2005).....	8
Figura 2.3 – Ilustração das diferentes fases da aplicação do método SMED (Adaptado Cakmakci, 2008).....	12
Figura 2.4 – Aplicação do mapeamento do fluxo de valor (Rother & Shook., 1999).....	14
Figura 2.5 – Simbologia aplicada ao mapeamento de fluxo de valor (Adaptado Henriques, 2010).....	15
Figura 3.1 – Análise ao sistema produtivo.	19
Figura 3.2 – Constituição básica de um pneu.	21
Figura 3.3 – Fotografia aérea da fábrica.	22
Figura 3.4 – Layout actual da Linha Produtiva 1.....	24
Figura 3.5 – Fotografias ilustrativas da matéria-prima existente.	24
Figura 3.6 – Fotos ilustrativas dos pneus produzidos na LP1.	25
Figura 3.7 – Torre de transporte vazia e carregada, respectivamente.	26
Figura 3.8 – Placas informativas existentes nas torres de transporte.	26
Figura 3.9 – Fluxo de fabrico genérico.....	27
Figura 3.10 – Fluxo informativo da rejeição de pneus.	29
Figura 3.11 – Fotografia Ilustrativa do PT em questão.	32
Figura 3.12 – Taxa de produção das máquinas do sector – Inspeção Inicial.....	32
Figura 3.13 – Imagem do posto de trabalho em questão.	33
Figura 3.14 – Taxa de produção das máquinas do sector - Raspagem.....	33
Figura 3.15 – Folha de obra informativa fixada no PT.	34
Figura 3.16 – Fotografia ilustrativa do PT do sector da Aplicação de Cola.....	34
Figura 3.17 – Taxa de produção das máquinas do sector – Aplicação de Cola.....	35
Figura 3.18 – Zona de Stock de Produto Semi-Acabado.....	35
Figura 3.19 – Fotografia ilustrativa do PT existente no sector da Extrusão.	36
Figura 3.20 – Tempos produtivos individualizados de cada extrusora.	36
Figura 3.21 – Taxa de produção das máquinas do sector – Extrusão.	36
Figura 3.22 – Fotografia Ilustrativa do PT.....	37
Figura 3.23 – Taxa de produção das máquinas do sector - Equilibragem.	37
Figura 3.24 – Fotografia ilustrativa do ambiente em redor do sector.	38
Figura 3.25 – Fotografia ilustrativa dum PT do sector do ABL.	38
Figura 3.26 – Percentagens de ocupação por PT.	39
Figura 3.27 – Taxa de produção das máquinas do sector – ABL.....	39
Figura 3.28 – Operações que originam o tempo em espera.....	40

Figura 3.29 – Imagem referente ao sector da Vulcanização.	40
Figura 3.30 – Tempo do estado ocupacional obtido em três prensas.	41
Figura 3.31 – Taxa de produção das máquinas do sector – Vulcanização.	41
Figura 3.32 – Tempo sem valor acrescentado identificado relativamente à Vulcanização.	42
Figura 3.33 – Mapa do Fluxo de Valor No estado actual relativamente aos pneus da Família 1.	45
Figura 3.34 – Prensa aberta com molde exposto.	47
Figura 3.35 – Exterior da Prensa.	47
Figura 3.36 – Folha informativa relativa às mudanças de molde.....	48
Figura 3.37 – Esquema representativo do processo da troca de molde.	48
Figura 3.38 – Componentes do conjunto Prensa/Molde.....	49
Figura 3.39 – Ilustração do Checklist relativo às operações externas.....	52
Figura 3.40 – Manta de aquecimento flexível para pré-aquecimento do molde.	53
Figura 3.41 – Luvas fléxiveis anti-calor (MANUTAN, 2010).....	53
Figura 3.42 – Plataforma elevatória móvel (MANUTAN, 2010).	53
Figura 3.43 – Aplicação do método da Paralelização.....	54
Figura 3.44 – Aparafusadora de Aperto Rápido, (MANUTAN, 2010).	55
Figura 3.45 – Balde de ferramentas actual.	55
Figura 3.46 – Checktable para mudança de molde para piso superior do carro porta-cargas.....	56
Figura 3.47 – Checktable para mudança de molde para piso inferior do carro porta-cargas.....	56
Figura 3.48 – Carro porta-cargas multiuso aconselhado (MANUTAN, 2010).....	56
Figura 3.49 – Layout Actual da Linha Produtiva 1.	60
Figura 3.50 – Layout Optimizado.	60
Figura 3.51 – Área libertada com a melhoria efectuada ao layout.	61
Figura 3.52 – Kanban de transporte de acompanhamento das torres (placa informativa).....	62
Figura 3.53 – Local de aplicação do kanban produtivo.....	63
Figura 3.54 – Dinâmica produtiva simplificada.....	63
Figura 3.55 – Movimento do Operador.	65
Figura 3.56 – Planta da mesa geral de kanban.	66
Figura 3.57 – Planta dos espaços definidos pelo método.	70
Figura 3.58 – Informações necessários no momento que se recebe uma encomenda.	73
Figura 3.59 – Painel luminoso sugerido.	76
Figura 3.60 – Apresentação do Mapa de Fluxo de Valor relativo ao Estado Futuro.	78

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Principais diferenças entre os dois sistemas produtivos (Adaptado Melton, 2005).	5
Tabela 3.1 – Dados gerais da fábrica.	23
Tabela 3.2 – Função principal de cada sector operativo.	27
Tabela 3.3 – Número de pneus produzidos no primeiro trimestre de 2010.	28
Tabela 3.4 – Apresentação dos tempos de ciclo médios em cada sector - TC.	29
Tabela 3.5 – Apresentação da taxa de ocupação existente em cada sector.	30
Tabela 3.6 – Tabela simplificativa das diferenças de tempos entre famílias.	44
Tabela 3.7 – Operações elementares de mudança de ferramenta e respectivos tempos.	50
Tabela 3.8 – Tabela relativa às operações externas.	51
Tabela 3.9 – Tabela relativa às operações internas.	51
Tabela 3.10 – Tempo estimado devido à aplicação da nova prática.	52
Tabela 3.11 - Tempo estimado devida à aplicação desta nova ferramenta.	54
Tabela 3.12 - Tempo estimado das operações afectadas com a prática da paralelização.	54
Tabela 3.13 – Tempo estimado devido à aplicação da nova ferramenta.	55
Tabela 3.14 – Estimativa do novo tempo operacional com aplicação desta nova ferramenta.	56
Tabela 3.15 – Quadro relativo às operações externas após SMED.	57
Tabela 3.16 – Quadro relativo ao Setup Interno após SMED.	57
Tabela 3.17 – Tabela de melhorias estimadas na mudança de ferramenta.	58
Tabela 3.18 – Especificidades das ferramentas de sugeridas.	58
Tabela 3.19 – Melhoria relativamente à percentagem do tempo de setup.	59
Tabela 3.20 – Melhoria global do sector.	59
Tabela 3.21 – Análise à fluência do material.	68
Tabela 3.22 – Melhorias ao sector e transição para operação em um único turno.	69
Tabela 3.23 – Nova taxa de ocupação do sector da inspecção inicial.	70
Tabela 3.24 – Actualização das taxas de ocupação e turnos efectuados.	70
Tabela 3.25 – Estimativa de melhoria obtida pela aplicação do método kanban.	72

Abreviaturas

MFV – Mapa de Fluxo de Valor

JIT – Just-in-time

TO – Taxa de Ocupação

PT – Posto de Trabalho

ABL – Acabamento de Borracha Lateral

SVA – Sem Valor Acrescentado

MF – Mudança de Ferramenta

LP1 – Linha Produtiva 1

TPS – Toyota Production System

TC – Tempo de Ciclo

1. Introdução

As empresas, na sua generalidade, estão sujeitas actualmente a grandes desafios que passam, objectivamente, por uma adaptação ao chamado “Mundo Global”. São obrigadas a evoluir enfrentando os novos mercados de países emergentes que conseguem produtos idênticos a preços baixos em virtude, fundamentalmente, da falta de respeito pelos direitos humanos, designadamente a inexistência de leis reguladoras do trabalho. Perante este desafio, crescer de forma sustentada apostando na qualidade, dos produtos e dos serviços, é a resposta que se impõe sob risco da não sobrevivência. Actualmente, compreender e corresponder às necessidades dos clientes, contribuindo para o seu desenvolvimento, torna as empresas parceiras e com uma relação mútua de entreaajuda. Para tal, é necessário conseguir dar respostas credíveis aos seus pedidos, às suas exigências e de acordo com as suas necessidades.

A filosofia *Lean* assume-se como uma revolução que tem o potencial de melhorar, efectivamente, a capacidade produtiva de qualquer empresa. Este conceito nasceu do resultado de uma aprendizagem prática e dinâmica dos processos produtivos originários dos sectores têxteis e automobilísticos, que surgiu cimentado na ambição e nas contingências do mercado Japonês.

Lean Manufacturing contribui com um conjunto de medidas e ferramentas adoptadas como resposta à enorme crise actual, num número crescente de empresas englobando todo o tipo de indústrias. Os conceitos inerentes à filosofia regem-se, basicamente, pela eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência directa o aumento da produtividade e da eficiência nas linhas produtivas.

Para a sua implementação, o principal ponto desta filosofia, principia na necessidade de compreender perfeitamente como todo o sistema produtivo opera actualmente, pois só assim conseguirá perspectivar hipotéticas melhorias. De seguida, constatar o que de facto os clientes consideram como mais-valias no produto, tentando ir ao seu encontro. Por último, não ter medo de melhorar.

O presente trabalho tem como função demonstrar, através dos métodos transmitidos pela filosofia, o modo actual do funcionamento da Linha Produtiva 1 da empresa Fedima Tyres, identificando problemas e apresentando soluções aos mesmos, estimando o seu impacto. Assim, este trabalho propõe-se ser uma mais-valia para a empresa, contribuindo com novos conceitos que permitem uma nova e diferente abordagem produtiva utilizando como expoente máximo a eliminação dos desperdícios e a melhoria contínua.

É neste sentido, que surgem as metodologias *Lean*, como ferramentas na detecção e eliminação de desperdícios. O estudo dos métodos e dos tempos como principais fontes de informação relativamente ao estado actual das empresas e o mapeamento de fluxo de valor como ilustração simplificada, permitindo compreender e identificar os desperdícios existentes. Como

metodologias para os eliminar, surge a filosofia dos 5´S que visa a organização geral das linhas produtivas, dos postos de trabalho e da própria empresa. O método SMED, com o intuito de reduzir o tempo dispendido em mudanças de ferramenta e, por fim, o método Kanban, como o principal revolucionador do pensamento produtivo, contribuindo para a fluência das linhas produtivas num misto de equilíbrio e de eficácia produtiva.

2. Estado da Arte

Este capítulo tem como propósito apresentar de forma sucinta os fundamentos da filosofia *Lean*. Efectua-se uma abordagem histórica deste sistema produtivo retratando a sua evolução até aos dias de hoje. Serão apresentados os seus conceitos bem como as suas técnicas de análise e de melhoria dos problemas detectados.

2.1 Realidade Europeia

A Europa, e consequentemente Portugal, está a atravessar um período de transformação. A crise expôs as fragilidades estruturais da economia de uma forma não premeditada e sem se perspectivar o seu fim.

Actualmente, às empresas colocam-se vários desafios que as obrigam a constantes mudanças, como a pressão dos clientes na procura do produto mais acessível, imposições de certificações exigentes, um mercado generalizado buscando qualidade, o custo e entregas rápidas e pontuais de variadíssimos produtos bem como necessidades de mudanças tecnológicas céleres permitindo a adaptação fácil a novas realidades.

Segundo Alukal (2003), para as empresas poderem competir com sucesso no estado económico actual, é necessário reforçar as competências e a sua profissionalização, e ser tão bom ou melhor que qualquer dos seus outros competidores globais. Para isso, é de capital importância que as empresas definam e executem estratégias que as ajudem a sair desta crise económica mais fortes e que, consequentemente, contribuam para níveis elevados de emprego, de produtividade e, consequentemente, de coesão social (Barroso, 2010).

A filosofia *Lean* tem como bandeira a utilização de menos recursos numa maior variedade de produtos com altos níveis de qualidade. Tem provado ser uma estratégia efectiva para aumentar a produtividade das empresas reduzindo os seus custos, contribuindo eficazmente para o aumento dos seus índices de competitividade global (Fang et al., 2006). Portanto, uma gestão inteligente é fundamental para proporcionar um futuro sustentável às empresas actuais sob risco de não garantirem a sua própria subsistência.

2.2 Perspectiva histórica

A revolução industrial, iniciada no século XVIII em Inglaterra, trouxe grandes mudanças à humanidade. Até então vivia-se na época da manufactura onde pequenas “oficinas” forneciam para um curto leque de clientes. O início da alteração desta forma de produção deu-se com a introdução dos motores a vapor de James Watt. Realidades até então desconhecidas foram pela primeira vez enfrentadas como, por exemplo, a colocação de máquinas no lugar de trabalhadores, que trouxe como consequência uma grande quantidade de mão-de-obra a baixo custo bem como uma

disponibilidade geral para trabalhar não havendo, todavia, empresas empregadoras. A revolução industrial tornou-se global em meados do século XIX. As empresas com fraca capacidade produtiva, tentavam, em vão, dar resposta à crescente procura dos diversos produtos. Foi nesta fase da história da humanidade que apareceu Henry Ford, fundador da Ford Motor Company no início do século XX.

Ford estabeleceu um novo sistema produtivo denominado por “Produção em Massa” onde desenvolveu a primeira linha de produção, corria o ano de 1915, que rapidamente se expandiu para a indústria em geral e ainda hoje é utilizado (Bhagwat, 2005).

Por volta de 1940 e com a chegada da Segunda Guerra Mundial, muitas das grandes empresas focaram-se na produção de materiais militares em detrimento de qualquer outro tipo de produto. Nos anos pós guerra, com parte das indústrias destruídas e outras configuradas para a obtenção de materiais militares, houve um aumento de geral da procura de produtos pela necessidade de reconstruir e modernizar aquilo que foi destruído. No entanto, com pouca capacidade de resposta, as empresas viram-se obrigadas a melhorar a sua eficiência. Para aquelas que tinham implementado o sistema de Produção em Massa, só conseguiram melhorias através do aumento do tamanho dos lotes esquecendo a variedade de produtos e os efeitos negativos dos longos inventários existentes nas linhas produtivas (Riezebos et al., 2009). Surgiu então a necessidade de arranjar uma alternativa ao modelo produtivo de Henry Ford, com o intuito de obter um sistema mais eficiente sem tantos desperdícios e que garantisse a possibilidade de trabalhar com produtos variados.

O nascimento do Toyota Production System baseou-se no desejo de produzir num fluxo contínuo que não dependesse de longos ciclos produtivos, nem de elevados stocks para ser eficiente, precisamente o oposto da Produção em Massa (Melton, 2005).

As origens do TPS remontam a antes de 1918, quando Sakichi Toyoda criou a sua empresa de tecelagem com teares automáticos, baseados no conceito Jidoka, de sua autoria, que consistia na detecção automática de erros, parando de forma imediata, prevenindo a produção de produtos defeituosos. Em 1929, vendeu a sua patente do negócio para dar a possibilidade ao seu filho, Kiichiro Toyoda, de se iniciar na indústria automóvel. Este decidiu alterar o nome da empresa para Toyota Motors Company. Produziram o seu primeiro carro no ano de 1935, mas rapidamente se suspendeu a produção devido ao aparecimento da Segunda Guerra Mundial.

Em 1950, Kiichiro Toyoda renunciou devido a problemas administrativos, e delegou a empresa ao seu primo, Eiji Toyoda, não sem antes ser enviado aos Estados Unidos da América com o intuito de aprender sistema produtivo americano. Rapidamente se apercebeu que no Japão não conseguiria implementar o sistema da “Produção em Massa” por ser um mercado mais pequeno e com menos potencial.

Iniciou, nesta nova moldura económica, e através da fábrica Toyota Motors Company aquele que viria a ser posteriormente chamado como Toyota Production System, tendo como principal impulsionador Taiichi Ohno, engenheiro mecânico, que vinha de uma experiência profissional nada

tendo a ver com o sector automóvel. Ohno acreditava que a sua visão sem pré-concepções seria uma mais-valia para a implementação de um novo sistema produtivo. Usufruiu do conceito de Jidoka, estudado e aprendido nos teares de Sakichi Toyoda, e do conceito JIT de Kichiiri Toyoda, que defendia a peça certa, no momento exacto, na quantidade necessária. Complementou estes conceitos com novas metodologias criando assim a estrutura do TPS (Holweg, 2006).

Ohno rapidamente se apercebeu que a flexibilidade de uma linha de produção é uma característica capital no desenvolvimento de uma empresa. Com este objectivo, teve que modificar vários procedimentos, como por exemplo, relativos às mudanças de ferramentas com o intuito de diversificar os produtos produzidos e diminuir os tempos em que há quebras de produção, com a mais-valia de tornar viável trabalhar em pequenos lotes e de acordo com a vontade do cliente. Shingeo Shingo foi contratado em 1955 para desenvolver especificamente a problemática da mudança de ferramenta de forma a alargar a variedade dos produtos produzidos sem causar transtornos à linha de produção, tentando colmatar a limitação da Produção em Massa (Strategos, 2001). Outros métodos foram surgindo ao longo do tempo com o intuito de flexibilizar a linha de produção da Toyota, no entanto, mais do que tudo, foi a grande capacidade dinâmica de aprendizagem de Taiichi Ohno o centro do sucesso da TPS (Holweg, 2006).

Tabela 2.1 - Principais diferenças entre os dois sistemas produtivos (Adaptado Melton, 2005).

<u>Características</u>	<u>Produção em Massa</u>	<u>Produção Lean</u>
Base	Henry Ford	Toyota
Operadores	Profissionais pouco qualificados	Equipas de operadores multi-facetados em todos os níveis da organização
Equipamentos	Dispendioso, com um único propósito	Manual e sistemas de automatização aptos a produzir produtos de grande variedade
Métodos de Produção	Grandes volumes do mesmo produto	Fazer produtos de acordo com a vontade do cliente
Filosofia Organizacional	Gestão toma a responsabilidade	Delegação de responsabilidade na hierarquia da organização
Filosofia	Qualidade suficiente	Atingir a perfeição

Por volta do ano de 1950, a produção total anual da indústria automóvel japonesa era equivalente a menos de três dias de produção da fábrica da Ford situada na América do Norte (Holweg, 2006). No entanto, e muito devido à Segunda Guerra Mundial, o mundo começou a mudar e Henry Ford recusou-se a modificar o sistema que o tinha levado ao sucesso (Strategos, 2001).

Segundo Taiichi Ohno, só em 1973, com a instalação da grave crise petrolífera, é que algumas das atenções se viraram para a TPS, porque se constatou que conseguiu recuperar da crise

em tempo *record* crescendo categoricamente no caminho da recuperação económica. De facto, o primeiro artigo científico escrito sobre a TPS, data de 1977, assinado por Sugimori (Holweg, 2006).

Nesta fase de franca ascensão da Toyota, muitas empresas ocidentais visitaram o Japão com o intuito de perceber o seu sistema produtivo. No entanto, muitas delas não singraram com as novas aplicações, pois só aplicavam parte dos conceitos que não eram suficientes para atingir as melhorias pretendidas (Strategos, 2001).

O conceito da filosofia *Lean* foi pela primeira vez descrita em 1990, quando Womack, Jones e Roos publicaram o livro “The Machine That Changed The World” que, descrevendo os conceitos e métodos de trabalho aplicados pela TPS, fundamentaram este novo sistema produtivo (Shah, 2007). Segundo Strategos (Strategos, 2001), este livro conta uma história simples da evolução da indústria automobilística, combinando o mercado Japonês, Europeu e Americano onde as únicas palavras novas que inventaram foram “Lean Manufacturing”.

2.3 Lean Manufacturing

O TPS, considerado como o sistema basilar da produção *Lean*, apresenta como principal característica a flexibilidade das linhas produtivas, tendo por base a aplicação de pequenos lotes de produtos controlado por métodos que auxiliam a troca de ferramenta e a comunicação eficaz para responder às constantes variações dos mercados actuais, (Cakmakci, 2008). Ohno acrescentou-lhe ainda o conceito Kaizen, que remete para uma procura de melhoria contínua, contribuindo para a superação diária dos operadores nos postos de trabalho e, conseqüentemente, para a melhoria de toda a linha produtiva.

De um modo mais prático, o sistema de produção *Lean* nasceu na recusa de aceitar desperdício (*muda*, em japonês) (Pool et al, 2010). Ohno, em 1988, definiu desperdício como qualquer actividade que consome recursos, adicionando custos e que não gera qualquer valor ao produto desejado pelo cliente. Identificou sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados designando-os por:

1. Superprodução – Produzir mais, e antes do necessário, gera um excesso de produtos aumentando o inventário;
2. Esperas – Sempre que os operadores ou máquinas estão à espera de algo que viabilize a produção;
3. Transporte – Movimentos desnecessários de material;
4. Retrabalho – Operações extra de reprocessamento devido a defeitos, excesso de produção ou excesso de inventário;
5. Inventário – Todo o material produzido, matéria-prima e stocks existentes no meio da linha produtiva que não foi pedido pelo cliente;
6. Movimento – Movimentos desnecessários por parte dos operadores, por vezes

devido ao *layout* das próprias empresas, defeitos, reprocessamento, superprodução ou excesso de inventário;

7. Defeitos – Produtos finais que não estão com as especificações pretendidas pelo cliente;

Womack e Jones, em 1996, identificaram ainda um oitavo desperdício, que designaram por subutilização de pessoas, mais concretamente das suas ideias e criatividade (Hicks, 2007).

De todos os desperdícios identificados, o inventário é o de maior impacto financeiro, pois é aquele que mais dificulta o fluxo entre sectores, que ocupa mais espaço nas linhas produtivas e nos armazéns e que, por sua vez, tende a omitir os verdadeiros problemas existentes na linha de produção fomentando atitudes menos exigentes por parte dos operadores (Gomes, 2007).

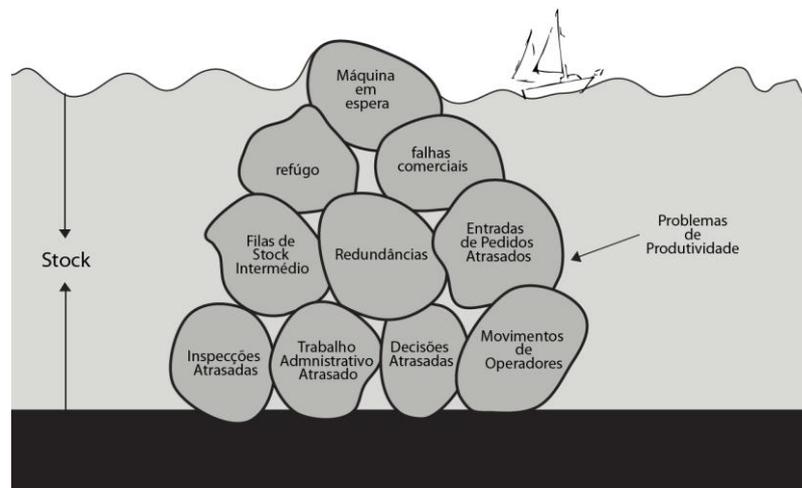


Figura 2.1 - Efeitos negativos causados pelo excesso de stock numa linha produtiva (Adaptado Costa, 2007).

A implementação do sistema produtivo *Lean* contribui para um forte acréscimo da eficiência de uma fábrica, apresentando uma elevada capacidade produtiva e velocidade de resposta às encomendas, com uma grande flexibilidade permitindo abranger uma vasta gama de produtos com um stock mínimo existente, sem defeitos e com excelente qualidade (Arbós, 2008). Todavia, e apesar das inúmeras vantagens quanto à implementação do sistema *Lean*, existem alguns factores contrários à sua aplicação, onde a “resistência à mudança” impera. Empresas habituadas a trabalhar de acordo com outros sistemas, preconcebidas há imensos anos e sem conseguir abordar novas ideologias ficam presas aos velhos hábitos sem coragem para a inovação. Na Figura 2.2, ilustram-se as forças favoráveis e de oposição à implementação. Contudo, é sempre possível demonstrar que as forças que apoiam a filosofia *Lean Manufacturing* são sempre muito maiores que a que lhe resistem, (Melton, 2005).

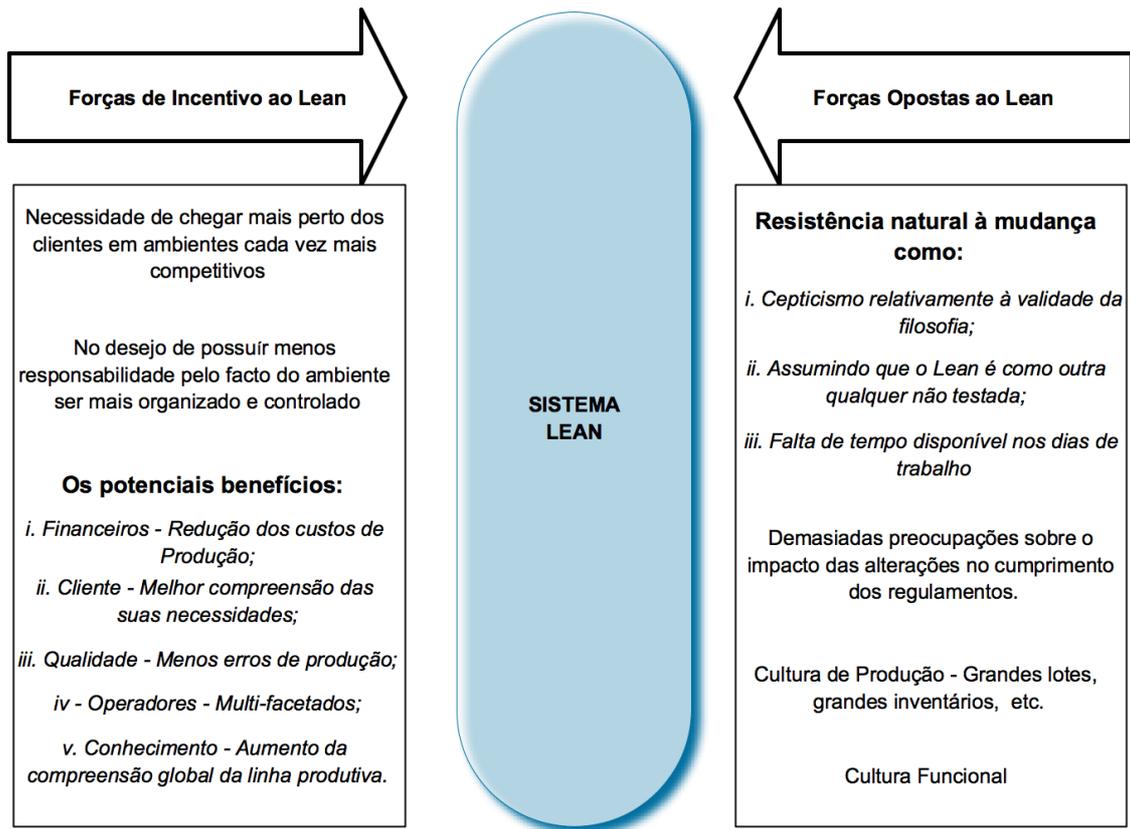


Figura 2.2 – Esquema ilustrativo das forças a favor e contra a implementação da filosofia Lean (Adaptado Melton, pág. 664, 2005).

Em suma, Lean Manufacturing pode ser entendido como “produção magra” porque usa “menos de tudo” comparativamente ao sistema de Produção em Massa. Metade do esforço humano, metade do espaço na fábrica, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo. Também necessita de menos produtos em stock resultando em menos defeitos na linha produtiva produzindo mais e melhor (Womack et al., 1990).

2.4 Lean Thinking

Desde 1990, com a publicação do livro “The Machine That Changed the World” que muitas empresas tentaram implementar as práticas da produção Lean, mas muitas não sabiam como, pois o livro não abordava conceitos de implementação. Por esse motivo, em 1996, Womack e Jones publicaram o livro “Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation”. Este livro surge como guia informativo para a criação de uma empresa Lean (Hicks, 2007). Estes conceitos tornaram-se fundamentais e revolucionaram uma nova era:

1. Especificar valor;
2. Definir a cadeia de valor no processo;
3. Criar fluidez na linha produtiva;
4. Produção “puxada” pelas necessidades dos clientes;
5. Busca pela perfeição,

Na filosofia Lean, o valor é sempre definido pelo cliente final, identificando que características o cliente está disposto a pagar, de forma a considerar o investimento no produto como uma mais valia para si. Seguidamente, define-se a cadeia de valor, que representa todos os processos e actividades que contribuem para a produção de um produto, desde a chegada da matéria-prima até à sua entrega ao cliente, com o intuito de identificar os desperdícios criando um fluxo entre sectores que acrescentam valor. Este fluxo caracteriza-se pela passagem do material de um sector para outro sem que exista tempo de espera entre ambos, ou seja, o sector a jusante deve ser encarado como cliente do sector a montante aumentando, conseqüentemente, a responsabilidade de cada operador exigindo que cumpra as obrigações para ele definidas em cada sector. O facto de permitir que o cliente puxe o produto, contribui para a redução de stocks contribuindo para um ambiente mais leve na própria linha produtiva. A busca pela perfeição remete para um dos conceitos principais da filosofia *Lean*, designado por Kaizen, que fomenta a melhoria contínua buscando a redução ou eliminação dos desperdícios, confiando um espírito de insatisfação nos operadores com o intuito de os estimular nesta procura (Lian et al., 2002).

Relativamente às operações efectuadas, é importante salientar que, ao abrigo da filosofia *Lean*, só existem dois tipos, as que acrescentam valor e as que não acrescentam valor ao produto. Dentro destas últimas, existem as “Necessárias” e as “Não Necessárias”, sendo que as últimas se devem anular imediatamente contribuindo para um aumento do tempo de valor acrescentado, não produzindo nada que não seja pedido pelo cliente, evitando stocks e o caos nas linhas produtivas (Leite, 2008).

A aplicação *Lean* deve ser compreendida e implementada na sua totalidade e não só em casos isolados, sob o risco de não conseguir obter as melhorias pretendidas (Strategos, 2001).

2.5 Ferramentas e metodologias do Lean Manufacturing

O Lean Manufacturing, a partir de uma perspectiva mais prática, consiste numa implementação de um conjunto de técnicas e ferramentas que visam a redução de desperdícios ao longo da linha produtiva. Neste estudo foram aplicadas algumas dessas ferramentas e técnicas, como por exemplo, o Estudo dos Métodos e dos Tempos, SMED, 5’S, Kanban, Mapeamento de Fluxo de Valor e Poka-Yoke, (Sherrer-Rathje et al., 2008).

2.5.1 Estudo dos Métodos e dos Tempos

O estudo dos métodos e dos tempos desempenham um papel fundamental na análise crítica dos processos constituintes da linha de produção bem como dos procedimentos dos operadores, tornando-se essencial ao equilíbrio da mesma.

São uma ferramenta capital para a compreensão operativa das linhas de produção de cada empresa, contribuindo com uma análise qualitativa e quantitativa das mesmas.

O estudo dos métodos é constituído por duas técnicas:

- Análise visual – Contribui para o conhecimento geral da realidade da linha produtiva;
- Entrevistas informais – Facultam pormenores importantes para a compreensão do modo de funcionamento de cada sector.

Ambas cooperam para uma apreciação qualitativa da realidade da empresa.

Relativamente ao estudo dos tempos, podem ser calculados através de três princípios:

- Estimativas;
- Histórico de Tempos;
- Medições de tempo *in situ*.

Para as medições de tempo *in situ*, existem duas técnicas principais:

- Observações instantâneas – Consistem na separação dos diferentes estados da máquina ou do operador, efectuando-se determinadas contabilizações durante intervalos de tempo específicos;
- Cronometragens – Medição contínua do tempo de determinada operação.

Estas duas técnicas contribuem para quantificar os tempos de produção de cada sector e/ou de cada operador, informando sobre o estado produtivo actual (Gomes, 2007).

2.5.2 SMED

A filosofia *Lean* tem como característica ser flexível, ou seja, produzir uma grande variedade de diferentes produtos. Para o conseguir, tem, obrigatoriamente, que trabalhar com pequenos lotes e para isso, foi necessário desenvolver um método que reduzisse o tempo de mudança de ferramenta de forma a tornar esta característica viável.

Em 1985, Shingeo Shingo apresentou a sua metodologia ao mundo, denominando-a de “Single Minute Exchange of Dies – SMED”. O método SMED representa um conjunto de técnicas que melhoram o processo de mudança de ferramenta permitindo uma redução até 90% do tempo em que a máquina se encontra em não produção, com um investimento moderado.

Shingo assumiu que os fabricantes, para terem sucesso, têm que ter em máxima consideração pelos pedidos dos clientes. Considerou que possuir um leque alargado de vários produtos, de qualidade elevada, onde a sua entrega fosse eficaz e a um preço justo, seriam consideradas como mais-valias pelos clientes. Partindo desse pressuposto, concluiu que a flexibilidade era o futuro, e para possuir essa capacidade era obrigatório trabalhar com tempos de mudança de ferramenta o mais curto possível de forma a reduzir os tempos não produtivos e reduzir também o tamanho dos lotes dos produtos aumentando, conseqüentemente, a variedade da oferta, (Cakmakci, 2008).

Este processo tem como base a preparação atempada da mudança de ferramenta, fazendo com que a máquina pare a sua produção o mínimo tempo possível, aumentando, conseqüentemente, do tempo produtivo da mesma. É de capital importância eliminar todas as actividades desnecessárias contribuindo para a melhoria geral das linhas produtivas (McIntosh et al., 2001).

Para a sua aplicação, Shingo dividiu as operações que compõem a troca de ferramenta em duas partes:

- Operações Internas - São aquelas que implicam a paragem da máquina, implicando uma quebra de produção;
- Operações Externas - São as que podem ser efectuadas com a máquina em produção.

A aplicação do método a um caso prático consiste no seguimento de três fases operacionais:

- Fase 1 – Separar as operações internas das externas – Este passo tem como objectivo, reduzir o tempo de mudança de ferramenta entre 30 a 40%;
- Fase 2 – Converter as operações internas em externas – Esta fase reduz o tempo total em que a máquina está em não produção. Preparações avançadas das operações contribuem para o melhoramento da mudança de ferramenta;
- Fase 3 – Melhoria de todos os aspectos da mudança de ferramenta – Contribui para a redução do tempo total, quer das operações internas quer das operações externas, através de métodos como a paralelização, ferramentas de aperto rápido, entre outros.

A Figura 2.3 resume a aplicação do método consoante os passos delineados enquadrando-o com as melhorias de tempo obtidas.

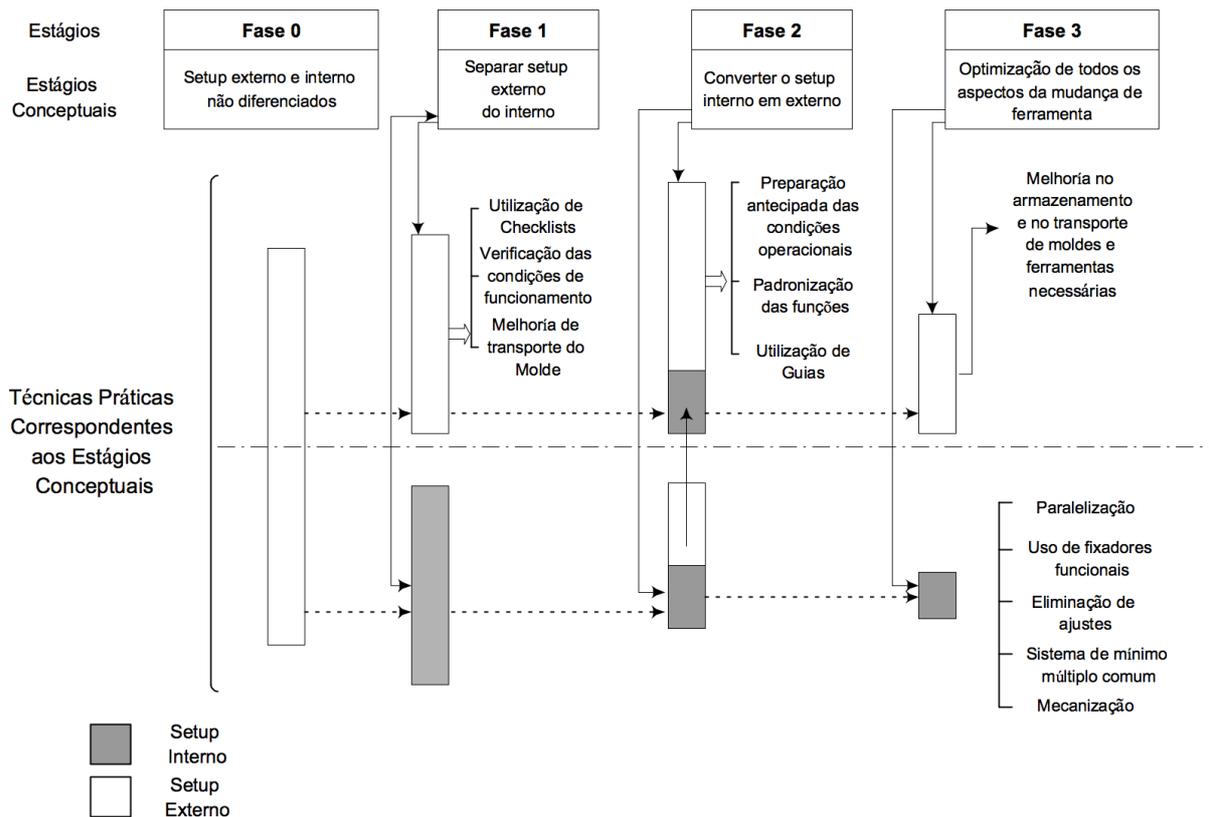


Figura 2.3 – Ilustração das diferentes fases da aplicação do método SMED (Adaptado Cakmakci, 2008).

2.5.3 Kanban

Kanban é uma técnica criada pelo TPS com o objectivo de controlar os níveis de stocks, a produção e o fornecimento de componentes cooperando com o conceito JIT (Júnior et al., 2010).

A palavra japonesa “Kanban” significa “Cartão” ou “Etiqueta”. Uma das principais características do sistema Kanban é contribuir para o conceito que permite o cliente puxar o produto que deseja. Esta técnica permite a produção de uma nova peça num determinado posto de trabalho somente quando este receber um sinal do sector a jusante informando-o que necessita de ser fornecido de forma a não quebrar a sua produção. Usado de forma cuidada, Kanban impede o desenvolvimento de elevados stocks, pois os materiais só darão entrada na linha produtiva após ser libertado o sinal que o solicite, mantendo assim o equilíbrio na relação entre os stocks e os pedidos de clientes (Chan, 2001).

Este sinal, que inicia e controla todo o processo produtivo, é transmitido através de um cartão Kanban com informação específica sobre esse lote, como por exemplo, o nome do produto, códigos das peças, número do cartão, número do lote, tamanho do lote, data de vencimento, entre outros, permitindo ao operador ter um conhecimento mais sólido sobre o trabalho que deve efectuar. É importante referir que esta técnica institui a relação cliente/fornecedor, mesmo dentro da própria linha produtiva, contribuindo para um acréscimo de responsabilidades dos operadores fomentando o

profissionalismo na linha operativa, pois o sector a montante é considerado fornecedor e o sector a jusante como cliente.

Por vezes, aborda-se esta técnica como um simples sistema de cartões ou etiquetas. Todavia, a sua função e o seu âmbito é muito mais profundo, pois é suposto esta técnica controle todas as actividades operativas das linhas de produção, obrigando à comunicação entre sectores e permitindo a criação de um fluxo ágil e eficaz dos materiais ao longo da linha de produção, (Júnior et al., 2010).

2.5.4 Poka-Yoke

Poka-Yoke é uma palavra do calão japonês que significa “à prova de erros”. Separadamente, “poka” traduz “erros inadvertidos” e “Yoke” significa “prevenir” ou “evitar”. Abordagens para parar os processos, desenvolvidos por Shingeo Shingo no início dos anos sessenta, traduziram-se numa grande mais-valia por detectar e evitar erros, prevenindo as consequências destes ao longo da linha produtiva. De acordo com Shingo, os defeitos seriam evitáveis se os erros fossem detectados com antecedência. Poka-Yoke propõe-se a isso mesmo, utilizando dispositivos automáticos de prevenção de defeitos ou erros, como por exemplo, erros humanos devido a distrações, falhas produtivas devido à falta de conhecimentos do operador para desempenhar determinada tarefa, entre outros.

De acordo com esta ferramenta, os erros ocasionais podem justificar avisos, no entanto, os erros frequentes ou aqueles com grandes consequências negativas devem ser colmatados com este método. O sistema visa o estabelecimento de limites na prática de uma actividade a fim de obrigar à correcta execução da operação. Pode ser implementado de várias formas:

- Inspeção a 100%;
- Identificar os defeitos logo que eles surjam;
- Rectificar de imediato os defeitos detectados a fim de evitar a sua repetição;
- Projectar mecanismos para evitar a produção de defeitos.

Caso não se detecte o erro e ele aconteça, Poka-Yoke interrompe o processo a fim de eliminar de imediato as causas dos defeitos com o intuito de restaurar o processo de produção de forma mais célere e eficaz possível (Al-Araidah et al., 2009).

2.5.5 Mapeamento do Fluxo do Valor

O mapeamento de fluxo do valor representa o conjunto de todas as operações (quer de valor acrescentado, quer de valor não acrescentado) que são necessárias para trazer o produto, ou lote de produtos, através da linha produtiva, começando na chegada da matéria-prima e acabando no cliente.

Permite perceber de forma rápida e eficaz o estado das linhas produtivas, de acordo com a realidade de cada uma, permitindo a detecção de desperdícios e perspectivando assim as melhorias que se poderão implementar no sistema. Retrata não só cada sector produtivo de forma

isolada mas também a relação e o fluxo criado entre todos os sectores, baseando-se não só no fluxo material mas também nos fluxos de informação decorrentes de cada encomenda.

Esta ferramenta pode ser aplicada sucessivamente na busca da perfeição do sistema produtivo, fomentando o conceito Kaizen, retratando e actualizando sempre as melhorias que se poderão efectuar. Este mapa facilita a identificação dos vários tipos de desperdícios existentes nesse fluxo, permitindo delinear a estratégia adequada à sua redução ou eliminação.

A simbologia utilizada é normalizada garantindo a homogeneidade dos mapas fornecendo uma linguagem comum para todas as pessoas em toda a organização, uma vez que este é estudado em conjunto, por membros da empresa respeitantes às diferentes hierarquias com o objectivo de identificar problemas e desperdícios existentes definindo estratégias para os eliminar, contribuindo para o progresso da linha produtiva de forma sustentada (Abdulmalek et al., 2006).

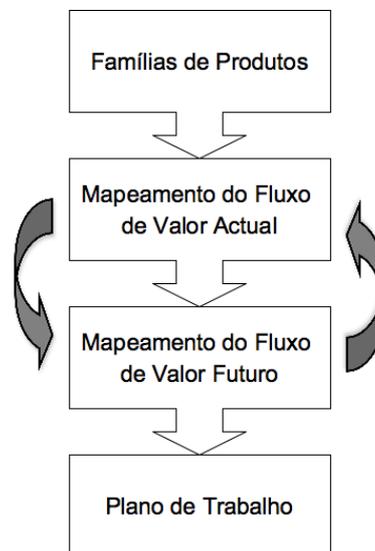


Figura 2.4 – Aplicação do mapeamento do fluxo de valor (Rother & Shook., 1999).

A aplicação desta ferramenta inicia-se com a especificação do que se pretende mapear, se um produto específico ou uma família de produtos. Após este primeiro passo, desenha-se o mapa do fluxo de valor relativo ao estado actual da linha produtiva usando simbologia técnica que permita transpor para o papel as informações úteis e necessárias. Após a análise e identificação dos desperdícios existentes procede-se ao desenho relativo ao estado futuro desejado, definindo-o como objectivo. O plano de trabalhos define o que se deve efectuar para conseguir a passagem do estado actual para o estado futuro. Pelo conceito de Kaizen, esta operativa deve ser cíclica, com o intuito de estar sempre em melhoria contínua, como se pode constatar pela Figura 2.4.

Na Figura 2.5, mostram-se os símbolos mais comuns e o seu significado que normalmente se usam para traçar o mapa de fluxo de valor.

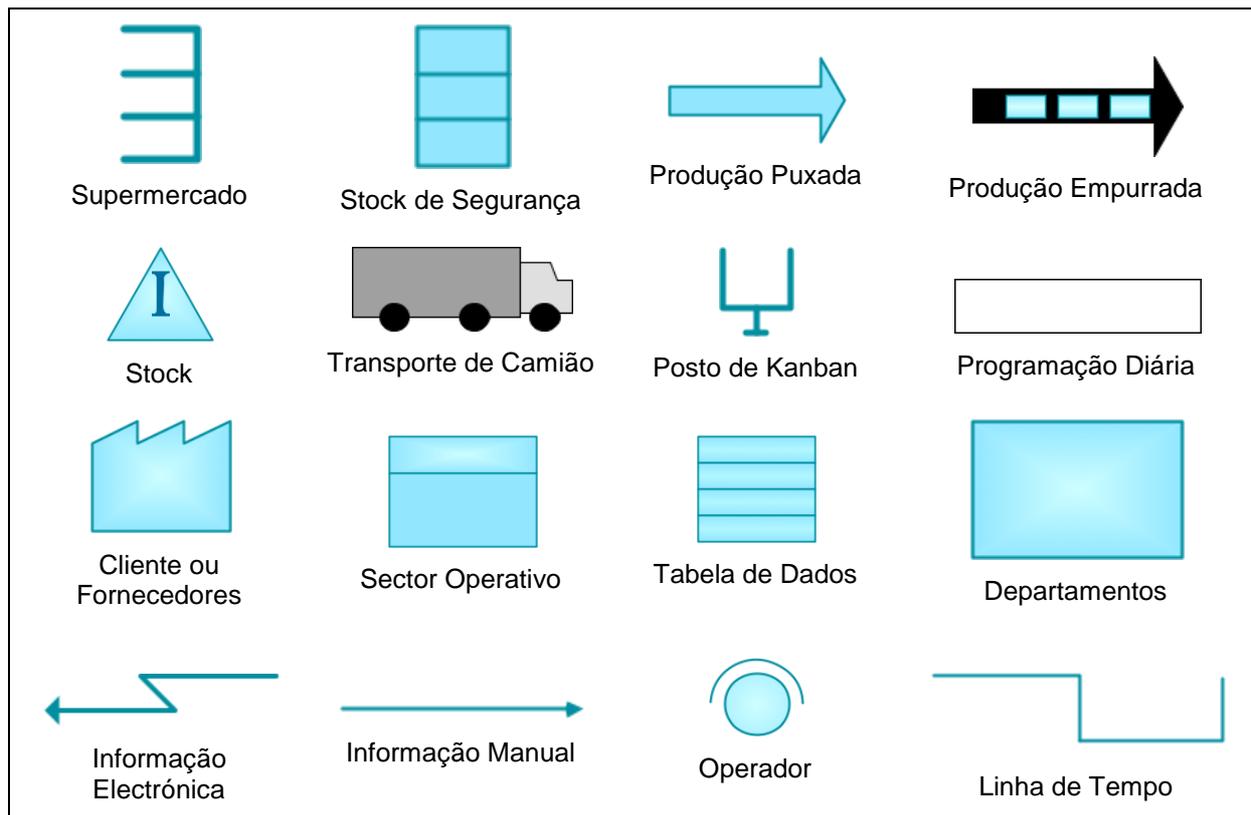


Figura 2.5 – Simbologia aplicada ao mapeamento de fluxo de valor (Adaptado Henriques, 2010).

Em suma, o mapeamento do fluxo de valor deve ser uma prática sistemática nas empresas permitindo o melhoramento do fluxo nas linhas de produção, incitando à prática da melhoria contínua, que se irá reflectir na redução de desperdícios e, conseqüentemente, no aumento da qualidade dos produtos (Bertholey et al., 2009).

2.5.6 5´S

A metodologia designada por 5´S proporciona uma organização de trabalho que visa o desenvolvimento de um ambiente limpo, organizado, com fluxos claramente identificados, com os materiais e as informações prontamente disponíveis, com os procedimentos operacionais normalizados onde se consiga observar um erro ou defeito imediatamente por estar fora do padrão. O desenvolvimento destes novos hábitos e regras de trabalho reduzem significativamente as avarias e as perdas de tempo em actividades usuais.

Os 5´S envolvem directamente as pessoas para procurarem as melhores condições organizativas nos seus postos de trabalho através da racionalização das actividades, da eventual mudança progressiva das equipas de trabalho, tornando-o num ambiente dinâmico, procurando sempre a flexibilização dos operadores, tornando-os multi-facetados e conhecedores de todas as áreas envolventes, permitindo a compreensão global da linha produtiva. Este um factor muito importante na aplicação da filosofia Lean.

É sempre positivo atender aos pedidos dos operadores que pretendam tornar o seu espaço de trabalho mais agradável e mais eficaz (Bertholey et al., 2009).

Este método foi originalmente criado no Japão e traduz o início de cinco palavras japonesas e, curiosamente, também a sua tradução para a língua inglesa. Os 5'S têm origem nas seguintes palavras:

- *Seiri/Sorting* – Escolher – Verificação de material, ferramentas e maquinarias nos sítios certos em determinado posto de trabalho removendo tudo o que for excedentário;
- *Seiton/Straighten* – Ordenar – Organizar todo o material, ferramentas, espaço, etc., de modo a que esteja sempre tudo acessível e alcançável no mínimo espaço de tempo;
- *Seiso/Sweeping* – Varrer – Limpar toda a área de trabalho, equipamentos e máquinas com o intuito de tornar tudo visível e ordenado;
- *Seiketsu/Standardizing* – Normalizar – Utilizar a mesma disposição, o mesmo controlo visual, as mesmas ferramentas por todas as áreas de trabalho para tornar mais fácil a flexibilização dos operadores;
- *Shitsuke/Sustaining* – Manter – Manter e rever as alterações efectuadas com o intuito da melhoria contínua.

Estes foram as cinco palavras originárias que deram o nome ao método, contudo, hoje em dia aplica-se os 6'S, que se deveu à entrada de mais uma palavra inglesa, "Safety", que tem como principal função identificar e corrigir perigos existentes (Leite, 2008).

O verdadeiro benefício da filosofia dos 5'S é que influencia os operadores a serem mais cuidadosos e perfeccionistas pelo gosto do desempenho da sua função em ambientes organizados, gerando menos produtos com defeitos, menos desperdícios, menos atrasos e menos avarias que se traduzem em menos custos de produção e num aumento significativo da qualidade.

Os 5'S são o alicerce para a implementação da filosofia *Lean* (Parrie, 2007).

3. Aplicação de Lean Manufacturing na Linha Produtiva 1 da Fedima Tyres

O presente estudo tem como objectivo principal a inserção dos conceitos da filosofia *Lean* no sistema produtivo da empresa *Fedima Tyres* com o intuito de a tornar mais flexível, mais competitiva e preparada para o futuro. Analisou-se o estado actual do sistema e diagnosticaram-se os eventuais pontos susceptíveis de melhoria, sendo apresentadas, posteriormente, sugestões que conduzam a um estado mais evoluído, sempre de forma sustentada.

Este capítulo inicia-se com a apresentação das metodologias de análise utilizadas, seguida de uma breve descrição da empresa e do seu sistema produtivo actual. Apresenta-se o diagnóstico à linha produtiva escolhida. Procede-se à análise aprofundada sobre os sectores recorrendo ao estudo dos métodos e dos tempos definindo os estranguladores/críticos e finalizando com a apresentação do mapa de fluxo de valor do estado actual. Posteriormente, desenvolvem-se soluções de melhoria que permitam um acréscimo da sua capacidade produtiva terminando com a apresentação do mapa do fluxo de valor do estado futuro da empresa.

3.1 Metodologias de Análise

Para a realização do diagnóstico foi necessária a permanência na empresa durante, aproximadamente, cinco meses, com o objectivo de conseguir uma boa familiarização, não só com o sistema produtivo em si, mas também com os operadores e pessoas responsáveis pela produção.

Com o objectivo de obter um estudo aprofundado sobre o funcionamento da empresa, foi necessário recorrer a vários tipos de análise e observação com o intuito de fundamentar, sólida e estruturadamente, este trabalho e garantir assim resultados que possam ser aplicados no futuro desta empresa.

Apesar de a fábrica possuir três linhas de produção, este estudo baseia-se somente numa, designada por LP1 – Linha Produtiva 1, responsável pela produção de pneus de turismo, comerciais, competição e 4x4. Comparativamente com os restantes, é a que produz o maior número de pneus por dia e com maior diversidade de gamas, modelos e medidas sendo, por isso, mais estimulante para o fim a que este estudo se propõe.

Analisam-se nesta fase, tanto os tempos produtivos como não produtivos, os transportes e os movimentos típicos dos operadores de determinados postos de trabalho recorrendo-se a análises visuais, entrevistas informais, observações instantâneas e a cronometragens. Recorre-se também à análise de implantações de forma a identificar eventuais problemas de acordo com a disposição dos sectores, bem como a sua comunicação a jusante e a montante através da visualização das linhas de fluxo de material actuais.

3.1.1 Estudo dos Métodos

Esta metodologia de análise tem como objectivo a compreensão global da linha produtiva em questão e foi amplamente utilizada ao longo deste estudo de modo a permitir o conhecimento das operações e procedimentos de cada sector. Foram utilizadas duas técnicas de estudo dos métodos que contribuíram para uma análise qualitativa de cada sector e, conseqüentemente, da linha produtiva em estudo.

3.1.1.1 Análise visual

A análise visual é o método de constatação da realidade que permite obter uma noção geral sobre todo o processo de produção. Esta técnica foi utilizada com maior intensidade no início deste estudo e foi de capital importância porque facultou o conhecimento das noções básicas sobre os comportamentos e funções de cada operador, o *modus operandi* de cada posto de trabalho, bem como toda a informação relativa ao *layout* da Linha Produtiva 1. Foi aplicada presenciando, num largo período de tempo e sempre a uma distância significativa do local a ser observado, a actuação de cada operador no normal desempenho das suas funções.

3.1.1.2 Entrevistas informais

Esta ferramenta contribuiu para a consolidação do conhecimento adquirido através da análise visual contribuindo para a obtenção de ideias para eventuais melhorias do sistema. Deu uma noção mais clara e objectiva sobre as responsabilidades de cada operador no seu posto, bem como uma percepção das hierarquias existentes. Ajudou também na identificação de pormenores operativos que não são de fácil verificação visual.

Neste trabalho procedeu-se a diversas entrevistas, sendo o chefe de produção e o engenheiro responsável pela manutenção os que mais vezes foram abordados. Todos os operadores que trabalham nesta linha produtiva foram também entrevistados e contribuíram para o alicerçar dos conhecimentos até então adquiridos.

3.1.2 Estudo dos Tempos

Este estudo foi efectuado recorrendo, principalmente, a duas técnicas: as observações instantâneas e as cronometragens. Ambas permitem analisar o desempenho e/ou eficiência de cada sector da linha produtiva quantificando-a, ou seja, apresentando resultados concretos sobre os tempos operativos de cada posto de trabalho. Estas técnicas foram utilizadas no estudo para determinar os tempos produtivos e não produtivos de cada sector, materializando-os de forma a serem estudados.

3.1.2.1 Observações instantâneas

As observações instantâneas surgiram com o propósito de quantificar a taxa de produção da máquina e do operador nos vários estados operativos. Este método foi utilizado também para distinguir os tempos produtivos dos não produtivos. Consistiu na contabilização faseada de observações em intervalos de um ou cinco minutos, consoante o sector a analisar, representando de forma quantitativa a realidade da Linha Produtiva 1. Esta medição foi efectuada a uma distância significativa de cada sector para que os resultados sejam os mais verdadeiros possíveis, e não alterados pela presença de uma pessoa estranha, causando pressão ou um hipotético excesso de zelo no operador em estudo. Foi através desta análise que se obtiveram os valores percentuais das taxas de trabalho efectivo e das perdas existentes em cada posto dando uma informação válida e concreta sobre as potencialidades de cada sector.

De salientar que foram feitas cerca de três mil e quinhentas medições para esta análise com o intuito de reproduzir fielmente a realidade da Linha Produtiva 1, tarefa extremamente exigente que implica ter um conhecimento abrangente relativamente às funções de cada operador e de cada máquina.

3.1.2.2 Cronometragens

Relativamente às cronometragens, tornaram-se essenciais para medir os tempos efectivos de produção bem como o tempo de ciclo inerente a cada pneu. Esta análise foi feita longe do operador, para não o influenciar minimamente, retratando assim de forma mais real possível o dia-a-dia de cada sector. Consiste na medição temporal contínua da operação que se pretende estudar contribuindo de forma efectiva para a obtenção dos valores que retratam a realidade.

Resumindo, e de acordo com a Figura 3.1, com o intuito de se diagnosticar a Linha Produtiva 1 e detectar os pontos críticos da mesma utilizaram-se quatro técnicas de compreensão e quantificação dos tempos, baseando-se em dois estudos, dos métodos e dos tempos.

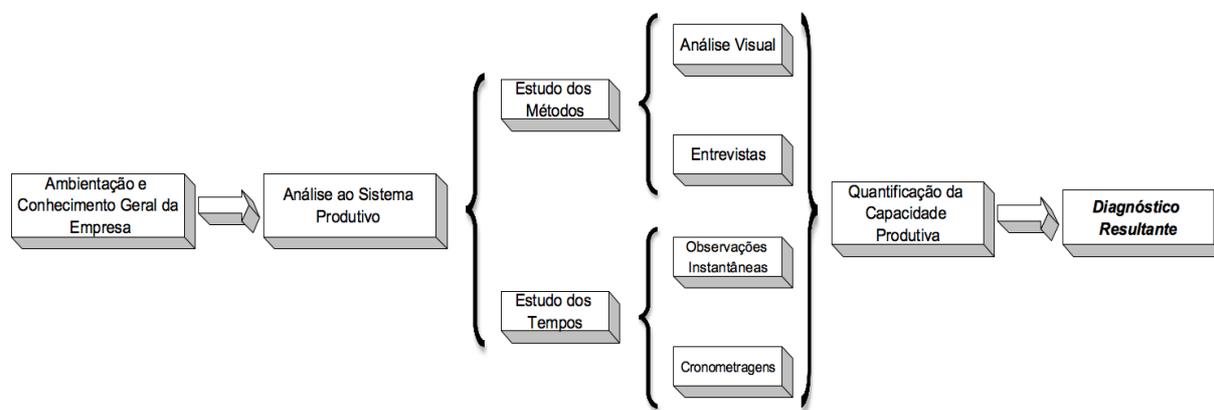


Figura 3.1 – Análise ao sistema produtivo.

3.1.3 Análise das Implantações

Esta fábrica cresceu ao longo de quarenta anos e foi-se moldando consoante as suas necessidades. No intuito de averiguar as disposições físicas actuais da linha produtiva e analisar os percursos efectuados pelos diferentes tipos de produtos bem como pelos operadores, procedeu-se à análise das implantações. Uma boa disposição dos sectores e respectivos postos de trabalho, contribui para a redução de desperdícios como transportes, movimentos e esperas, melhorando a eficiência dos sectores operativos, minimizando os desperdícios referidos. Permite também identificar o espaço ocupado desnecessariamente que pode ser reaproveitado e/ou transformado em espaço útil dando outra perspectiva às reais capacidades da Linha Produtiva 1.

3.1.4 Mapeamento do Fluxo de Valor

Esta técnica foi utilizada para, manifestamente, sistematizar e evidenciar toda a informação obtida na fase do diagnóstico facilitando a visualização dos desperdícios existentes na Linha Produtiva 1. Consistiu na aplicação de simbologia específica onde se elaborou um desenho com toda a informação relevante da realidade actual. Assim, foi possível delinear uma estratégia e elaborar um plano de trabalhos com o objectivo de melhorar a capacidade produtiva da linha em questão.

3.2 Diagnóstico

O presente diagnóstico consiste na apresentação da situação actual do sistema produtivo da empresa, com vista à identificação dos sectores críticos/estranguladores bem como a contabilização dos tempos produtivos e não produtivos dos sectores constituintes da linha. Terá como resultado final a apresentação do mapa do fluxo de valor do estado actual e a sua transição para o estado futuro.

O estudo começa com a apresentação global da empresa, com a descrição e análise do sistema produtivo e cessa com a exposição dos estudos efectuados juntamente com as conclusões obtidas do actual estado produtivo da empresa.

3.2.1 Características de um Pneu

Os pneus são uma parte fundamental em quase todos os tipos de veículos, sendo a única parte que os une ao solo. Resume-se de forma simplificada, através da Figura 3.2, a constituição de um pneu.

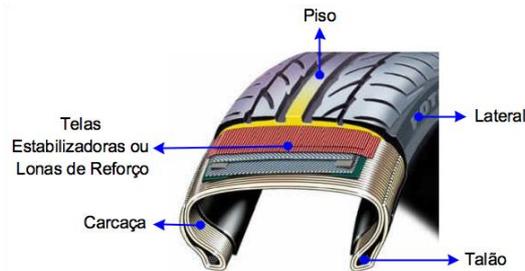


Figura 3.2 – Constituição básica de um pneu.

Relativamente à sua recauchutagem, consiste no reaproveitamento da carcaça e das lonas de reforço, assim que o pneu chega ao fim da sua vida. Este processo devolve-lhe as suas propriedades iniciais, reiniciando a sua utilização. O pneu reconstruído é um produto ecológico, servindo o consumidor sem agredir o meio ambiente, poupando assim os recursos naturais não renováveis.

3.2.2 Enquadramento no Sector Industrial

A recauchutagem é uma actividade presente na indústria portuguesa há mais de 50 anos. Consiste, basicamente, num processo produtivo através do qual ocorre o reacondicionamento de um pneu usado, por aplicação de um novo piso e novas paredes laterais, aproveitando a estrutura do pneu em fim de vida, renovando-o. Por este mesmo motivo, trata-se de uma actividade amiga do ambiente.

As cinco maiores empresas recauchutadoras, entre as quais a *Fedima Tyres*, representam cerca de 80% do mercado de pneus recauchutados. No ano de 2003, foi iniciada a sociedade da Valorpneu que tem como função a gestão de todos os pneus usados em Portugal, sem fins lucrativos, criando e desenvolvendo sistemas que permitem gerir e processar de forma adequada os mesmos. Estes podem seguir quatro caminhos distintos:

- Reutilização;
- Recauchutagem;
- Reciclagem;
- Valorização Energética.

Relativamente União Europeia, Portugal é dos países com a taxa de recauchutagem mais elevada e que mais recicla os pneus que consome.

De acordo com a Associação Nacional dos Industriais da Recauchutagem de Pneus (ANIRP), a recauchutagem contribui para a poupança significativa de encargos com os pneus, contribuindo para um aumento da competitividade das empresas, (Valorpneu, 2007).

Actualmente existem cerca de 35 recauchutagens em Portugal. Relativamente à aplicação da filosofia *Lean*, apurou-se que nenhuma tem implementado este sistema produtivo em Portugal.

Somente agora, as grandes empresas internacionais que fabricam pneus novos começaram a dar os primeiros passos neste sentido, criando departamentos específicos que estudam e aplicam a filosofia com o objectivo de responder à grave crise económica em que o Mundo submergiu, são os casos da Michelin, GoodYear e Continental, por exemplo.

3.2.3 Apresentação da Empresa

A *Fedima Tyres*, em actividade desde 1969, é uma das maiores empresas portuguesas no sector da recauchutagem e da reconstrução de pneus. Com cerca de 110 colaboradores e com uma produção diária que ronda os 900 pneus, a *Fedima Tyres* assume-se como a empresa do sector com “A Produção Mais Variada do Mundo”, apostando fortemente na constante inovação de produtos. A empresa detém desde 1990 duas marcas registadas, a FEDIMA e a CAFEMA. Produz pneus das mais variadas gamas, desde turismo, comerciais, 4x4, competição, camião, agrícolas e industriais. Em 1998 foram efectuadas obras de remodelação das instalações que permitiram uma melhoria significativa da estrutura fabril e das condições de trabalho dos colaboradores tendo obtido a certificação do grupo Bridgestone/Firestone Europe.

É uma empresa certificada de acordo com a norma NP EN ISO 9001:2000 no âmbito do Sistema Português da Qualidade há mais de uma década. Os seus produtos encontram-se homologados desde Abril de 2002 de acordo com os regulamentos 108 e 109 da CEE/NU.

Em 2009 o volume de facturação chegou aos 8.200.000€, tendo a exportação um peso de mais de 50% do volume total. Entre os principais mercados de exportação estão a Espanha, a França, a Irlanda, a Holanda, a Inglaterra, a Bélgica, a Holanda, a Alemanha, a Grécia, os PALOP’s, entre um total de 40 países. Com produtos de qualidade que surgem como uma boa alternativa aos pneus novos, apresentando boas prestações a uma preço substancialmente mais reduzido, a empresa tem assim garantido os seus serviços e postos de trabalho, apesar da crise mundial onde está inserida.

A empresa localiza-se em Alcobaça, distrito de Leiria, perto da Auto-Estrada A-8, na saída 22, indicativa de Valado dos Frades, Nazaré, Alcobaça



Figura 3.3 – Fotografia aérea da fábrica.

Tabela 3.1 – Dados gerais da fábrica.

DADOS GERAIS DA EMPRESA
Nome: Recauchutagem 31, SA.
Morada: Ponte D. Elias, Apartado 35, 2461-957 Alcobaça - PORTUGAL
Ano de Constituição: 1969.
Número de Trabalhadores: 100.
Facturação em 2009: 8.200.000 €
Número de Países para onde exporta: 40.
Marcas Registadas: Fedima e Cafema.

3.2.4 Descrição do Sistema Produtivo em Estudo

A *Fedima Tyres* possui duas naves independentes. A primeira onde são produzidos todos os pneus das gamas turismo, comerciais, 4x4, competição autocross, camião e autocarro. A segunda onde se produzem toda a gama de pneus industriais e agrícolas.

A nave 1 possui uma elevada capacidade produtiva com duas linhas independentes a trabalhar em paralelo, Linha de Produção 1 e Linha de Produção 2. A primeira é responsável pela produção de pneus de turismo, comerciais, 4x4, autocross e de competição, e a segunda pela produção de pneus de camião e autocarro. Este estudo aborda exclusivamente a primeira linha produtiva pois é aquela que apresenta a cadência mais elevada.

Trabalha 24 horas diárias, em três turnos sendo que o número de operários é extremamente variável consoante o horário de trabalho, com um máximo de 80 trabalhadores e um mínimo de três ao terceiro turno.

3.2.4.1 Layout

Com o intuito de ilustrar a disposição dos sectores produtivos desta linha, criou-se o seu *layout* juntamente com o desenho das principais linhas de movimentação do material, desde a chegada à fábrica até à chegada ao “monta-cargas” que transporta o material já vulcanizado para a expedição, no piso inferior desta planta, Figura 3.4. Definiram-se os seguintes sectores e áreas:

- Sector 1 – Inspeção Inicial;
- Sector 2 – Raspagem;
- Sector 3 – Aplicação de Cola;
- Sector 4 – Extrusão;

- Sector 5 – Equilibragem;
- Sector 6 – Aplicação de Borracha Lateral;
- Sector 7 – Vulcanização;
- Área 1 – Espaço destinado a acolher as carcaças não inspeccionadas;
- Área 2 – Espaço destinado a carcaças inspeccionadas.

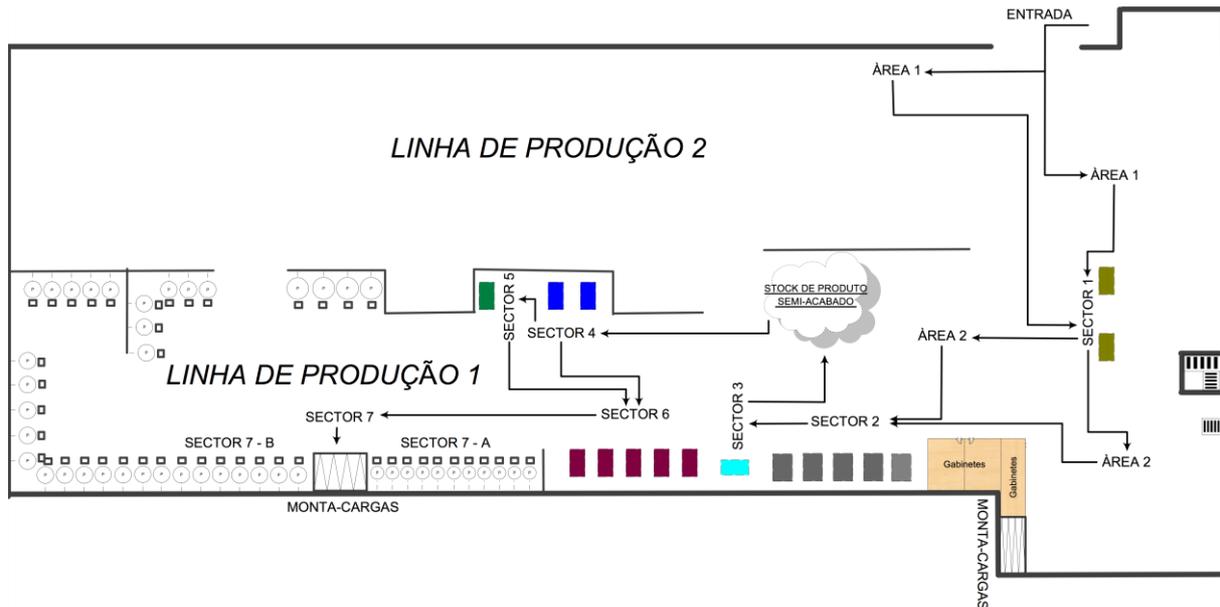


Figura 3.4 – Layout actual da Linha Produtiva 1.

Devido ao facto de ser uma fábrica cavada no sopé de um monte, que cresceu consoante as necessidades dos tempos de outrora, levou a que o seu alinhamento não fosse o desejado, gerando alguns problemas e constrangimentos ao nível organizacional dos sectores, como se irá constatar posteriormente, Figura 3.5.



Área 1



Área 2

Figura 3.5 – Fotografias ilustrativas da matéria-prima existente.

3.2.4.2 Família de Produtos

Como foi dito anteriormente, este trabalho estuda exclusivamente a Linha de Produção 1, que produz uma vasta gama de pneus de turismo, comerciais, 4x4, autocross e competição. Torna-se necessário desenvolver uma classificação que agrupe os pneus de acordo com o processo produtivo bem como o tempo de produção de cada unidade, sabendo que esse agrupamento de produtos similares representa a realidade da linha produtiva em estudo. Sabendo isto, foram considerados três processos que reflectem a realidade da Linha Produtiva 1:

- Família 1 - Pneus para a gama de turismo, comerciais e autocross;
 - Apresentam desenhos para utilização específica em estrada, com uma medida de jante a variar entre as 13" e as 17". Distinguem-se dos demais por apresentarem tempos de produção muito inferiores comparativamente às restantes gamas, com menor exigência técnica ao nível de operação manual.
- Família 2 - Pneus para a gama de 4x4 OFF-Road e Competição;
 - Maioritariamente para utilização fora de estrada, apresentam uma variação do tamanho de jante, entre as 15" e as 17". São muito exigentes ao nível do operador, pois necessitam de um forte incidência lateral para permitir não só o reforço da mesma como também as inscrições agressivas que estes pneus possuem.
- Família 3 - Pneus da gama 4x4 de modelos ON-Road;
 - Tem como principal característica a utilização em terrenos mistos (asfalto/terra) com uma variação do tamanho de jante entre 15" e as 17", são também exigentes ao nível do operador e representam a única gama de pneus com necessidade de ser equilibrados antes da sua vulcanização para garantir uma uniformidade relativamente à distribuição da massa de borracha ao longo da periferia do pneu em questão.

Todos os tipos de pneus englobados nestas famílias e produzidos nesta linha são alvo deste estudo.



Família 1



Família 2



Família 3

Figura 3.6 – Fotos ilustrativas dos pneus produzidos na LP1.

3.2.4.3 Torres de transporte

Actualmente as carcaças são depositadas na fábrica e armazenadas em altura fazendo pilhas de medida variável. Assim que são necessárias, são colocadas em torres de transporte que facilitam a deslocação destes acompanhando-os ao longo de toda a linha produtiva. Actualmente cada torre transporta em média quinze pneus da Família 1 e doze pneus relativamente às Famílias 2 e 3 pois são de maiores dimensões. Define-se a dimensão dos lotes nesta capacidade, pois são as que se usam actualmente e têm demonstrado ser necessárias e suficientes visto que garantem o actual fluxo produtivo. Na Figura 3.7 mostram-se as torres em questão.

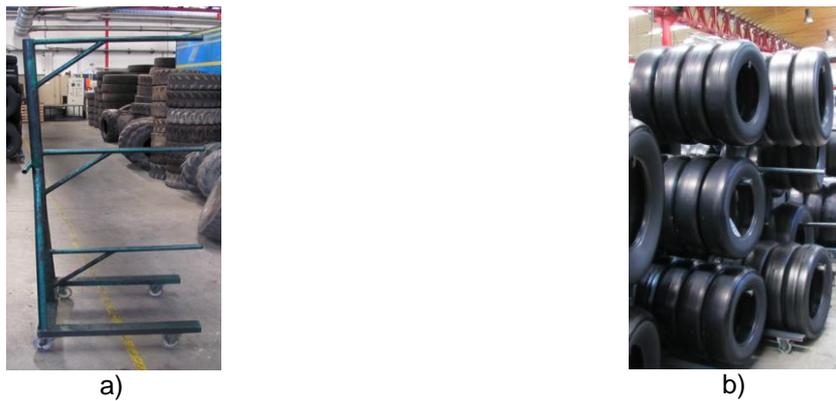


Figura 3.7 – Torre de transporte vazia e carregada, respectivamente.

Normalmente, cada uma destas torres faz-se acompanhar por uma placa informativa com algumas das especificações necessárias para a produção de determinado pneu, como por exemplo, o tipo de borracha a utilizar, as medidas da carcaça e do pneu final, entre outras. Estas especificações são variáveis e não abordam toda a informação necessária aos operadores para efectuarem um trabalho independente, tendo posteriormente a necessidade de perguntar ao chefe de produção os dados em falta. Na Figura 3.8 estão três exemplos dessas placas.



Figura 3.8 – Placas informativas existentes nas torres de transporte.

3.2.4.4 Definições de Posto de Trabalho

A Tabela 3.2 apresenta as principais definições simplificadas de cada posto de trabalho.

Tabela 3.2 – Função principal de cada sector operativo.

SECTOR	DEFINIÇÃO
1 - <i>Inspecção Inicial</i>	Procede-se à análise do estado da matéria-prima.
2 - <i>Raspagem</i>	A borracha original do piso e laterais do pneu é removida obtendo-se exclusivamente o compósito base.
3 - <i>Aplicação de Cola</i>	Consiste na pulverização de um composto de cola líquido que banha toda a zona exterior do compósito.
4 - <i>Extrusão</i>	Aplica borracha pré-vulcanizada no piso do compósito.
5 - <i>Equilibragem</i>	Garante a uniformização da distribuição da massa de borracha ao longo da periferia do pneu.
6 - <i>Aplicação de Borracha Lateral</i>	É responsável pela aplicação de tiras de borracha pré-vulcanizada na lateral de cada pneu.
7 - <i>Vulcanização</i>	Procede à aplicação de calor e pressão através do molde dando-lhe a forma e propriedades desejadas para a função.
8 - <i>Inspecção Final</i>	Consiste na análise do produto final com o intuito de detectar eventuais imperfeições.
9 - <i>Acabamento</i>	Remoção de pequenos excessos de borracha derivados da vulcanização.

De sublinhar que os sectores produtivos designados por inspecção final e acabamento trabalham não só com os pneus produzidos na Linha Produtiva 1, como também com os pneus obtidos nas restantes linhas situando-se todos no piso inferior da fábrica.

3.2.4.5 Fluxo de produção geral

A reconstrução de um pneu é um processo composto por diversas etapas, desde a chegada da matéria-prima, até à sua transformação para produto final. Apresenta um controlo de qualidade elevado mas com uma entropia específica associada a cada sector que compõe a linha produtiva.

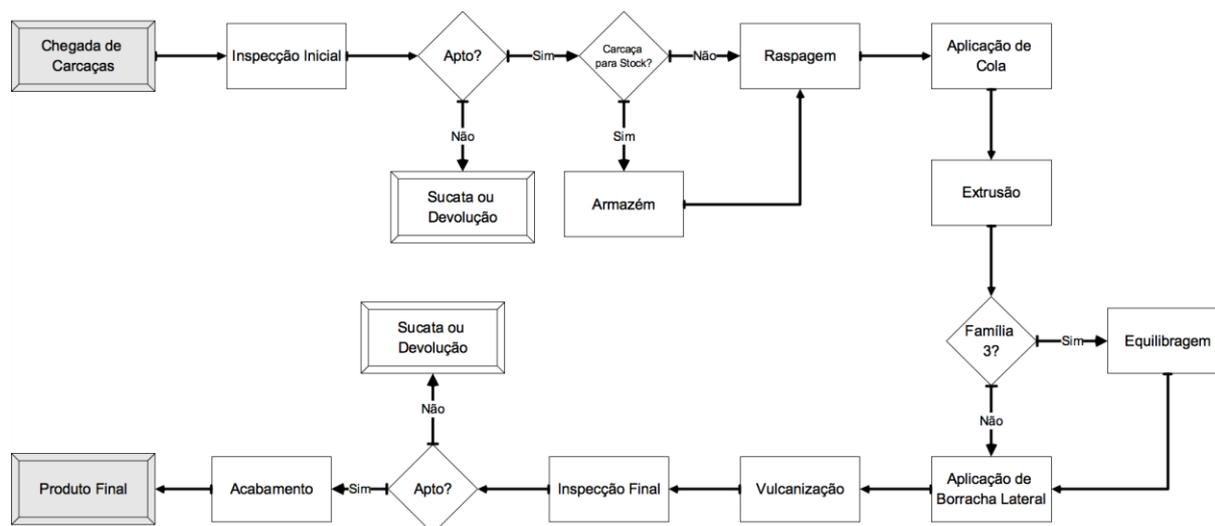


Figura 3.9 – Fluxo de fabrico genérico.

3.2.5 Análise dos Tempos e Diagnóstico Resultante

Nesta fase do trabalho procede-se à apresentação dos resultados decorrentes das observações instantâneas e cronometragens, quantificando-se os valores que traduzem a realidade nesta linha de produção. Com esta informação pretende-se avaliar o estado do processo e identificar eventuais aspectos com potencial de melhoria do sistema.

3.2.5.1 Taxa de ocupação de cada sector

A taxa de ocupação de um sector representa a relação entre o tempo total produtivo e o número de horas disponíveis de trabalho. Estimando este valor, percebe-se qual, ou quais, os sectores que estão em sobrecarga de trabalho actualmente. É de capital importância perceber porque é que esta sobrecarga acontece de forma a evitar a existência de sectores estranguladores e contribuir para uma linha produtiva com maior capacidade de resposta.

Com os números exactos dos pneus produzidos no primeiro trimestre do ano de 2010, assumindo que estes valores são representativos de produção global, e com a contabilização dos dias úteis que a fábrica laborou (61 dias), consegue-se saber o número médio de pneus produzidos por dia. Estes valores foram fornecidos pelo departamento de produção da fábrica, Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Número de pneus produzidos no primeiro trimestre de 2010.

Família	NT	NMD
1	19189	315
2	10375	170
3	11891	195

Legenda: **NT** – Número Total de pneus produzidos no trimestre.

NMD – Número Médio de pneus produzidos por Dia útil.

Através de cronometragens, contabilizaram-se inúmeras medições que possibilitaram obter os tempos de ciclo médio de cada sector, ou seja, o tempo decorrido entre o início de uma operação em duas peças subsequentes, estimando-se assim o valor temporal de produção de um pneu.

Assume-se os valores temporais como (*hh:mm:ss*), respectivamente, referente a horas, minutos e segundos.

Tabela 3.4 – Apresentação dos tempos de ciclo médios em cada sector - TC.

Sector	Família 1	Família 2	Família 3
<i>Inspecção Inicial</i>	00:01:33	00:01:47	00:01:47
<i>Raspagem</i>	00:01:39	00:02:03	00:02:03
<i>Aplicação de Cola</i>	00:00:33	00:00:35	00:00:35
<i>Extrusão</i>	00:01:46	00:02:15	00:02:15
<i>Equilibragem</i>	-	-	00:01:35
<i>Aplic. De Borracha Lateral</i>	00:02:47	00:06:41	00:06:41
<i>Vulcanização</i>	00:48:12	01:14:26	01:14:26
<i>Inspecção Final</i>	00:01:22	00:01:27	00:01:27
<i>Acabamento</i>	00:00:49	00:01:13	00:01:13

Através do conhecimento adquirido na fábrica, obteve-se a informação relativa aos postos de trabalho existentes em cada sector e aos turnos praticados nos mesmos. Desta informação obteve-se o número de horas teóricas de trabalho, ou seja, o tempo disponível de trabalho que existe em cada posto e, conseqüentemente, em cada sector.

Com o tempo de ciclo médio de cada posto de trabalho, procede-se à análise por famílias, de forma a saber o número de horas de trabalho necessárias para a produção actual da linha (1).

$$NTHN = \sum_{i=1}^3 (TC_i \times NMD_i) \quad (1)$$

De realçar que para a obtenção das taxas de ocupação, consideraram-se os pneus rejeitados, ou seja, em que se despence tempo de trabalho e depois acabam por não serem fabricados. Segundo informação fornecida pelos responsáveis da produção, existe uma perda média de 13,5% de unidades no sector da Inspecção Inicial e, posteriormente, estima-se que 8% das unidades que chegam ao sector da raspagem também sejam rejeitadas. Relativamente aos outros sectores, considera-se desprezável a taxa de rejeitados que apresentam, como se demonstra na Figura 3.10.

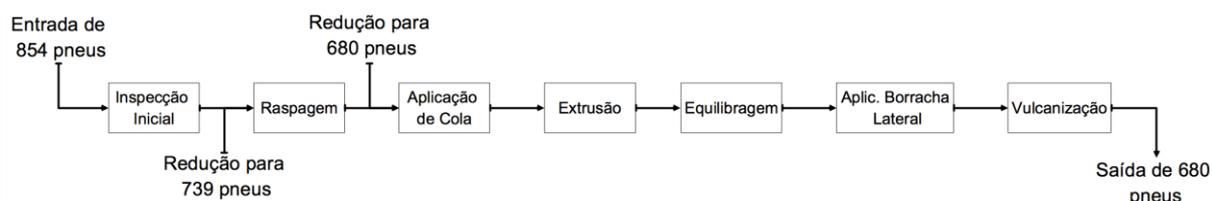


Figura 3.10 – Fluxo informativo da rejeição de pneus.

Surge então a necessidade de calcular as taxas de ocupação de cada sector onde facilmente se constatará, qual ou quais, laboram em esforço para conseguirem atingir a produção média diária actual, considerada em seiscentos e oitenta pneus por dia, Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Apresentação da taxa de ocupação existente em cada sector.

Sector	Família	NPT	NHTD	NHNPF	NTHN	TO
Inspeção Inicial	1	4	32	9,97	23,28	72,75%
	2			6,21		
	3			7,10		
Raspagem	1	5	40	8,78	22,25	55,63%
	2			6,29		
	3			7,18		
Aplicação de Cola	1	1	8	2,18	4,92	61,50%
	2			1,27		
	3			1,47		
Extrusão	1	2	32	9,28	22,97	71,78%
	2			6,38		
	3			7,31		
Equilibragem	1	1	8	0	5,15	64,32%
	2			0		
	3			5,15		
Apl. Borracha Lateral	1	5	56	14,61	55,23	98,63%
	2			18,90		
	3			21,72		
Vulcanização	1	45	1080	253,05	706,86	65,36%
	2			210,90		
	3			241,91		
Inspeção Final	1	5	40	7,18	16,00	40,00%
	2			4,11		
	3			4,71		
Acabamento	1	5	40	4,29	11,69	29,23%
	2			3,45		
	3			3,95		

Legenda: **NPT** – Número de Postos de Trabalho;
NHTD – Número de Horas de Trabalho Disponíveis;
NHNPF – Número de Horas Necessárias Por Família;
NTHN – Número Total de Horas Necessárias;
TO – Taxa de Ocupação.

Através da análise desta tabela considera-se que existe um sector a trabalhar nos seus limites - a aplicação de borracha lateral - com valores ocupacionais superiores a 90% designando-se este como o sector crítico do sistema. Este valor era expectável, pois através da análise visual desta

parte da linha produtiva, verifica-se algum inventário significativo a montante, gerando a confusão sobretudo nos sectores adjacentes.

Existem também dois sectores com taxas de ocupação extremamente baixas comparativamente aos restantes, a inspecção final e o acabamento. A existência destes dados deve-se ao facto de serem ambos multisectoriais, ou seja, trabalham com todos os pneus provenientes das três linhas de produção existentes na fábrica e não exclusivamente com os da Linha Produtiva 1. Por este motivo, a análise a estes dois sectores não será efectuada.

Actualmente, em média, são produzidos 680 pneus por dia onde o sector crítico do sistema apresenta um valor ocupacional de 98,63%. Conclui-se que esta linha produtiva apresenta problemas de flexibilidade, pois não possui grande capacidade de resposta a picos de encomendas.

3.2.5.2 Estudo dos Sectores Produtivos

Para estudar os sectores produtivos procedeu-se à utilização das observações instantâneas, ferramenta que permitiu captar as diferentes fases do ciclo operativo quantificando percentualmente as eventuais perdas. Discriminaram-se quatro estados essenciais de cada posto:

- Tempo em Produção Efectiva – Equivale à percentagem de tempo em que a máquina está efectivamente a produzir. Representa o tempo com valor acrescentado.
- Tempo em Alimentação – Corresponde à percentagem temporal em que a máquina está a ser alimentada pelo operador. Representa uma fracção do tempo sem valor acrescentado.
- Tempo em Espera – Equivale ao espaço temporal em que a máquina, por diversos motivos, não se encontra a produzir. Representa uma fracção do tempo sem valor acrescentado.
- Tempo de Setup – Corresponde à percentagem do tempo em que a máquina está em não produção apesar de estarem a ser efectuadas operações para alteração da produção.

Este estudo efectuou-se com o registo das observações em intervalos de minuto a minuto, excepto para o sector da vulcanização que, como possui um tempo de produção mais longo, se optou por registar as observações de cinco em cinco minutos.

3.2.5.2.1 Inspeção inicial

Esta operação consiste na análise da matéria-prima recém-chegada à fábrica. É uma operação de especial importância e de rigor máximo, pois a sua correcta apreciação determina directamente a qualidade, ou não, do produto final.



Figura 3.11 – Fotografia Ilustrativa do PT em questão.

É composto por quatro postos de trabalho, dois existentes na fábrica, junto à linha de produção e outros dois existentes nos “Lotes 10 e 11”, armazém separado da fábrica cerca de 3 km, onde se armazena regularmente carcaças e se procede também à sua inspeção. Designa-se então por Inspeção Inicial 1 o sector existente nos “Lotes 10 e 11”, para onde normalmente se dirigem as carcaças vindas do estrangeiro, sobretudo de Espanha, e por Inspeção Inicial 2, o sector existente na fábrica, vocacionado principalmente para a análise de carcaças vindas do mercado nacional.

Todos trabalham exclusivamente pneus para produção na LP1, num horário de oito horas úteis por posto.

Neste sector os operadores estão incumbidos de analisar o estado das carcaças e proceder pequenas reparações que não ponham em causa a qualidade do material, como por exemplo, furos. Na Figura 3.12, constata-se os valores referentes ao actual modo de funcionamento do sector.

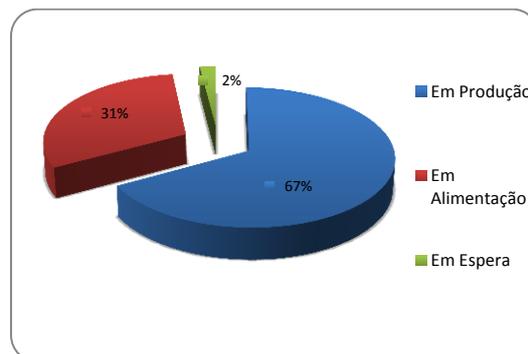


Figura 3.12 – Taxa de produção das máquinas do sector – Inspeção Inicial.

Este posto de trabalho possui uma cadência elevada considerando o tempo de ciclo medido. A função do operador é, exclusivamente, colocar a carcaça na máquina, analisar o seu estado, reparar alguma anomalia existente, e passar à carcaça seguinte. Este procedimento origina um valor percentual significativo de tempo de alimentação pelo facto das análises serem curtas e repetitivas. Quanto ao tempo de espera não é um valor relevante comparativamente aos restantes estados apresentados.

3.2.5.2.2 Raspagem

A raspagem consiste na remoção da borracha existente para se obter exclusivamente o compósito base que será a estrutura do novo pneu. De salientar que cerca de 8% das carcaças raspadas apresentam defeitos não detectados na inspeção inicial o que obriga a um olhar atento sobre o estado do compósito.



Figura 3.13 – Imagem do posto de trabalho em questão.

Este sector de produção é composto por cinco máquinas a trabalhar num turno de oito horas diárias.

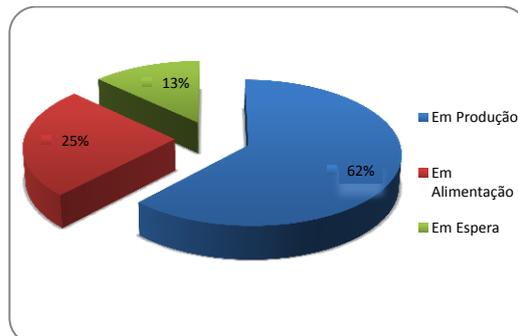


Figura 3.14 – Taxa de produção das máquinas do sector - Raspagem.

Pela análise da Figura 3.14 constata-se facilmente que quase metade do tempo é utilizado em funções sem valor acrescentado. Como principal causa, surge o tempo de alimentação da máquina que advém da cadência do posto pois possui tempos de ciclo curtos fazendo com que a máquina seja frequentemente alimentada.

Possui 62% do tempo em produção onde as carcaças são efectivamente raspadas podendo surgir algumas que necessitam também de ser escarificadas¹, obrigando o operador a tratar desta operação em prol da raspagem do pneu propriamente dita. É importante salientar que esta operação é intrínseca a este posto, sendo um trabalho adicional ao seu âmbito.

¹ Escarificação – Operação de limpeza de fissuras que não comprometam a qualidade do produto final.

Por fim, aparece o tempo que a máquina está em espera originado, principalmente, pela necessidade de transportar os produtos já raspados para a secção seguinte. Estes operadores também apoiam com alguma regularidade a descarga de camiões com carcaças por inspeccionar, contribuindo também para este valor em que a máquina fica em espera.

Apresenta-se na Figura 3.15 a única folha de obra disponibilizada pelo chefe de produção para todo o sector com a ordem de trabalhos pretendida.

Figura 3.15 – Folha de obra informativa fixada no PT.

A folha de obra em questão, é uma solução que não é prática e pode induzir os operadores em equívocos, pois está afixada junto dum único posto de trabalho, sendo que os restantes operadores se têm que deslocar a este para tomarem conhecimento relativamente ao novo lote de pneus a trabalhar.

3.2.5.2.3 Aplicação de cola

A aplicação de cola é uma operação distinta de todas as outras no que se refere à cadência. Caracteriza-se por ser o posto de trabalho com o tempo de ciclo mais curto e que, por esse motivo, só necessita de estar activo em determinadas alturas do dia.



Figura 3.16 – Fotografia ilustrativa do PT do sector da Aplicação de Cola.

Este sector de produção é constituído unicamente por um posto de trabalho estando activo num único turno. Como apresenta uma cadência elevada comparativamente aos restantes, acontece com frequência encontrar-se na situação de não produção durante o horário normal de trabalho.

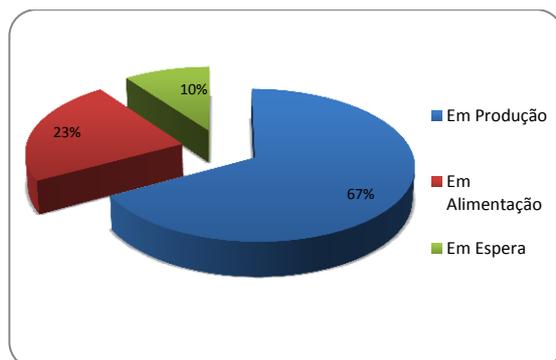


Figura 3.17 – Taxa de produção das máquinas do sector – Aplicação de Cola.

Através da observação deste gráfico da Figura 3.17, constata-se que este posto contém uma taxa de ocupação elevada comparativamente aos estados sem valor acrescentado.

Devido à cadência muito elevada deste posto, é necessária uma constante troca de produto na máquina que contribui para um elevada percentagem de tempo em alimentação. Este facto contribui também para a criação de um espaço físico na linha produtiva denominado por “Stock de Produto Semi-Acabado” pois este sector trabalha independentemente da necessidade do sector a jusante. Esta zona está preenchida exclusivamente com pneus raspados com cola aplicada, aguardando a entrada para o sector seguinte ocupando um espaço considerável na linha de produção, Figura 3.18. Esta situação incorre num desperdício identificado pela filosofia em estudo.

Relativamente ao tempo de espera, reflecte sobretudo a necessidade de transportar os pneus com cola aplicada para espaço referenciado.



Figura 3.18 – Zona de Stock de Produto Semi-Acabado.

3.2.5.2.4 Extrusão

Esta operação caracteriza-se pela aplicação de borracha, no seu estado pré-vulcanizado, no piso da carcaça, numa quantidade predefinida, como se constata na Figura 3.19.



Figura 3.19 – Fotografia ilustrativa do PT existente no sector da Extrusão.

Este sector produtivo é composto por dois postos de trabalho e laboram, no seu conjunto, trinta e duas horas divididos em dois turnos. No primeiro, ambas as máquinas produzem cada uma com o seu operador. No segundo turno, as duas máquinas permanecem activas mas apenas por um operador. Através das observações instantâneas obtiveram-se as percentagens de tempo ocupacional para cada posto de trabalho bem como o gráfico geral representativo do comportamento do sector, como se pode visualizar através das Figuras 3.20 e 3.21. As observações instantâneas efectuadas a este sector são referentes unicamente ao primeiro turno.

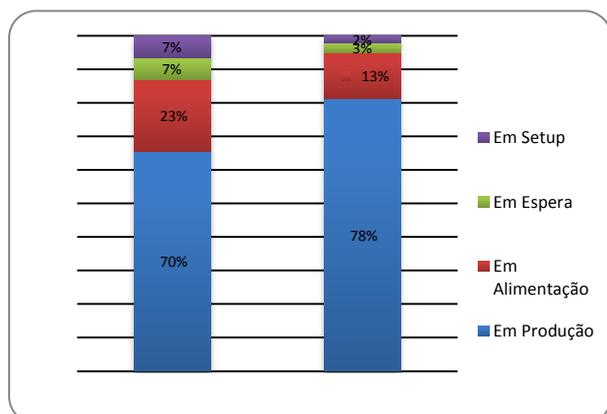


Figura 3.20 – Tempos produtivos individualizados de cada extrusora.

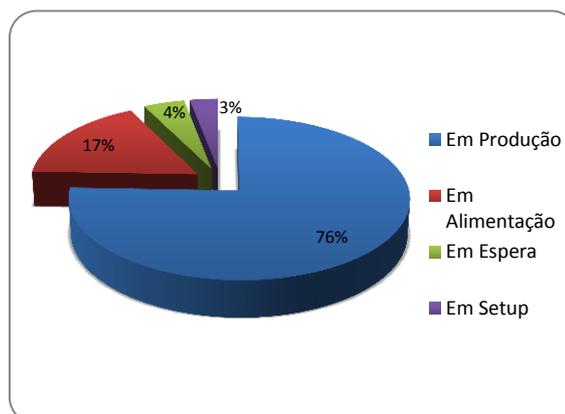


Figura 3.21 – Taxa de produção das máquinas do sector – Extrusão.

Através da análise desta figura apura-se que as duas extrusoras possuem um nível ocupacional produtivo elevado comparativamente aos restantes estados analisados.

Quanto à alimentação da máquina, surge em ambos os casos, como o principal estado sem valor acrescentado.

O tempo de setup contabilizado deve-se ao facto da necessidade de trabalhar produtos com características diferentes das que se estavam a utilizar, que requer uma nova parametrização do sistema. Também pelo facto de, por exemplo, existirem algumas medidas de alguns modelos de pneus (cerca de quinze) em que é o próprio operador da extrusora que aplica a borracha lateral numa máquina auxiliar fazendo com que a extrusora perca alguma da sua rentabilidade.

Relativamente ao tempo de espera surge pela necessidade do operador se deslocar à zona de “Stock de Produtos Semi-Acabados” de forma a aproximar os lotes de pneus para junto do seu posto de trabalho.

3.2.5.2.5 Equilibragem

O sector da equilibragem é o único aqui estudado que trata exclusivamente de pneus relativos a uma única família. Consiste na aplicação de pequenas tiras de borracha pré-vulcanizada no piso garantindo uma distribuição uniforme da massa no pneu.



Figura 3.22 – Fotografia Ilustrativa do PT.

É composto por um único posto de trabalho que labora algumas horas do único turno que efectua. Actualmente, podem operar nesta máquina dois operadores entre os quais um dos operadores pertence ao sector da vulcanização que se desloca a este para efectuar o trabalho, em detrimento do seu sector original.

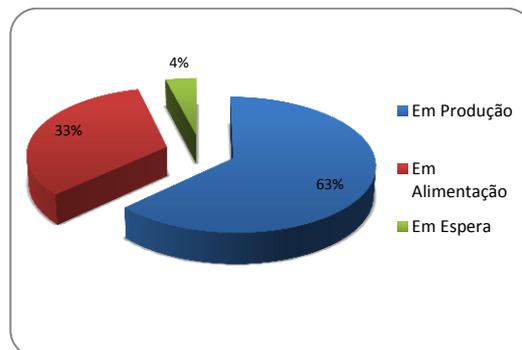


Figura 3.23 – Taxa de produção das máquinas do sector - Equilibragem.

É importante salientar que para a obtenção destes valores, tal como no sector da aplicação de cola, não se contabilizou o tempo em que o posto está inactivo, ou seja, somente a partir do momento em que a máquina é ligada e um dos operadores decidiu iniciar a tarefa é que se procedeu à análise, isto porque não há um tempo destinado de trabalho, tanto pode estar algum tempo em que simplesmente não trabalha e vai acumulando pneus a montante, ou num só dia, trabalhar por diversas vezes escoando o produto necessário. Devido a este facto, contribui para a formação de um stock, normalmente exagerado, de produto semi-acabado entre sectores originando uma má fluência do produto.

Como principal tempo não produtivo surge a alimentação da máquina devido ao facto de, cada vez que se troca de pneu, a montagem e desmontagem da jante de apoio ser uma operação manual com uma considerável ocupação de tempo relativamente ao tempo de operação efectiva.

Os 4% de tempo de espera que se verifica, provém da confusão que circunda o espaço de trabalho com torres de produto por equilibrar e por falta de organização de trabalho, como se pode constatar pela Figura 3.24.



Figura 3.24 – Fotografia ilustrativa do ambiente em redor do sector.

3.2.5.2.6 Acabamento de Borracha Lateral

Esta operação define-se pela aplicação de tiras de borracha pré-vulcanizada nas duas laterais dos pneus, finalizando a preparação destes para a vulcanização.



Figura 3.25 – Fotografia ilustrativa dum PT do sector do ABL.

É composto por cinco postos de trabalho e labora em dois turnos, perfazendo um total de cinquenta e seis horas de trabalho disponíveis correspondentes a cinco operadores no primeiro turno e a dois no segundo. No primeiro, os cinco estão a produzir e no segundo somente dois postos dão continuidade ao trabalho. Este sector de produção assume-se como o principal desta linha produtiva. É aqui que se controla toda a dinâmica produtiva pois é neste sector que se gere e determina qual, ou quais, os pneus prioritários para a entrada na última fase de produção.

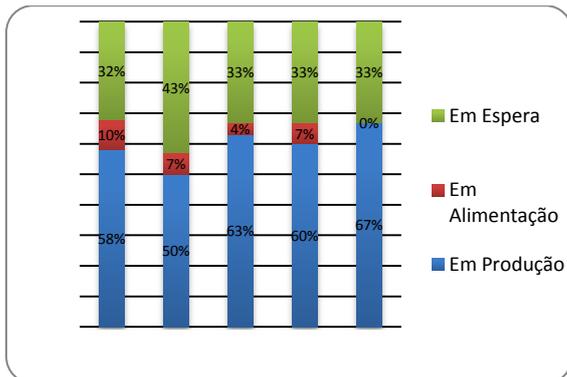


Figura 3.26 – Percentagens de ocupação por PT.

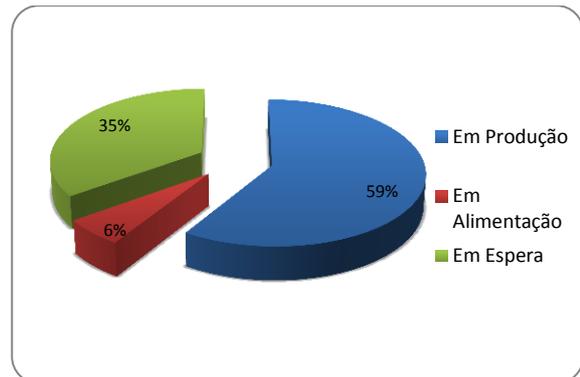


Figura 3.27 – Taxa de produção das máquinas do sector – ABL.

Procedendo ao estudo dos gráficos obtidos através das observações instantâneas efectuadas ao sector, Figura 3.26 e 3.27, constata-se que a percentagem de tempo sem valor acrescentado existente é significativa pois representa mais de um terço do tempo total disponível para produção. É necessário compreender o porquê deste valor para reduzir as perdas existentes e conseguir viabilizar este sector de forma a não apresentar valores limitadores do fluxo produtivo.

Relativamente à alimentação do posto, prende-se com a alimentação efectiva da máquina e sendo essa uma função obrigatória, não se efectua a sua análise considerando como normal o tempo apresentado.

Quanto ao tempo em espera é significativo e convém dissecar o motivo deste para se compreender a realidade deste posto.

3.2.5.2.7 Análise da Rotina de Trabalho de cada Operador

O operador que trabalha neste sector está incumbido de diversas obrigações. A saber:

1. Alimentar a máquina;
2. Aplicar as tiras de borracha na lateral do pneu;
3. Transporte I - Transportar os pneus já trabalhados para a prensa que os irá vulcanizar;
4. Em Análise - Analisar a área da vulcanização para saber que prensa está a precisar de pneus;
5. Especificação - Saber a medida dos pneus que estão em falta em determinada prensa;
6. Transportes II - Deslocar-se à saída do sector da Extrusão ou Equilibragem para ir procurar e transportar o novo lote de pneus e começar de novo o ciclo produtivo.

Destas operações, só as duas primeiras são efectuadas junto à máquina de acabamento lateral, sendo que só uma acrescenta valor ao produto, todas as outras são funções sem valor acrescentado. Este tempo é não produtivo, pois não contribui com valor para o produto final e assim sendo deve, obrigatoriamente, ser reduzido, ou até mesmo eliminado por completo.

Na Figura 3.28 são apresentados os valores percentuais do tempo dispendido em transportes referentes a cada ciclo.

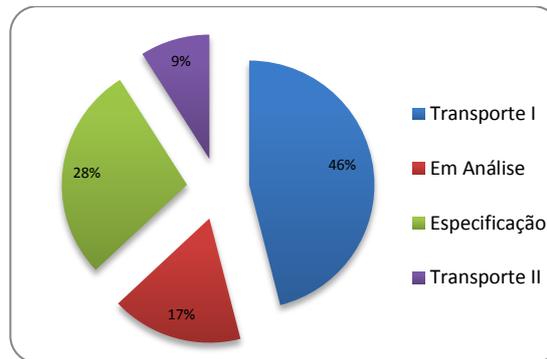


Figura 3.28 – Operações que originam o tempo em espera.

3.2.5.2.8 Vulcanização

O sector produtivo em questão é um ponto extremamente importante em toda a linha de produção pois é aquele que apresenta o maior número de máquinas disponíveis, o maior consumo energético e que trabalha mais horas diárias comparativamente aos restantes.

Consiste na aplicação de calor e pressão através de uma prensa com o respectivo molde com o intuito de transmitir as propriedades físicas e a forma necessárias para o desempenho a que o pneu se propõe.



Figura 3.29 – Imagem referente ao sector da Vulcanização.

Este sector é composto por quarenta e cinco prensas que estão aptas a trabalhar com cerca de quatrocentos moldes diferentes. Este sector trabalha vinte e quatro horas compostas por três turnos, perfazendo um total teórico de mil e oitenta horas disponíveis por dia. Nos dois primeiros turnos trabalha com dois operadores, e no terceiro com um único operador. As análises efectuaram-se, exclusivamente, ao longo do primeiro turno.

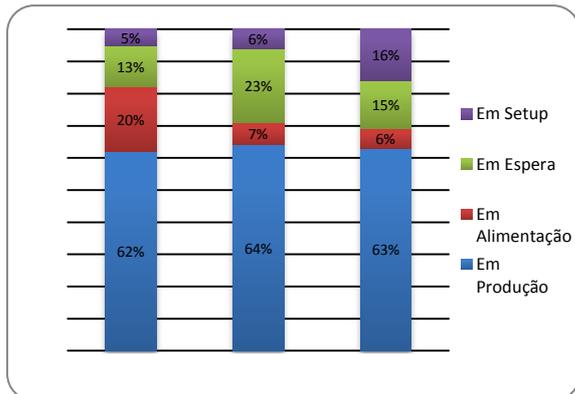


Figura 3.30 – Tempo do estado ocupacional obtido em três prensas.

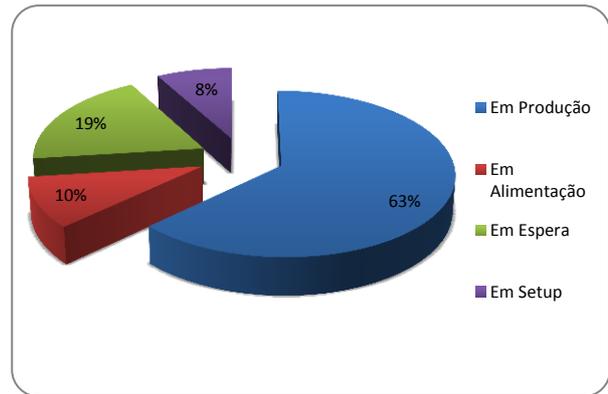


Figura 3.31 – Taxa de produção das máquinas do sector – Vulcanização.

Com o intuito de compreender a realidade deste sector, obtiveram-se os valores apresentados nas duas figuras. A Figura 3.30 quantifica a actividade em três prensas escolhidas aleatoriamente, com o objectivo de mostrar as divergências de comportamento que se encontra neste sector. A Figura 3.31 retrata o estado global do sector, apresentando um valor de trinta e sete por cento do tempo total disponível de produção sem acrescentar valor ao produto.

Constata-se que a alimentação das prensas apresenta um valor de dez por cento do total diário disponível para produção. Esta operação é actualmente efectuada de forma cuidada mas nem sempre se procede à preparação do pneu seguinte.

Relativamente ao tempo de setup, representa a percentagem média inerente à troca de molde.

Quanto ao valor apresentado de 19% respeitante ao tempo de espera, surge pelo facto do trabalhador descurar a continuidade do processo produtivo por diversos factores, como por exemplo:

1. Equilibragem - Pelo facto de, por vezes, um operador deste posto se ausentar para ir equilibrar pneus num posto de trabalho diferente;
2. Alimentação – Porque o operador está a alimentar uma outra prensa;
3. Jacto de Areia - Por alguns moldes que vão entrar numa determinada prensa necessitarem de serem limpos com jacto de areia para evitar quaisquer imperfeições no molde;
4. Descuido - Por mero descuido do operador. Este ponto surge, por exemplo, devido à disposição das prensas neste sector. De facto, existe um ponto de visão nula, quando o operador está localizado no **Sector 7-B** não consegue visualizar as prensas do **Sector 7-A**, ou, por vezes, quando o stock existente é elevado, dificulta a visualização do seu estado resultando em tempo de espera.

Todos estes factores acumulados ganham importância num sistema produtivo com esta dimensão, cadência e turnos de trabalho. A Figura 3.32 quantifica, através das observações instantâneas a ocupação de cada operador em todo o tempo em que a máquina em espera, ou seja, desde que determinada prensa termina a sua função até que é novamente alimentada e dá continuidade ao processo produtivo.

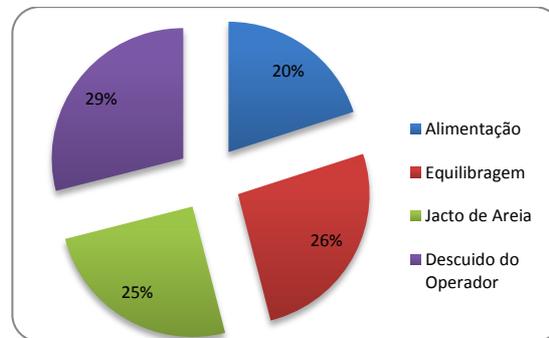


Figura 3.32 – Tempo sem valor acrescentado identificado relativamente à Vulcanização.

É também importante realçar que se verificou ainda uma característica específica deste sector com implicações directas no desempenho global da Linha Produtiva 1.

O facto das prensas e dos moldes não serem universais, origina casos complexos a nível produtivo, bastando que a prensa a que se destina determinado molde esteja ocupada, que o sistema começa a gerar stocks até que essa mesma prensa fique, de novo, livre. Este facto contribui para uma falta de flexibilidade geral na Linha Produtiva 1, facto muito importante para uma fábrica que se orgulha, e bem, do slogan “A produção mais variada do mundo”. Actualmente, este problema é resolvido com a criação de stocks de produtos finais, pois a falta de rapidez na troca de molde contribui para este facto. É da maior importância agilizar este processo.

Será fundamental proceder ao estudo da mudança rápida de molde, de forma a melhorar este aspecto reduzindo o tempo de setup em benefício da flexibilidade geral do sector e, conseqüentemente, da Linha Produtiva 1.

3.2.5.3 Mapa do Fluxo de Valor Actual

Procedeu-se à elaboração do mapa do fluxo de valor, retratando o estado actual da Linha de Produção 1 da Recauchutagem 31. A Figura 3.33 retrata o mapa de fluxo de valor relativo à primeira família de produtos.

O mapa em questão apresenta o fluxo do material e da informação, usando simbologia específica em que cada ícone transmite uma determinada informação a quem visualiza o mapa. Neste caso, reflecte o estado da fábrica, como ela trabalha e como se comunica dentro da própria linha produtiva tornando mais simples a constatação das possíveis melhorias que pode ou não sofrer.

Desta ferramenta resultam dois factores de extrema importância, o Tempo de Valor Acrescentado e o *Lead Time*. O tempo de valor acrescentado contabiliza o tempo de operação em que, de facto, se gera valor ao produto sendo que o *lead time* se apresenta como o tempo total de produção, desde que a matéria-prima chega à fábrica até ao instante em que o produto final respectivo sai da fábrica tendo como destino o cliente, ou seja, calcula-se pelo somatório dos tempos de ciclo por operação, com o acréscimo do tempo que os materiais ficam em stock. Num sistema perfeito e em sintonia com o mercado, o *lead time* seria igual ao tempo de valor acrescentado.

O primeiro resume o tempo em que se está a acrescentar valor ao produto, ou seja, em que este é alterado e melhorado com características que o cliente deseja e que valoriza, estando disposto a pagar por elas. Neste caso, consiste no somatório de todos os tempos produtivos que acrescentam valor ao produto medidos por cronometragens.

Relativamente ao segundo factor, implica o tempo total que é dispendido actualmente para a produção de um pneu, desde que ele chega à fábrica até ao dia que sai da mesma, ou seja, contabiliza também o tempo em que o pneu está na fábrica e não é acrescido de valor algum. Estes valores foram fornecidos pela empresa através dos registos de chegada da carcaça e da saída do produto final. É apresentado na Tabela 3.6 o valor médio obtido para cada família de produtos.

Relativamente à segunda família de produtos, difere da primeira pois apresenta tempos diferentes de produção em determinados sectores o que vai contribuir para resultados diferentes. Quanto à terceira família, apresenta algumas variações de tempo produtivo pelo facto de necessitar de uma operação extra designada por equilibragem e que contribui para a diferença de tempos produtivos. Relativamente a estas famílias apresentam-se na Tabela 3.6 os tempos resultantes da aplicação do mapa de fluxo de valor, sendo em quase tudo idêntico à apresentada, havendo apenas alterações nos tempos produtivos.

A aplicação do mapeamento do fluxo de valor permite a identificação clara dos desperdícios existentes e facilita a procura de acções de melhoria, facilitando a interacção entre os conceitos *Lean*.

3.2.5.3.1 Análise ao Mapa de Fluxo de Valor

O *lead time* é o factor da maior importância que garante a uma empresa ser, ou não, competitiva porque promove directamente a redução de custos de produção, contribuindo para maiores lucros globais. Na Tabela 3.6 apresenta-se o valor actual de *lead time* permitindo a comparação deste com o respectivo tempo de valor acrescentado.

Tabela 3.6 – Tabela simplificativa das diferenças de tempos entre famílias.

<i>Famílias</i>	<i>Lead Time</i>	<i>Tempo de Valor Acrescentado</i>
Família 1	16 dias	00:35:47
Família 2	18 dias	00:55:35
Família 3	19 dias	00:56:35

Como facilmente se pode constatar, existe uma disparidade significativa entre o tempo com valor acrescentado e o *lead time* em que um determinado pneu permanece na fábrica desde que chega enquanto matéria-prima até que sai para o cliente. Estas divergências acontecem pelo facto de existirem zonas ou fases onde existem desperdícios elevados que contribuem para um mau funcionamento da linha produtiva. O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que permite uma fácil constatação da realidade actual. Pela observação do mapa da Figura 3.33, retiram-se algumas ilações importantes, que devem ser melhoradas para o desenvolvimento da Linha Produtiva 1, a saber:

- As setas designativas de “Produção Empurrada” entre os sectores operativos devem ser alteradas para setas de “Produção Puxada”;
- As setas de informação revelam que não existe comunicação entre os sectores operativos, existe somente ordens isoladas de trabalho facultadas pelo controlo de produção;
- O facto de existirem dois sectores relativos à inspecção inicial é prejudicial à linha produtiva pois fomenta erros de controlo de stocks;
- Toda a informação que circula dentro da LP1 é manual;
- Inventário entre sectores;
- Não existe comunicação entre o controlo de produção e o departamento comercial;
- Os produtos finais ficam demasiado tempo no armazém da expedição;

A todos estes pontos, acrescentando a falta de flexibilidade do sector da vulcanização, sugere-se um conjunto de soluções sólidas e eficazes com o objectivo de melhorar o sistema produtivo actual.

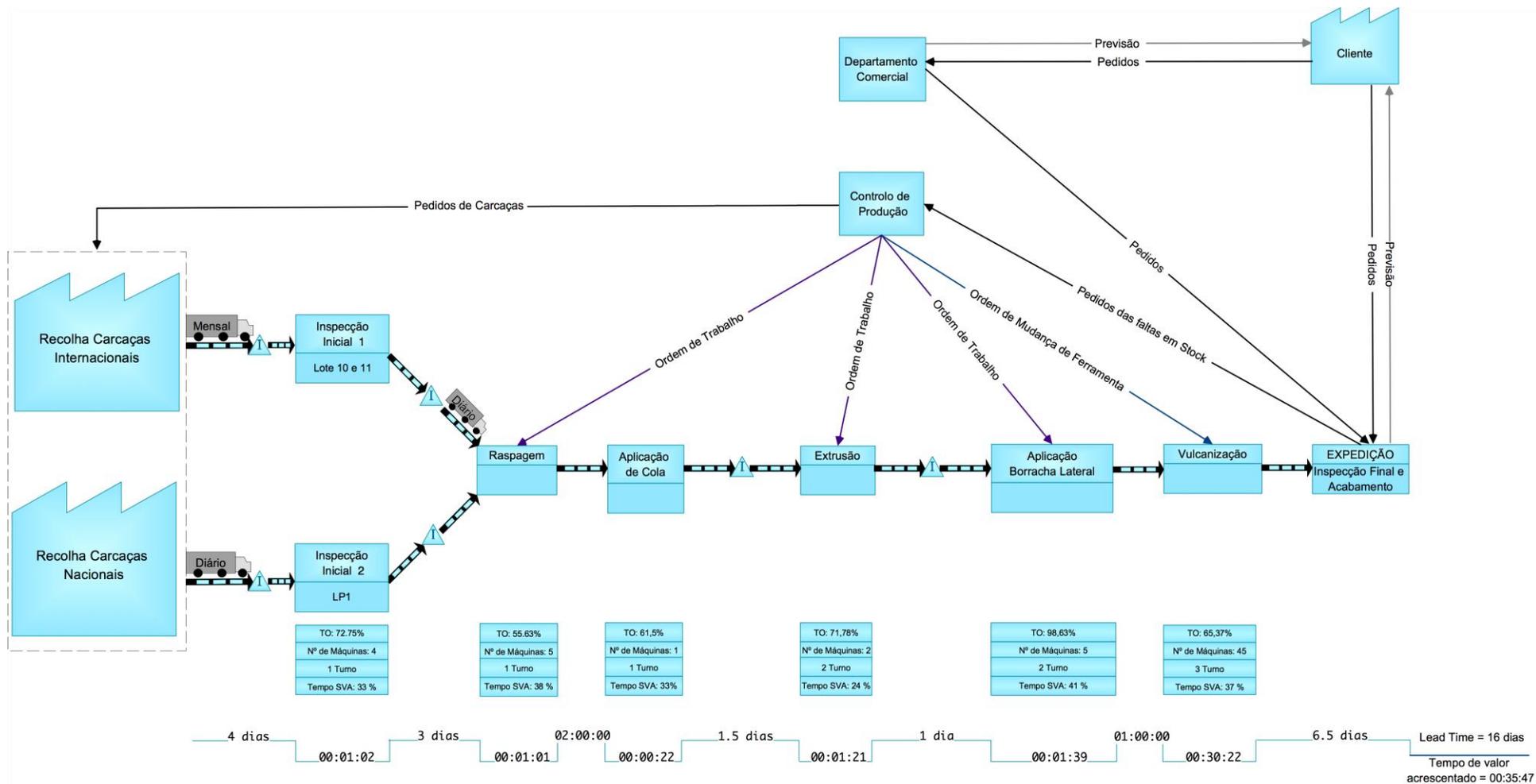


Figura 3.33 – Mapa do Fluxo de Valor No estado actual relativamente aos pneus da Família 1.

3.3 Soluções

Com base no diagnóstico resultante obtido, detectaram-se várias imperfeições na Linha Produtiva 1. Neste subcapítulo, apresentam-se soluções aos defeitos detectados com o intuito de melhorar o sistema produtivo segundo a filosofia em questão.

Na secção 3.3.1, apresenta-se as metodologias usadas na fundamentação das soluções apresentadas. Seguidamente, na secção 3.3.2, sugerem-se as soluções apoiadas em métodos, sendo estas fundamentadas de acordo com a metodologia apresentada. Na secção 3.3.3, apresentam-se algumas soluções imediatas, pois não carecem de estudos aprofundados nem de investimentos consideráveis. Este capítulo finda com a apresentação do mapa de fluxo de valor relativo ao estado futuro da Linha Produtiva 1.

3.3.1 Metodologias aplicadas às soluções

Após o diagnóstico efectuado surge a necessidade de aplicar métodos que solucionem de forma sustentada os desperdícios ou defeitos detectados na análise da Linha Produtiva 1. Apresentam-se de seguida a metodologia SMED, a técnica Kanban e, por último, a ferramenta Poka-Yoke.

3.3.1.1 SMED - Single Minute Exchange of Die

Esta metodologia tem como finalidade a troca rápida e eficaz de ferramenta. Pretende otimizar os passos efectuados pelo operador responsável pela mudança de ferramenta, bem como todas as operações inerentes a este processo.

A primeira abordagem consistiu na discriminação e contabilização do tempo dispendido em todas as operações efectuadas pelo operador responsável pela troca de ferramenta. De seguida, efectuou-se a classificação como “Operação Externa” (aquela que não implica paragem da máquina) e “Operação Interna” (aquela que implica paragem da máquina). Após esta fase, trabalhou-se no sentido de transformar algumas operações internas em externas e na reorganização destas com o intuito de diminuir substancialmente o tempo de paragem da máquina tornando o processo produtivo mais flexível, contribuindo assim para o aumento da capacidade e versatilidade do sector, e consequentemente, da fábrica. Por fim, efectuou-se uma análise de custos com o intuito de averiguar se o eventual investimento compensa as melhorias obtidas de forma a conseguir aumentar o nível produtivo do sector.

3.3.1.2 Kanban

Kanban significa “etiqueta” ou “placa visível” onde são reunidas todas as informações necessárias e suficientes relativamente ao que se pretende produzir. Informações referentes a

quando e quanto produzir e qual o próximo destino do material, devem estar devidamente identificadas.

Efectuou-se a sua aplicação a um posto de trabalho genérico em todos os sectores. Idealizou-se o esquema mais prático possível que permitisse a fácil comunicação entre postos de trabalho bem como o enquadramento do sector cliente e sector fornecedor. Relativamente ao universo Fedima, apresenta ainda como hipotéticas mais-valias uma redução de espaço ocupado na linha produtiva, um maior controlo de stocks, uma produção mais eficiente incentivando uma melhoria contínua, permitindo um controlo visual das operações estabelecendo sempre o equilíbrio de stocks.

Este método será analisado em toda a Linha Produtiva 1 incentivando o equilíbrio de stocks, melhorando os transportes existentes e, principalmente, contribuir para a implementação da produção puxada.

3.3.1.3 Poka-Yoke

O Poka-Yoke consistiu numa prática de aplicação de dispositivos com a finalidade de prevenir por si só a ocorrência de erros e, conseqüentemente, que estes se desenvolvam colocando em causa toda a produção. Ao mínimo erro que detecte, seja ele humano ou mecânico, o sistema deve reagir parando de imediato a produção até que o problema seja rectificado, induzindo assim uma contínua melhoria dos processos em busca de um sistema, teoricamente, sem erros.

3.3.2 Soluções apoiadas em métodos

As soluções apresentadas neste subcapítulo designam-se de apoiadas em métodos pois resultam da utilização das ferramentas da filosofia Lean.

3.3.2.1 SMED

A mudança de molde é um processo usual no dia-a-dia da Linha Produtiva 1 e apresenta-se como um dos principais motivos identificados que mais contribui para a falta de flexibilidade da linha.



Figura 3.34 – Prensa aberta com molde exposto.



Figura 3.35 – Exterior da Prensa.

A informação relativa à necessidade de trocar de molde numa determinada prensa chega ao operador deste sector por intermédio do chefe de produção, que lhe apresenta uma lista diária com as mudanças a efectuar, podendo posteriormente sofrer algumas alterações ou não. Na Figura 3.36 pode-se visualizar a folha informativa que indica ao operador qual as mudanças a efectuar.

MOLDES A MUDAR	
SAI	ENTRA
265/70R16 EXTREME	31/10,5R15 F/MUD
235/75R15 EVOLUTION	31/10,5R15 EVOLUTION-FAZER 12 AMARELOS + TELA
265/70R19,5 DE3	33/12,5R15 TRIAL ADE
245/70R16 F/MUD	31/10,5R15 TRIAL ADE
205/90R16 FA-2	185/75R16 PCA
205/70R15 F-4	FAZER + 10 CN 3 = 10 AMARELOS
245/70R16 F/MUD	31/10,5R15 TRIAL ADE
165/70R14 MFV-3	165/70R14 Fm7-FAZER 12 AMARELOS + 12 AMARELOS TELA
185R14 FC4-S	175/65R15 FKx-FAZER 12 AMARELOS + 12 VERMELHOS
165/70R14 FKx	175/65R15 FKx-FAZER 12 AMARELOS + 12 VERMELHOS
165/70R14 FKx	215/65R15 F-4 FAZER 12 AMARELOS + 12 VERMELHOS DEPOIS C/BANANA
17/65R15 FAZER	12 AMARELOS
185R14 AGILLSI	175/65R15 Fm7-FAZER 8 AMARELOS - 12 VERMELHOS C/TELA
195/65R15 FEN	195/65R15 FKx-FAZER 12 AMARELOS - 12 VERMELHOS
175/65R14 F/EN	185/60R14 F-4 10 CN 3 = 10 AMARELOS
185/60R15 F/S2	195/65R15 Fm7 FAZER 8 AMARELOS - 12 VERMELHOS + TELA
135/80R13 ELOGRIP	195/60R15 F4 FAZER 15 AMARELOS
DEPOIS TIRAR CARCAÇAS DE COMPETIÇÃO PIRELLI AMARELOS	

Figura 3.36 – Folha informativa relativa às mudanças de molde.

Constatou-se que o tempo de mudança de molde apresenta valores muito variáveis devido ao facto de algumas operações inerentes ao processo nem sempre se justificarem, como por exemplo, a troca da chapa relativa à semana de produção do pneu que só é alterada de quinze em quinze dias, ou mesmo a limpeza do molde que nem sempre se efectua ou até o uso de calibres, que nalguns moldes não se justifica a sua utilização. Contudo, para este estudo, optou-se por abordar a situação mais complexa constatada. Na Figura 3.37 apresenta-se o esquema representativo da totalidade das operações relativas ao processo da troca de ferramenta:

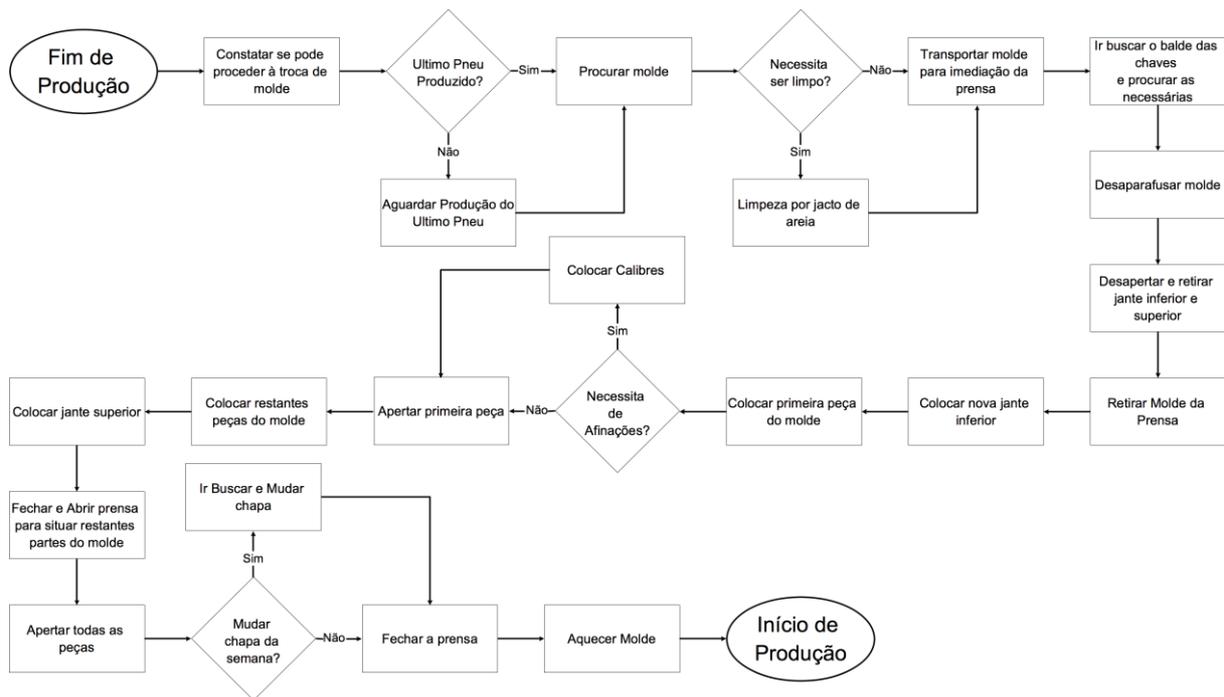


Figura 3.37 – Esquema representativo do processo da troca de molde.

A metodologia SMED, uma importante ferramenta associada à produção *Lean*, tem o intuito de reduzir estes desperdícios e otimizar a operação da mudança de ferramenta, que sendo ela necessária e obrigatória, deve ter um tempo reduzido de forma a permitir alargar a variedade de produtos produzidos por dia sem perda de capacidade produtiva e sem quebras de produção.

Para realizar este estudo, identificaram-se e cronometraram-se todas as etapas deste processo recorrendo à observação e medição de diversas mudanças de molde em várias prensas pertencentes a este sector e a entrevistas com os operadores responsáveis.

3.3.2.1.1 O Molde

É composto por oito peças independentes, duas jantes, uma superior e outra inferior, e seis peças laterais responsáveis pela vulcanização do piso do pneu. Cada uma destas seis peças possui dois pontos de fixação à prensa através de dois parafusos sextavados e as jantes são fixadas através de um movimento rotativo de encaixe rápido, Figura 3.38.

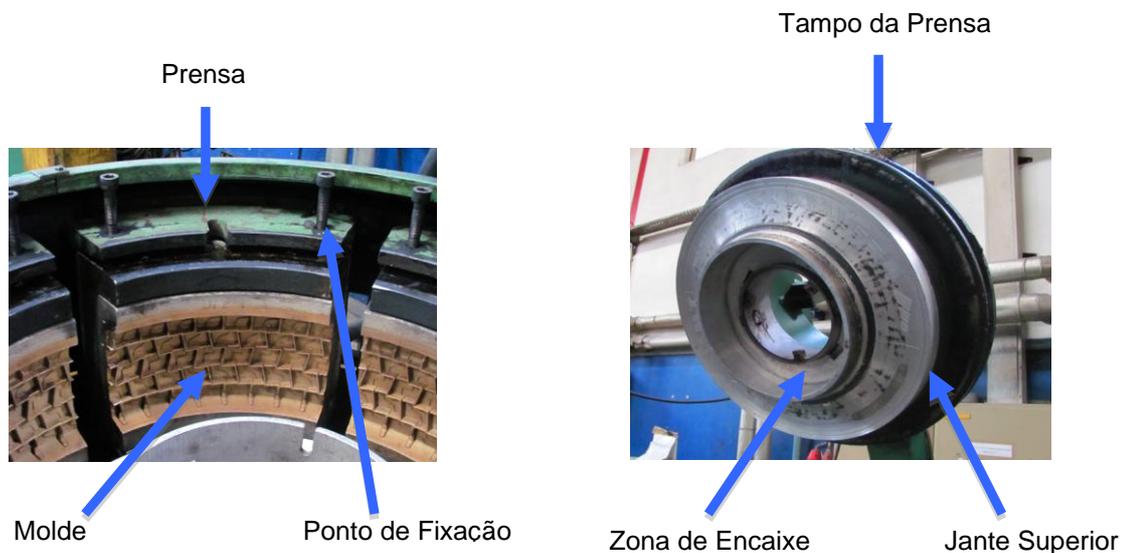


Figura 3.38 – Componentes do conjunto Prensa/Molde.

3.3.2.1.2 Procedimento de aplicação do método SMED

Fase 0: Enumeração dos processos que compõem actualmente a troca de molde com o tempo dispendido sem diferenciação das operações;

Esta fase permitiu assimilar todos os procedimentos pertencentes à troca de molde e determinar os tempos de cada uma das operações envolvidas. De realçar que este estudo foi aplicado ao caso da mudança de molde com o maior número de operações a efectuar, pois há variantes onde algumas operações não são necessárias. A Tabela 3.7 apresenta as operações elementares de troca de molde e respectivos tempos medidos.

Actualmente, não existe nenhum plano de controlo relativamente às operações efectuadas inerentes à troca de molde, implicando que praticamente todas as operações sejam efectuadas após a paragem de produção, admitindo-se no entanto, que algumas possam ser efectuadas previamente.

Contudo, para este estudo, assume-se que todas as operações são efectuadas internamente, ou seja, o operador só começa a efectuar a troca do molde após a paragem da produção da máquina.

Tabela 3.7 – Operações elementares de mudança de ferramenta e respectivos tempos.

<i>Operação Efectuada</i>	<i>Tempo Medido</i>
<i>FIM DE PRODUÇÃO</i>	
Confirmar produção do último pneu	00:01:00
Procurar Molde	00:02:30
Limpeza por Jacto de Areia	00:20:00
Transportar Molde para Proximidade da Prensa	00:07:30
Procurar e Transportar o Balde de Ferramentas	00:02:00
Procurar Chaves Necessárias	00:01:00
Desaparafusar Molde	00:04:30
Desapertar e Remover Jantes Superior e Inferior	00:02:30
Retirar as Seis Peças Laterais do Molde	00:03:00
Colocar Nova Jante Inferior	00:02:00
Colocar Primeira Peça do Novo Molde	00:00:30
Aplicar Calibres a 1 peça	00:01:00
Apertar Primeira Peça	00:01:00
Colocar Restantes Peças	00:03:00
Aplicar calibres a 5 peças	00:05:00
Colocar Jante Superior	00:01:30
Fechar e Abrir a Prensa	00:00:30
Apertar Todas as Peças	00:05:00
Ir Buscar Chapa da Semana	00:04:30
Mudar Chapa da Semana	00:02:00
Fechar Prensa	00:00:15
Aquecimento do Molde	00:20:00
INICIO DE PRODUÇÃO – Após 01:30:15	

Fase 1: Procede à separação das operações internas e externas. Este procedimento não envolve custos, simplesmente contribui para uma melhor organização do processo.

Nesta fase da aplicação do método SMED separam-se as operações internas das externas com o intuito de visualizar que tarefas podem ser efectuadas sem a necessidade da prensa estar parada.

Tabela 3.8 – Tabela relativa às operações externas.

Operação Efectuada	Tempo da Operação	Setup
Confirmar produção do último pneu	00:01:00	Externa
Procurar Molde	00:02:30	Externa
Limpeza por Jacto de Areia	00:20:00	Externa
Transportar Molde para Proximidade da Prensa	00:07:30	Externa
Procurar e Transportar o Balde de Ferramentas	00:02:00	Externa
Procurar Chaves Necessárias	00:01:00	Externa
Ir Buscar Chapa da Semana	00:04:30	Externa
Mudar Chapa da Semana	00:02:00	Externa
Tempo Total das Operações – 00:40:30	% tempo total – 45%	

Resulta da análise deste quadro que, aproximadamente 45% do tempo gasto inerente à troca de molde, se deve a má organização do próprio processo, ou seja, ao serem efectuadas previamente estas operações garante-se uma redução de 45% do tempo de máquina parada em setup. De facto, o valor obtido foi dentro do limite esperado (Cakmakci, 2008).

Tabela 3.9 – Tabela relativa às operações internas.

Operação Efectuada	Tempo da Operação	Setup
Desaparafusar Molde	00:04:30	Interna
Desapertar e Remover Jantes Superior e Inferior	00:02:30	Interna
Retirar as Seis Peças Laterais do Molde	00:03:00	Interna
Colocar Nova Jante Inferior	00:02:00	Interna
Colocar Primeira Peça do Novo Molde	00:00:30	Interna
Aplicar Calibres a 1 peça	00:01:00	Interna
Apertar Primeira Peça	00:01:00	Interna
Colocar Restantes Peças	00:03:00	Interna
Aplicar Calibres a 5 peças	00:05:00	Interna
Colocar Jante Superior	00:01:30	Interna
Fechar e Abrir a Prensa	00:00:30	Interna
Apertar Todas as Peças	00:05:00	Interna
Fechar Prensa	00:00:15	Interna
Aquecimento do Molde	00:20:00	Interna
Tempo total das Operações – 00:49:45	% Tempo em Não Produção – 55%	

Da observação da Tabela 3.9 constata-se que o novo tempo em que a máquina está em condição de não produção é 55% do tempo actual de setup.

Apresenta-se na Figura 3.39 um *checklist exemplo* que garante a redução de quarenta minutos e trinta segundos do tempo de operação total da mudança de molde. Esta checklist tem como função orientar o operador de forma a garantir que todas as operações externas são efectuadas antes de a máquina parar a sua produção, para, assim que o fizer, ter todas as condições para efectuar a mudança de molde.

CHECKLIST	
1- CONFIRMAR PRODUÇÃO DO ULTIMO PNEU	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - PROCURAR MOLDE	<input type="checkbox"/>
3 - LIMPEZA DO MOLDE	<input type="checkbox"/>
4 - TRANSPORTAR MOLDE PARA JUNTO DA PRENSA	<input type="checkbox"/>
5 - IR BUSCAR O BALDE DAS FERRAMENTAS	<input type="checkbox"/>
6 - PROCURAR AS CHAVES QUE VAI NECESSITAR	<input type="checkbox"/>
7 - IR BUSCAR A CHAPA DA SEMANA	<input type="checkbox"/>
8 - MUDAR A CHAPA DA SEMANA	<input type="checkbox"/>

Figura 3.39 – Ilustração do Checklist relativo às operações externas.

Fase 2: Adição de novas práticas operacionais que permitam transformar as operações internas em externas;

Surge a missão de transformar todo o tempo possível de setup interno em externo reduzindo assim o tempo de setup total inerente à operação.

Relativamente à operação “Desaparafusar Molde”, pode ser melhorada. Apesar de ser interna, consegue-se desaparafusar um dos dois pontos de fixação em cada uma das seis peças enquanto não termina a produção do último pneu. Assim sendo, estima-se que metade do tempo desta operação interna passa para externa.

Tabela 3.10 – Tempo estimado devido à aplicação da nova prática.

Operação	Tempo Actual	Tempo Estimado	% Redução
Desaparafusar Molde	00:04:30	00:02:15	50%

Outra acção de melhoria sugerida é proceder ao pré-aquecimento dos moldes através de mantas de aquecimento por resistências eléctricas logo antes destes darem entrada na prensa, tornando esta operação em externa contribuindo para a redução substancial do tempo de setup interno. Esta opção obriga também à aquisição de luvas próprias para o manuseio de peças a temperaturas elevadas. Na Figura 3.40 está representada as mantas de aquecimento eléctrico sugeridas e na Figura 3.41 as luvas aconselhadas.



Figura 3.40 – Manta de aquecimento flexível para pré-aquecimento do molde.



Figura 3.41 – Luvas fléxíveis anti-calor (MANUTAN, 2010).

Fase 3: Definição de novos procedimentos operativos com o intuito de reduzir os tempos de setup interno e externo.

Nesta fase estuda-se a possibilidade de reduzir o tempo necessário às operações de setup, quer internas quer externas. Com a informação recolhida, consegue-se indicar várias hipóteses que reduzem os tempos de setup:

1. Transporte mais eficiente do molde

O molde possui oito componentes independentes com um peso individual considerável o que implica dificuldades na sua movimentação. Actualmente essa movimentação é efectuada de duas formas distintas, ou se transporta cada uma das oito peças individualmente para junto da prensa, ou se vai buscar uma paleta vazia e com a ajuda de um porta-paletes procede-se à sua deslocação, por vezes dificultada pelos obstáculos existentes no percurso efectuado dentro do sector e também pelo facto de o porta-paletes poder estar a ser usado por um outro operador, num local distinto. Este transporte pode ser melhorado através da utilização de uma plataforma elevatória móvel específica e exclusiva para este tipo de funções como se pode ver pela Figura 3.42. O facto de ser elevatória é bastante importante pois permite que as peças do molde fiquem à altura da prensa, facilitando a sua mudança.



Figura 3.42 – Plataforma elevatória móvel (MANUTAN, 2010).

Com esta aplicação estima-se a melhoria obtida, ou seja, por vez das oito vezes que se desloca entre o local onde está o molde até à prensa carregando um único elemento, o operador, transporta todo o molde numa só vez, Tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Tempo estimado devida à aplicação desta nova ferramenta.

Operação	Tempo Actual	Tempo Estimado	% Redução
Transportar Molde	00:07:30	00:00:56	87,56%

2. Paralelização das operações

Actualmente existe um único operador que assume a troca de molde numa prensa. Sugere-se uma nova prática operativa que implica que a execução de algumas operações seja efectuada por dois operadores com o intuito de diminuir o tempo de setup interno desdobrando os seus campos de acção e reduzindo as tarefas e funções para metade, como se pode constatar pela Figura 3.43.

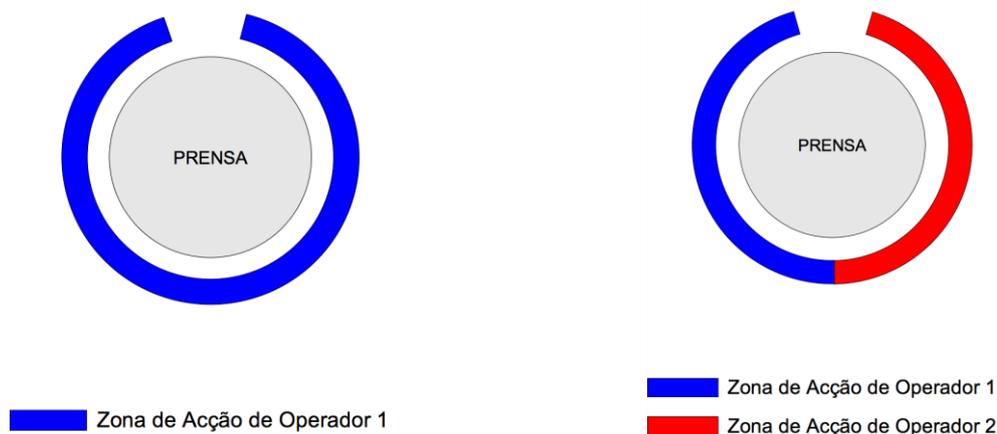


Figura 3.43 – Aplicação do método da Paralelização.

Para efectuar este novo procedimento, será fundamental os operadores terem formação neste sentido, ter as posições e tarefas definidas e estipuladas para conseguirem, de facto, rentabilizar os tempos de mudança de ferramenta. Na Tabela 3.12 apresenta-se as reduções estimadas para cada operação que irá beneficiar com esta prática.

Tabela 3.12 - Tempo estimado das operações afectadas com a prática da paralelização.

Operação	Tempo Actual	Tempo Estimado	% Redução
Desaparafusar molde	00:04:30	00:02:15	50%
Retirar as 6 peças laterais do molde	00:03:00	00:01:30	50%
Colocar restantes peças	00:03:00	00:01:30	50%
Aplicar calibres a 7 peças	00:05:00	00:02:30	50%
Apertar Todas as Peças	00:05:00	00:02:30	50%

3. Aparafusadora de Aperto Rápido;

Com o intuito de reduzir o tempo de apertar e desapertar parafusos sugere-se a utilização de uma aparafusadora de aperto rápido, como o exemplo da Figura 3.44.



Figura 3.44 – Aparafusadora de Aperto Rápido, (MANUTAN, 2010).

Apresenta-se na Tabela 3.13, as melhorias expectáveis para esta aplicação. De salientar que a verificação do estado da bateria da aparafusadora de aperto rápido deve ser sempre verificado de forma a evitar quaisquer contratempos.

Tabela 3.13 – Tempo estimado devido à aplicação da nova ferramenta.

Operação	Tempo Actual	Tempo Estimado	% Redução
Desaparafusar Molde	00:04:30	00:01:30	66,67%
Apertar 1ª peça	00:01:00	00:00:20	66,67%
Apertar Todas as Peças	00:05:00	00:01:40	66,67%

4. Bancada Móvel de Ferramentas - Checktable;

Esta sugestão surge no intuito de melhorar o balde de ferramentas, considerando o actual completamente inapropriado para o fim a que se propõe, como se pode visualizar pela Figura 3.45.



Figura 3.45 – Balde de ferramentas actual.

Com o intuito de garantir sempre o material necessário para uma mudança de molde, sugere-se uma *checktable* móvel que garanta ter sempre o material necessário para esta operação na menor distância possível, reduzindo assim o tempo do setup externo. Cada operador que intervém na operação deve possuir a sua própria bancada móvel sabendo sempre que, antes de partir para a troca efectiva do molde, todas as ferramentas necessárias devem estar no seu devido lugar, como se sugere na Figura 3.46 e 3.47.

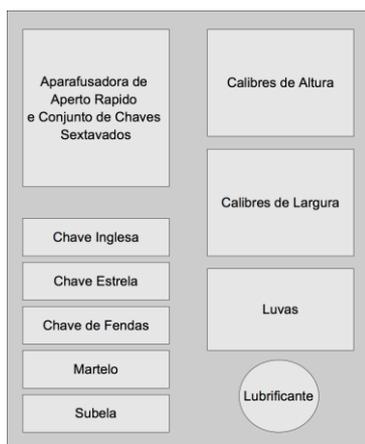


Figura 3.46 – Checktable para mudança de molde para piso superior do carro porta-cargas.

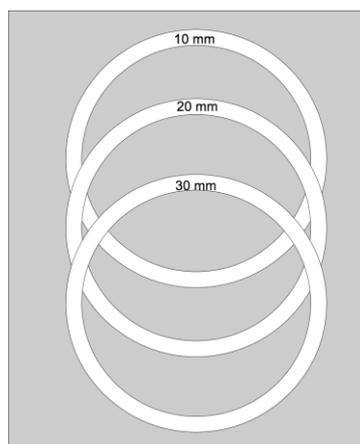


Figura 3.47 – Checktable para mudança de molde para piso inferior do carro porta-cargas.

Apesar da funcionalidade do *checktable*, deve-se proceder à inspecção dos materiais usados prevenindo sempre algum defeito existente.

Com esta medida, promove-se também a filosofia dos 5´S, contribuindo para um ambiente estruturado e organizado incentivando a normalização dos procedimentos dos operadores.

Sugere-se um modelo de carro porta-cargas metálico que, aliado ao *checktable* sugerido, possui as características pretendidas para esta função, ou seja, manter a organização das ferramentas necessárias, garantir que todas as ferramentas estão nos locais devidos imediatamente antes do início da mudança de molde, como se pode constatar pela Figura 3.48.



Figura 3.48 – Carro porta-cargas multiuso aconselhado (MANUTAN, 2010).

Na Tabela 3.14 visualiza-se as melhorias expectáveis com a introdução desta nova ferramenta.

Tabela 3.14 – Estimativa do novo tempo operacional com aplicação desta nova ferramenta.

Operação	Tempo Actual	Tempo Estimado	% Redução
Procurar e transportar o balde de ferramenta	00:02:00	00:00:45	62,5%
Procurar chaves necessárias	00:01:00	00:00:00	100%

3.3.2.1.3 Estimativa da melhoria da aplicação do método SMED

Após a aplicação do método SMED obtém-se dois novos tempos de setup externo e interno contribuindo para uma melhoria operacional da mudança de ferramenta comparativamente ao método actual.

Tabela 3.15 – Quadro relativo às operações externas após SMED.

<i>Operação Efectuada</i>	<i>Tempo da Operação Actual</i>	<i>Tempo Estimado</i>	<i>% Redução de Tempo Total</i>
Confirmar produção do último pneu	00:01:00	00:01:00	0%
Procurar Molde	00:02:30	00:02:30	0%
Limpeza por Jacto de Areia	00:20:00	00:20:00	0%
Transportar Molde para Proximidade da Prensa	00:07:30	00:00:56	87,56%
Transportar Bancada de Ferramentas	00:02:00	00:00:45	62,50%
Procurar Chaves Necessárias	00:01:00	00:00:00	100%
Pré-Aquecimento de Molde	00:20:00	00:20:00	0%
Ir Buscar Chapa da Semana	00:04:30	00:04:30	0%
Mudar Chapa da Semana	00:02:00	00:02:00	0%
Operações Externas	01:02:45	00:51:01	15,67%

Relativamente ao setup externo, há uma redução de tempo de operação de nove minutos e vinte e nove segundos. Na Tabela 3.16 apresentam-se os resultados relativos às operações internas.

Tabela 3.16 – Quadro relativo ao Setup Interno após SMED.

<i>Operação Efectuada</i>	<i>Tempo da Operação Actual</i>	<i>Tempo Estimado</i>	<i>% Redução de Tempo Total</i>
Desaparafusar Molde	00:04:30	00:00:45	83,33%
Desapertar e Remover Jantes	00:02:30	00:02:30	0%
Retirar as Seis Peças Laterais do Molde	00:03:00	00:01:30	50%
Colocar Nova Jante Inferior	00:02:00	00:02:00	0%
Colocar Primeira Peça do Novo Molde	00:00:30	00:00:30	0%
Aplicar Calibres a 1 peça	00:01:00	00:01:00	0%
Apertar Primeira Peça	00:01:00	00:00:20	66,67%
Colocar Restantes Peças	00:03:00	00:01:30	50%
Aplicar Calibres a 5 peças	00:05:00	00:02:30	50%
Colocar Jante Superior	00:01:30	00:01:30	0%
Fechar e Abrir a Prensa	00:00:30	00:00:30	0%
Apertar Todas as Peças	00:05:00	00:00:50	83,33%
Fechar Prensa	00:00:15	00:00:15	0%
Operações Internas	00:27:30	00:15:40	47,34%

Resumindo, ficou demonstrado que é possível efectuar esta mudança de molde em que o novo tempo de máquina em não produção passa de uma hora, trinta minutos e quinze segundos para um novo tempo de quinze minutos e quarenta segundos, obtendo-se uma melhoria estimada de

82.64%, como se pode verificar na Tabela 3.17. Contudo, para se poder conseguir estes resultados existe a necessidade de preparar a mudança de ferramenta com a devida antecedência efectuando as operações denominadas como externas com o valor temporal estimado de cinquenta e um minutos e trinta segundos.

Tabela 3.17 – Tabela de melhorias estimadas na mudança de ferramenta.

<i>Operação</i>	<i>Tempo Total Actual</i>	<i>Tempo Estimado</i>	<i>% Redução</i>
Mudança de Molde	01:30:15	00:15:40	82,65%

3.3.2.1.4 Análise de custos à aplicação da metodologia SMED

Para assegurar a viabilidade desta aplicação, efectuou-se uma análise dos custos associados à aplicação do método SMED de acordo com o que se sugeriu. Na Tabela 3.18 apresentam-se algumas das especificações das ferramentas sugeridas, bem como o número de unidades necessárias e o preço das ferramentas.

Tabela 3.18 – Especificidades das ferramentas de sugeridas.

<i>Ferramenta</i>	<i>Especificações</i>	<i>Unidades Necessárias</i>	<i>Preço</i>
Berbequim Aparafusador Móvel	2 baterias Li-on Peso total – 1,7 Kg	2	365 €
Plataforma Elevatória Móvel	Medidas: 1040 x 520 x 945 Capacidade – 500 Kg	1	459 €
Carro Porta Cargas Multiusos	1 Pega Com gaveta	2	312 €
Luvas Fléxiveis Anti-Calor	Temperatura Máxima de Trabalho: 350 °C	2	31,5 €
Mantas eléctricas de pré-aquecimento de moldes	Temperatura normal de trabalho: 200°C em contínuo.	6	759 €
Valores Totais		13	6430 €

De acordo com a realidade da empresa e perante este custo de aquisição das ferramentas, que perfaz 6430 €, constata-se que os benefícios relativos à aplicação deste método extrapolam o investimento necessário à sua realização.

A sua implementação agiliza o sector da vulcanização e, conseqüentemente, toda a linha de produção, contribuindo para a redução de stocks entre sectores e de produto final, permitindo que uma mudança de molde não contribua para a quebra de produção, viabilizando a alteração da mesma consoante a necessidade do cliente. As mais-valias trazidas por este método prevalecem claramente a este investimento.

3.3.2.1.5 Impacto esperado com a aplicação SMED

Como identificado, é possível reduzir o tempo de setup em 82.65%. Na Tabela 3.19 mostra-se a relação destes valores com calculado dispendido relativamente à troca de setup.

Tabela 3.19 – Melhoria relativamente à percentagem do tempo de setup.

Sector	% Tempo de Setup Actual	% Redução SMED	% Novo tempo de Setup
Vulcanização	8%	82,65%	1,39%

Através deste novo tempo de setup, consegue-se estimar a nova taxa de ocupação específica do sector, como se pode visualizar na Tabela 3.20.

Tabela 3.20 – Melhoria global do sector.

Sector	Taxa de Ocupação Actual	Nova Taxa de Ocupação	Melhoria Global
Vulcanização	65,36%	60,84 %	6,92 %

Embora o valor relativo à melhoria global do sector não seja muito elevado, torna-se mais significativo na contribuição para a flexibilização do mesmo. É importante salientar que, caso a produção puxada seja implementada, o número de trocas de ferramentas necessárias para responder a todos os pedidos de encomendas vai aumentar, pois não haverá tanto stock em armazém como actualmente para responder a esses pedidos, tornando assim, esta medida significativa para a agilização de toda a Linha Produtiva 1.

3.3.2.2 Implantações - Melhoria do layout

A implantação de uma linha produtiva é um factor da maior importância para qualquer fábrica. Sugere-se uma mudança de *layout* com o objectivo de resolver inúmeros problemas detectados, nomeadamente associados a transportes incorrectos, movimentos de operadores desnecessários, à vinda de todos os tipos de carcaças para a LP1 onde vão ocupar espaço desnecessário na fábrica, a uma disposição que induz à confusão, entre outros. Aconselha-se um layout que facilite a implementação do sistema Kanban contribuindo para um acréscimo da fluência dos produtos, que permita a interacção entre sectores, onde só se dê entrada a carcaças aptas à produção e, no cômputo geral, que contribua para um nível superior de organização.

Sugere-se a unificação do sector da inspecção inicial nos armazéns designados por “Lote 10 e 11”. Como mais-valia, apresenta-se o facto de libertar aproximadamente 35% do espaço ocupado na fábrica, evitar erros no controlo de stocks de carcaças e contribuir para que só entrem pneus aptos à produção na LP1.

Sugere-se que esta nova implantação seja acompanhada por um plano sustentado pela filosofia 5’S de forma a contribuir também para um ambiente limpo, organizado, prático e simples tornando a presença dos operadores nos postos de trabalho mais agradáveis, contribuindo

consequentemente, para uma maior satisfação global na empresa. Também ao abrigo desta filosofia, torna-se importante em todos os sectores, existir uma bancada de apoio com as ferramentas estritamente necessárias a cada posto, bem identificadas. Esta acção torna a operação mais intuitiva onde, um novo operador chegado a um novo posto de trabalho, tenha uma aprendizagem mais célere, contribuindo assim para uma maior flexibilidade a nível humano quando necessário, não ficando tão dependentes dos operadores mais experientes em cada sector operativo.

Na Figura 3.49 apresenta-se o layout actual da Linha Produtiva 1 com o intuito de ser comparado, quer ao nível da sua disposição, quer ao nível do fluxo material com o layout sugerido, visível na Figura 3.50.

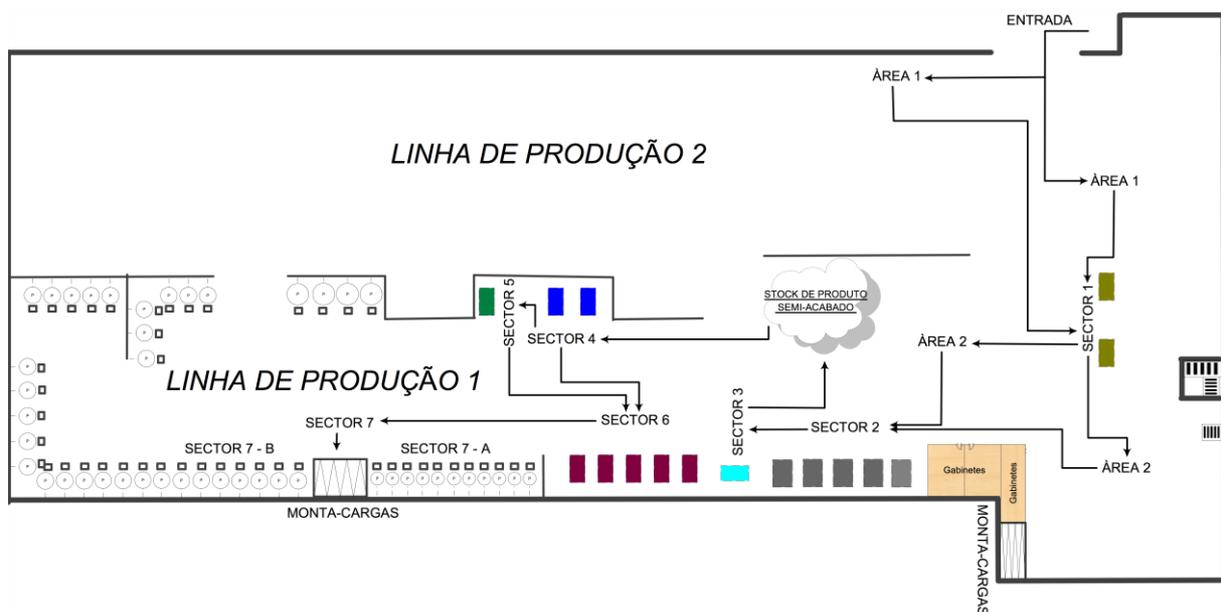


Figura 3.49 – Layout Actual da Linha Produtiva 1.

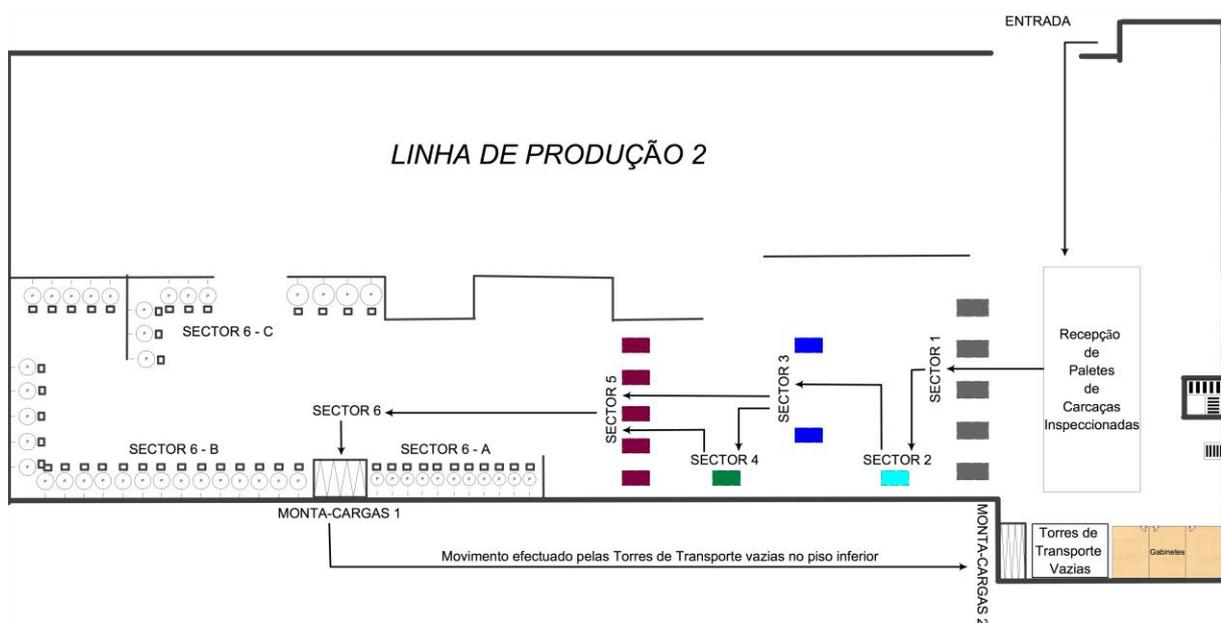


Figura 3.50 – Layout Optimizado.

Com o novo layout relativo à Linha de Produção 1 obtém-se um alinhamento simplificado contribuindo para uma maior fluência do produto entre os sectores. Com a recepção das carcaças inspeccionadas em paletes consegue-se uma maior organização inicial, pois só se receberá as carcaças necessárias e suficientes para responder às encomendas existentes. No “Sector 1” recebe-se de forma ordenada as paletes, e após a operação de raspagem do pneu, transferem-se para as torres móveis de transporte facilitando a transição para o “Sector 2”. Deste sector, e após a operação efectuada, procede-se à mudança da torre para o “Sector 3”. Após a operação neste sector, alguns pneus dirigem-se ao “Sector 4” e os restantes transportam-se directamente para o “Sector 5”, evitando a anterior proximidade destes três sectores que gerava uma enorme confusão de produtos operados e por operar em cada um deles. Seguidamente transferem-se os pneus para o “Sector 6”, onde, após serem vulcanizados, são deslocados com a ajuda da respectiva torre de transporte para o “Monta-Cargas 1” sendo descarregados no piso inferior da fábrica para inspecção final e acabamento. A torre de transporte (juntamente com a placa informativa específica) retomará, agora livre, o seu lugar na Linha Produtiva 1 por ascensão no “Monta-Cargas 2” não interferindo com o sentido do fluxo material.

3.3.2.2.1 Impacto esperado pela aplicação do novo layout

Pelos vários defeitos detectados provenientes do *layout* actual, sugeriu-se uma nova disposição dos sectores. Esta melhoria dispôs os sectores de acordo com a sequência das operações contribuindo para a existência de um fluxo material mais directo e mais claro mesmo para os próprios operadores. Relativamente aos transportes e movimentos efectuados, ficam agora mais directos e objectivos. Esta medida possibilitou ainda a libertação de cerca de 35% do espaço ocupado da fábrica pela mudança do sector da inspecção inicial para outro armazém, sendo que esta medida em muito ajuda à organização da mesma libertando a linha produtiva para um conceito mais *Lean* garantindo que só entram na fábrica pneus aptos à produção. Na Figura 3.51 demonstra-se a área libertada nesta melhoria de layout.

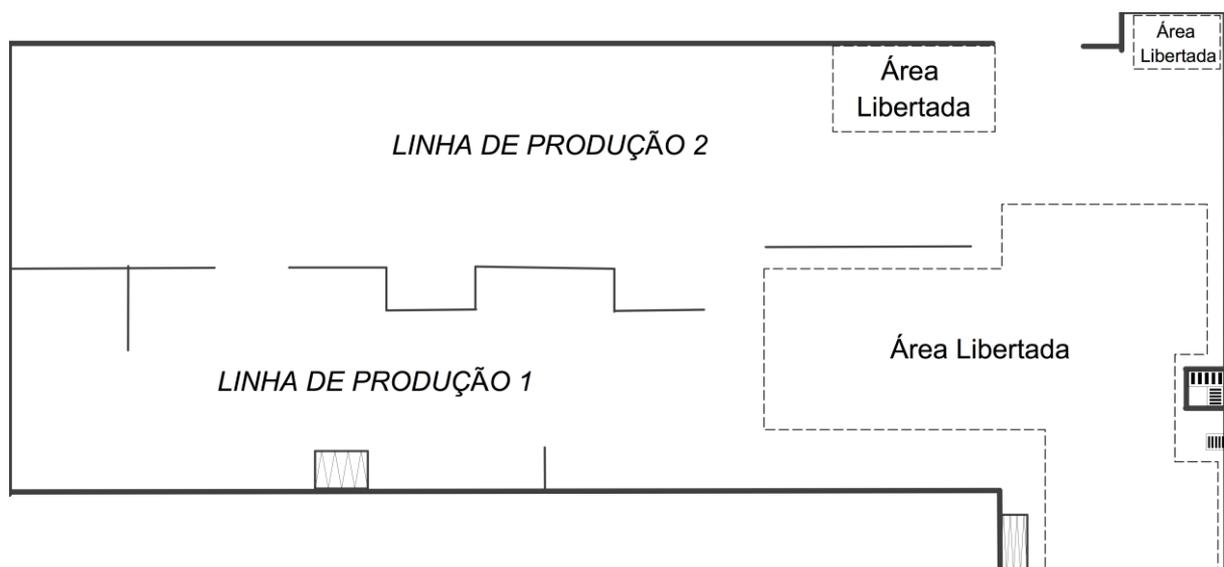


Figura 3.51 – Área libertada com a melhoria efectuada ao layout.

3.3.2.3 Aplicação do método Kanban

O método Kanban traz consigo uma nova mentalidade produtiva promovendo a produção puxada em detrimento da produção empurrada, contribuindo para a redução de stocks desnecessários e, conseqüentemente, para uma redução do *lead time*.

O estudo deste caso surge com intuito de reduzir stocks, contribuir para o aumento da fluidez dos produtos entre sectores, melhorar a comunicação em toda a linha produtiva regulando este sistema produtivo renovado.

3.3.2.3.1 Cartão Kanban

Em primeiro lugar, sugere-se a alteração da actual placa informativa que, normalmente, acompanha as torres de transporte para um cartão kanban mais detalhado com a informação necessária à produção de determinado lote. Na Figura 3.52 pode-se observar esse exemplo.

<u>KANBAN</u>	Cliente:	Nº Encomenda:																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Medida Carcaça:</td></tr> <tr><td>Medida Final:</td></tr> <tr><td>Piso:</td></tr> <tr><td>Tipo de Borracha:</td></tr> <tr><td>Marcação Lateral:</td></tr> <tr><td>Número total de pneus:</td></tr> <tr><td>Tipo de carcaças:</td></tr> <tr><td>Número da prensa a que se destina:</td></tr> </table>	Medida Carcaça:	Medida Final:	Piso:	Tipo de Borracha:	Marcação Lateral:	Número total de pneus:	Tipo de carcaças:	Número da prensa a que se destina:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">ORDENS DE TRABALHOS</td></tr> <tr><td style="width: 80%;"></td><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">INSPECCÃO</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">RASPAGEM</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">APL. COLA</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">EXTRUSÃO</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">EQUILIBRAGEM</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">A.BORR.LATERAL</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">VULCANIZAÇÃO</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">INSPECCÃO FINAL</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">ACABAMENTO</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	ORDENS DE TRABALHOS			<input checked="" type="checkbox"/>	INSPECCÃO	<input type="checkbox"/>	RASPAGEM	<input type="checkbox"/>	APL. COLA	<input type="checkbox"/>	EXTRUSÃO	<input type="checkbox"/>	EQUILIBRAGEM	<input type="checkbox"/>	A.BORR.LATERAL	<input type="checkbox"/>	VULCANIZAÇÃO	<input type="checkbox"/>	INSPECCÃO FINAL	<input type="checkbox"/>	ACABAMENTO	<input type="checkbox"/>
Medida Carcaça:																															
Medida Final:																															
Piso:																															
Tipo de Borracha:																															
Marcação Lateral:																															
Número total de pneus:																															
Tipo de carcaças:																															
Número da prensa a que se destina:																															
ORDENS DE TRABALHOS																															
	<input checked="" type="checkbox"/>																														
INSPECCÃO	<input type="checkbox"/>																														
RASPAGEM	<input type="checkbox"/>																														
APL. COLA	<input type="checkbox"/>																														
EXTRUSÃO	<input type="checkbox"/>																														
EQUILIBRAGEM	<input type="checkbox"/>																														
A.BORR.LATERAL	<input type="checkbox"/>																														
VULCANIZAÇÃO	<input type="checkbox"/>																														
INSPECCÃO FINAL	<input type="checkbox"/>																														
ACABAMENTO	<input type="checkbox"/>																														
Nº Kanban/Nº Total Kanbans	Capacidade lote:																														

Figura 3.52 – Kanban de transporte de acompanhamento das torres (placa informativa).

Nesta nova abordagem realça-se que só o cliente poderá solicitar a entrada de um kanban no sistema produtivo iniciando assim a produção de um novo, ou novos lotes de produtos. Esta característica é basilar para a implementação do sistema de produção puxada. Estes cartões, têm também a função de definir a urgência de cada pedido. Sugere-se dois tipos de cartões kanbans com duas cores diferentes, verde e vermelho. Sempre que um cartão vermelho é definido, deve ter prioridade sobre os verdes. O kanban verde, significa que se trata de uma encomenda não urgente e que pode aguardar o ciclo normal de produção. Esta nova placa permite a confirmação da passagem da torre no seu sector através da uma marcação na área reservada às “Ordens de trabalhos”. Sugere-se que, assim que retroceda desde a ordem do cliente até ao sector da inspecção inicial, seja

colocada junto ao pilar da torre de transporte facilitando a sua visualização independentemente do local do observador, Figura 3.53.

O número de cartões aplicados a cada encomenda depende directamente do número de pneus que o cliente deseja bem como o tamanho do lote (2).

$$NumKanbans = \frac{NumPneusPedidos}{Capacidade\ do\ Lote} (1 + Coef. Seguran\c{c}a) \quad (2)$$



Figura 3.53 – Local de aplicação do kanban produtivo.

3.3.2.3.2 Nova Dinâmica Produtiva

Considera-se três postos de trabalho de três sectores produtivos diferentes. O método kanban sugerido, baseia-se no movimento das torres de transporte. Estas devem ter, obrigatoriamente, posições definidas. O facto de estarem em determinadas posições, livres ou preenchidas com pneus, transmite informação aos operadores dos sectores a montante. A Figura 3.54 exemplifica o fluxo sugerido.

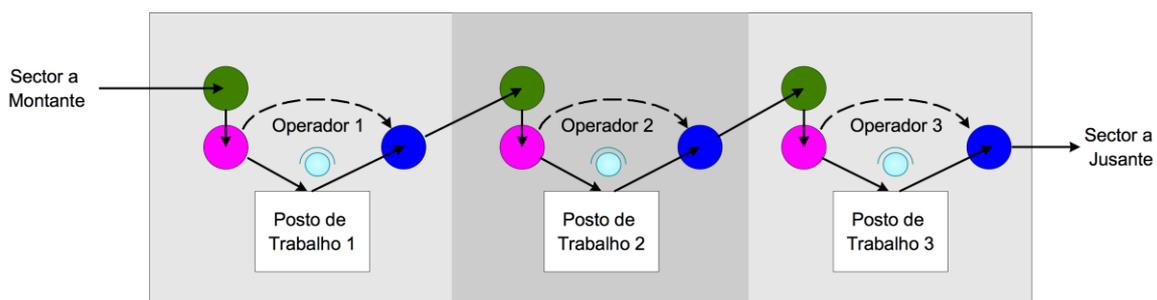


Figura 3.54 – Dinâmica produtiva simplificada.

Legenda:

- Posição Rosa – Indica ao operador qual o lote e as características do produto que vai produzir de seguida (Através da leitura do cartão Kanban);
- Posição Verde – Indica ao operador do sector a montante se deve ou não produzir;
- Posição Azul – Posição neutra. Inicialmente começa a produção com a torre vazia;
- — —> - Representa o movimento das torres vazias;
- > - Representa o movimento do material.

Analisando a Figura 3.54, percebe-se que a produção dum posto de trabalho depende directamente do sector a jusante. Com o intuito de criar um fluxo de material efectivo, definiram-se cores associados ao posicionamento das torres de transporte.

A posição rosa define-se por ter sempre a torre de transporte com os próximos pneus a serem trabalhados possuindo o cartão Kanban com todas as especificidades básicas do mesmo.

A posição azul surge como uma estação neutra, ou seja, vai iniciar sempre os trabalhos de um posto na condição de estar desocupada. Assim que o operador receber ordem de produção, começará a operar os pneus colocados na torre da posição rosa e a transferi-los individualmente para a torre da posição azul, após proceder à sua operação. Assim que tiver concluído o lote, desloca esta torre para o sector a jusante que a pediu, a torre que está agora vazia na posição rosa, passa para a posição azul, e a torre verde, carregada com pneus, passa para posição rosa.

A posição verde surge como a principal do fluxo, pois é ela que transmite ao operador a montante se pode ou não trabalhar. Neste local só existe dois estados, ou está uma torre carregada de pneus, ou o espaço está vazio. Na primeira situação, transmite ao operador a montante que este posto de trabalho não necessita de ser abastecido. Na segunda situação, assim que esta torre se desloca para a posição rosa, informa instantaneamente o operador do sector a montante que necessita de um lote de pneus na posição verde.

Esta dinâmica produtiva garante a implementação do sistema de produção puxada, em detrimento da produção empurrada actual.

3.3.2.3.3 Movimento do cartão Kanban

Torna-se importante complementar a nova dinâmica produtiva com o movimento descendente, relativamente ao fluxo de material, do cartão kanban pedido pelo cliente. Cada posto de trabalho deve ter definida uma caixa específica de armazenamento de cartões Kanban de forma a que sempre que lhe surja cartão na caixa kanban do sector a jusante, ele o possa deslocar para a do sector a montante, como se pode verificar na Figura 3.55. É importante definir que este cartão kanban, no seu movimento descendente, não tem a função de facultar ordens de trabalho aos operadores dos sectores. Só no sector da inspecção inicial é que os cartões kanban vão determinar que pneus se devem deslocar para a Linha Produtiva 1, sendo anexados a cada lote da quantidade que determina. Assim, será sempre o movimento das torres de transporte a dar as ordens de trabalho e o cartão kanban a fornecer as especificações do mesmo. Esta medida contribui para uma auto-regulação dos stocks intermédios.

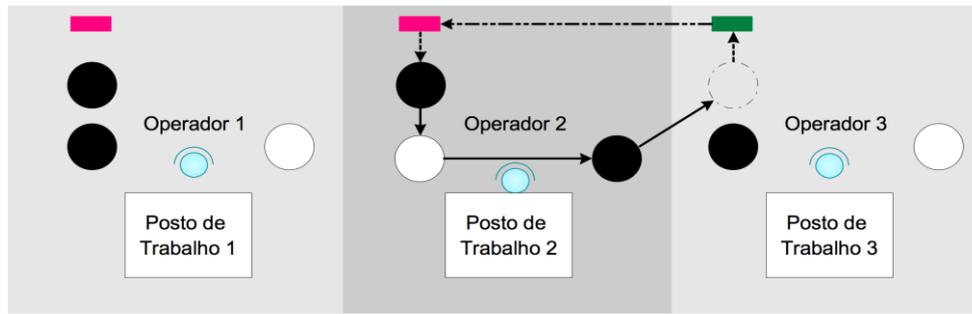


Figura 3.55 – Movimento do Operador.

Legenda:

- Torre Preta – Indica que a torre está carregada de pneus;
- Posição Branca – Indica que a torre está livre;
- Estação – Local específico para onde deve ir a torre carregada;
- ←--- - Representa o movimento do operador transportando a placa Kanban;
- ←— - Representa o movimento do operador transportando consigo uma torre com pneus;
- ←--- - Representa o movimento em que o operador está livre;
- - Caixa kanban com cartão;
- - Caixa kanban sem cartão;

Fazendo a análise da Figura 3.55, percebe-se que a sistematização dos movimentos dos operadores é muito importante. Nesta dinâmica, o operador 2 consegue não só fornecer o seu cliente (operador 3) consoante a sua necessidade, mas também fazer com que a informação se propague do cliente final até ao sector inicial onde se encontra a matéria-prima, contribuindo assim para a implementação da produção puxada.

No Anexo 1 figuram duas imagens, uma representativa da caixa Kanban associado a cada máquina ou posto de trabalho, e a outra, ilustrativa da caixa kanban associado à palete que transporta pneus entre o novo sector da inspeção inicial e a LP1.

3.3.2.3.4 Controlo de produção

As máquinas de todos os postos de trabalho existentes na Linha Produtiva 1 têm a capacidade para trabalhar com qualquer tipo de pneus, de qualquer gama, excepto as de um, a vulcanização. Neste sector, nenhuma prensa tem a capacidade de trabalhar com todos os moldes. Actualmente não se sente os malefícios desta característica pois são amortizados pelos stocks existentes. No entanto, neste novo sistema, esta característica vai originar a necessidade de ter um stock de segurança controlado, entre este sector e o que se localiza a montante, como reacção a esta falta de flexibilidade do sector em questão. Nesta zona, será importante existirem duas zonas destacadas, uma para onde se coloquem as encomendas urgentes, outra para onde se colocam as encomendas normais.

A aplicação deste método, e desta dinâmica, à Linha Produtiva 1, implica algumas funções acrescidas ao controlo da produção, nomeadamente a necessidade de, diariamente, ser efectuado um “Plano de Encomendas Diárias”, que terá como função definir que cartões kanban darão entrada

no dia seguinte de acordo com as encomendas existentes, delineando assim o número de cartões kanban pedidos pelos clientes. O plano deve ser elaborado pelos responsáveis de produção no final de cada dia de trabalho, considerando as novas encomendas chegadas à fábrica juntamente com as que já estão em produção, de forma a não dar entrada para a linha produtiva nada que não possa ser produzido no imediato. Este controlo tem o intuito de gerir o stock criado, evitando grandes inventários e faltas aos prazos de entrega. Neste plano, devem constar principalmente três factores:

1. As prensas e os moldes que se pretende utilizar - É fundamental saber se estão disponíveis e prontos a produzir, ou caso não estejam, saber a previsão da sua disponibilidade;
2. Saber se existe matéria-prima suficiente nos Lotes 10 e 11 que permita esta produção puxada;
3. Garantir que, no final do primeiro turno, existem pneus suficientes para garantir a produção contínua do sector da vulcanização, ou seja, em média, dois terços das encomendas diárias.

3.3.2.3.5 Mesa geral de cartões kanban

O plano de encomendas diárias, depois de estar completamente definido pelo controlo de produção, deve ser centralizado numa “Mesa Geral de Kanbans”, Figura 3.56, existente entre o sector da vulcanização e o da aplicação de borracha lateral. Sugere-se que o plano de encomendas diárias sejam efectuadas no final do dia de trabalho e que só se actualize a mesa geral de cartões kanban imediatamente antes do dia seguinte de trabalho iniciar. Terá como principal função comunicar aos operadores a produção diária esperada da fábrica, a ordem de trabalhos e o nível de urgência dos mesmos. A cada número da mesa geral de kanbans corresponde uma prensa do sector da vulcanização.

1	6	11	16	21	26	31	36	41
2	7	12	17	22	27	32	37	42
3	8	13	18	23	28	33	38	43
4	9	14	19	24	29	34	39	44
5	10	15	20	25	30	35	40	45

Figura 3.56 – Planta da mesa geral de kanban.

O responsável de produção, após o planeamento, deve ter em conta os seguintes casos:

1. Uma encomenda com um único cartão kanban verde – Neste caso deve ser feito um cartão kanban e uma cópia deste. O cartão original dá entrada na mesa geral de kanbans e o cartão assinalado como “Cópia”, dá entrada na caixa kanban associada à prensa em questão. O operador da vulcanização sabe, desta forma, que o cartão é meramente informativo alertando-o atempadamente para a chegada deste novo lote e, se for caso disso, para a troca de molde;

2. Uma encomenda com múltiplos cartões kanbans – O primeiro cartão dá entrada da encomenda na mesa geral de kanbans colocada no número específico da prensa e os restantes devem ser colocados na caixa kanban referente a esta mesma prensa. O operador da vulcanização pode e deve, desta forma, ter sempre a noção de que uma encomenda está para terminar e informar-se no cartão kanban seguinte, se é necessário ser efectuada a troca de moldes ou não.
3. Uma encomenda com um único cartão kanban vermelho – Devem ser feitos dois cartões, um original e outro cópia deste. O cartão kanban original deve ser directamente colocado na caixa kanban do transportador, e o cartão cópia deve ser colocado na caixa kanban relativa à prensa onde vai ser efectuada o trabalho;
4. Uma encomenda com múltiplos cartões kanbans vermelhos – O primeiro cartão kanban deve dar entrada imediatamente na caixa kanban do transportador, e os restantes devem ser colocados na caixa kanban relativa à prensa onde vai ser efectuada a operação.

Desta forma consegue respeitar-se as prioridades das encomendas e tornar funcional o sistema da mesa geral de kanbans.

3.3.2.3.6 Movimentos específicos dos operadores

Cabe aos operadores do sector do acabamento de borracha lateral iniciarem o processo de produção de uma nova encomenda. Assim que chegam aos seus postos de trabalho, devem dirigir-se imediato à mesa geral de kanbans e fazerem a leitura da mesma. Devem verificar qual, de todos os cartões kanban existentes na mesa, possui o menor número de encomenda para assim garantirem a ordem de chegada de encomendas à fábrica. Após a selecção, devem transferi-lo para a caixa kanban associada ao seu posto de trabalho.

Com este processo, garante-se sempre a ordem das encomendas e a chegada atempada do material aos postos de trabalho, contribuindo para o conceito JIT.

Relativamente aos operadores da vulcanização do primeiro turno, devem, ao chegar ao sector, analisar as caixas kanban associadas a cada prensa verificando se existe algum cartão kanban vermelho, e se houver, deve providenciar atempadamente a troca de molde caso seja necessário. Caso não haja, deve prosseguir a produção normal, ou seja:

1. Dirigir-se ao stock de segurança, analisar qual a torre com cartão kanban com o menor número de encomenda, e transportá-la para a prensa. Assim que colocar o primeiro pneu a produzir, deve pegar no cartão kanban seguinte que está na caixa específica dessa mesma prensa e ir colocá-lo na mesa geral de kanbans tendo o cuidado de confirmar o número da prensa;

2. Assim que colocar o último pneu dessa torre, deve dirigir-se ao stock de segurança e trazer uma nova torre com pneus, caso ela exista. Neste momento, junto à prensa estarão três torres, uma vazia, uma completa e uma que falta uma unidade para estar preenchida. Assim que a produção do último pneu terminar, completa a torre inacabada, coloca a produzir uma nova unidade da torre recém-chegada, e coloca a torre livre no sítio especificado. Por fim, transporta a torre de pneus vulcanizados para o montacargas, terminando o ciclo.

É também importante definir que sempre que os operadores do sector do acabamento de borracha lateral trabalharem uma torre de pneus urgentes, de seguida, devem colocar essa mesma torre na zona de stock de pneus urgentes, de forma a facilitar que sejam vistos pelos operadores da vulcanização e facilitando a sua tarefa.

3.3.2.3.7 Análise à fluência do sistema

O método kanban incita à fluência do material de forma equilibrada ao longo de toda a linha produtiva. Neste caso de estudo, o sector a montante deve ser capaz de produzir mais unidades no mesmo intervalo de tempo, com o intuito de responder rapidamente ao pedido de produção do sector a jusante. Esta capacidade de resposta pode ser avaliada por comparação das taxas de ocupação e dos turnos efectuados, Tabela 3.21.

Tabela 3.21 – Análise à fluência do material.

Sectores	Taxa de Ocupação	Turnos Efectuados
Inspecção Inicial	72.75%	1
Raspagem	55.63%	1
Aplicação de Cola	61.50%	1
Extrusão	71.78%	2
Equilibragem	64.32%	1
Aplicação de Borracha Lateral	98.63%	2

De acordo com a Tabela 3.21, sobressaem três sectores, pois quebram a sequência desejada para este método, a inspecção inicial por que ter a taxa de ocupação mais elevada que o sector a jusante, a extrusão e a aplicação de borracha lateral pela diferença dos turnos aplicados.

Relativamente à inspecção inicial, apresenta um valor ocupacional mais elevado que o sector a jusante. Actualmente, o facto de existir um elevado stock entre estes sectores amortece esta discrepância. No entanto, de acordo com a filosofia *Lean*, só devem ser inspeccionadas as carcaças pedidas, logo, será importante reduzir o valor da taxa de ocupação do sector de modo a permitir o fluxo do material.

De seguida, com um número de turnos diferente e com uma taxa de ocupação mais elevada surge a extrusão. Este sector possui um tempo sem valor acrescentado reduzido, o que implica que as eventuais melhorias ao sector não teriam grande impacto. Sugere-se então a criação de duas zonas de stocks, uma originada a montante durante a produção do primeiro turno, e outra a jusante

originada pela produção do segundo turno de trabalho. Como solução alternativa e de forma a equilibrar os turnos poder-se-ia adquirir uma nova máquina, sendo que, por seu lado, não evitaria que este sector deixasse de ser crítico caso se reduzisse para um único turno, sob o risco de ter que continuar a trabalhar a dois turnos onde a máquina iria ser subaproveitada.

Relativamente ao sector da aplicação de borracha lateral, surge também como ponto crítico deste fluxo, trabalhando em dois turnos. Apresenta uma percentagem de tempo de espera de 35%, sendo que esse valor será reduzido com a aplicação destas novas práticas, ou seja:

1. 9% desse tempo de espera deve-se ao facto de ir buscar um novo lote. Nesta nova dinâmica, o posto de trabalho é fornecido, ou seja, estima-se que se reduza para 0%.
2. 17% do tempo de espera deve-se à necessidade do operador percorrer todo o sector da vulcanização para descobrir que prensa devia ser abastecida. Nesta nova dinâmica toda a informação se encontra na mesa geral de kanbans, ou seja, estima-se que esta percentagem se reduza, também, para 0%.
3. 28% do tempo de espera surge pela necessidade de, após ter detectado que prensa deveria ser fornecida, se dirigir a ela de modo a visualizar quais as especificidades dos pneus em questão. Na nova dinâmica produtiva toda a informação está presente no cartão kanban, ou seja, estima-se também a sua redução para 0%.
4. 46% desse tempo de espera surge pelo facto de ser o operador a transportar os pneus para a prensa designada. Nesta nova dinâmica o operador continuará a transportar de facto as torres de pneus mas para uma distância muito mais reduzida e que não é variável. Estima-se que a redução seja de um terço do valor actual, ou seja, 15% aproximadamente;

Com estes novos dados, calcula-se o novo tempo de ciclo por unidade produzida, sabendo que o tempo em produção efectiva se mantém constante bem como a alimentação do sector, eliminam-se somente os desperdícios identificados na proporção estimada.

Tabela 3.22 – Melhorias ao sector e transição para operação em um único turno.

<i>Aplicação de Borracha Lateral</i>	<i>Tempo ciclo actual</i>	<i>Tempo ciclo estimado</i>	<i>Nova taxa de ocupação</i>
Família 1	00:02:47	00:01:59	95.98%
Família 2 e 3	00:06:41	00:04:36	

Desta forma, consegue reduzir-se o número de turnos deste sector, libertando dois operadores e aumentando ligeiramente a capacidade do mesmo. A cada operador devem ser dadas novas competências, sugerindo que ambos sejam deslocados para o sector da inspecção inicial, com o intuito de melhorar a cadência do sector permitindo fornecer o sector da raspagem em tempo útil.

Na Tabela 3.23, constata-se que o sector da inspecção inicial sector fica com um novo tempo de ocupação significativamente mais baixo. Este valor permitirá aos operadores, focarem-se não só na inspecção propriamente dita, mas também, na organização das carcaças, da colocação em paletes e no apoio às cargas e descargas que aqui vão ser frequentes.

Tabela 3.23 – Nova taxa de ocupação do sector da inspecção inicial.

Sector	Nº Total Horas Necessárias	Taxa de Ocupação Actual	Taxa de Ocupação Estimada
Inspeção Inicial	23.28	72.75%	48.50%

Com estas alterações promove-se a fluência do material, como se pode constatar pela Tabela 3.24 pois assim se demonstra que o sector a montante possui sempre maior capacidade de resposta que o sector a jusante.

Tabela 3.24 – Actualização das taxas de ocupação e turnos efectuados.

Sectores	Taxa de Ocupação	Turnos Efectuados
Inspeção Inicial	48.50%	1
Raspagem	55.63%	1
Aplicação de Cola	61.50%	1
Extrusão	71.78%	2
Equilibragem	64.32%	1
Aplicação de Borracha Lateral	95.98%	1

3.3.2.3.8 Definição de posições

Na Figura 3.57, definem-se as posições do stock de segurança de alimentação à vulcanização, da mesa geral de kanbans, das caixas kanbans por postos de trabalho, a predefinição dos locais onde devem estar colocadas as torres de transporte de pneus bem como a zona de recepção de paletes que permitem a entrada de matéria-prima na Linha Produtiva 1.

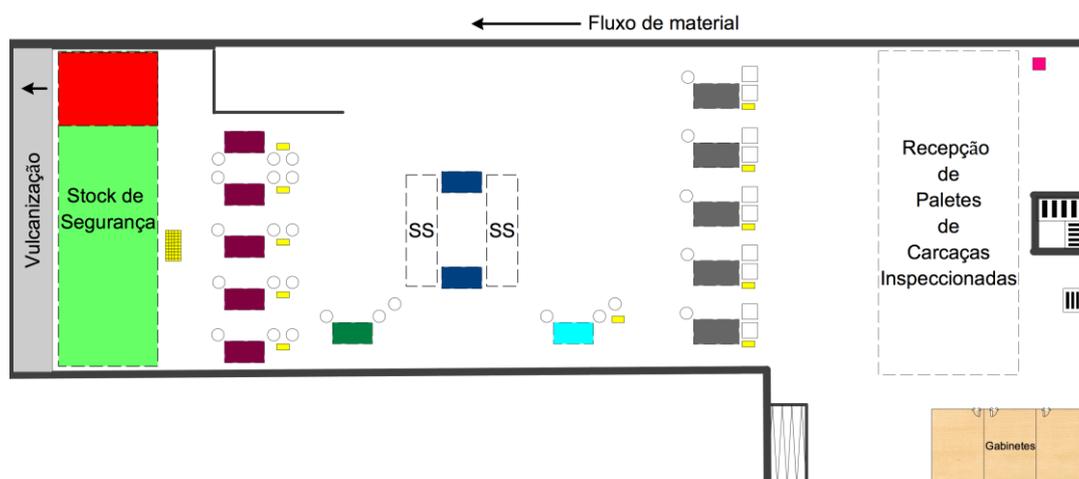
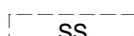


Figura 3.57 – Planta dos espaços definidos pelo método.

Legenda:

-  - Caixa Kanban;
-  - Caixa Kanban do transportador;
-  - Mesa geral de Kanbans;
-  - Stock de segurança.

Nesta figura, observa-se o stock de segurança do sector da vulcanização compostos por duas cores, sugerindo-se que a zona vermelha será o local específico para colocar as torres com cartão kanban urgentes, facilitando ao operador da vulcanização a constatação das prioridades. A zona verde destina-se à colocação das encomendas não urgentes. A figura apresenta também um pequeno quadrado cor-de-rosa que indica a localização da caixa kanban do transportador. Os cartões são deslocados das caixas kanban do sector da raspagem para a caixa kanban do transportador pelo operador responsável pela recepção e organização das paletes de matéria-prima.

Sugere-se ainda a marcação física dos espaços necessários para as torres e paletes no chão da fábrica seja feita ao abrigo da filosofia 5'S. É fundamental manter também o espaço em redor do posto de trabalho sempre limpo para permitir a fácil visualização das marcações para poderem ser sempre utilizadas.

3.3.2.3.9 Fornecimento de Matéria-Prima

Relativamente à entrega de matéria-prima na Linha Produtiva 1, deve ser efectuado de forma a garantir o fornecimento contínuo do sector da raspagem. Sugere-se que o transportador assim que chegue à fábrica descarregue as paletes com pneus pedidos, carregue o camiãõ com as paletes vazias que existem e não se vá embora, sem antes se dirigir à caixa kanban e levar consigo todos os cartões kanbans existentes na sua caixa. Assim que chegue ao armazém da inspecção inicial, deve deixar os cartões, descarregar as paletes vazias, carregar o camiãõ com as paletes com os pneus solicitados anteriormente para voltar a transportá-las para a fábrica. Assim, os operadores responsáveis pelo armazenamento de carcaças, têm tempo suficiente para carregar as novas paletes com os pedidos dos novos cartões kanban. Com uma capacidade de carga actual de, aproximadamente, cem pneus por viagem, estima-se que sejam necessárias sete viagens de ida e volta para garantir o fornecimento ideal ao sector.

No Anexo 2 procede-se à explicação da nova forma de actuar, com o intuito de usufruir de todos os transportes, e não só de um, apesar de só este controlar a entrada dos cartões no sector da inspecção.

3.3.2.3.10 Impacto esperado pela aplicação do método kanban

O método kanban induz ao sistema produtivo uma clarificação geral de movimentos e transportes a efectuar. Estipula também uma nova dinâmica produtiva diferenciada da actual incitando à comunicação entre sectores produtivos.

Como principal mais-valia, estima-se que o método kanban reduza significativamente o *lead time* da Linha Produtiva 1. Na Tabela 3.25 apresentam-se os valores esperados.

Tabela 3.25 – Estimativa de melhoria obtida pela aplicação do método kanban.

<i>Kanban</i>	<i>Lead Time Actual</i>	<i>Lead Time Esperado</i>	<i>% Melhoria Obtida</i>
Família 1	16 dias	6 dias	62,50%
Família 2	18 dias	6 dias	66,67%
Família 3	19 dias	6 dias	68,42%

Como se pode constatar, estas melhorias obtidas são de facto muito positivas, contribuindo de forma efectiva para o melhoramento da capacidade de resposta, da diminuição dos stocks de produção e, conseqüentemente, reduzindo o custo de produção de cada unidade contribuindo para o equilíbrio do sistema produtivo.

3.3.2.4 Projecto experimental de um modelo de comunicação e gestão avançado

No sentido de uniformizar a produção de toda a Linha Produtiva 1, sugere-se um projecto-piloto que interligue três fases da produção, o novo sector da inspecção inicial, o controlo de produção e o sector da vulcanização.

Neste novo conceito produtivo, a partir do momento que uma encomenda dá entrada no controlo de produção há a necessidade imediata de obter informações específicas, nomeadamente saber se há carcaças para corresponder ao pedido da encomenda, se o molde está disponível para trabalhar e se há alguma prensa livre com as quais o molde consiga trabalhar, Figura 3.58.

Caso não haja carcaças para ser efectuada a encomenda, o sistema deve emitir imediatamente uma nota informativa registando esse facto, com o intuito de fazer uma previsão sobre que medidas e que pneus são mais ou menos solicitados. Relativamente ao molde ou à prensa, pelo controlo do sector da vulcanização, o programa deve responder de forma imediata com uma previsão objectiva, após analisar os pedidos, as urgências e o número de pneus em produção para aquela prensa ou para aquele molde.

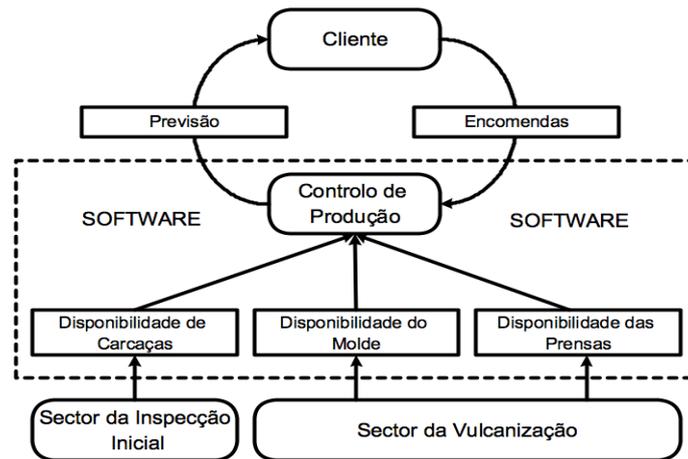


Figura 3.58 – Informações necessários no momento que se recebe uma encomenda.

Não entra no âmbito deste estudo a programação efectiva do *software* bem como a aplicação dos *hardwares* específicos. No entanto, é fundamental desenvolver as regras básicas para a criação do mesmo, definindo os hipotéticos *inputs* e *outputs* do programa bem como a estrutura básica da imagem apresentada nos terminais de cada posto de trabalho.

Medidas iniciais para a criação do sistema:

- Cada máquina do sector da vulcanização deve possuir um terminal próprio e um ponto de entrada de informação simples – botão;
- Deve ser criado, dentro do “Lote 10 e 11”, um posto de registo informático onde identifique todas as medidas, marcas e especificações das carcaças existentes.

Como informação base do sistema, devem ser introduzidas todas as relações possíveis e existentes entre prensas e moldes, para que quando se solicite a utilização de um determinado molde, o *software* devolva os números das prensas que podem trabalhar com aquele molde específico.

O ponto de entrada de informação tem o intuito de conectar a produção do sector da vulcanização ao controlo de produção. O operador, sempre que proceda à alimentação de uma prensa, tem obrigatoriamente o dever de carregar no botão, informando, desta forma, o *software* que falta menos um pneu para produzir de determinada encomenda. Assim, com esta capacidade, o próprio *software* ganha independência para gerir pedidos recebidos e proceder ao controlo de produção, prevendo atempadamente as mudanças de molde, dando tempo aos operadores de realizarem as operações externas e prepararem o novo lote de pneus, libertando também os responsáveis de produção para um acompanhamento mais prático do sistema produtivo em questão.

Sendo este um projecto piloto inexistente na fábrica sugere-se que a sua implementação se faça de forma faseada e analisando sempre as eventuais melhorias obtidas. Como medida mais urgente, aconselha-se a criação do posto de registo informático relativamente às carcaças existentes de forma a disponibilizar essa informação no imediato ao controlo de produção. Como segundo

passo, deve proceder-se à introdução de dados relativamente à relação entre prensas e moldes, tornando essa informação geral, não dependendo somente do responsável de produção. Em terceiro, sugere-se a implementação parcial, numa pequena amostra de dez prensas, por exemplo, onde se implemente os dez respectivos terminais com a informação e contabilização de unidades produzidas. Como quarto passo, aconselha-se a aplicação dos terminais e pontos de entrada de informação em todas as prensas, contribuindo para uma produção mais profissionalizada e imediata. Em quinto lugar, que o software tenha a capacidade de, ao averiguar que a produção imediata é possível, registre a placa kanban, para os responsáveis de produção a colocarem no local devido. Por último, sugere-se que o programa consiga contabilizar o tempo desde a entrada da encomenda até à data dada como previsão, em ordem decrescente, para inteirar o operador do estado da obra.

No Anexo 3 encontra-se a imagem sugerida com toda a informação útil para o ecrã do terminal associado a cada máquina do sector da vulcanização.

Aconselha-se também a, sempre que seja necessário uma mudança de molde, que o ambiente de trabalho do monitor altere a cor de forma intensa ajudando o operador na percepção desta necessidade.

Contudo, este *software* necessita obrigatoriamente de um sistema de controlo de erros, não permitindo que a linha produtiva entre em colapso por uma distração de um operador ou mesmo por uma avaria no sistema.

3.3.2.4.1 Sistema simples de Prevenção Poka-Yoke

Com a aplicação deste modelo experimental surge a necessidade de implementar um sistema à prova de erros.

Com a aplicação do ponto de entrada de informação em cada prensa, pode acontecer o operador não dar o sinal de ter concluído um pneu, o que implicaria uma quebra no sistema e uma falha de rigor do mesmo. Para evitar que este problema possa surgir, sugere-se uma solução através de um método de controlo onde cada prensa possua um sensor de detecção de presença do pneu na máquina que só permita dar início à produção do pneu seguinte após o operador ter carregado no botão do *software*, caso contrário, a máquina não deve iniciar o trabalho garantindo assim a veracidade dos valores lidos pelo computador.

Como segunda aplicação, o facto de, no ecrã, estarem todas as informações relativas aos pneus de cada encomenda, faz com que o operador deva sempre confirmar com a informação existente na placa kanban, onde, por qualquer pequena discrepância que eventualmente possa existir, suspenda de imediato a produção, até que se resolva o problema e se saiba de facto o que o cliente pretende. Assim, garante-se que não se produz nada que o cliente não tenha pedido.

Com estas soluções aplicadas garante-se uma solidez significativa para que o *software* possa ter sempre a informação necessária para garantir o seu correcto funcionamento.

3.3.2.4.2 Impacto esperado pela aplicação do modelo

A aplicação deste modelo de comunicação e gestão avançado possui as seguintes mais valias:

- Aproximar o sector comercial ao sector produtivo;
- A possibilidade de saber instantaneamente se existem carcaças que permitam a entrada de uma encomenda na linha produtiva ou não;
- Controlar as necessidades relativamente à matéria-prima;
- Gerir a capacidade do sector da vulcanização adequando os moldes pedidos pelos clientes às capacidades das prensas;
- Gerir a ordem das encomendas;
- Dar independência à Linha Produtiva, tornando-a flexível, não dependendo de nenhuma pessoa em concreto.

Este sistema contribui ainda para a sofisticação da fábrica, característica essa que deve ser sempre encarada como positiva e útil aos dias de hoje.

3.3.3 Soluções imediatas

Neste subcapítulo aconselham-se meras soluções pontuais de carácter técnico, relativamente à clarificação de funções, que se podem aplicar a casos concretos com o intuito de melhorar o desempenho de determinada função:

- Sugere-se que os operadores do sector da extrusão não devam despende o seu tempo de trabalho com a aplicação de borracha lateral em quaisquer pneus. Essa tarefa deve ser exclusiva do sector de acabamento de borracha lateral, cabendo-lhe a si operar a máquina extrusora.
- Relativamente ao sector da equilibragem, deve ser designado um operador a tempo inteiro para este posto operar não recorrendo a operadores do sector da vulcanização ou de qualquer outro para ser efectuado este trabalho. Se o operador deste sector, por ventura, tiver alturas em que esteja desocupado, deve ir dar apoio à vulcanização ou contribuir para a organização de sectores como a extrusão ou aplicação de borracha lateral.
- Com o intuito de facilitar a visualização das prensas que necessitam do operador para dar continuidade à produção, aconselha-se a colocação de um painel de sinalização

luminoso num ponto superior referente a cada prensa. Desta forma o operador, independentemente do lugar que ocupe no sector, consegue sempre visualizar o estado e a necessidade de cada uma, contribuindo para o melhoramento do desempenho do mesmo, Figura 3.59.

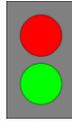


Figura 3.59 – Painel luminoso sugerido.

- Sugere-se a criação de uma *checklist* por cada posto, com o objectivo de garantir que, chegando ao fim de cada dia de trabalho, todas as ferramentas que tenham sido utilizadas estejam no local certo e aptas a serem usadas no dia seguinte. Tal como a reposição de produtos que sejam consumidos em determinados sectores, garantindo que são repostos de forma ao posto de trabalho ficar completamente funcional para o início do novo dia laboral.
- Aconselha-se que nunca se retirem operadores dos sectores estranguladores para irem ajudar em qualquer outras tarefas, como por exemplo, descarregar pneus de um camião que eventualmente tenha chegado à fábrica.

3.3.4 Mapa de fluxo de valor do estado futuro – Impacto geral

Com o intuito de aumentar a produtividade nesta linha produtiva elaboraram-se várias sugestões aos problemas detectados no subcapítulo anterior.

No seguimento do estudo efectuado, apresenta-se na Figura 3.60, o mapa de fluxo de valor que é expectável para os pneus relativos à Família 1 de acordo com as soluções apresentadas.

Os principais benefícios desta nova etapa consistem na redução significativa de stocks e de os erros de informação, no aumento do espaço disponível na fábrica, na redução do *lead time* e, conseqüentemente, no aumento da capacidade produtiva.

Analisando a figura, constatam-se as seguintes melhorias:

- Toda a produção passou a ser puxada em prol da existente produção empurrada;
- Todos os sectores comunicam entre si;
- Só entram, na linha produtiva, carcaças aptas pedidas pelo cliente;
- Redução muito significativa do *Lead Time*;
- Sistema de supermercado implementado que assegura a produção equilibrada entre sectores evitando stocks descontrolados;

- Apoio informático no controlo de carcaças;
- Relação próxima dos departamentos comerciais e produtivos;
- Planeamento atempado da produção;
- Capacidade de fornecer previsões concretas e instantâneas ao cliente;
- Diminuição para um turno de trabalho no sector da aplicação de borracha lateral e redução da sua taxa de ocupação;
- Inexistência de longos stocks de produtos finais no armazém;
- Redução da taxa de ocupação do sector da vulcanização;
- Uniformização do sector da inspecção inicial;

De acordo com a metodologia do mapeamento do fluxo de valor, este mapa relativo ao estado futuro, não se trata de um fim de um estudo, mas sim de um início de onde se deve recomeçar uma nova análise crítica com o objectivo de diagnosticar novos desperdícios e proceder à sua eliminação. Este é um dos conceitos da filosofia Lean, tentar atingir a perfeição num conceito de melhoria contínua – Kaizen.

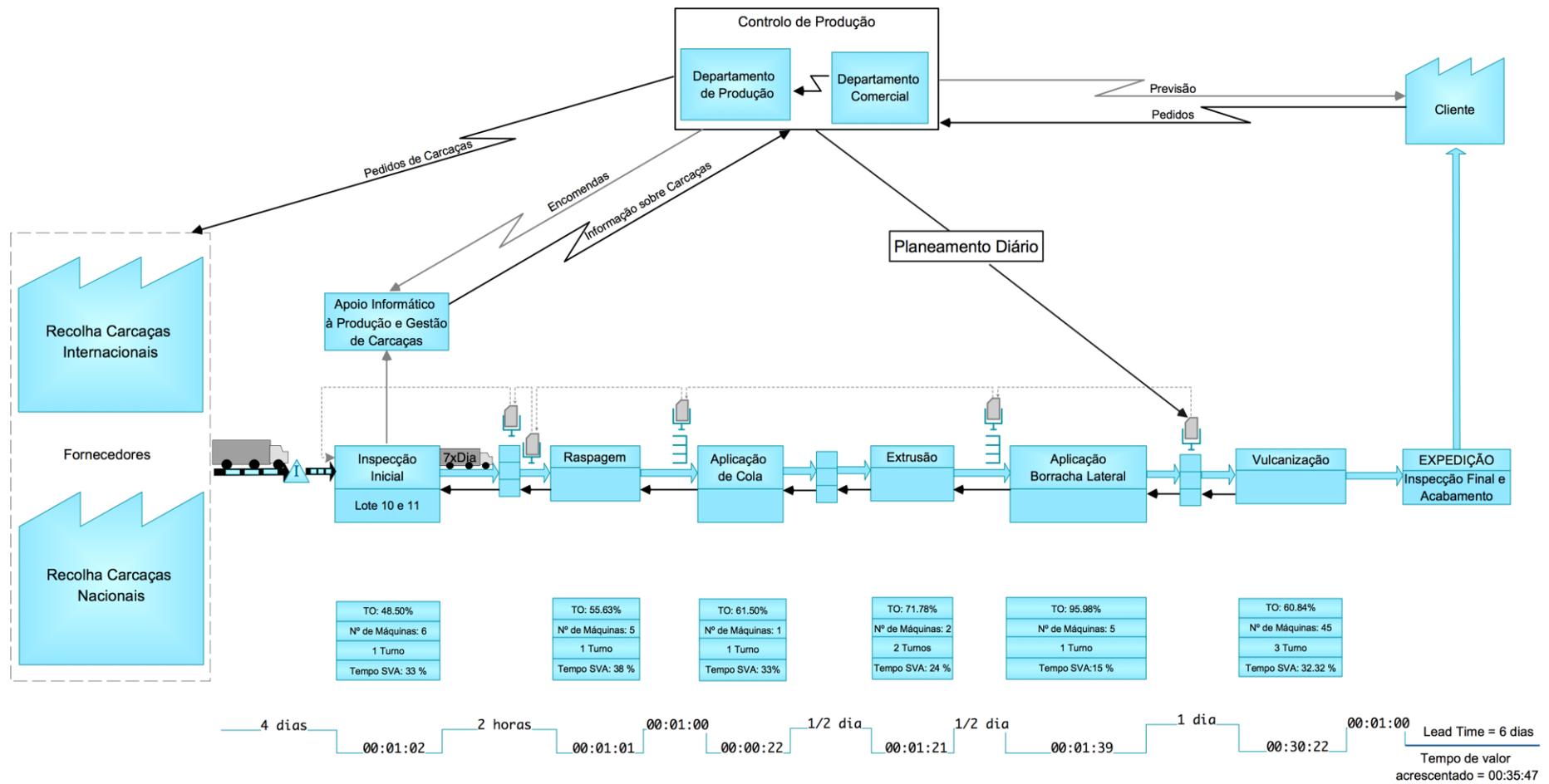


Figura 3.60 – Apresentação do Mapa de Fluxo de Valor relativo ao Estado Futuro.

4. Conclusões

O desenvolvimento deste estudo consistiu na análise da Linha Produtiva 1 da Recauchutagem 31. Baseou-se na elaboração do seu diagnóstico, na identificação de pontos críticos e na sugestão de soluções aos problemas identificados.

Através dos métodos de análise aplicados, vários problemas foram identificados, com especial destaque para a falta de flexibilização do sector da vulcanização e conseqüentemente, da linha produtiva, para os excessos de stocks, falta de espaço útil disponível, comunicação ineficaz entre sectores bem como lacunas no planeamento e controlo da actividade, que tendem a originar problemas de eficiência produtiva.

Através das soluções sugeridas, conseguiu-se lidar com os problemas de forma objectiva, trazendo uma nova atitude à Linha Produtiva 1.

De acordo com a solução SMED, apresentada na secção 3.3.2.1, e com os resultados obtidos através deste método, confirmou-se uma redução substancial do tempo de setup, contribuindo para a melhoria do sector e para o aumento da flexibilidade da linha, pois sempre que seja necessário mudar um molde, a produção não será interrompida tanto tempo, levando a que o fluxo de material seja contínuo, com menos esperas e stocks entre sectores.

Relativamente à solução do novo *layout*, sugerida na secção 3.3.2.2, permite uma redução substancial da área ocupada na Linha Produtiva 1 em 35%, aproximadamente. Torna o actual espaço ocupado em área livre que permite o rearranjo das implantações, incitando a melhoria do fluxo de material ao longo de toda a linha produtiva.

Quanto à sugestão do método Kanban, na secção 3.3.2.3, pretende revolucionar o pensamento produtivo actual. Promove de forma eficaz a comunicação entre os sectores da Linha Produtiva 1, impulsionando a produção puxada pela vontade do cliente, incitando à regulação dos stocks existentes promovendo o fluxo contínuo de material, com o objectivo claro de agilizar toda a dinâmica produtiva, sempre de forma equilibrada.

Na secção 3.3.2.4, sugeriu-se um modelo de comunicação e gestão avançado com o intuito de interligar o departamento comercial ao departamento de produção, permitindo a unificação de toda a informação referente à Linha Produtiva 1, fazendo a gestão das ordens de trabalho, proporcionando uma comunicação rápida e eficaz em benefício do cliente.

Com estas soluções, espera-se contribuir para:

- O aumento da flexibilidade geral da linha produtiva, através da mudança rápida de ferramenta;

- Alteração do sistema para produção puxada, em detrimento da produção empurrada actual;
- Melhoramento do fluxo, equilibrando a linha produtiva de stocks em excesso;
- Progresso ao nível da comunicação, dando maior velocidade de resposta aos clientes;

Com estas mais-valias, resulta uma produção com menos desperdícios e com menores tempos de ciclo por unidade levando a, conseqüentemente, uma redução de custos de produção, tornando a empresa mais produtiva e, concludentemente, mais competitiva.

Todo este estudo, caso se pretenda implementar, deve ser efectuado tendo como base a formação contínua de todas as pessoas pertencentes às diferentes hierarquias da empresa, pois só com um objectivo comum se conseguirá efectuar alterações a este nível.

Por ser o primeiro trabalho a ter sido realizado com esta profundidade, espera-se que seja uma rampa de lançamento para desenvolvimentos futuros, e que levem a empresa a atingir níveis superiores de produção, prosperando além-fronteiras de forma sustentada, pois o seu bom desempenho contribui para o desenvolvimento económico do país bem como para a protecção do meio ambiente.

Relativamente ao autor, conclui-se que o trabalho realizado na *Fedima Tyres* foi extremamente proveitoso para o enriquecimento, pessoal e profissional, do aluno enquanto futuro Engenheiro Mecânico contribuindo de forma cabal para a sua formação, dando uma perspectiva prática e efectiva da realidade profissional.

4.1 Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, propõe-se o desenvolvimento de processos que reduzam o número de pneus por cada lote de trabalho, diminuindo o WIP.

Sugere-se também, o desenvolvimento de formas rápidas de carregar e descarregar o camião que procede aos transportes entre a fábrica e armazém dos “Lotes 10 e 11”, analisando os locais de carga/descarga, com o objectivo de tornar mais eficaz este processo, despendendo menos tempo para o efectuar.

Numa constatação mais geral, sugere-se também a aplicação da filosofia *Lean* às outras duas linhas produtivas. Para tal, aconselha-se a criação de um *Lean Office* dentro da própria empresa, em consideração à complexidade e variedade fabricadas por elas, e por, actualmente, trabalharem de forma oposta à filosofia em questão.

5. Referências

- Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J., 2007. "Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study". *Int. J. Production Economics* 107 223-236.
- Al-Araidah, O., Jaradat, M.A.K., Batayneh, W., 2010. "Using a fuzzy Poka-Yoke based controller to restrain emissions in naturally ventilated environments". *Expert Systems with Applications* 37 4748-4795.
- Alukal, G., 2003. "Create a Lean, Mean Machine". *Quality Progress* 29-34.
- Arbós, L.C., 2002. "Design of a rapid response and high efficiency service bu lean production principles: Methodology and evaluation of variability of performance", *Int. J. Production Economics* 8 169-183.
- Barroso, J.M.D., 2010. "Europa 2020, Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo". Comissão Europeia, COM 2020 final.
- Bertholey, F., Bourniquel, P., Rivery, E., Coudurier, N., Follea, G., 2009. "Méthodes d'amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS): Lean Manufacturing, VSM, 5S". *Transfusion Clinique et Biologique* 16 93-100.
- Bhagwat, N.V., 2005. "Balancing a U-Shaped Assembly Line by applying Nested Partitions Method". Iowa State University, Ames, Iowa.
- Cakmakci, M., 2008. "Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry". Engineering Faculty Industrial Engineering Department, Dokuz Eylul University, Bornova, 35100 Izmir, Turkey.
- Chan, F.T.S., 2001. "Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems". *Journal of Materials Processing Technology* 116 146-160.
- Costa, J., 2007. "Produção Magra em Pequenas e Médias Empresas, Diagnóstico a uma Unidade Produtiva e Desenvolvimento de Soluções". Dissertação (Mestrado), IST/UTL, Lisboa.
- Fang, N., Cook, R., Hauser, K., 2006. "Work in Progress: An Innovative Interdisciplinary Lean Manufacturing Course". 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Session M4H.
- Gomes, M., 2007. "Diagnóstico e desenvolvimento de soluções para melhoria da produtividade: um caso de estudo". Dissertação (Mestrado), IST/UTL, Lisboa.
- Henriques, E. 2010 "Lean Manufacturing". Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- Hicks, B.J., 2007. "Lean information management: Understanding and eliminating waste". *International Journal of Information Management* 27 233-249.

- Holweg, M., 2006. "The genealogy of lean production". *Journal of Operations Management* 25 (2007) 420-437.
- Junior, M.L., Filho, M.G., 2010. "Variations of the kanban system: Literature review and classification". *Int. J. Production Economics* 125 13-21.
- Leite, J., 2008. "F-16MLU – Melhoria da Qualidade do Processo de Modificação". Dissertação (Mestrado), IST/UTL, AFAP, Lisboa.
- Lian, Y., Landeghem, H.V., 2002. "An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing". Department of Industrial Management, Ghent University, Technologiepark, 903, B-9052, Ghent, Belgium.
- McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R., Owen, G.W., 2001. "Changeover improvement: A maintenance perspective". *Int. J. Production Economics* 73 153-163.
- Melton, T. "The Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries". MIME Solutions Ltd, Chester, UK, Junho 2005.
- Parrie, J. "Minimize waste with the 5S system". PFM Production, Primavera 2007.
- Pool, A., Wijngaard, J., Van der Zee, D. "Lean planning in the semi-process Industry, a case study". Department of Operations, University of Groningen, P.O. Box 517, 9700 AV Groningen, The Netherlands, Abril 2010.
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T.A., Deflorin, P., 2009. "Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation". *Business Horizons* 52, 79-88.
- Shah, R., Ward, P., 2007. "Defining and developing measures of lean production". *Journal of Operation Management* 25 785 - 805.
- Riezebos, J., Klingenberg, W., Hicks, C., 2009. "Lean Production and information technology: Connection or contradiction?". *Computers in Industry* 60 237-247.
- Rother, M., Shook, J., 1999. "Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda". The Lean Enterprise Institute, Version 1.2.
- Strategos, Inc. "Just in Time, Toyota Production & Lean Manufacturing, Origins & History of Lean Manufacturing". 3916 Wyandotte, Kansas City Missouri, 64111 – 816.931.1414, 2001.
- Womack, J.P., Jones, D.T., Ross, D., 1990. "The machine that changed the world". Macmillan Publishing Company, New York.
- Newsletter quadrimestral da ValorPneu, "Info ValorPneu", 4-5. Setembro de 2007. <http://www.valorpneu.pt>

ANEXOS

Anexo 1

Nesta primeira secção de anexos, encontram-se duas imagens que sugerem dois postos kanban, um fixo, de aplicação no solo, representativo de cada máquina em toda a linha e a outra, representativa do posto kanban móvel para aplicar numa palete, essencial para manter a organização entre o transporte de pneus entre o sector da inspecção inicial e a Linha Produtiva 1.



Anexo 2

Relativamente aos motoristas, é de capital importância que consigam andar sempre com o camião carregado e perder o mínimo tempo em carga/descarga. Sugerem-se as funções básicas para o novo procedimento que deverá existir pelo efeito da deslocação de todo o sector da Inspeção Inicial para os armazéns designados por “Lotes 10 11”.

Funções do Motorista:

1. Transportar as carcaças para o sector. As carcaças viajam no camião de forma desorganizada;
2. Descarregar as carcaças nos “Lotes 10 e 11” ;
3. Carregar imediatamente o camião com carcaças inspeccionadas organizadas por medidas e marcas que estão previamente colocadas em paletes para facilitar a sua movimentação;
4. Transportar para a fábrica as carcaças inspeccionadas que foram pedidas ao sector;
5. Descarregar paletes com carcaças organizadas directamente na LP1;
6. Carregar na expedição o camião com pneus acabados e proceder às suas normais funções.

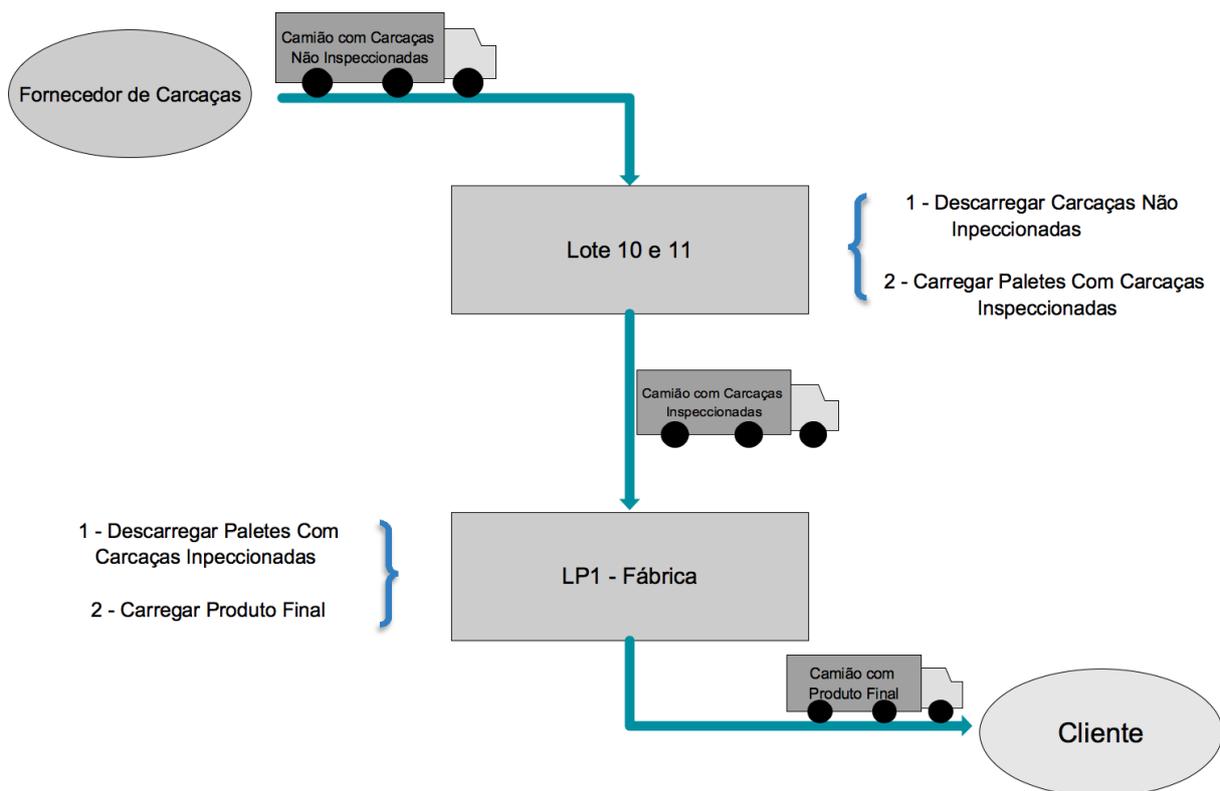
O novo sector da inspeção, deverá ser responsável por proceder a cargas e descargas de camiões forma célere e eficaz:

1. Receber as carcaças desorganizadas;
2. Separá-las e organizá-las por marcas e medidas;
3. Inspeccionar as carcaças assim que recebem ordem através do cartão kanban;
4. Colocar os pneus nas paletes e identifica-las com os respectivos cartões Kanban;
5. Proceder ao carregamento dos camiões logo que estes retirem a totalidade das carcaças não inspeccionadas que transportam.

Na fábrica, o procedimento aconselhado sugerido é:

1. Receber as carcaças, inspeccionadas e prontas a produzir, que estão organizadas em pequenos lotes transportados em paletes e devidamente identificados;
2. Dar entrada na LP1.

Na figura a baixo ilustra-se o movimento do camião transportador.



Anexo 3

Em baixo, sugere-se a imagem para o ecrã do terminal fixo aconselhado neste estudo.

The image shows a fixed terminal interface for tire production, organized into three horizontal sections based on the department responsible for the input:

- Departamento Comercial:** Contains three cyan-bordered input fields:
 - Número de Pneus da Encomenda:
 - Dimensão do Pneu Final:
 - Desenho Desejado para o Pneu:
- Departamento Produção:** Contains five lime-green-bordered input fields:
 - Dimensão da Carcaça:
 - Prensa Destinada:
 - Tempo de Vulcanização:
 - Marcação Lateral:
 - Número do Molde a aplicar:
- Cliente:** Contains three purple-bordered input fields:
 - Nível de Urgência:
 - Cliente:
 - Outro:

On the right side of the interface, there is a vertical red bar representing a time scale. The scale is labeled "Tempo Final da Previsão" at the top and has three major tick marks: "1 semana", "1 dia", and "1 hora". At the bottom of the red bar, the text "Tempo real: 15:37:04" is displayed.