

Aplicação de VSM num programa de redução de stocks num fornecedor da indústria automóvel

João Carlos Gomes Geirinhas Santos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo José Rego Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2021-02-02

Resumo

Muitas empresas têm dificuldade em identificar e aplicar melhorias a um nível geral do processo, uma vez que se acabam por focar nos problemas locais que aparecem no dia a dia, em vez de dar um passo para trás e olhar para o processo como um todo.

A ferramenta ideal para realizar este estudo é o Value Stream Mapping. A aplicação desta ferramenta obriga ao desenho de todo o processo, a partir do qual será possível analisar o estado atual de uma empresa, assim como oportunidades de melhorias a realizar.

O presente trabalho consiste na aplicação do VSM na empresa Preh, empresa de fabrico de peças para a indústria automóvel. O objetivo principal deste projeto foi a mapeamento dos diferentes fluxos para identificar oportunidades de melhoria e, principalmente, para reduzir a grande quantidade de stocks existentes ao longo de todo o processo.

O projeto passou por diferentes fases. Começou-se por conhecer e analisar todo o processo, desenhar os mapas da cadeia de valor presente e futuro e, finalmente, passou-se à aplicação das diferentes melhorias possíveis apresentadas. Na realidade, as fases de análise e desenho do VSM da visão presente foram realizadas, em grande parte, em simultâneo.

A melhoria e aplicação do sistema kanban consistiu numa grande parte das melhorias realizadas. A implementação de algumas das medidas propostas até ao final do projeto resultaram numa redução visível de stocks ao longo do processo, provando a importância do VSM na identificação e aplicação de medidas numa empresa.

Application of VSM in a stock reduction program at an automotive supplier

Abstract

A lot of companies have a hard time identifying e applying improvements to a process as a whole, since they end up focusing on local day to day issues, instead of going a step back e looking at the whole process.

The ideal tool for this study is the Value Stream Mapping. The application of VSM requires the company to design the entire process, which will make it able to analyse the current state of the company, as well as possible improvement opportunities.

The present work consists of the application of VSM in the Preh Portugal, company that manufactures parts to the automotive industry. The main objective of this project was to map the different value streams to identify improvement opportunities and, mainly, to reduce the large amount of existing stocks throughout the process.

The project had different phases. It started by getting to know the process and analysing it, drawing the current and future state maps and, finally, to the application of the different improvement possibilities presented. In reality, the phases of analysis and drawing the current state map were mostly done simultaneously.

The improvement and application of the kanban system consisted of a large part of the improvements made. The implementation of some of the measures proposed by the end of the project resulted in a very visible reduction of inventories throughout the process, proving the importance of VSM in the identification and application of measures in a company.

Agradecimentos

À minha família, por sempre me apoiar e motivar quando mais preciso.

A todos os meus amigos e colegas que tornaram este trajeto mais divertido.

A todos os professores e trabalhadores da Faculdade de Engenharia que me acompanharam durante este tempo.

Ao meu orientador da faculdade, Prof. Eduardo Gil da Costa, que me ajudou em todos os aspetos que precisei para escrever a dissertação.

Ao orientador da empresa, Eng.º Luís Lobo, por acompanhar o meu trabalho na empresa.

À Preh e em específico a todo o pessoal da Produção, por me apoiarem no que eu precisei durante o estágio de quatro meses.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O Projeto de aplicação do VSM na Empresa Preh	1
1.3	Objetivos e Metodologia do projeto	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	Toyota Production System	5
2.2	3 MUDA.....	5
2.3	Value Stream Mapping	7
2.4	Produção Pull em <i>Kanban</i>	12
2.5	Mizusumashi	14
2.6	SMED	14
2.7	Indicadores / OEE	15
3	Análise da Situação <i>As Is</i>	18
3.1	Caracterização do processo.....	18
3.2	VSM atual.....	22
3.3	Problemas e áreas a melhorar	26
4	Descrição da situação <i>To Be</i>	29
4.1	VSM da visão futura	29
4.2	Propostas de melhoria	30
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	39
5.1	Conclusões.....	39
5.2	Perspetivas de trabalhos futuros.....	39
	Referências	41
	ANEXO A: VSM da visão presente.....	42
	ANEXO B: VSM da visão futura	45

Siglas

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work in Progress

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação do Grupo Preh no mundo	2
Figura 2 – Preh Portugal.....	3
Figura 3 – Ordem de ações VSM	8
Figura 4 – Ícones a utilizar no VSM.....	9
Figura 5 – Exemplo de mapa de visão futura em “King and King”, “Value Stream Mapping for the Process Industries”	11
Figura 6 – Sistema <i>kanban</i> em “Rother, Mike”, “Learning to See value stream mapping to add value and eliminate muda”	13
Figura 7 – Linha <i>Knob</i>	19
Figura 8 – Linha dos motores	20
Figura 9 – Processo <i>lower parts</i>	21
Figura 10 – Montagem <i>bemiko</i>	21
Figura 11 – Montagem final	22
Figura 12 – Testes de qualidade	22
Figura 13 - Caixa de informação da operação.....	23
Figura 14 - Inventário no supermercado das <i>lower parts</i>	24
Figura 15 - Peças e tempos de espera.....	24
Figura 16 – Comentário excel	25
Figura 17 – Takt time	26
Figura 18 – Supermercados entre processos.....	27
Figura 19 – Potenciais melhorias nas operações	28
Figura 20 – Pull <i>kanban</i> de motores.....	29
Figura 21 – Exemplo subgrupo motores.....	31
Figura 22 – Estado inicial do processo das <i>lower parts</i>	35
Figura 23 – Subprocesso <i>knobs</i>	38

Índice de Tabelas (opcional)

Tabela 1 - Lead time e esperas individuais e globais	25
Tabela 2 – Tabela para cálculo do tempo de reposição	32
Tabela 3 – Cálculo do <i>kanban</i> de motores	33
Tabela 4 – Tempos para calcular tempo de reposição do processo das <i>lower parts</i>	35
Tabela 5 – Cálculo do <i>kanban lower parts</i>	36

1 Introdução

O presente projeto foi realizado em ambiente empresarial na empresa Preh, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O presente projeto foi realizado na empresa PREH na Trofa nas linhas BZM Auto da BMW, e teve como objetivo a elaboração de um VSM completo dos diferentes fluxos existentes nas áreas produtivas.

O projeto tinha como objetivos:

- Identificação e análise dos fluxos de materiais e recursos humanos existentes nas áreas produtivas;
- O mapeamento de cada fluxo com a realização do respetivo VSM;
- Identificação de oportunidades de melhoria nos diferentes fluxos analisados.

Este projeto foi motivado pelo objetivo que a empresa tinha em reduzir o fluxo de material entre os seus subgrupos e as suas linhas principais de produção.

Sendo integrado na empresa de maneira a ajudar num dos seus objetivos principais no momento fez com que me sentisse parte da empresa imediatamente bem como a importância do trabalho a ser realizado.

1.2 O Projeto de aplicação do VSM na Empresa Preh

Apresentação da Preh

A Preh Portugal tem a sua origem na Preh-Werke, a qual foi criada em 1919 pelo Sr. Jacob Preh em Bad Neustadt a.d. Saale, na Alemanha. Para além da sede, atualmente existem fábricas do grupo em Portugal, México, Roménia, Suécia, China, Polónia e USA, representada na Figura 1.

O grupo chinês Joyson é o sócio maioritário do grupo Preh.

A Preh Portugal, Lda. é uma sociedade por quotas, fundada em 1969.



Figura 1 - Representação do Grupo Preh no mundo

Breve Evolução Histórica

1970 – No início da sua atividade a Preh começou por dedicar-se à produção de componentes para rádios, TV e Vídeo.

1982 – Numa evolução do mercado-alvo, volta-se para a montagem de cabos para a multinacional IBM (computadores).

1992 – A par da eletrónica industrial, começa a produzir para a indústria automóvel.

1997- É introduzida a tecnologia SMD na produção de placas eletrônicas.

Entre os anos 1992 e 2003, foram criadas diferentes empresas-satélite com objetivos e áreas de negócio distintos.

- Preh Teconex – Interconexões e Tecnologias, Lda;
- Preh Intermex – Tecnologias Eletromecânicas, Lda;
- Preh II – Indústria de Interconexões, Lda.

Em 2003, seguindo uma estratégia de concentração, foi decidido centralizar novamente as atividades na Preh Portugal, Lda. (ver Figura 2) com o objetivo de expansão da eletrónica automóvel e eletrónica industrial e descontinuação do negócio de Interconexões.

Desde 2011 a Preh Portugal passou a concentrar toda a sua atividade apenas na eletrónica automóvel.



Figura 2 – Preh Portugal

Missão, Visão e Valores

Missão

“Ter os melhores produtos e serviços, mantendo todos os nossos parceiros – clientes, sócios, colaboradores e fornecedores e o meio em que estamos inseridos – satisfeitos e garantindo ao mesmo tempo uma relação sustentada com o ambiente, aplicando a melhoria contínua permanentemente às competências do seu capital humano, aos nossos processos e aos nossos produtos.

O compromisso empenhado com os objetivos e com o trabalho de equipa são comportamentos fundamentais para o sucesso.

Conhecer os sócios, ouvir os clientes, caracterizar os concorrentes, ter os colaboradores envolvidos e motivados e cooperar com os fornecedores e parceiros são as bases para as nossas decisões.”

Visão

“Seremos uma referência entre as empresas do Grupo Preh, garantindo a preferência dos nossos clientes.”

Principais objetivos: Inovação e Competência

Valores

“Legalidade, seriedade, profissionalismo, flexibilidade e evolução contínua.”

Segurança, eficiência, controlo e conforto ambiental são as linhas orientadoras dos produtos Preh. Os sistemas de controlo Preh com o seu painel de comando de fácil compreensão e design ergonómico, desempenham um importante papel na gestão da informação, segurança e conforto de condução nos automóveis modernos.

Políticas

Um dos alvos de gestão declarados é a contínua melhoria dos sistemas de gestão da Qualidade e Ambiente, com o objetivo da Gestão pela Qualidade Total e uma estratégia de resultado zero-erros para os seus produtos e serviços.

As políticas existentes na Preh são:

- Política da Qualidade, Ambiente, Saúde e Segurança;
- Política de Ambiente, Saúde e Segurança;
- Política da Qualidade.

1.3 Objetivos e Metodologia do projeto

O projeto de aplicação do VSM na empresa teve como objetivo criar uma visão global de todo o processo produtivo de modo a ser possível analisar o fluxo de materiais. Sendo que o principal objetivo consiste na redução de stocks, principalmente dos diferentes subgrupos, do processo.

Tratando-se um projeto de VSM, a metodologia utilizada foi:

- Identificar e analisar os diferentes processos e operações;
- Desenhar o mapa da situação atual da empresa;
- Desenhar o mapa da visão futura, tendo em conta as oportunidades de melhorias identificadas no VSM da situação atual;
- Discussão de propostas de melhorias;
- Implementação de melhorias.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação apresenta um total de cinco capítulos, ao longo dos quais vai ser descrito o processo, o trabalho realizado ao longo do projeto e as propostas e resultados obtidos.

No primeiro capítulo foi feita uma introdução onde se dá a conhecer a empresa, o projeto a realizar na empresa, bem como os objetivos e estrutura da dissertação.

O segundo capítulo consiste no enquadramento teórico. Neste capítulo irão ser descritas com algum detalhe as metodologias e ferramentas usadas durante o projeto, ou que fazem parte do processo em si.

No terceiro capítulo é descrito com maior detalhe todo o processo produtivo onde foi realizado o projeto. De seguida, é apresentado o VSM do estado presente do processo estudado, assim como os problemas observados no mapa e áreas a melhorar.

No quarto capítulo, é apresentado o VSM da visão futura tendo em conta a situação descrita no capítulo três. Tendo em conta o VSM da visão futura, são apresentadas também propostas de melhoria, algumas realizadas ao longo do projeto outras propostas ainda por implementar.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões do projeto e as perspetivas de trabalho futuro.

2 Enquadramento Teórico

Antes de apresentar o trabalho desenvolvido, é importante pesquisar e apresentar todos os conceitos usados durante o projeto.

2.1 Toyota Production System

O Toyota Production System foi um sistema criado originalmente por um grupo de engenheiros dos anos cinquenta como um grupo de princípios e ferramentas para a empresa Toyota (Brunet-Thornton, Koza, and Bures 2016).

O criador do TPS aceite globalmente é Taiichi Ohno, o qual foi engenheiro chefe da Toyota durante muitos anos. Outros contribuíram bastante, tal como Shigeo Shingo e outros membros da família Toyota, mas é Taiichi Ohno quem recebe grande parte do crédito pela sua criação, desenvolvimento e implementação. No entanto, colocando à parte os seus criadores, o que é certo é que o TPS teve uma grande contribuição para a sociedade e empresas em particular (Wilson 2010).

O sistema TPS foca-se na eliminação de desperdícios, consideração pela segurança dos trabalhadores e motivar as capacidades dos trabalhadores confiando nos mesmos para terem maior responsabilidade e autoridade.

Taiichi Ohno descreve a TPS como contendo técnicas desenhadas para reduzir o custo de produção, sendo que o seu método para reduzir custos é a eliminação de desperdícios.

Os dois pilares principais da TPS são o JIT (Just-in-time) e Jidoka.

O primeiro pilar, JIT, é a técnica de fornecer a quantidade exata no tempo certo e na localização certa.

O segundo pilar, Jidoka, é o conceito de dar capacidade às máquinas de detetar inconsistências ou situações anormais na linha de produção, assim como inspeção das peças.

O objetivo do Jidoka é que peças más não sejam permitidas ao longo da linha de produção. Isto é necessário, não só para proteger o cliente e reduzir custos de sucata, mas é também uma ferramenta de melhoria contínua e elemento chave para implementar kanban (Wilson 2010).

2.2 3 MUDA

A partir do TPS surgiu o modelo dos 3M- Muda, Mura e Muri- os quais servem para identificar ineficiências nos processos produtivos de uma empresa.

MUDA

Muda é a palavra em japonês para desperdício. Muda é usado para referir todas as atividades que não adicionam valor no processo.

De seguida são enumerados os sete desperdícios dos processos.

-Transporte: Perdas de tempo desnecessárias de materiais. Muitas vezes provocada por maus layouts ou planeamento, fazendo com que haja um transporte de materiais desnecessário de um lado para o outro.

-Sobreprodução: Produção de quantidades maiores do que o necessário. Acontece normalmente quando se produz em avanço –produção em *push* adiantada. Isto cria custos desnecessários de stock e de transporte de produto.

-Sobreprocessamento: Consiste em desaproveitar os recursos da empresa em atividades não necessárias. Não acrescentam valor ou acrescentam valor desnecessário ao produto, aumentando os custos de produção desnecessariamente.

-Erros e defeitos: produto que não pode ser entregue devido a defeitos e provavelmente precisará de ser retrabalhado e que não acrescenta valor. Muitas empresas têm quantidades elevadas de produto que precisam de retrabalho, de maneira que é necessário identificar estes erros e tentar prevenir os mesmos.

-Inventário ou Stock: material parado à espera de ser processado, o que normalmente resulta em sobreprocessamento ou paragens na linha.

-Pessoal em espera: operador à espera da máquina (tempo de produção/montagem da máquina que normalmente é constante), material ou setups,

-Movimento de Pessoas: movimento excessivo das pessoas que não acrescenta valor ao processo. Tal como os desperdícios de transporte, está muitas vezes associado a um layout pobre levando o operador a realizar esforços desnecessários, o que vai aumentar o tempo de ciclo da sua operação desnecessariamente.

MURA

Mura significa desequilíbrio no sistema de produção, o que leva a MURI /sobrecarga sobre os funcionários.

Esta desigualdade acontece quando os volumes de produção flutuam para cima e para baixo temporariamente, o que é o caso quando há mudanças no calendário de produção ou material a ser empurrado entre processos (Nichols 2010).

MURI

Muri é a palavra japonesa usada para identificar qualquer tipo de sobrecarga, quer mental quer física. É também aplicada a máquinas que estão a ser utilizadas para fazer mais do que são normalmente capazes.

Diminuindo a carga sobre os funcionários irá então ajudar a motivar os mesmos para contribuírem para os esforços gerais de melhoria (Nichols 2010).

“Muri”, “mura” e “muda” são consideradas as maiores causas de criação de desperdício, as quais costumavam ser tratadas em separado.

No entanto, esta ordem foi criada de maneira a atacar todas as perdas corretamente. “Muri” é a primeira e condutora de melhorias, “Mura” em segundo lugar uma vez que tende a esconder onde e como grandes perdas existem e, finalmente, “Muda” ou desperdícios, podem ser

atacadas mais facilmente visto que já foram chamadas ao de cima pelos anteriores procedimentos (Katayama 2017).

2.3 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) consiste no mapeamento da cadeia de valor de uma empresa.

O fluxo de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para levar um produto específico- seja um bem, serviço ou uma combinação dos dois- por meio de três tarefas críticas de gestão de qualquer negócio: a tarefa de resolução de problemas desde o conceito até ao desenho detalhado e da engenharia até ao lançamento da produção, a tarefa de gestão de informações em execução desde a receção do pedido até à entrega, e a tarefa de transformação física desde as matérias primas até ao produto acabado nas mãos do cliente. Identificar todo o fluxo de valor para cada produto, ou família de produtos, é a próxima etapa do pensamento Lean, etapa que as empresas raramente tentam, mas que quase sempre expõem quantidades enormes de desperdício (Illich 1987).

VSM é simplesmente a transferência da informação de um fluxo de valor para um mapa. Tal como o nome implica, o VSM do estado atual mostra o fluxo de materiais e informação ao longo dos processos no sistema atual. O VSM do estado futuro representa o estado ideal do sistema de produção (Chen, Li, and Shady 2010).

Value Stream Mapping é uma técnica Lean que nos permite analisar e melhorar um processo produtivo.

Ao realizar o VSM conseguimos ter uma visão global dos processos, incluindo linhas de montagem, supermercados e trocas de informação. Complementado com os tempos de ciclo de cada processo/máquina bem como a quantidade de *Work in Progress* entre processos e quanto tempo fica parado.

Simplificando, ao realizar o VSM queremos identificar as tarefas de valor acrescentado e não acrescentado de uma empresa.

Come se pode observar na Figura 3, estes são os passos seguidos normalmente na aplicação do VSM num processo produtivo:

- Identificar a família do produto;
- Desenhar o mapa do estado presente;
- Desenhar o mapa do estado futuro;
- Criar um plano de trabalho para a implementação das mudanças sugeridas no estado presente, de maneira a alcançar a visão futura.

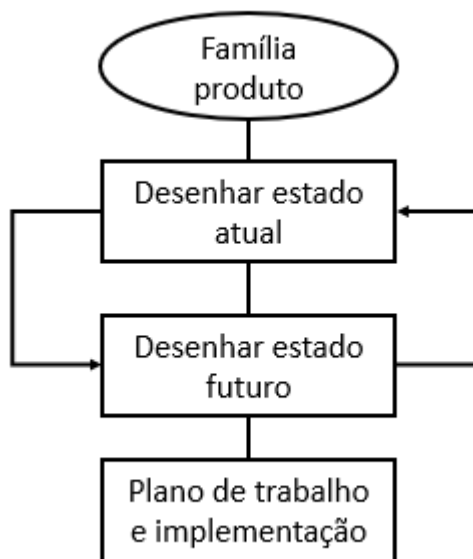


Figura 3 – Ordem de ações VSM

Este processo pode ser repetido, continuando a criar ou adaptar novos mapas de estado futuro.

Current State

O mapa do estado atual é uma representação visual que mostra o funcionamento do processo existente. Embora os membros individuais da equipa e a organização em geral entendam partes do processo de desenvolvimento existente, poucas pessoas terão uma compreensão sólida de como todo o processo realmente funciona (Locher 2008).

O primeiro passo para criar o VSM do estado presente é recolher informação sobre o processo. Sendo assim, começa-se por conhecer o processo observando o seu funcionamento, desde as matérias primas até ao produto final (Chen, Li, and Shady 2010).

Ao realizar o trajeto contrário, ou seja, andar para trás desde o processo final até ao início do processo é uma boa maneira de perceber o fluxo de material pela perspetiva do cliente. O objetivo não é perceber para onde o material vai a seguir, mas sim de onde veio, ou seja, perceber se o material está a ser puxado por este processo ou se está a ser empurrado por um processo anterior. Esta será a base para o desenvolvimento do VSM da visão futura (Liker, Jeffrey and Meier 2005).

Uma vez que inclui todo este tipo de informação, o VSM permite-nos identificar os processos *bottleneck*, desperdícios e decidir medidas a tomar para tentar eliminar ou, pelo menos, melhorá-los.

Passos sugeridos segundo Drew A. Locher para completar o mapa do estado atual:

- 1º- Identificar as necessidades do cliente atual;
- 2º- Identificar os processos principais (por ordem);
- 3º- Selecionar métricas do processo (tipos de dados a incluir);
- 4º- Ir de processo a processo e preencher os dados;
- 5º- Estabelecer como cada processo prioriza o seu trabalho;

6º- Calcular métricas da cadeia de valor tal como tempo de ciclo, tempo de processamento, *first pass yield*, custo, entre outras que a equipa de mapeamento considerar importantes.

Na figura 4 são apresentados símbolos utilizados na criação do VSM.

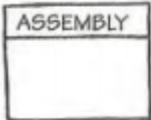
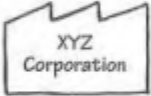
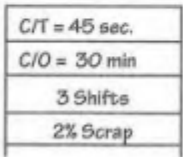
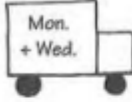
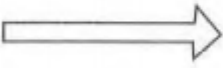
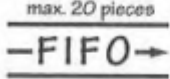
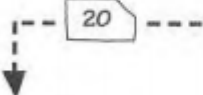
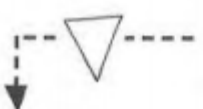
Material Icons	Represents	Notes
	Manufacturing Process	One process box equals an area of flow. All processes should be labeled. Also used for departments, such as Production Control.
	Outside Sources	Used to show customers, suppliers, and outside manufacturing processes.
	Data Box	Used to record information concerning a manufacturing process, department, customer, etc.
	Inventory	Count and time should be noted.
	Truck Shipment	Note frequency of shipments.
	Movement of production material by <u>PUSH</u>	Material that is produced and moved forward before the next process needs it; usually based on a schedule.
	Movement of finished goods to the customer	
	Supermarket	A controlled inventory of parts that is used to schedule production at an upstream process.

Figura 4 – Ícones a utilizar no VSM

Material Icons	Represents	Notes
	Withdrawal	Pull of materials, usually from a supermarket.
	Transfer of controlled quantities of material between processes in a "First-In, First-Out" sequence.	Indicates a device to limit quantity and ensure FIFO flow of material between processes. Maximum quantity should be noted.
Information Icons	Represents	Notes
	Manual Information flow	For example: production schedule or shipping schedule.
	Electronic Information flow	For example: via electronic data interchange.
	Information	Describes an information flow.
	Production Kanban (dotted line indicates kanban path)	The "one-per-container" kanban. Card or device that tells a process how many of what can be produced and gives permission to do so.
	Withdrawal Kanban	Card or device that instructs the material handler to get and transfer parts (i.e., from a supermarket to the consuming process).
	Signal Kanban	The "one-per-batch" kanban. Signals when a reorder point is reached and another batch needs to be produced. Used where supplying process must produce in batches because changeovers are required.

(continuação figura 4)

Mapa do estado futuro

O verdadeiro poder do mapeamento dos fluxos de valor reside na criação de um estado futuro baseado em conceitos Lean.

Mapas de estado futuro são uma excelente forma de ilustrar mudanças, como irão melhorar o fluxo do processo e o desempenho do processo. Estes mapas criam uma visão de um processo

2.4 Produção Pull em *Kanban*

Supermercado

Supermercado é um local utilizado para colocar inventário ao longo do processo.

Normalmente os supermercados estão perto das linhas de produção ou numa zona de fácil acesso para o transporte dos produtos para os processos seguintes.

Os produtos no supermercado estão todos identificados e as estantes são dimensionadas dependendo de cada um. É também importante conseguir ver o nível de stock existente bem como definir níveis mínimos e máximos para os mesmos.

Outra vantagem dos supermercados é o facto de ser possível aos operadores terem uma ideia de quanto têm de produzir e do ritmo de produção da sua linha em relação ao abastecimento do próprio supermercado. Os supermercados são normalmente móveis, de maneira que é possível a sua fácil alteração conforme as necessidades de cada linha.

Push

Produção em *Push* é quando se produz para stock, tendo normalmente em conta previsões da procura do produto.

Um dos grandes problemas é, não só as previsões muitas vezes serem incorretas, mas também a criação de inventário ao longo da empresa, o que é um dos maiores desperdícios, tal como se viu no capítulo 2.2. Este inventário sobrecarregado leva a custos para a empresa, mas, uma das vantagens, é que não há tanta preocupação sobre completar encomendas do cliente, uma vez que estamos normalmente a produzir em excesso.

Pull

Os termos “*pull*” ou “*pull system*” são usados muitas vezes de forma intercalar com fluxo. Deve-se perceber que, tal como com fluxo, *pull* é um conceito e que os dois estão ligados, mas não são os mesmos. *Flow* define que o estado do material enquanto este move de processo em processo. *Pull* é usado para determinar quando o material é movido e quem determina que tem de ser movido.

Num sistema *Pull* tudo começa e parte da encomenda do cliente. *Pull* é a capacidade de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente deseja, o que significa que se pode acabar com as previsões de vendas e simplesmente fazer o que o cliente realmente pediu e encomendou. Ou seja, pode-se deixar que o cliente puxe o produto da empresa conforme necessário, em vez deste ser empurrado, muitas vezes sem ser desejado (Illich 1987).

Push vs. Pull

Nem sempre é fácil perceber a diferença entre o método de “*push*” e “*pull*”. Por exemplo, pensar que o material está a ser puxado porque o material continua a fluir, mas é possível haver “*flow*” sem haver “*push*”. Existem três elementos principais de “*pull*” que o distinguem de “*push*”:

1. Definido: um acordo definido com limites específicos relativamente ao volume de produto, modelo mix e a sequência de modelos mix entre as duas partes (fornecedor e cliente).
2. Dedicado: os itens compartilhados entre as duas partes devem ser dedicados às mesmas. Isto inclui recursos, lugares, contentores, entre outros, e um tempo de referência comum (*takt time*).
3. Controlado: métodos de controlo simples, que são visualmente aparentes e constrangidos fisicamente, mantendo o acordo definido (Liker, Jeffrey and Meier 2005).

Kanban

Kanban é a palavra japonesa para placa de sinalização. Um *kanban* pode ser uma variedade de coisas, a maior parte das vezes é um cartão, outras vezes pode ser um carrinho até um espaço marcado -ver Figura 6. O que todos estes têm em comum é que o seu objetivo é facilitar o fluxo, gerar atração e limitar o stock. É uma das ferramentas chave na batalha para reduzir a sobreprodução. Kanban fornece dois serviços principais para uma empresa Lean:

- Serve de sistema de comunicação;
- É uma ferramenta de melhoria continua (Wilson 2010).

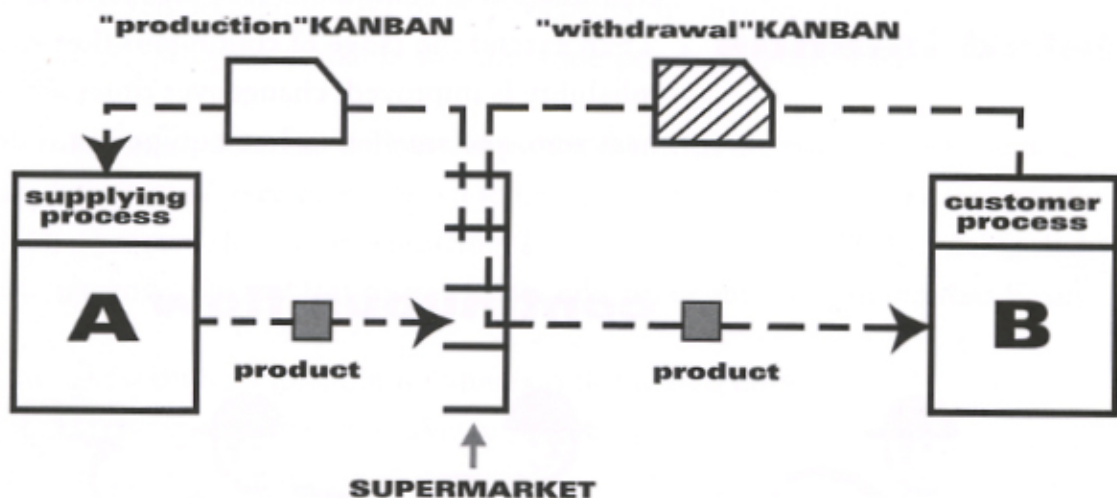


Figura 6 – Sistema *kanban* em “Rother, Mike”, “Learning to See value stream mapping to add value and eliminate muda”

Ao controlar o número de cartões *kanban* controla-se o inventário. Os cartões *kanban* são usados para sinalizar a necessidade de reposição. Isso faz com que o sistema responda melhor à procura do cliente e encurte os prazos de entrega, uma vez que o sinal vem diretamente do cliente e aciona o reabastecimento. Para que um sistema *kanban* seja eficaz, todas as regras *kanban* devem ser seguidas rigorosamente. As seis regras de *kanban*, como explicado em *Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production* (Productivity Press, 1988), são:

- O processo seguinte “agarra” no número indicado pelo *kanban* do processo anterior;
- O processo anterior produz na quantidade e sequência indicada pelo *kanban*;
- O produto nunca é transportado sem o *kanban*;
- Anexar sempre um *kanban* às mercadorias;

- Os produtos com defeitos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é 100 por cento de produto sem defeitos;
- Reduzir o número de kanban aumenta a sensibilidade (Wilson 2010).

2.5 Mizusumashi

Mizusumashi é a palavra japonesa para aranha de água.

No mundo do Lean, *mizusumashi* refere-se ao operador que realiza todas as operações entre as linhas e os supermercados. Tendo normalmente como objetivo o transporte dos materiais de maneira a fornecer materiais às diferentes operações de um processo produtivo.

Sendo também conhecido como “*milk run*”, estas operações são normalmente realizadas utilizando o comboio logístico. Este comboio tem uma rota definida, ao longo da qual irá retirar produto acabado das diferentes operações e fornecê-las também com componentes retirados previamente de outro supermercado na sua rota.

Este trajeto definido tem também um tempo ou ciclo em que deve ser realizado. Por exemplo, de hora em hora a rota definida deve ser completada.

2.6 SMED

Adotar o SMED (“*single-minute exchange of die*”) é a maneira mais eficaz de melhorar os *setups* (Shingo 1989).

Setups consistem no conjunto de operações que são necessárias de realizar, por exemplo, numa certa máquina, com o objetivo de preparar a mesma para produzir um produto diferente do que estava a ser produzido anteriormente.

As operações realizadas nos *setups* podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Operações Internas: operações que só podem ser realizadas enquanto a máquina está parada, como substituir ferramenta utilizada nas operações
- Operações Externas: operações externas podem ser completadas enquanto a máquina está em funcionamento, tal como o transporte de peças para abastecer a operação seguinte.

Segundo Shigeo Shingo, o SMED é uma maneira progressiva de abordar melhorias nos *setups* e passa por quatro fases:

Primeira fase: Nesta fase inicial, não foi feita uma distinção entre *setup* interno e externo. Muitas ações que poderiam ser feitas exteriormente, tal como procura de ferramentas, são executadas com a máquina parada, o que faz com que o tempo de *setup* seja desnecessariamente longo.

Segunda fase: Esta é a fase crucial da implementação do SMED e envolve a separação das operações internas e externas. É necessário realizar uma lista de todas as peças e passos necessários que precisam de ser executados enquanto a máquina está em funcionamento, verificar o funcionamento de todas as partes para evitar um atraso no *setup* interno e,

finalmente, pesquisar e implementar o método mais eficiente de transportar as peças enquanto a máquina se encontra em funcionamento.

Normalmente, para a realização desta fase, filma-se o processo todo do *setup* do início ao fim, de maneira a, posteriormente, ver o filme e analisar todo o processo com mais calma. Neste caso consegue-se também contar o tempo que demora cada uma das operações, bem como a separação das operações em internas e externas.

Terceira fase: Consiste em analisar o *setup* atual para determinar se algumas das operações internas podem ser convertidas para operações externas. Quanto mais operações externas conseguirmos ter, menor será o tempo em que a máquina está parada, diminuindo o tempo de *setup*.

Quarta fase: Examinar as operações internas e externas e verificar onde estas podem ser melhoradas.

Entre as melhorias SMED realizadas ao longo dos anos, os que se provaram mais eficazes foram:

- Separação clara de *setup* interno e externo;
- Conversão de *setups* internos para externos;
- Eliminação de ajustes;
- Fixação sem parafusos (Shingo 1989).

2.7 Indicadores / OEE

OEE

OEE é a eficácia geral do equipamento e é a principal medida de eficácia da produção. Pode ser usado para fluxo de valor ou para avaliação de uma estação de trabalho individual.

OEE de um bom fluxo de valor é um dos principais precursores da implementação de Lean e é o produto de três parâmetros operacionais importantes. Estes são:

- Disponibilidade dos equipamentos;
- Rendimento de qualidade;
- Desempenho.

Para calcular o OEE são necessários cinco parâmetros:

- Tempo planeado de produção;
- Tempo de inatividade não planeado da linha;
- Tempo de ciclo da linha, ou tempo de ciclo do *bottleneck*;
- Tempo total de produção, incluindo sucata
- Total de produto pronto a vender (Wilson 2010).

Disponibilidade

A disponibilidade captura todas as perdas por tempo de inatividade, incluindo manutenção, pequenas paragens, manutenção preventiva e tempo gasto em *setups*. A disponibilidade é

calculada como o tempo operacional real dividido pelo tempo de produção planeado (King and King 2017).

Disponibilidade = Tempo de operação / Tempo de produção planeado

Desempenho

O desempenho captura a perda de produtividade se o equipamento deve ser executado a menos do que a taxa de rendimento do projeto devido a algum defeito de equipamento. Por exemplo, lotes químicos podem levar mais tempo a aquecer ou reagir se resíduos se acumularem nas paredes do recipiente, impedindo a transferência de calor. Máquinas rotativas, equipamentos de enrolamento de papel ou equipamento de processamento de filme plástico podem ter de operar em velocidades mais lentas se os rolamentos estiverem gastos. (King and King 2017). O desempenho é calculado pela seguinte fórmula:

Desempenho = (unidades produzidas * tempo de ciclo ideal) / tempo de operação

Qualidade

A qualidade captura a perda de produtividade do equipamento quando um produto não cumpre as especificações estabelecidas pelo cliente. Inclui também material que irá ser retrabalhado para ser aceitável. As perdas de rendimento durante o recomeço depois de uma mudança de produto não são incluídas na qualidade uma vez que já foram incluídas no tempo de mudança (*changeover*), na componente de disponibilidade (King and King 2017).

Qualidade = Quantidade de peças OK produzidas / Quantidade total de peças produzidas

O OEE geral será então calculado por:

OEE = Disponibilidade x Desempenho x Qualidade

Takt Time

Takt time é uma palavra alemã que significa “intervalo de tempo preciso”. O takt time é usado para sincronizar ou equilibrar o ritmo de processamento com o ritmo da procura. Embora hoje em dia as pessoas percebam a sua aplicação aos processos de produção, ainda existem dificuldades em aplicá-lo aos processos de informação e desenvolvimento, uma vez que as pessoas não percebem totalmente o seu objetivo real (Liker, Jeffrey and Meier 2005).

Takt time é a frequência com que é necessário produzir uma peça ou produto, baseado na taxa de compras, para atender aos requisitos do cliente. O *takt time* é calculado dividindo o tempo total disponível de produção -em segundos- pela quantidade de peças encomendadas do cliente, ambos calculados por dia (Rother 1999). O resultado final será dado em segundos por unidade ou peça.

Produzir para satisfazer o *takt time* parece simples, mas requer esforços concentrados para:

- Dar resposta rápido (dentro do *takt*) sem problemas;
- Eliminar as causas do tempo de inatividade não planeado;
- Eliminar o tempo de troca de processos de montagem a jusante.

Takt time consiste no tempo que demora a produzir uma peça. Este tempo é equivalente ao tempo de trabalho total dividido pela quantidade de produção. No entanto, reduzir o *takt time* não significa que a produtividade está a aumentar. Por exemplo, dez trabalhadores produzem 100 peças, mesmo que depois de melhorias sejam capazes de produzir 120, mas isto não significa que devam produzir 120 peças por dia. Se não for necessário produzir mais de 100 peças por dia, a verdadeira melhoria seria produzir as 100 peças com menos de dez trabalhadores. Produzir mais que o necessário não representa uma melhoria na produtividade. Em suma, *takt time* pode ser calculado pela quantidade de produção necessária ou a capacidade real dos trabalhadores e máquinas (Shingo 1989).

3 Análise da Situação As /s

Neste capítulo é feita uma descrição de todo o processo produtivo estudado ao longo do projeto. De seguida, é apresentado o VSM da situação atual do mesmo processo.

3.1 Caracterização do processo

Preh é um nome de larga tradição. Tecnologia de ponta a par de uma qualidade e confiança excelentes asseguram aos produtos Preh um alto nível de respeito além-fronteiras.

O objetivo mais importante da política de produtos é a contínua satisfação dos seus clientes em todo o mundo. Para ganhar e manter a liderança na competitividade internacional, resolvendo os problemas dos seus clientes através de produtos inovadores.

Os principais produtos fabricados na Preh Portugal são:

- Painéis de comando de climatização;
- Painéis de sinalização para sistemas automáticos de transmissão;
- Sensores potenciométricos;
- Sistemas de apoio à condução;
- Sistemas de comando.

O projeto foi realizado para as linhas BZM Auto (BMW), onde são produzidas as caixas centrais para variados modelos de automóveis da BMW.

O processo para o qual foi realizado este estudo chama-se BZM auto e é responsável por fabricar a peça central dos carros que incluem a manete da caixa de velocidades. Este produto está dividido em diferentes categorias.

Existem as peças esquerdas e direitas, dependendo se os carros têm o volante do lado esquerdo ou direito. Outra diferença são os botões que fazem parte da peça serem ativos ou passivos.

O processo está dividido entre as linhas principais e os seus subgrupos. Uma grande parte deste processo está nas diferentes linhas dos subgrupos que vão produzir as partes mais importantes que entram na montagem da peça nas linhas principais.

Cada um desses processos secundários têm a sua própria máquina ou máquinas que realizam a lubrificação e colagem.

Começando por um dos subgrupos cuja linha está mais próxima do processo principal são os *knobs* (ou maçanetes). Esta linha dos *knobs* vai realizar a montagem das manetes que irão encaixar na peça principal, podemos observar o seu processo na Figura 7. A linha possui duas

máquinas que realizam a lubrificação e cola da peça inicial e, de seguida, irá ser realizada a sua montagem nas máquinas OP240 e OP250.

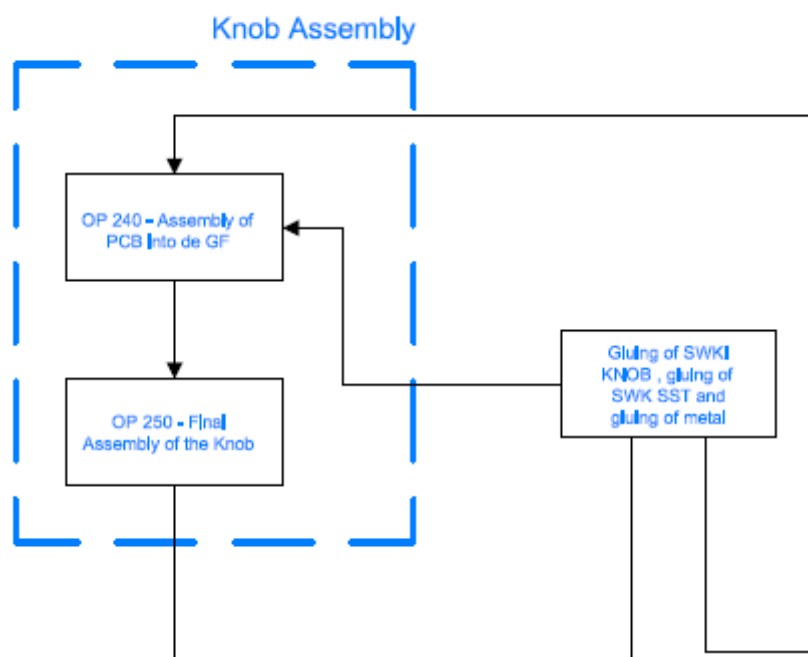


Figura 7 – Linha Knob

Outro subgrupo é o subgrupo dos motores, o qual é o maior processo entre os processos dos subgrupos. Este processo dos motores pode ser dividido em dois, o processo do motor e o processo do Zamak (ver Figura 2).

Na verdade, existem duas linhas de produção dos motores. Mas, uma vez que uma das linhas é suficiente para alimentar duas linhas do processo principal, a segunda linha esteve inativa durante todo o tempo do projeto. Eventualmente, no caso de o processo principal utilizar as três linhas de produção, será necessário começar a utilizar a segunda linha de motores. O único problema de utilizar duas linhas de motores é o facto de uma linha ser suficiente para abastecer duas das três linhas, de maneira que duas linhas iriam produzir motores a um nível bastante mais elevado que o seu consumo por parte do processo principal.

O processo do zamak é constituído por duas operações: operação de colagem e operação de montagem (OP175). Entre a operação de colagem e a operação de montagem é necessário um período de cura de 3 horas, de maneira que existe algum stock entre estas duas máquinas.

No início do processo dos motores existe uma linha de lubrificação onde se faz o encaixe manual de duas peças. Depois de sair da linha de lubrificação que contem três operações, os motores são colocados em caixas de trinta e seis motores cada, e ficam no supermercado ao lado da linha, à espera de entrar na linha de montagem que se segue.

De seguida, os motores entram na linha de montagem dos motores, que consiste em três máquinas diferentes: OP200, OP205 e OP210.

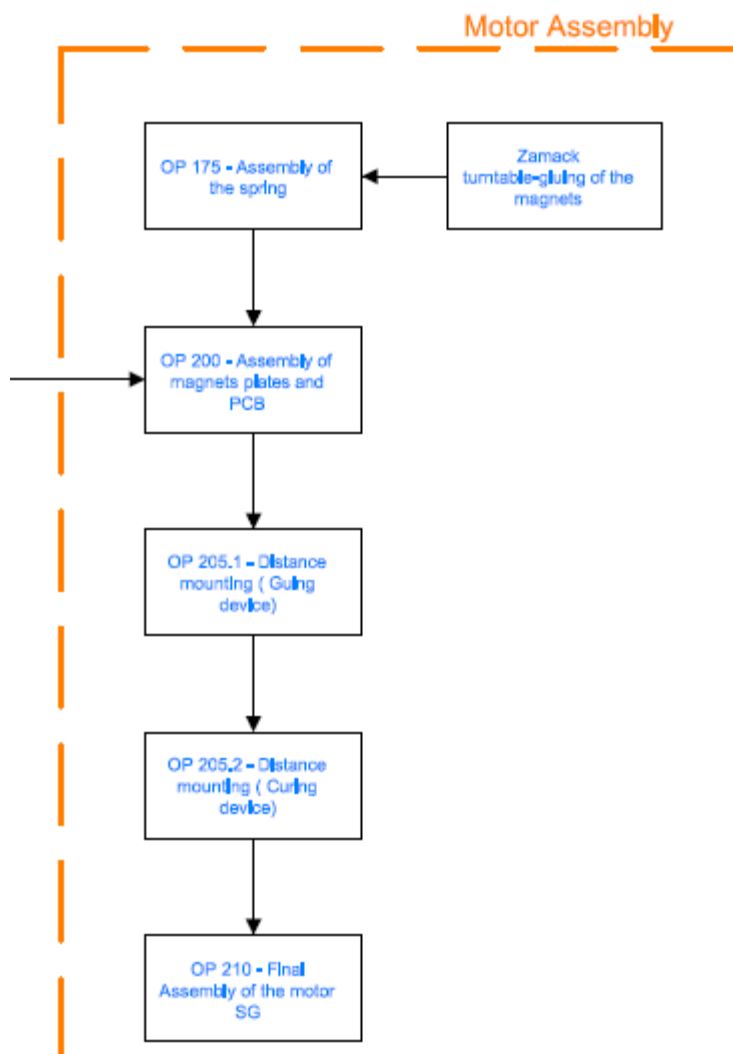


Figura 8 – Linha dos motores

A última operação (OP210) consiste na montagem da peça dos motores que passa por estas três operações com a peça do Zamack que vem da operação OP175. Durante todo este processo de montagem de motores as peças são passadas de operação em operação em caixas de 16 peças cada. Após acabar a montagem na OP210 as caixas são colocadas no supermercado à espera de serem transportadas para a linha do processo principal do BZM.

O último subgrupo é o subgrupo das *lower parts*. Este subgrupo passa por duas máquinas, a primeira sendo de colagem das *lower parts*, e a segunda montagem dos *light guides*.

No entanto, entre estas duas operações, existe um período de 24 horas em que as peças estão praticamente paradas (cura), até estarem prontas a ser utilizadas para a segunda operação. Durante este período de vinte e quatro horas as peças são transportadas para o forno para acelerar o processo de cura das *lower parts*, sendo que normalmente este processo de cura demoraria setenta e duas horas. Depois de irem ao forno é retirada uma amostra de cinco peças que vai ser testada para ver se passam as normas de qualidade do cliente.

Depois de serem testadas e receberem autorização as peças estão prontas a seguir para a operação seguinte- OP100. No caso de as peças não serem autorizadas, voltarão para a zona do forno e testes, aguardando outra vez autorização.

Em todo este processo das *lower parts* até chegar à OP100 são utilizadas caixas de 100 peças para o transporte das mesmas, sendo que, quando saem da operação são colocadas em *blisters* de 14 peças. Os *blisters* são colocados no supermercado ao lado da OP100, aguardando para serem transportados para o supermercado da linha principal. Pode-se observar na Figura 9 o movimento das caixas e blisters do processo das *lower parts*.

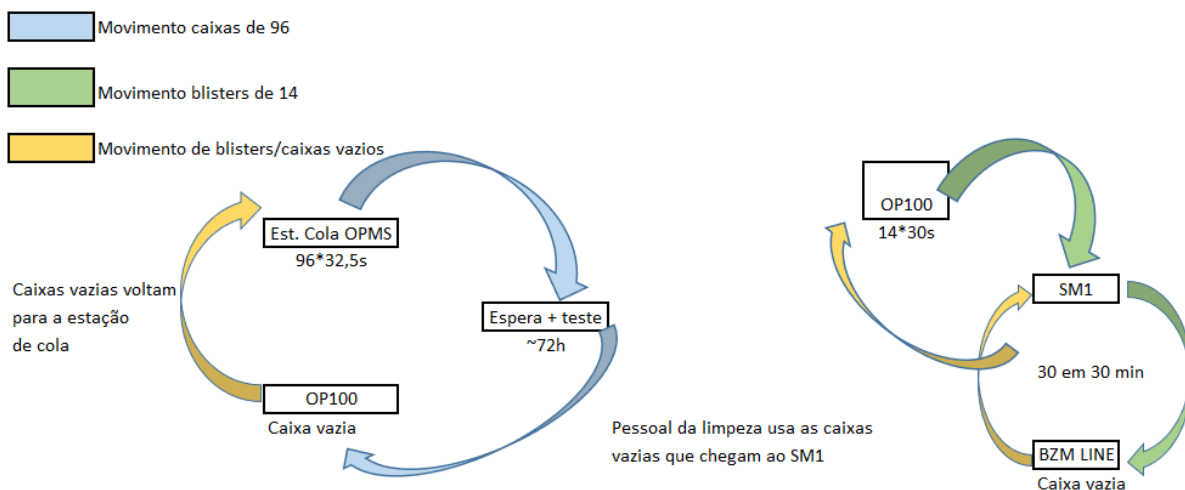


Figura 9 – Processo *lower parts*

Finalmente iremos analisar o processo principal do BZM. Esta linha, embora seja toda seguida e funcione como '*first in first out*', pode-se considerar como estando dividida em duas partes: a montagem do *bemiko* e a montagem final. O *bemiko* é toda a peça base até à montagem das peças dos subgrupos motor e knob.

A montagem do *bemiko* consiste em sete operações diferentes seguidas (ver Figura 10), entrando os *knobs* na segunda operação- OP60.

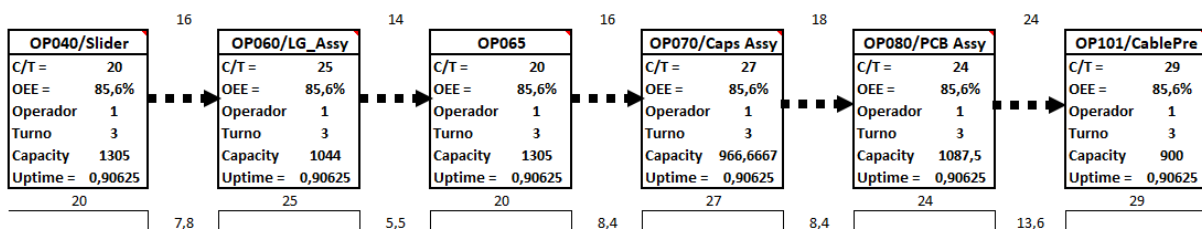


Figura 10 – Montagem *bemiko*

A montagem final consiste em cinco operações, como se pode observar na Figura 11, onde ficará montada a peça final.

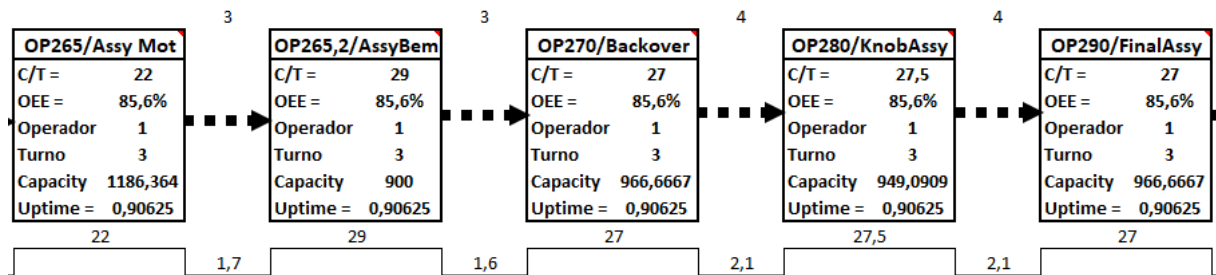


Figura 11 – Montagem final

Embora toda a parte de montagem esteja pronta, todas as peças, ao sair da linha de montagem final, têm de passar pela linha de testes (ver Figura 12).

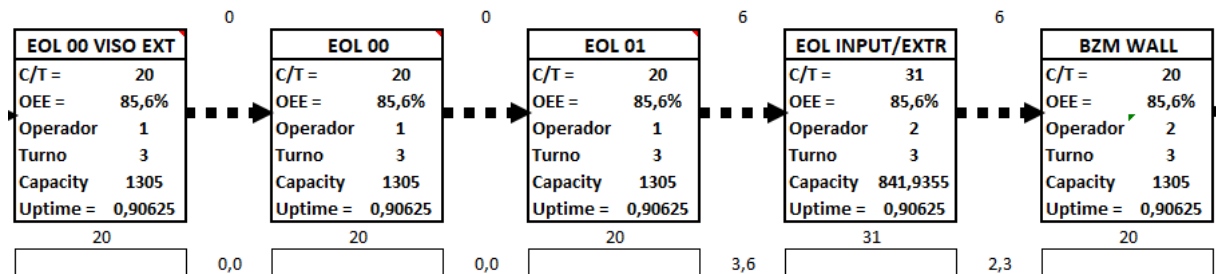


Figura 12 – Testes de qualidade

Só após passar por todos os testes é que se sabe se a peça está em condições para ser embalada e entregue ao cliente.

Quando as peças são aprovadas na operação BZM Wall estas são colocadas em caixas e, só depois de estar completada toda a encomenda é que as caixas passam para a zona de embalagem.

3.2 VSM atual

Depois de estudar todo o processo de produção da linha do BZM e respetivos subgrupos começou a ser realizado o VSM da situação atual (ver Anexo A). O VSM foi realizado para o processo de produção de peças ativas, uma vez que o processo abrange todas as operações. No caso das peças passivas, operações como a OP065 e OP101 seriam retiradas.

Para realizar o VSM foi necessário tempo passado no chão de fábrica a observar cada um dos processos de produção, assim como a comunicação com as pessoas que trabalham nos mesmos para tirar todo o tipo de dúvidas.

No início começou-se por fazer um VSM, embora com menos detalhe, para cada um dos processos dos subgrupos, bem como para as linhas do processo principal.

De seguida tentou-se agrupar os subgrupos como um só grande processo para desenhar um VSM geral, mas rapidamente se descobriu que, não só era confuso, como não se conseguia ter uma ideia real de como funciona todo o processo. A falta de detalhe fez com que fosse muito difícil identificar problemas e desperdícios nas diferentes linhas, mesmo que cada processo estivesse detalhado à parte. A razão para esta primeira tentativa de desenhar o VSM, foi o

facto de ser uma linha de montagem complexa com diferentes subgrupos a trabalhar ao mesmo tempo em paralelo, para fornecer a mesma linha principal.

Sendo assim, começou-se do início numa nova folha de Excel, na qual foi desenhado o processo inteiro, ficando todas as operações ou máquinas visíveis e ligadas umas às outras.

Para cada operação foram tiradas um conjunto de informações (ver Figura 13):

- Tempo de ciclo: tempo em segundos que cada operação demora a concluir uma peça
- OEE geral da operação
- Número de operadores
- Número de turnos em que a operação está ativa
- Uptime*: tempo em horas em que a máquina está disponível a trabalhar, o qual será calculado retirando quarenta e cinco minutos por turno de oito horas

OP040/Slider	
C/T =	20
OEE =	85,6%
Operador	1
Turno	3
Capacity	1305
Uptime =	0,90625

Figura 13 - Caixa de informação da operação

Foram desenhados os trajetos das peças de operação em operação até chegarem ao processo principal. Foram também adicionados os supermercados, nos quais as peças serão colocadas à espera de serem transportadas para a operação ou linha seguinte. Sempre que o produto vai passar de uma linha para outra- linha de subgrupos para linha principal- existe sempre, pelo menos, um supermercado.

Foram também representados com triângulos as quantidades de inventário existentes entre operações. Na Figura 14 pode-se observar um inventário de produção que terá de esperar 24 horas junto ao supermercado das *lower parts* e peças *swarovski*, uma vez que tem de esperar o tempo de cura, até ser colocado no supermercado à espera de ser transportado para a operação seguinte.

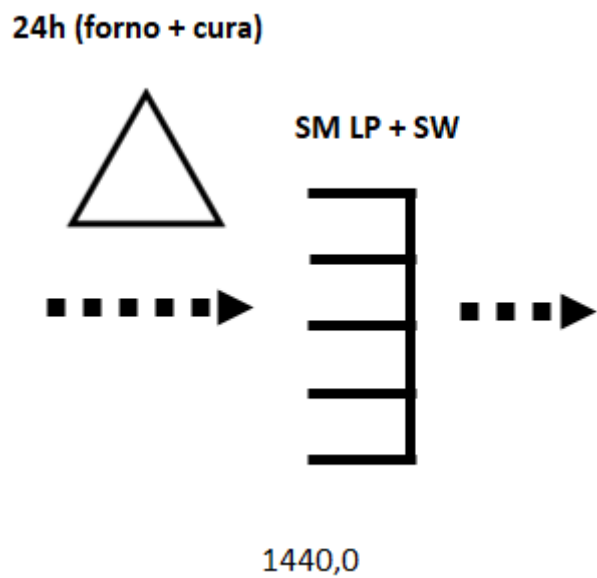


Figura 14 - Inventário no supermercado das *lower parts*

Como se pode observar na Figura 15, entre operações da mesma linha está colocado o número de peças máximo que pode estar à espera de ser montado na operação seguinte. Está também presente o tempo, em minutos, que essas peças estão à espera, entre as duas operações. Este número é calculado multiplicando o número de peças entre operações pelo tempo de ciclo da operação seguinte e dividindo pelo OEE da mesma, de maneira a se obter um valor mais real.

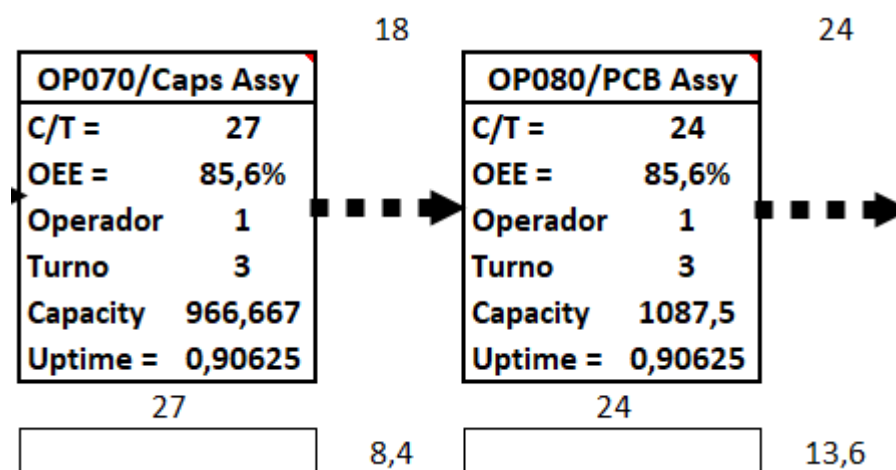


Figura 15 - Peças e tempos de espera

Os tempos de ciclo de todas as operações de uma certa linha são somados, ou seja, operações que acrescentam valor, e teremos o total de tempo de valor acrescentado. Estes tempos foram medidos utilizando um método semelhante ao primeiro passo do SMED. Para certas linhas foi feita uma gravação do processo, o que serviu não só para analisar tais processos e perceber bem o seu funcionamento, mas também para medição do tempo de ciclo de cada operação. Estes valores foram, em geral, obtidos através de uma média dos tempos de ciclo medidos.

Da mesma forma, as esperas são também somadas obtendo-se o total de tempo de espera ou valor não acrescentado. Ao fazer a divisão entre o tempo de esperas pela soma dos dois irá então obter-se a percentagem de esperas.

Depois de realizar estes cálculos para cada processo foi realizada a Tabela 1, para representar estes valores separados pelo nome do subgrupo e BZM representando a linha principal, e foi feita a soma de todos os valores de maneira a obter a percentagem de esperas de todo o processo.

O valor obtido de 99.4% é bastante elevado, mas, tem de se ter em conta que os tempos de espera desde horas até um dia inteiro de esperas para realizar a cura de peças como os Zamaks e as *lower parts*, aumenta consideravelmente este valor.

Estes tempos são muito superiores aos tempos de espera normais entre operações, os quais estão normalmente na ordem dos minutos, sendo que alguns processos do processo principal não chegam a um minuto.

Tabela 1 - Lead time e esperas individuais e globais

Lead Time Total*					
Lead Time	Zamak	Gluing	Knob	BZM	Σ
Valor Acrescentado	0	65	40	445	550
	0%	12%	7%	81%	100%
Esperas	0	86.400	1.155	4.777	92.332
	0%	94%	1%	5%	100%
% Esperas	#DIV/0!	99,9%	96,7%	91,5%	99,4%

O passo seguinte nasceu de uma sugestão numa reunião com o pessoal e chefes de produção da empresa, que foi ao clicar em cada operação no ficheiro excel do VSM, conseguir apresentar uma imagem da peça principal e os inputs –ou peças- que serão montadas nas mesmas.

De maneira a pôr em prática esta sugestão, foi adicionado a cada célula com o nome da operação um comentário, e nesse comentário irá aparecer uma imagem mostrando a peça que vem da máquina ou operação anterior, bem como uma listagem do lado direito das peças que serão montadas na mesma nessa operação (ver figura 16).



Figura 16 – Comentário excel

Nesta figura pode-se observar este comentário que descreve a OP210, operação que irá realizar a montagem dos motores com os zamaks, e que possui como inputs buchas brancas e o-rings.

O *takt time* foi calculado-ver Figura 17- tendo em conta o tempo total de produção, o qual consiste em sete horas e quinze minutos por turno, multiplicado por três turnos. Este tempo foi dividido pela quantidade de procura do cliente que são 4375 peças por dia. Sendo assim, dividindo o tempo total em que as linhas estão ativas e a procura do cliente, obteve-se um *takt time* de 17,9 segundos por peça. Isto significa que, para satisfazer a procura do cliente, será necessário produzir uma peça BOA em aproximadamente cada 18 segundos.

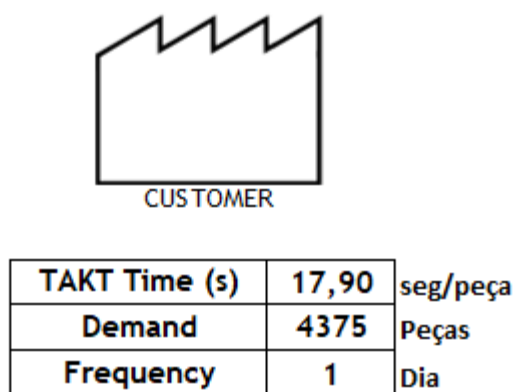


Figura 17 – Takt time

O OEE a 100% nas linhas principais do BZM tem uma produção esperada de 31 segundos por peça. Sendo que, na grande parte do período do projeto, foram utilizadas duas linhas de produção do BZM. Ou seja, ao dividir por duas linhas, o tempo de produção esperado passa a ser de 15,5 segundos por peça.

Ao fazer o seguinte cálculo:

$$15,5 \text{ (100\% OEE)} / 17,9 \text{ (takt time)} = 86,59\%$$

Obtém-se um valor de 86.59%, que representa o valor mínimo do OEE das linhas do BZM para que se consiga satisfazer a procura do cliente.

3.3 Problemas e áreas a melhorar

Ao analisar o VSM da visão atual vão ser identificados certos problemas no processo em geral, bem como em linhas específicas.

Nestas partes onde se encontraram possíveis melhorias a desenvolver, foram colocadas “*kaizen lightning burst*” com as respetivas ações a desenvolver.

Uma das situações que mais se verificou ao analisar o VSM atual foi a quantidade de supermercados. Tal como visto anteriormente, este processo é constituído por vários subgrupos, de maneira que existem supermercados a ligar estes subgrupos ao processo principal.

No entanto, o que se verificou nos subgrupos dos motores (ver Figura 18) e das *lower parts* foi o facto de existirem dois supermercados na ligação dos dois. Ou seja, neste caso dos

motores, ao sair da OP210, os motores são colocados no respetivo supermercado e, quando estes são transportados, vão ser colocados noutra supermercado, sendo que este está próximo das linhas principais.

Em conclusão, seria uma melhoria para a empresa se fosse retirado um destes supermercados, reduzindo assim o stock e espaço ocupado para o mesmo material.

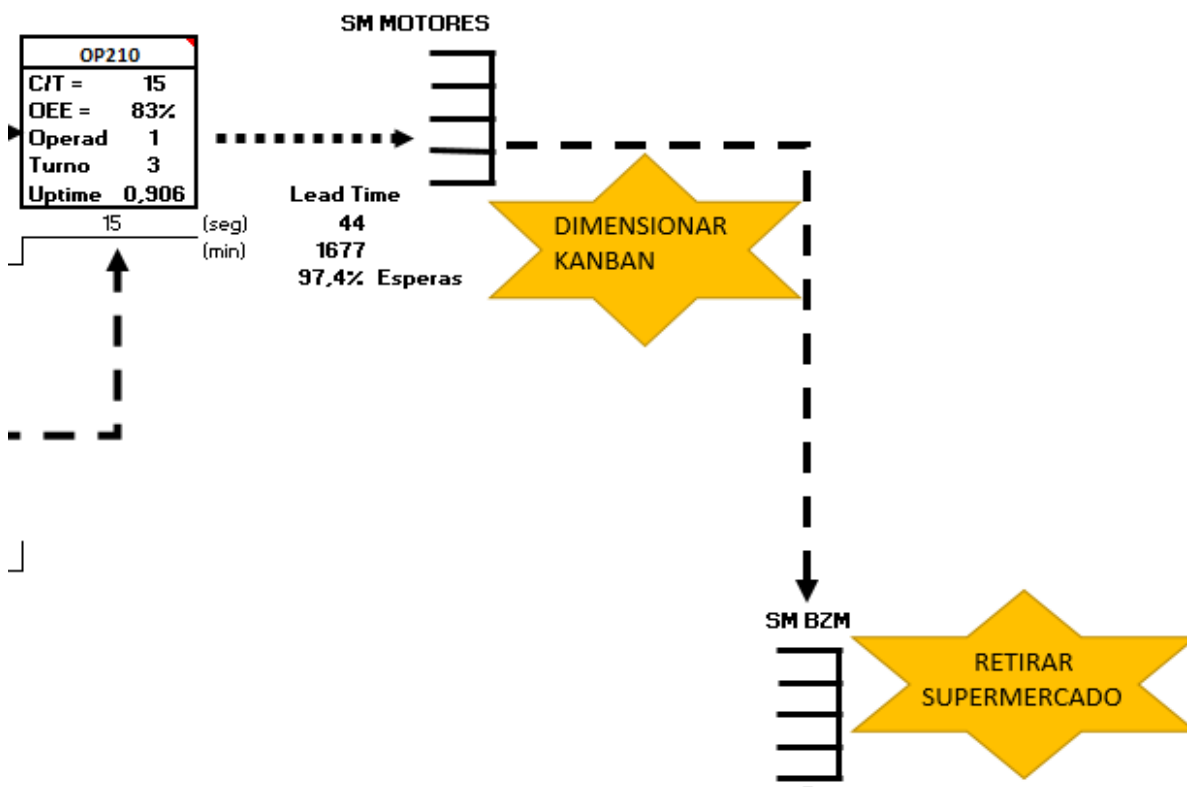


Figura 18 – Supermercados entre processos

Outra possibilidade de melhoria identificada foi dimensionar o *kanban* de maneira a existir um número definido de, neste caso caixas de 16 motores, que irão fazer este trajeto entre os supermercados ou, em caso de se retirar o supermercado, diretamente para o bordo de linha e de seguida de volta para o supermercado dos motores.

Dimensionando o *kanban*, pretende-se acabar com o “*push*” de motores para a linha principal, o qual consiste num dos objetivos principais da empresa neste momento- reduzir as grandes quantidades de stock entre processos.

Estas duas melhorias foram as principais e mais fáceis de realizar, mas, tal como se pode observar na figura 19, não foram as únicas. Verificou-se também, ao filmar e analisar o processo principal, certos processos em que o operador estava consistentemente à espera de material da operação anterior. Este é um sinal de possível *bottleneck* da linha. Este problema é complicado de contornar uma vez que seria necessário reduzir o tempo de ciclo da operação ou a criação de um *buffer* para alimentar a operação seguinte. Neste caso, a criação de um *buffer* é bastante complicada uma vez que, não só existe um espaço já definido e bastante limitado para alimentar a máquina, mas também porque seria necessária a utilização da mesma máquina do *bottleneck*, mas presente noutra linha. Isto é um problema, uma vez que seria necessário ter mais uma pessoa a produzir nesta máquina por um determinado tempo e

seria também necessário haver peças suficientes da máquina anterior em avanço para alimentar esta operação extra. Já para não mencionar que existem variadas referências de peças produzidas nestas máquinas. Estas melhoras seriam bastante complicadas de realizar neste caso e, muito provavelmente, iriam trazer os seus próprios problemas.

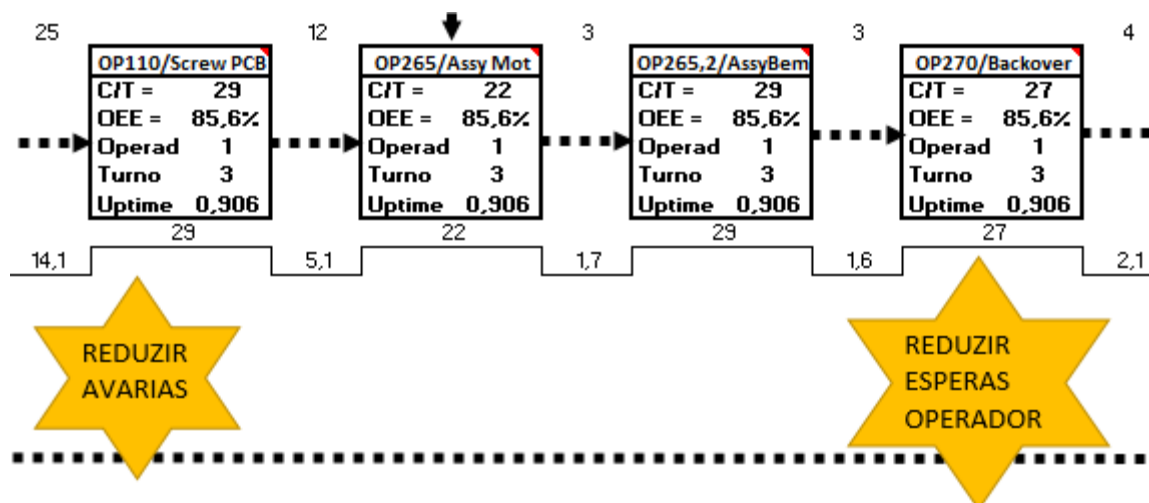


Figura 19 – Potenciais melhorias nas operações

Ao analisar a folha de avarias mensais do processo principal, identificaram-se certas operações –como a OP110- que tiveram os maiores números de avarias, sendo possível também verificar os tempos de paragem por avaria.

Outra possibilidade de melhoria foi o OEE de algumas linhas, que estava abaixo do esperado.

4 Descrição da situação *To Be*

No presente capítulo é apresentada a visão futura que se pretende alcançar, seguida das medidas propostas a realizar. Sendo que algumas dessas medidas ainda não foram postas em prática durante o período do projeto.

4.1 VSM da visão futura

Tendo em conta todas as possibilidades de melhoria identificadas no VSM da visão atual foi então criado o VSM da visão futura (ver Anexo B).

Ao criar este VSM começou-se por substituir o sistema presente, que funcionava principalmente em “*push*”, por um sistema a funcionar mais em “*pull*”, visível na imagem pelas setas de *pull* de material-tal como demonstrado na Figura 20. A área principal onde isto é visível é na aplicação e dimensionamento do sistema *kanban*.

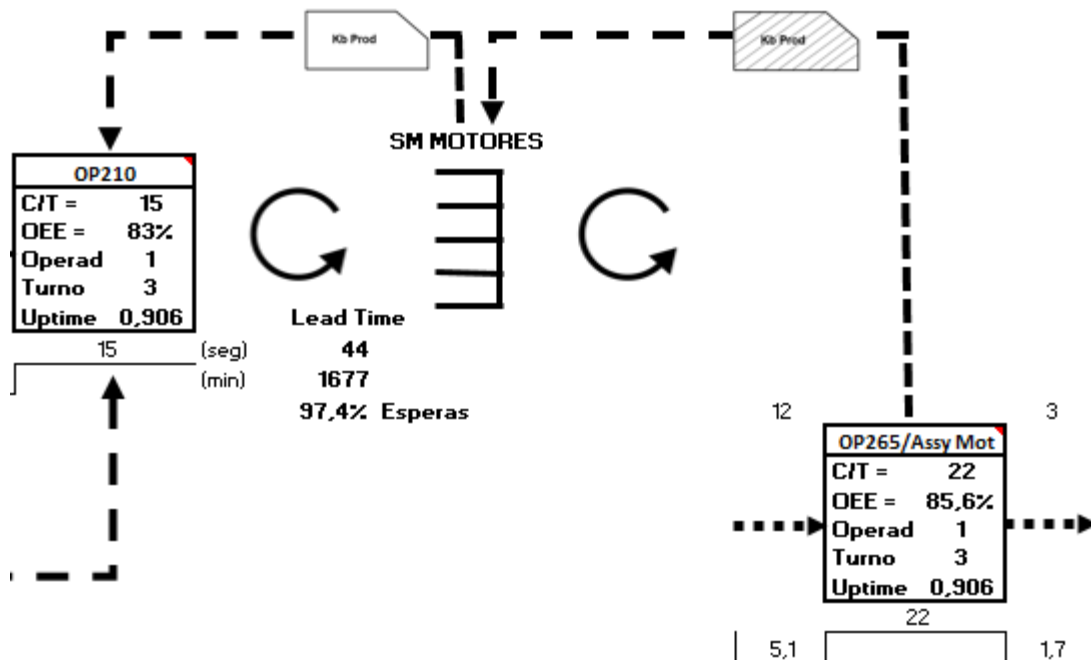


Figura 20 – Pull *kanban* de motores

Tal como foi visto anteriormente, ao produzir mais do que o necessário para ter a certeza que nunca se fica sem material, fazendo parar o processo, ou não conseguir ter produto acabado a tempo para entregar ao cliente, cria-se desperdício ao longo de todo o processo produtivo.

Sendo assim, pretende-se efetuar a implementação de um sistema “*pull*” em *kanban*, de maneira a contrariar este comportamento de sobreprodução que se arrasta ao longo do processo.

O presente sistema do *kanban* funciona da seguinte maneira:

- 1º- As caixas de motores vazias são retiradas da máquina OP265 e, de seguida, transportadas para o supermercado dos motores;
- 2º- As caixas vazias de motores são colocadas na OP210, a qual tem um bordo de linha que leva, no máximo, 12 caixas, onde os motores são produzidos;
- 3º- As caixas de motores, ficando completas, são colocadas de volta no supermercado, estando prontas a ser transportadas;
- 4º- Transporte de caixas do supermercado de motores para a OP265, onde estes serão montados à peça principal. O bordo de linha leva, tal como na OP210, um máximo de 12 caixas cheias de motores.

De seguida foi necessário calcular o número de caixas necessário para colocar este sistema em funcionamento, sendo que as caixas funcionam como *kanban*.

Para calcular o número de caixas foi necessário calcular o tempo de reposição dos motores. O tempo de reposição é o tempo que, depois de haver sinal de caixas vazias de motores na linha principal do BZM, quanto tempo demora a mesma caixa a dar a volta ao sistema todo. Para o cálculo do mesmo foi necessário realizar algo semelhante ao primeiro passo do processo SMED, observando este ciclo e medindo os tempos todos necessários.

Após ser calculado o tempo total de reposição, determinou-se o número de caixas mínimo necessário ao multiplicar este valor pela procura ou cadência necessária. Neste caso em específico, a cadência utilizada foi a de um funcionamento a 100% da linha do BZM, ou seja, 31 peças por segundo.

4.2 Propostas de melhoria

Após a conclusão do VSM da visão futura chegou a altura de começar a aplicar medidas de maneira a atingir os objetivos desenhados na visão futura.

O primeiro passo, uma vez que a empresa tem como um dos seus objetivos a redução da quantidade de stocks existente nos seus processos, consistiu em dimensionar os *kanbans* existentes. As áreas de maior importância para este trabalho são os subgrupos, uma vez que consistem nos seus próprios processos, mas acabam por convergir todos na linha principal de produção (ver figura 21)

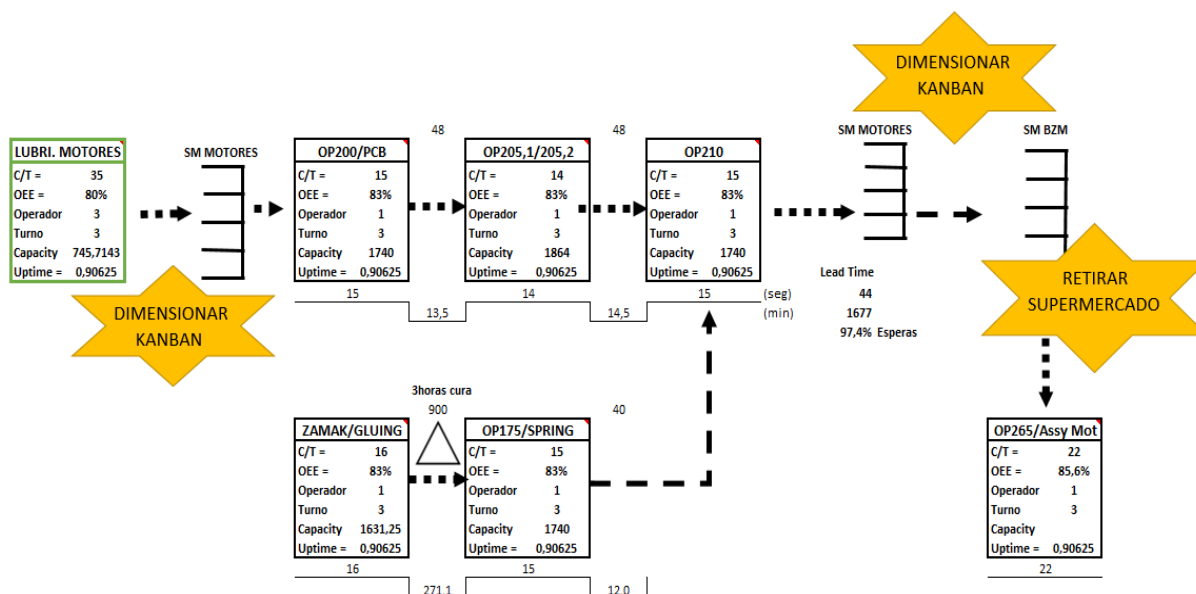


Figura 21 – Exemplo subgrupo motores

Sendo assim, foi acordado que o melhor processo para começar este trabalho seria na linha do subgrupo dos motores. Razões para esta decisão foram o facto de, não só ser a linha de subgrupos maior do processo, mas também por só existirem duas referências diferentes de motores. Havendo só duas referências, e mais tarde passando a existir uma só referência, torna o processo mais simples embora de volume elevado.

O circuito dos motores desde a máquina OP200 até chegar à linha principal à OP265 é feito em caixas que levam um total de 16 motores. Inicialmente estes motores eram transportados por paletes. Paletes inteiras levavam cerca de 40 caixas de motores -8 caixas por nível * 5 níveis-, quando não eram mais.

Na primeira semana foi realizada uma contagem de stocks de diversos processos. Nesta contagem verificaram-se uma média de 140 caixas de motores da referência principal produzida neste momento, e 55 caixas da outra referência. No total, verificou-se a existência de quase 200 caixas de motores espalhadas ao longo do processo produtivo, o que resulta num total de 3200 motores.

Observando esta situação, consegue-se perceber a razão de a empresa querer reduzir os seus stocks. No bordo de linha da máquina OP265 existe espaço para 12 caixas de motores. Uma vez que são usadas duas linhas principais, 24 caixas estão no bordo de linha desta operação e, considerando 12 caixas cheias de motores a sair da OP210 da linha dos motores, isto faz um total de 36 caixas de motores. Isto significa que cerca de 160 caixas de motores, ou 2560 motores, estão parados nos supermercados ou paletes, metade junto à linha dos motores e outra metade junto às linhas principais.

Outro aspeto a considerar é o facto de, se considerarmos um OEE de 100%, o tempo de ciclo das linhas principais ser de 31 segundos por peça. Multiplicando 31 segundos por 12 caixas de motores presentes no bordo de linha obtemos:

$$31 \text{ s/peça} * 12 \text{ caixas} * 16 \text{ peças/caixa} = 5952 \text{ s}$$

Conclui-se assim que, estando o bordo de linha cheio, consegue-se abastecer cada linha de motores durante 99 minutos, ou seja, mais de uma hora e meia. Sendo este o caso, não faz sentido ter uma quantidade de motores tão grande parada nos supermercados. Tal como se

observa na Figura 21, procedeu-se à eliminação do supermercado de motores no processo principal.

O passo seguinte seria calcular quantas caixas são necessárias no total para efetuar este ciclo. De forma a efetuar este cálculo a componente mais importante que deve ser calculada consiste no tempo de reposição. Tempo de reposição, neste caso, é o tempo que se demora desde que uma caixa de motores fica vazia na OP265, até que esta é reposta na mesma por uma caixa cheia.

Para calcular o tempo de reposição foi necessário somar um conjunto de tempos (representados na Tabela 2):

-Tempo da cadeia de valor: soma do tempo que demora uma caixa a percorrer as diferentes operações- neste caso OP200, OP205 e OP210. Foi calculado multiplicando o número de peças por caixas (16) pela soma dos tempos de ciclo de cada máquina. Foi necessário multiplicar também por 3, uma vez que entre cada uma dessas 3 operações, existe um circuito de 3 caixas que circulam entre as mesmas. Por exemplo, uma caixa está a receber motores da OP200, outra caixa veio da OP200 e está a ser usada para abastecer a OP205, enquanto a terceira caixa tem duas possibilidades: ou está cheia à espera de chegar à OP205, ou então está vazia à espera de voltar a ser preenchida na OP200. Este tempo foi de cerca de 35 minutos.

-Tempo de transporte: tempo que demora a fazer o transporte de caixas vazias da linha principal (OP265) para a linha dos motores. Contando também o tempo que demora a trazer caixas cheias do supermercado dos motores para a linha principal. Esta operação demora cerca de 4 minutos.

-Ciclo de transporte: tal como no *mizusumashi* ou *milk-run*, é necessário definir um ciclo para realizar este transporte de caixas descrito anteriormente. O ciclo definido foi realizar o transporte de caixas vazias e substituí-las por caixas cheias de 45 em 45 minutos.

-OEE: Por último, foi considerado também um OEE geral de 85%, uma vez que os tempos de ciclo das máquinas não apresentam os valores reais e são uma grande variável no cálculo do tempo de reposição.

No total, o tempo de reposição calculado foi de 229 minutos.

Tabela 2 – Tabela para cálculo do tempo de reposição

	s	min	
Tempo da cadeia de valor	704	11,73	(tempo min)
	2112	35,2	(tempo max)
Tempo de transporte	240	4	
Ciclo de transporte	1800	45	
OEE	0,85		
<u>Tempo de reposição</u>		229,41	

De seguida foi necessário calcular o tempo de reposição do subgrupo dos motores sendo necessário definir o consumo ou cadência da linha principal do BZM. Depois de ser discutido em grupo, ficou decidido usar o tempo de ciclo de 31 segundos por peça, ou seja, considerar um valor de 100% do OEE.

Existem três linhas no processo principal, sendo estas linhas semelhantes, mas não exatamente iguais. Certas linhas só são capazes de produzir peças ativas enquanto outras linhas conseguem produzir peças ativas e passivas. O valor da procura de motores da linha principal do ponto de vista do subprocesso dos motores foi calculado da seguinte maneira (ver Tabela 3):

Tempo de ciclo da linha principal = 31 s/peça / número de linhas em funcionamento

Procura de motores = 3600 s / Tempo de ciclo principal

Procura de motores (peças/hora) = 3600 s / Tempo de ciclo principal s/peça

Tabela 3 – Cálculo do *kanban* de motores

1 LINHA BZM			peças	peças/caixa	caixas
	Tempo reposição	229,41 min	444,02	16	27,75
	Cadência BZM	31 s/peça			
		116,13 peças/hora			
2 LINHAS BZM					
	Tempo reposição	229,41 min	888,05	16	55,50
	Cadência BZM	15,5 s/peça			
		232,26 peças/hora			
3 LINHAS BZM					
	Tempo reposição	229,41 min	1332,07	16	83,25
	Cadência BZM	10,33 s/peça			
		348,39 peças/hora			

Depois de serem calculados quer o tempo de reposição quer a procura de motores do processo principal, procedeu-se à multiplicação dos dois valores. O resultado obtido foi o número total de peças no sistema. Este número de peças foi dividido por 16- número de peças por caixa- para se obter o número total de caixas.

O número de caixas inicialmente decidido foi então de 80 caixas por referência. Embora sejam quase sempre utilizadas 2 linhas para o processo principal, foi incluída uma margem de segurança. Esta margem de segurança foi estabelecida por duas razões:

-Nova mudança e um pouco radical, especialmente em termos da diferença de stock no processo;

-Para impedir que haja muitas paragens na linha dos motores, o que pode acontecer por falta de caixas de motores vazias para produzir.

Após ficar definido o número de caixas procedeu-se à identificação das caixas com o número de cada referência e com um número de um a oitenta, limitando assim o número de caixas de motores no sistema para o valor pretendido.

Esta operação de transporte de motores do processo principal para o subprocesso dos motores não foi realizada pelo comboio logístico, mas sim manualmente por uma das pessoas responsáveis pela assistência do processo principal do BZM.

A razão para isto acontecer consiste na área onde está presente este processo principal. Uma vez que o espaço é limitado e só existe uma porta, para entrada e saída da área de produção, o comboio logístico não consegue integrar esta área como parte do seu trajeto.

Sendo assim, uma das três pessoas responsáveis pela assistência de todo o processo principal irá realizar esta função de transporte das caixas de um processo para o outro. Este transporte é feito utilizando um carrinho onde serão transportadas as caixas vazias da linha principal, e, na volta, de caixas cheias de motores para abastecer as linhas do processo principal.

Este *kanban* do subgrupo dos motores sofreu, posteriormente, mais duas alterações. Ao observar o funcionamento do sistema atual, foi possível observar que estavam sempre bastante caixas de motores vazias no supermercado dos motores. Sendo este o caso, foi decidido retirar 20 caixas de motores de cada uma das referências, passando assim a ter 60 caixas de motores para cada referência. Esta mudança provou-se positiva, uma vez que nunca houve paragens na linha dos motores por falta de caixas vazias para produzir, de maneira que se mantiveram as 60 caixas.

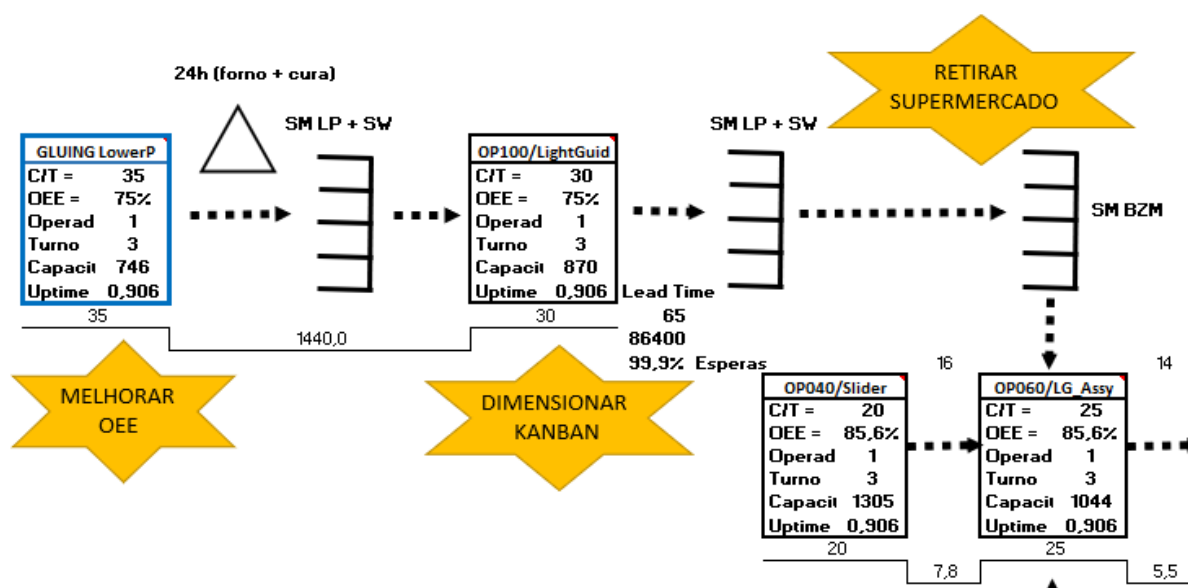
Passadas umas semanas da aplicação deste sistema *kanban*, houve uma alteração nos motores usados nas peças principais. Em vez de serem utilizados dois tipos de motores, passou a ser utilizado só um deles, que era o mais recente. Sendo assim, as 60 caixas de motores da referência antiga foram retiradas do circuito, mantendo apenas as da referência produzido no momento. Decidiu-se também voltar a adicionar as 20 caixas desta referência retiradas anteriormente, uma vez que se passou a ter apenas uma referência, de forma a não parar a linha do processo dos motores.

Esta situação mantém-se até ao momento, em geral está a funcionar bem, mas repara-se que a linha dos motores produz a um ritmo um pouco superior ao do processo principal. Esta diferença faz com que, às vezes, seja uma pessoa da linha dos motores a deslocar-se à linha principal para trazer caixas vazias, uma vez que não querem parar a linha de produção dos motores.

Durante o projeto, reparou-se numa possível melhoria na linha dos motores. Tal como mencionado no Capítulo 3, existem duas linhas de motores, mas apenas uma delas está ativa neste momento. Devido a um problema na operação OP200 da linha 1 dos motores, foi necessário utilizar a mesma máquina na segunda linha. Percebeu-se então, ao falar com os operadores da linha, que a mesma máquina OP200 da segunda linha era mais rápida do que a da primeira linha. Sendo assim, é possível melhorar o tempo de ciclo desta operação de uma de duas formas: ou trocando a máquina de linha 2 e colocá-la na linha 1, ou verificar e arranjar a primeira máquina, para que as duas funcionem ao mesmo ritmo.

As operações OP200 e OP210 possuem um tempo de ciclo praticamente igual, mas existe uma diferença crítica entre os dois. Dependendo da rapidez do próprio operador, consegue-se que a operação OP210 seja mais rápida que a OP200. Já na OP200, a velocidade da operação acaba por depender mais da máquina do que do operador. Sendo assim, ao realizar esta melhoria na operação OP200 seria possível melhorar consideravelmente o OEE do processo dos motores.

O segundo subprocesso em que se realizaram mudanças foi a subprocesso das *lower parts*. Pode-se observar na Figura 22 o estado inicial deste processo. Inicialmente existia uma operação anterior à OP100 de montagem das *light guides*, na qual se verificava a cola e limpava em caso de excesso. Mas essa operação de limpeza ficou incluída na OP100 uma vez que o tempo de ciclo era consideravelmente inferior ao tempo de ciclo do processo principal (cerca de 20 segundos).


Figura 22 – Estado inicial do processo das *lower parts*

As melhorias a realizar neste processo são semelhantes às do processo dos motores. A grande diferença entre este dois processos é o facto de os motores serem sempre transportados em caixas de 16. No caso das *lower parts*, tal como visto no Capítulo 3, até as *lower parts* chegarem à OP100, estas são transportadas em caixas de 96 peças. Depois da montagem das *light guides* na OP100, as *lower parts* são colocadas em *blisters* que levam 14 peças cada.

Depois de analisar o processo com mais detalhe procedeu-se novamente ao cálculo dos tempos de reposição. Uma vez que, neste caso, existem dois circuitos de caixas e *blisters* distintos, foi calculado o tempo de reposição de cada um em separado.

Pode-se observar na Tabela 4 os tempos utilizados para estes cálculos. Em geral, os tempos de ciclo e de transporte foram cronometrados enquanto acompanhando a pessoa responsável pela respetiva operação.

Tabela 4 – Tempos para calcular tempo de reposição do processo das *lower parts*

	s	min	
Tempo circuito caixas 96	3360	56	(tempo min)
Tempo circuito blisters 14	420	7	(tempo max)
Tempo cura	86400	1440	
tempo de transporte	120	2	
mizu	1800	45	
OEE	0,85		

De seguida, como se pode observar na Tabela 5, foram calculadas as quantidades mínimas necessárias de caixas tendo em conta os tempos anteriores para calcular o tempo de reposição e a procura da linha principal.

Tabela 5 – Cálculo do *kanban lower parts*

			peças	peças/caixa	Nº caixas/Kanban
Tempo reposição	1505,88	min	2614,38	96	27,23
Cadência BZM	104,17	peças/hora			

Tempo reposição	191,00	min	peças	peças/caixa	Nº caixas/Kanban
Cadência BZM	104,17	pcs/hora	331,60	14	23,69

Começando pelo circuito de caixas de 96 peças, o tempo de reposição foi calculado somando as seguintes componentes:

- O tempo do circuito ou cadeia de valor, neste caso, é o tempo que a operação de colagem das peças demora a fazer uma caixa inteira. Ou seja, multiplicando o número de peças numa caixa pelo tempo de ciclo da operação;
- O tempo de cura das *lower parts*. O que foi arredondado para 24 horas, embora esse tempo possa variar ligeiramente, uma vez que existe uma operação de transporte ao forno e um teste de qualidade para aprovar cada caixa.

Depois de obter o valor desta soma multiplicou-se esse tempo pelo OEE e obteve-se o tempo de reposição das caixas de 96 *lower parts*.

Para o valor da procura considerou-se a cadência do processo principal. Neste caso, uma vez que o subprocesso das *lower parts* só faz parte da produção das peças ativas, o valor a utilizar nesta variável foi tópico de discussão. Mas, uma vez que este circuito tem, incluído, um tempo de espera para cura de um dia, decidiu-se utilizar o número máximo de peças que pode ser produzido num dia, que são 2500 peças.

Ao calcular a procura por hora foi feita a multiplicação do tempo de reposição e da procura para obter o número total de peças necessário no circuito. Após ser dividido pelo número de peças por caixa – 96- obteve-se o número de caixas a utilizar como *kanban* neste primeiro circuito das *lower parts*.

Avançando para o segundo circuito, foi calculado novamente o tempo de reposição, mas neste caso de cada *blister* de 14 peças, através da soma dos seguintes tempos:

- Tempo da cadeia de valor, através da multiplicação do tempo de circuito da máquina OP100 pelo número de peças por *blister*;
- Tempo de transporte dos blisters desde a área do processo principal até ao supermercado das *lower parts*. Transporte de *blisters* vazios do processo principal e de blisters cheios do supermercado para abastecer a linha de produção;
- Tempo de ciclo de transporte dos *blisters*. Ou seja, de quanto em quanto tempo se realiza o transporte descrito anteriormente de abastecimento de *blisters* para o processo principal.

Multiplicando-se novamente pelo OEE obteve-se o tempo de reposição do circuito de *lower parts* em *blisters* de 14 peças.

A procura utilizada foi a mesma para os dois circuitos:

$$2500 \text{ peças/dia} / 24 \text{ horas} = 104 \text{ peças/hora}$$

Finalmente, multiplicou-se o tempo de reposição e a procura e obteve-se um número de 331 caixas. De seguida dividiu-se o número de peças por 14, que é o número de peças por blister, e conseguiu-se obter o número de *blisters* no *kanban*, que foi 24.

Embora os cálculos estejam concluídos, estas mudanças ainda não foram completamente aplicadas no subprocesso das *lower parts*. Existem várias razões para o atraso destas alterações:

- Na altura em que foram primeiro realizados o estudo e cálculos do processo, estavam a decorrer discussões e experiências para alterar o tempo de cura para três dias. Esta alteração de um para três dias iria alterar drasticamente o número de caixas a utilizar. Outro aspeto que ia mudar era a necessidade das peças irem ao forno;
- Devido a certos problemas, como falta de material por parte de outros processos, bem como o facto de o *kanban* de *lower parts* estar cheio, a linha esteve parada ou pouco ativa por algum tempo;
- Ao mesmo tempo estavam a ocorrer mudanças nos supermercados do processo principal.

O supermercado das *lower parts* passou a ter um espaço mais limitado para cada referência, e retirou-se uma grande parte dos *blisters* vazios que estavam parados no supermercado. No supermercado do processo principal do BZM, o espaço para as *lower parts* mudou de sítio, ficando situado ao lado dos cristais *swarovski*.

Os *swarovski* passam por uma operação ao lado da operação de colagem das *lower parts*. Depois dessa operação, estes cristais ficam também em *blisters* no mesmo supermercado das *lower parts*, à espera de serem transportados para o supermercado do processo principal.

A linha do subgrupo dos motores e das *lower parts* estão situadas na mesma área, juntas uma à outra, de maneira que existe um assistente de linha que é responsável pelo abastecimento das duas linhas.

Depois de observar e falar com os assistentes de linha dos turnos da manhã e da tarde, foi feita uma lista com todas as tarefas necessárias de realizar. Sendo que, a esta lista existente, será necessário adicionar o transporte de motores, *lower parts* e cristais para a linha do processo principal. A linha de motores e *lower parts* fazem parte da mesma área, de maneira que a mesma pessoa ficará responsável pelas duas.

Será criado um standard para incluir todas estas tarefas, de forma que nos três diferentes turnos trabalhem da mesma maneira e realizem as mesmas tarefas. Uma das situações que se verificaram foi que havia alguma diferença nas tarefas que a pessoa de cada turno estava a realizar.

Lista de tarefas na assistência dos motores:

- Assistência/abastecimento das diferentes máquinas: OP175, OP200, OP210, Zamak, Estação de colagem *lower parts*, *swarovski*, lubrificação de motores.
- Lubrificação de *sliders*, arames e o-ring- materiais para abastecer diferentes operações nestas linhas.
- Transporte de motores, *lower parts* e cristais de 45 em 45 minutos, trazendo as caixas e *blisters* vazios das linhas principais do BZM e regressar com caixas cheias para abastecer as diferentes operações.

Em relação ao subprocesso dos *knobs*, houveram algumas alterações feitas. Estas alterações realizadas foram, na maior parte, foram em relação ao layout. Observando a figura 23,

observa-se que a operação de colagem dos *knobs* é realizada junto ao supermercado da linha dos motores.

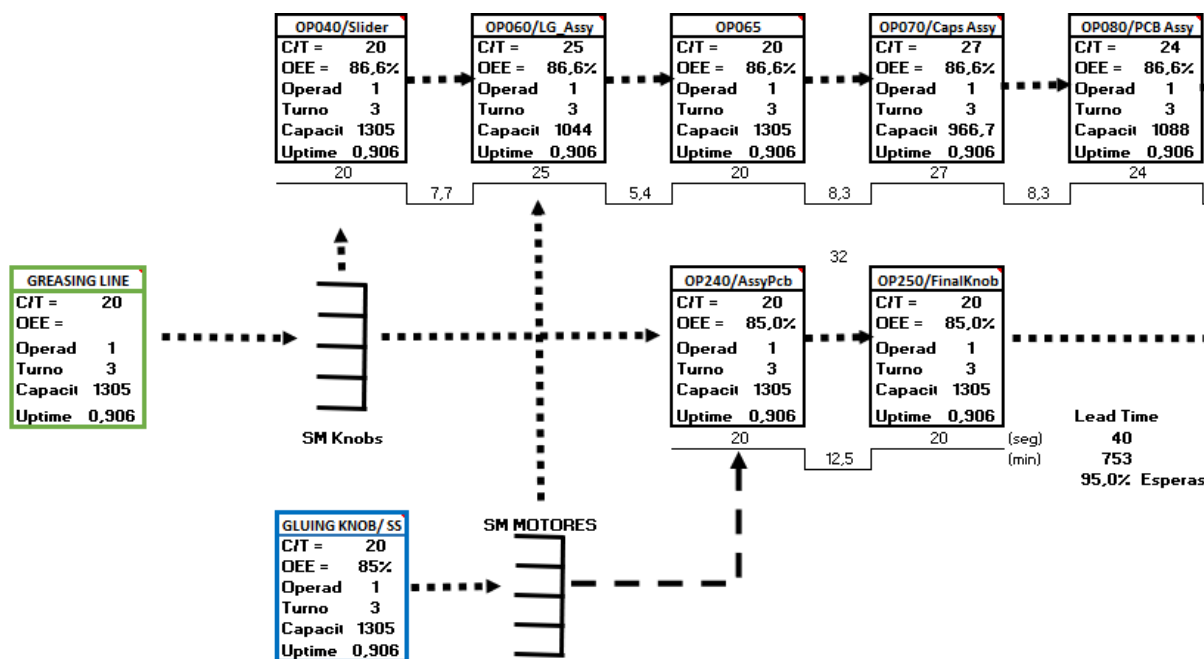


Figura 23 – Subprocesso *knobs*

A operação de lubrificação, que está na figura a verde, lubrifica os *sliders* e peças para os *knobs*. Quer a operação de lubrificação, quer a linha dos *knobs* estão situadas na mesma área, perto das linhas principais do BZM. Depois de feita a lubrificação, as peças vão para a OP040 e para a linha dos *knobs*, ou OP240, respetivamente.

As alterações de layout foram realizadas entre a linha de lubrificação e a linha dos *knobs*. A alteração principal foi feita neste supermercado dos *knobs*. O transporte das peças deste supermercado para as operações seguintes é feito pelos assistentes de linha do processo principal do BZM.

Finalmente, em relação às linhas principais do BZM, tal como referido no Capítulo 3, é complicado realizar este tipo de melhorias. Sendo assim, as melhorias que estão a ser planeadas são alterações ao nível de cada operação. Ou seja, melhorias nas máquinas em si, focando naquelas com um tempo de ciclo superior, de maneira a tentar nivelar os tempos de ciclo o mais próximos uns dos outros possível.

O supermercado junto ao processo principal também ficou mais bem organizado, principalmente devido às reduções de WIP dos diferentes processos. Estas reduções fizeram com que se libertasse algum espaço junto às linhas, obtendo-se uma maior liberdade na organização dos supermercados.

Neste momento, algumas destas melhorias mais pequenas já foram conseguidas com sucesso mas, em geral, melhorias como alterações em máquinas são planeadas a médio prazo, sendo que normalmente requerem um considerável investimento.

Melhorias em relação às tarefas desenvolvidas pelos operadores já foram feitas, neste caso, exaustivamente, como os seus movimentos e as posições das diferentes peças no bordo de linha.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

5.1 Conclusões

Em geral os resultados foram positivos. Começando pelo subgrupo dos motores, o stock de material entre processos diminuiu bastante. Embora anteriormente não existisse uma quantidade certa ou limite de caixas para produzir, houve uma redução de, pelo menos, 50% do stock existente anteriormente.

O facto de se retirar uma paleta inteira onde, anteriormente, se colocavam os motores antes de serem colocados no bordo de linha do processo principal, libertou um espaço considerável. Este espaço pode ser aproveitado para outros processos. Observa-se também uma diferença considerável no supermercado da linha dos motores. Nas primeiras semanas, as caixas de motores, vazias e cheias, encontravam-se espalhadas em diferentes paletes perto da linha dos motores. Não só ocupavam várias paletes, como também estavam com uma altura exagerada. Neste momento, encontram-se junto do processo dos motores, duas paletes, uma para as caixas vazias, e outra de caixas cheias de motores, à espera de serem transportadas para o processo principal.

No subprocesso das *lower parts*, houve também uma redução considerável no WIP. Conseguiu-se reduzir e limitar os espaços nos supermercados, assim como algumas alterações na distribuição de tarefas pelos operadores, de maneira a tornar o processo mais equilibrado.

Ao longo de todo o processo, houve melhorias no OEE, embora este não fosse o objetivo do projeto. O aumento do OEE é complicado de obter, principalmente nas linhas do processo principal. Isto ficou bem evidente quando se fez a gravação do funcionamento das linhas, para analisar os processos e retirar os tempos de ciclo das diferentes operações. Não só isso, mas os outros processos estão calibrados para funcionar a um ritmo semelhante ao das linhas do processo principal. Ou seja, para melhorar o OEE de todo o processo é necessário melhorar o tempo de ciclo do processo principal e fazer com que os outros processos melhorem para continuar a abastecer as linhas principais.

Concluindo, o uso da ferramenta de mapeamento de fluxos revelou-se uma mais valia para este processo. Com a ajuda do VSM conseguiu-se ter uma visão geral de todo o processo produtivo, das ligações entre os diferentes processos e do fluxo de material ao longo do processo. Foi também possível comparar os detalhes de cada operação individualmente.

5.2 Perspetivas de trabalhos futuros

No presente trabalho foi desenhado um VSM da visão presente, seguido do VSM da visão futura. A verdade é que a visão futura ainda não foi atingida, de maneira que ainda existe trabalho a ser realizado. Razões para isto acontecer foram, principalmente, a duração limitada de quatro meses do projeto e a complexidade do processo.

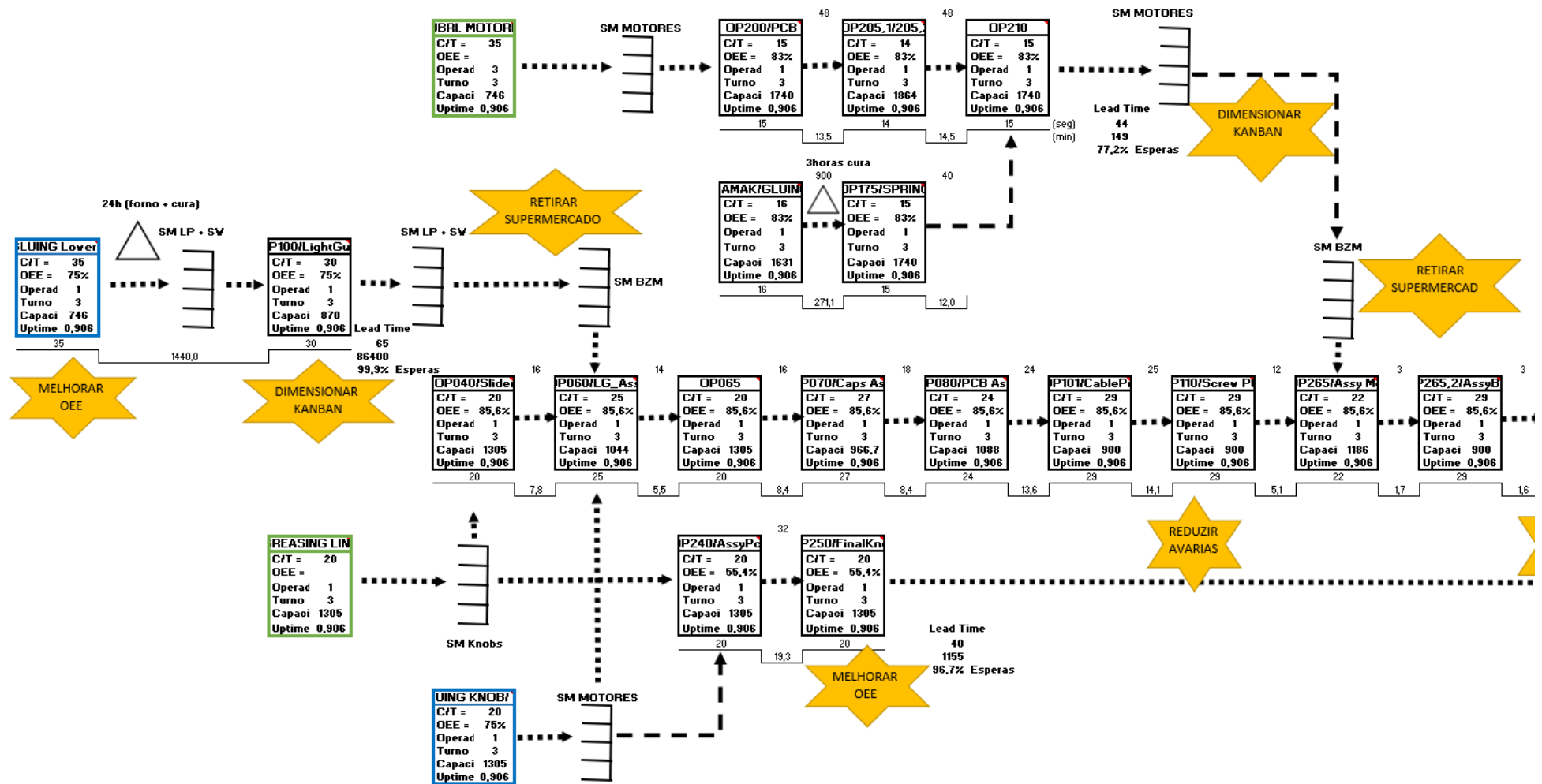
Mesmo que se consiga chegar à visão futura, isto não significa que o VSM deixa de ter importância. Pode-se continuar a utilizar a mesma metodologia, sendo mais exigentes e voltando a desenhar um novo mapa de visão futura a partir da nova realidade.

Outra situação a considerar é o facto de, embora o BZM seja o seu maior processo, este não deixa de ser apenas um dos vários grandes processos produtivos da Preh Portugal. A ferramenta do VSM desenvolvida e aplicada para este processo poderá ser adaptada para os restantes processos da empresa e, em princípio, essa será uma realidade próxima.

Referências

- Brunet-Thornton, Richard, Michal Koza, and Vladimir Bures. 2016. "THE TOYOTA PRODUCTION SYSTEM - CZECH AND NIPPON CULTURAL PERSPECTIVES." *E & M EKONOMIE A MANAGEMENT* 19 (2): 142–56. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2016-2-010>.
- Chen, Joseph C, Ye Li, and Brett D Shady. 2010. "From Value Stream Mapping toward a Lean/Sigma Continuous Improvement Process: An Industrial Case Study." *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH* 48 (4): 1069–86. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>.
- Illich, Ivan. 1987. "A Plea for Research on Lay Literacy." *Interchange* 18 (1–2): 9–22. <https://doi.org/10.1007/BF01807056>.
- Katayama, Hiroshi. 2017. "Legend and Future Horizon of Lean Concept and Technology." *Procedia Manufacturing* 11 (January): 1093–1101. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.227>.
- King, Peter L., and Jennifer S. King. 2017. *Value Stream Mapping for the Process Industries*. *Value Stream Mapping for the Process Industries*. <https://doi.org/10.1201/b18342>.
- Liker, Jeffrey and Meier, David. 2005. *The Toyota Way Fieldbook - Starting the Journey of Waste Reduction. The Toyota Way Fieldbook*. Vol. 54. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- Locher, Drew A. 2008. *Value Stream Mapping for Lean Development*. *Value Stream Mapping for Lean Development*. <https://doi.org/10.4324/9781420089783>.
- Nichols, Lesa. 2010. "Increasing Competitiveness via Continuous Improvement." *Metal Finishing* 108 (1): 15–17. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(10\)80001-7](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(10)80001-7).
- Rother, Mike. 1999. "Learning to See Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda." <http://www.lean.org/Bookstore/ProductDetails.cfm?SelectedProductId=9>.
- Shingo, Shigeo. 1989. "Shingo__Shingeo_-_a_Study_of_the_Toyota_Production_System_From_an_Industrial_Engineering_Viewpoint_1989_Productivity_Press_306P_.Pdf."
- Wilson, Lonnie. 2010. *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.

ANEXO A: VSM da visão presente

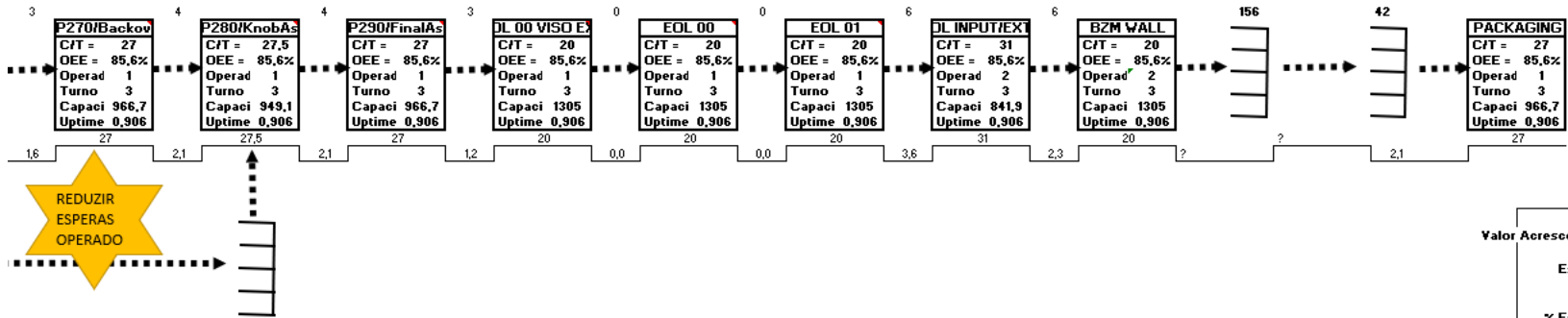




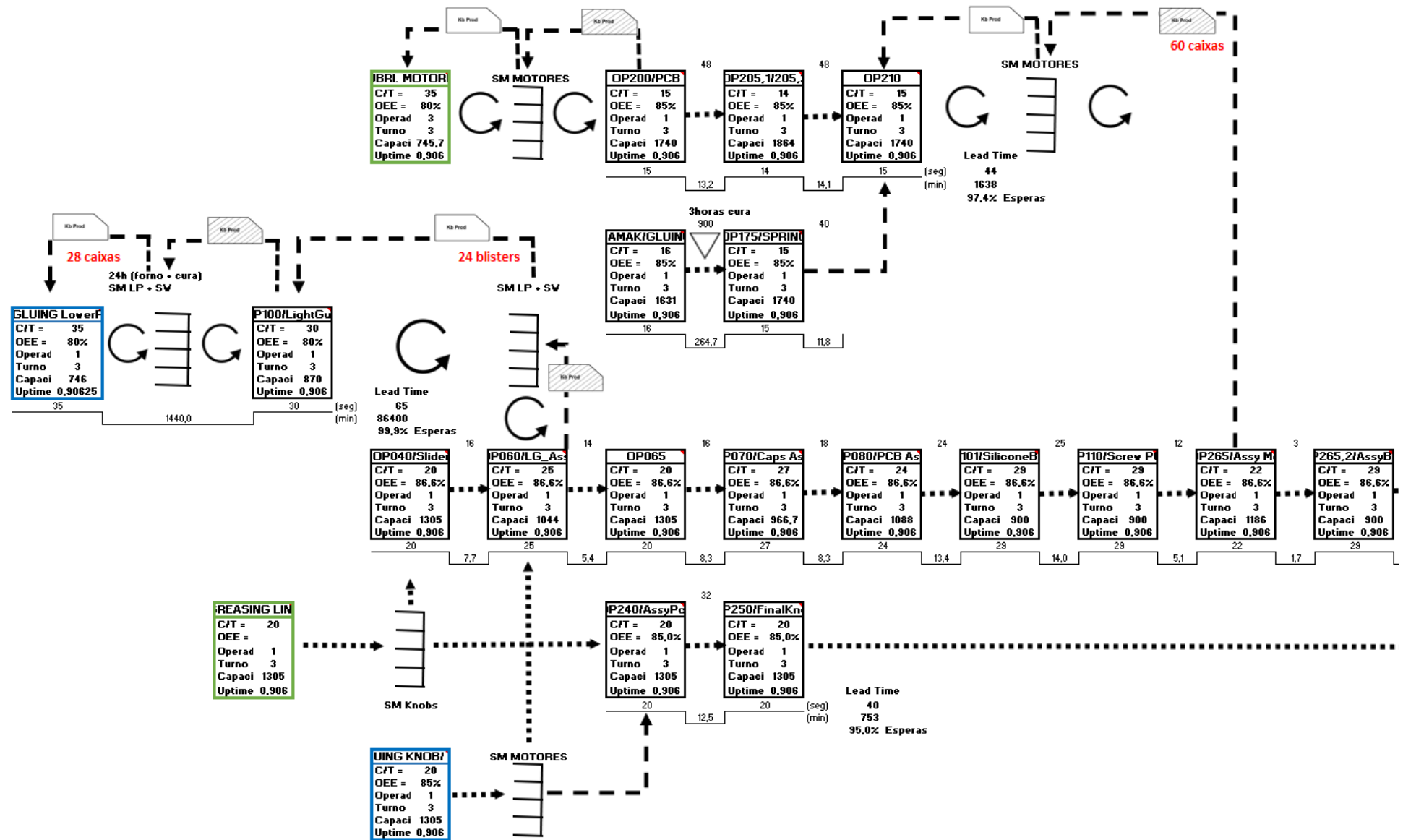
CUSTOMER

TAKT Time (s)	17,90	seg/peça
Demand	4375	Peças
Frequency	1	Dia

0,8659



ANEXO B: VSM da visão futura



Aplicação de VSM num programa de redução de stocks num fornecedor da indústria automóvel



TAKT Time (s)	17,90	seg/peça
Demand	4375	Peças
Frequency	1	Dia

tempo ciclo 31 seg/peça
 n° de linhas 2
 to atual c/ OEE = 15,5 seg/peça
 OEE minimo 86,6%

