

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Rui Luís Costa Rodrigues Oliveira Duarte

**Identificação de Desperdícios Numa
Empresa de Enchimento de Aerossóis**

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Dinis Carvalho

Dezembro de 2011

Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem a colaboração de algumas pessoas a quem gostaria de prestar um sincero agradecimento:

Ao meu orientador, o Professor Doutor Dinis Carvalho por toda a ajuda, apoio e disponibilidade que sempre demonstrou no decurso deste trabalho. Um sincero agradecimento por todos os ensinamentos que me transmitiu.

Aos meus colegas da Colep, em especial ao Dr. José Paulo Paiva e à Dra. Fernanda Tavares, que sempre apoiaram este projeto de melhoria, pelo apoio e disponibilidade, pelo ótimo ambiente e sobretudo pelo companheirismo e pelo espírito de equipa criado.

Um agradecimento especial à equipa de formulação e pré-pesagem, por toda a boa vontade que demonstram em querer melhorar a área, dia após dia.

A todos os meus colegas e amigos de mestrado com quem convivi durante estes últimos anos.

Não posso deixar de agradecer à minha família, pela sua disponibilidade para ajudar e pelo interesse demonstrado.

À Leonor, que apesar de ser muito pequenina é uma inspiração e me faz querer ser sempre melhor.

E por fim à Ana, também por ser a minha inspiração e me fazer querer ser sempre melhor, por estar sempre presente, por saber dizer-me as palavras certas nos momentos certos, e nunca deixar de me encorajar.

Resumo

É um facto conhecido que na maioria das empresas o tempo das atividades de valor acrescentado de um produto apenas representa uma pequena parte do total disponível: a maior parte do tempo é consumida em atividades sem valor acrescentado. Estão identificados sete tipos clássicos de atividades sem valor acrescentado (desperdícios): Produção excessiva, esperas, transportes, sobreprocessamento, inventários, defeitos e movimentações.

Para potenciar a identificação de todos estes desperdícios, existe uma ferramenta visual que permite analisar detalhadamente os fluxos de materiais e de informação no sistema, denominada *Value Stream Mapping (VSM)*. Esta ferramenta é bem aceite pela comunidade académica e pela comunidade industrial, mas são vários os autores que procuram estudá-la e aperfeiçoá-la, dando origem a novas vertentes. Embora sendo esta ferramenta bastante popular, vários aspetos relevantes da produção não são identificados por ela abrindo espaço para propostas de novas ferramentas para o mesmo propósito.

O objetivo desta dissertação é o de introduzir uma nova ferramenta, o *Waste Identification Diagram*, com uma grande vertente visual, para o apoio à gestão na identificação dos desperdícios, servindo de base para a identificação de oportunidades de melhoria. Uma vez identificadas essas oportunidades de melhoria, podem ser projetados estados futuros e as ações necessárias para que sejam atingidos.

Tanto o *VSM* como o proposto *WID* foram usados com o objetivo de identificar os desperdícios existentes na área de formulação de uma empresa de *contract manufacturing* de produtos em aerossol, antes de um projeto de remodelação dessa área. Os desperdícios foram identificados, descobriram-se as fontes desses desperdícios e foi apresentada uma proposta de funcionamento no futuro que inclui uma proposta de *layout* futuro para a área. Esta proposta de funcionamento permite melhorias no tempo de atravessamento, na percentagem de valor acrescentado, nos custos de operação e de manutenção, bem como a simplificação da gestão da área.

Foram também comparadas as ferramentas de identificação de desperdícios, onde se podem verificar algumas das vantagens do *Waste Identification Diagram* em relação ao *Value Stream Mapping*.

Abstract

It is a known fact that in most companies the value added time for a given product only represents a small part of the total time spent in that product: the majority of that time is consumed by activities which don't add any value to the product. Seven types of activities without value added (wastes) are identified: excessive production, waiting, transportation, over-processing, inventory, defects and movement.

To enhance the identification of all these wastes, there is a visual tool that allows the thorough analysis of the material and information flows, called *Value Stream Mapping (VSM)*. This tool is well accepted by both academic and industrial communities, but several authors are still studying and perfecting it, giving birth to some new strands. Even though this is a popular tool, several relevant aspects of the production are not identified by it, and there is some space for the proposal of new tools to the same purpose.

The objective of this thesis is to introduce a new tool, Waste Identification Diagram, with great visual character, to support management identifying waste and proposing improvements. Once these improvements are identified, future states and the actions to get to these states can be projected.

Both *VSM* and the proposed *WID* were used to identify the wastes in the blending area of a contract manufacturing company of aerosol products, before a layout improvement project in that area. The wastes were identified, their sources were found, and a proposal for future operation was presented, which includes a proposal for the area layout. This proposal is shown to allow improvements in the throughput time, value added time, operation and maintenance costs, as well as making the area management simpler.

The tools for waste identification were also compared, and the main advantages of *Waste identification Diagram* over *Value Stream Mapping* were shown.

Índice

Lista de Abreviaturas	ix
Índice de Ilustrações.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivo do Trabalho	2
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Organização da dissertação	4
2. Revisão da Literatura.....	5
2.1. <i>Value Stream Mapping</i>	5
2.1.1. Descrição do método VSM	5
2.1.2. Vantagens, características e limitações apontadas ao método	9
2.2. Waste Identification Diagram	13
2.2.1. Descrição do método.....	13
2.2.2. Vantagens e desvantagens apontadas ao método	16
3. Aplicação de VSM e WID no caso de estudo.....	18
3.1. Apresentação da empresa	18
3.2. Descrição do processo de formulação de produtos ativos	26
3.3. Análise da área através da metodologia VSM	29
3.3.1. Construção dos diagramas	29
3.3.2. VSM APD.....	33
3.3.3. VSM Deo	33
3.3.4. Identificação dos desperdícios nos diagramas <i>VSM</i>	34
3.4. Análise da área através da metodologia <i>WID</i>	38
3.4.1. Construção do diagrama	38
3.4.2. <i>WID</i> da área	51
3.4.3. Identificação dos desperdícios nos diagramas <i>WID</i>	53
4. Estado futuro.....	59
4.1. Desperdícios encontrados, classificação	59
4.2. Proposta para o estado futuro.....	69

4.2.1.	VSM Estado Futuro	69
4.2.2.	Análise do <i>VSM</i> futuro.....	73
4.2.3.	Proposta de <i>layout</i> futuro	74
4.2.4.	Análise do <i>layout</i> futuro	76
4.2.5.	<i>WID</i> Estado Futuro	78
4.2.6.	Análise do <i>WID</i> futuro	86
5.	Conclusão	89
5.1.	Comparação entre o estado atual e a projeção do estado futuro	89
5.2.	Comparação entre os métodos <i>VSM</i> e <i>WID</i>	91
5.3.	Desenvolvimentos futuros.....	96
5.4.	Considerações finais	97
6.	Referências Bibliográficas	98
7.	Anexos:.....	100
7.1.	<i>VSM</i> Espumas.....	100
7.2.	<i>VSM</i> Gel.....	101
7.3.	<i>VSM</i> Não Cosmética a Frio.....	102
7.4.	<i>VSM</i> Não Cosmética a Quente.....	103

Lista de Abreviaturas

APD – *Anti Perspirant Deodorant*

C/O – *Change Over*

C/T – *Cycle Time*

Deo – Desodorizante

IMPPA – Identificação de Materiais Pré-pesados e Produtos Ativos

NC – Não Cosmética

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

POFPA – Procedimento Operativo de Fabrico de Produtos Ativos

VSM – *Value Stream Map*

WID – *Waste Identification Diagram*

WIP – *Work in process*

Índice de Ilustrações

Figura 1 - Mapa do estado atual (Rother e Shook (1999))	6
Figura 2 – Mapa do estado futuro (Rother e Shook (1999))	8
Figura 3 – Bloco tridimensional representativo de um processo (Sá (2010))	13
Figura 4 – Caixa de dados de um processo (Sá (2010))	14
Figura 5 – Ícone de armazém (Sá (2010))	15
Figura 6 – Custo de transporte na entrada e saída da atividade A (Sá (2010)).....	15
Figura 7 – Ícones de tipo de transporte (Sá (2010))	15
Figura 8 – Total Value Card (Sá (2010))	16
Figura 9 - Instalações da Colep em Vale de Cambra, Portugal (www.Colep.com)	18
Figura 10 – A “plataforma principal” de formulação da Colep (Fonte: Colep)	20
Figura 11- <i>Layout</i> da área de pré-pesagem e formulação (fonte: Colep)	21
Figura 12 - Número de lotes realizados por família de produtos (Fonte: Colep)	29
Figura 13- Quantidades produzidas por família de produtos (Fonte: Colep)	30
Figura 14 - VSM para a família de antitranspirantes	33
Figura 15 - VSM para a família de deo's	33
Figura 16 - Comparação de tempos nas várias fases do processo	36
Figura 17 - WID da pré-pesagem	51
Figura 18 - WID da formulação	52
Figura 19 - Localização dos custos (por família)	59
Figura 20 - Relações entre os desperdícios encontrados	63
Figura 21 - VSM do estado futuro	72
Figura 22 - Proposta de <i>layout</i> futuro	75
Figura 23 - WID futuro (1ª parte)	84
Figura 24 - WID futuro (2ª parte)	85
Figura 25 - VSM para a família de espumas	100
Figura 26 - VSM para a família de gel	101
Figura 27 - VSM para a família de não cosmética a frio	102
Figura 28 - VSM para a família de não cosmética a quente	103

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Famílias de produtos.....	22
Tabela 2 - Tanques de produção existentes na área de formulação	24
Tabela 3 - Tanques de armazenamento existentes na área de formulação	24
Tabela 4 - Tanques móveis existentes na área de formulação	25
Tabela 5 - Linhas de enchimento de cosmética	25
Tabela 6 - Linhas de enchimento de não cosmética	26
Tabela 7 - <i>Takt time</i> por família de produtos.....	31
Tabela 8 – Tempos médios de operações e esperas para as várias famílias	31
Tabela 9 - Tempos de transporte para a zona de material a pré-pesar.....	32
Tabela 10 - Tempo de controlo de qualidade	32
Tabela 11 - Capacidade usada no processo.....	35
Tabela 12 - Peso do tempo de mudança na pré-pesagem.....	35
Tabela 13 - Peso do tempo de mudança na formulação.....	36
Tabela 14 - Desperdícios observáveis no diagrama VSM.....	37
Tabela 15 - <i>Stock</i> de materiais em vários pontos do processo (em unidades Colep)....	39
Tabela 16 - <i>Takt time</i> da pré-pesagem.....	40
Tabela 17 - Tempo de ciclo global para a área de pré-pesagem cosmética	40
Tabela 18 - Tempo de ciclo global para a área de pré-pesagem não cosmética	40
Tabela 19 - <i>Overcapacity</i> para as áreas de pré-pesagem.....	40
Tabela 20 - Stock total e Custo do <i>WIP</i> na pré-pesagem (em unidades Colep).....	41
Tabela 21 - Tempo de mudança global para a área de pré-pesagem cosmética.....	41
Tabela 22 - Tempo de mudança global para a área de pré-pesagem não cosmética....	41
Tabela 23 – Número de lotes produzidos, quantidade média e custo médio de lote por família	42
Tabela 24 - Espera na pré-pesagem por família de produtos	43
Tabela 25 - Tempo de espera global para a área de pré-pesagem cosmética.....	43
Tabela 26 - Tempo de espera global para a área de pré-pesagem não cosmética.....	43
Tabela 27 - Custo operador por hora e velocidade de transporte.....	44
Tabela 28 - Distâncias diárias percorridas em transporte de matérias-primas para a área de pesagem cosmética	44

Tabela 29 - Distâncias diárias percorridas em transporte de matérias-primas para a área de pesagem não cosmética	44
Tabela 30 - Tempo sem valor acrescentado na pré-pesagem	45
Tabela 31 – <i>Takt time</i> , tempo de ciclo e <i>overcapacity</i> de formulação	45
Tabela 32 - Tempo de mudança de formulação.....	46
Tabela 33 - Custo <i>WIP</i> diário de formulação	46
Tabela 34 - Espera de formulação	46
Tabela 35 - Tempo de transporte na área de formulação	47
Tabela 36 - Tempo sem valor acrescentado na formulação	47
Tabela 37 - Tempo de espera do produto acabado	48
Tabela 38 - Custo <i>WIP</i> diário do produto acabado	48
Tabela 39 - Tempo de transporte de produto acabado	49
Tabela 40 - Tempo sem valor acrescentado de produto acabado.....	49
Tabela 41 - Value Card por família de produtos.....	50
Tabela 42 - Total Value Card.....	50
Tabela 43 - Desperdícios observáveis no diagrama WID	58
Tabela 44 - Causas dos desperdícios, efeitos, prioridade e dificuldade de resolução ...	67
Tabela 45 - Melhorias necessárias para atingir o estado futuro.....	71
Tabela 46 - Tipos de produtos em cada linha de enchimento	76
Tabela 47 - Percentagem de lotes de cada família em cada célula de formulação	78
Tabela 48 - Matriz de distribuição de produções no estado futuro.....	79
Tabela 49 - Tempo de ciclo por célula de produto.....	79
Tabela 50 - Tempo de mudanças e de controlo de qualidade por célula de produto ...	80
Tabela 51 - Tempo de transporte por célula de produto.....	80
Tabela 52 – <i>VAT</i> , <i>NVAT</i> e tempo de atravessamento por célula de produto	80
Tabela 53 - <i>Takt time</i> ideal por célula de produto	81
Tabela 54 - Procura diária e sobrecapacidade por célula de produto	81
Tabela 55 - Tempo de espera por lote por célula de produto	81
Tabela 56 - Fracção de lote correspondente ao <i>work in process</i>	82
Tabela 57 - Valor médio lote, valor <i>WIP</i> e custo <i>WIP</i> por célula de produto	82
Tabela 58 - Distância, tempo e custo de transporte diário por célula de produto.....	83
Tabela 59 - <i>Total Value Card</i> futuro	83

Tabela 60 - Comparação entre o estado atual e a projeção do estado futuro 89

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A passagem dos mercados locais a globais exige cada vez mais competitividade das empresas, e essa competitividade traduz-se numa necessidade crescente de eficiência nos processos internos (Chitturi *et al.*, 2007). Um estudo da Comissão Europeia mostra que as empresas de produção necessitam redefinir e redesenhar os seus sistemas de produção para responderem aos desafios dos mercados atuais, de forma a conseguirem gerir as pressões da competição, as metas ambientais e os desafios sociais que lhes são impostas (European Commission, 2004).

Esta necessidade de competitividade faz com que muitas empresas decidam implementar a filosofia *lean*. Esta filosofia é uma abordagem de gestão baseada na minimização dos recursos usados, e tem por base cinco princípios (Stefanic *et al.*, 2010):

- Compreender as necessidades do cliente e providenciar um serviço completo e um cliente satisfeito;
- Definir um fluxo de material e de todas as atividades desde o pedido à entrega do produto final ao cliente;
- Permitir o fluxo desse produto, evitando perturbações;
- Ajustar a procura à necessidade;
- Procurar a perfeição em todos os aspetos do negócio e nas relações com fornecedores e clientes .

Considerando que uma cadeia de valor é o conjunto de todas as atividades, quer adicionem valor ao produto ou não, que são necessárias para originar esse produto (Rother & Shook, 1999), o principal objetivo da filosofia *lean* é identificar e eliminar cada atividade que não adicione valor (Serrano *et al.*, 2008).

Essas atividades que não acrescentam valor podem ser designadas por desperdícios, e podem ser de sete tipos diferentes, de acordo com o descrito por

Ohno: Transporte, inventário, movimentação, espera, defeitos, sobreprocessamento e produção excessiva (Ohno, 1988).

O conhecimento da localização destes desperdícios é vital para a sua identificação e eliminação. Como tal, é importante ver o estado atual dos processos, mapeá-los e identificar os desperdícios. Após essa identificação, pode-se visionar um estado futuro com uma performance muito superior (Womack & Jones, 2003).

Desta forma, a necessidade de modelos e técnicas que suportem o processo de identificação de desperdícios na cadeia de valor é reconhecida quer pela indústria quer pela literatura académica sobre o assunto (Serrano *et al.*, 2008).

1.2. Objetivo do Trabalho

O ponto de partida para este projeto de investigação foi o projeto de remodelação da área de formulação de uma fábrica de aerossóis. A necessidade de identificação das fontes de desperdício existentes na área e a consequente definição de um estado futuro em que essas fontes são minimizadas tem uma importância fulcral para a empresa, ao permitir a redução dos custos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é identificar, quantificar e priorizar os principais desperdícios existentes, e apresentar propostas de eliminação dos mais prioritários. A forma como uma unidade produtiva, seus processos e fluxos, é representada, pode desempenhar um papel importante na identificação e na perceção dos desperdícios e pontos de melhoria. Assim, é também objetivo deste trabalho a introdução do WID (*Waste Identification Diagram*) como uma nova ferramenta visual a concorrer com o muito popular VSM (*Value Stream Mapping*).

É esperado com este projeto a definição de uma proposta de *layout* com segregação de áreas de cosmética e não cosmética e a melhoria de alguns indicadores de desempenho da área:

- Tempo de atravessamento dos produtos;
- Redução dos custos de operação;
- Redução do esforço de transporte;

- Aumento da percentagem do tempo gasto em atividades de valor acrescentado;

Uma vez que apenas se prevê a implementação de ações relacionadas com a mudança de *layout* em 2012, fica fora dos objetivos deste projeto a implementação de eventuais ações definidas para a passagem do estado atual ao estado futuro.

1.3. Metodologia

Neste trabalho irá ser utilizada a metodologia de investigação-ação, uma vez que há ênfase na ação de mudança, e há um envolvimento do investigador na investigação (Saunders *et al.*, 2007).

O trabalho irá decorrer em cinco fases:

Na primeira, irá efetuar-se a caracterização da situação atual, usando técnicas de identificação de desperdícios. A escolha das técnicas a utilizar recaiu no mapeamento da cadeia de valor (*Value Stream Map*), uma vez que trabalhos semelhantes tinham sido executados na empresa utilizando esta metodologia, e desta forma permite a comparação entre os mapas já desenhados para outras áreas da empresa, o que se apresenta como uma vantagem. Após consulta do orientador do projeto, decidiu adotar-se também a técnica *Waste Identification Diagram*, que está em desenvolvimento na Universidade do Minho, uma vez que colmata algumas das falhas apontadas ao mapeamento da cadeia de valor.

Na segunda fase irão estabelecer-se os indicadores de desempenho a usar, e avaliar-se-á o desempenho da área de acordo com esses indicadores.

Na terceira fase, identificar-se-ão soluções de melhoria, que serão implementadas na quarta fase.

Por último, na quinta fase, avaliar-se-á o desempenho final da área e planejar-se-ão as ações futuras. Como referido no ponto 1.2, esta fase decorrerá apenas após a mudança de *layout*, e conseqüentemente fica fora do âmbito da presente tese.

A pesquisa bibliográfica incidiu principalmente em fontes secundárias, como livros e revistas científicas. No entanto, foram incluídas e analisadas fontes primárias relevantes, como *proceedings* de conferências. As fontes terciárias utilizadas para a

pesquisa foram os portais B-on, IEEE Xplore, ISI Web of Knowledge e CRCnetBase, o Repositório da Universidade do Minho, e os motores de busca Google Scholar e Google Books. Como palavras-chave foram consideradas as expressões "Value Stream Map*" e "Waste Identification", e a pesquisa foi limitada a artigos de engenharia e tecnologia (Saunders *et al.*, 2007).

Na empresa, foram abordados os principais problemas da área com os operadores desta e também com os responsáveis pelas outras áreas da empresa.

1.4. Organização da dissertação

O corrente trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro, é feita uma breve introdução ao tema. No segundo, é feita a revisão da bibliografia encontrada, dividida entre o mapeamento da cadeia de valor, o *Waste Identification Diagram*, e a análise crítica. No terceiro capítulo, é apresentada a empresa, os produtos e o processo produtivo. Ainda neste capítulo, são desenhados os diagramas de identificação de desperdícios, é feita a sua análise e são identificados os desperdícios da área. No quarto capítulo são apresentadas propostas de melhoria face aos desperdícios encontrados, e por último, no quinto capítulo são retiradas as conclusões.

2. Revisão da Literatura

2.1. Value Stream Mapping

Originado de uma ferramenta da Toyota chamada “*Material and Information Flow Mapping*”, o *Value Stream Mapping* (Mapeamento da Cadeia de Valor) tem o objetivo de descrever os fluxos na cadeia de valor, identificar algumas fontes de desperdício e projetar uma cadeia de valor futura com menos desperdício (Cudney, 2009).

2.1.1. Descrição do método VSM

Rother e Shook (1999) sugerem que se inicie o mapeamento da cadeia de valor definindo a família ou famílias de produtos que se vão mapear. A menos que os processos de fabrico de todos os produtos existentes na fábrica sejam simples e semelhantes, o mapeamento de todos esses processos ao mesmo tempo tornaria o mapa bastante complicado. Tipicamente, uma família de produtos inclui um número de produtos que usam o mesmo equipamento e com processos de fabrico semelhantes.

Definida a família de produtos a mapear, começa-se por desenhar o mapa do estado atual (ver exemplo na Figura 1).

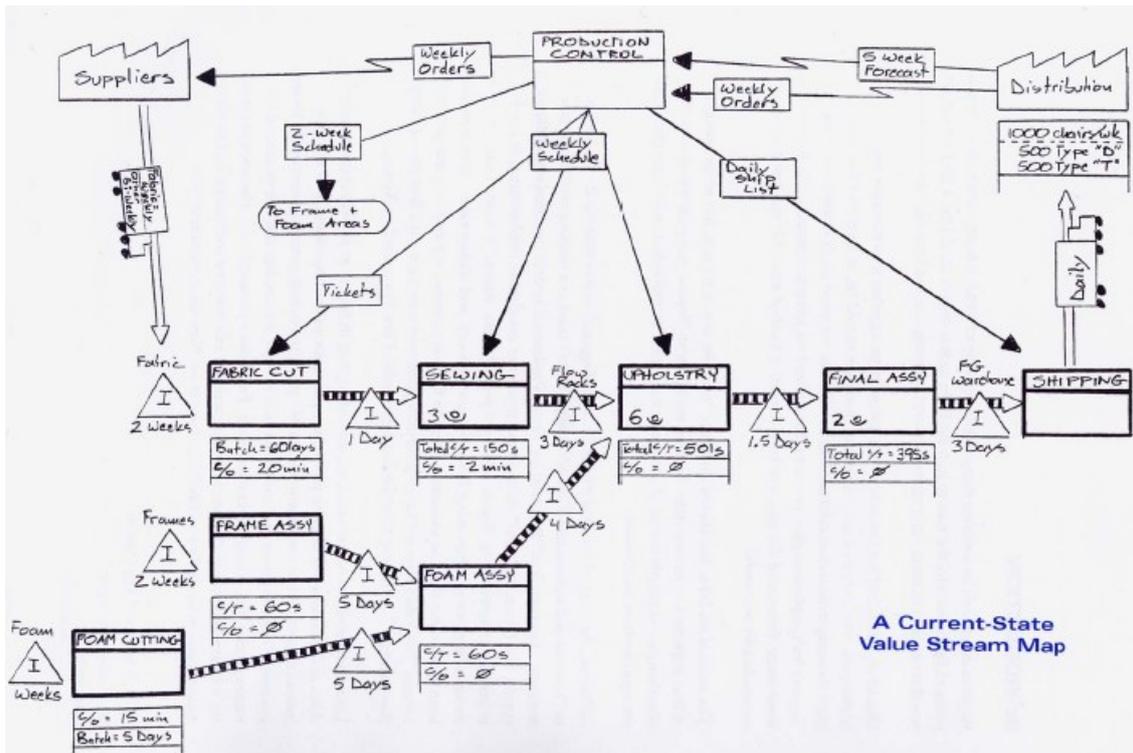


Figura 1 - Mapa do estado atual (Rother e Shook (1999))

O primeiro passo é representar o cliente no canto superior direito, e colocar os dados da sua procura numa caixa de dados. Seguidamente devem-se desenhar os passos básicos do processo de fabrico, dispendo-os sequencialmente da esquerda para a direita, de modo a que o último passo esteja mais próximo do cliente. Sob cada ícone do processo, deverá desenhar-se uma caixa de dados, e colocar dados de produção como:

- Tempo de ciclo;
- Tempo de mudança (*change-over*);
- Número de operadores;
- Tempo de trabalho disponível; entre outros.

Caso entre os processos se acumule inventário, este é assinalado e contabilizado. Seguidamente colocam-se os dados da frequência de entrega ao cliente, e representam-se os fornecedores e com os dados da frequência de entrega das matérias-primas.

O passo seguinte é a colocação do fluxo de informação entre o cliente, o controlo do processo e os fornecedores, e os respetivos dados. Depois assinalam-se os

fluxos de material com setas de *push* ou *pull*, conforme o tipo de movimento do material entre os processos. Por último, desenha-se uma linha de tempo sob o processo de fabrico, e anotam-se os tempos de entrega de cada processo. O tempo de entrega total pode ser estimado pela soma de todos os tempos de processo e dos tempos de inventário existentes.

Seguidamente adicionam-se os tempos de valor acrescentado ou, na ausência destes, os tempos de processamento. A relação entre o tempo de entrega total e o tempo de processamento ou de valor acrescentado dá-nos uma ideia do desperdício no sistema. Fica assim concluído o mapa do estado atual do sistema.

Para desenhar o mapa do estado futuro, Rother e Shook (1999) sugerem que se responda a oito questões fundamentais:

- *Qual o takt time do processo?* O ritmo da produção deverá ser imposto pela procura do cliente. Sabendo o *takt time*, podemos definir o ritmo da produção.
- *Vai ser criado um supermercado de produtos finais de onde o cliente “puxa”, ou produz-se diretamente para envio?* A resposta a esta pergunta depende de vários fatores característicos do produto e do processo produtivo.
- *Onde usar processamento de fluxo contínuo?* O fluxo contínuo deve ser utilizado sempre que possível – preferencialmente com lotes de transferência de um único produto.
- *Onde usar sistema “pull” em supermercados?* Sistemas *pull* devem ser usados entre diferentes centros de trabalho quando o fluxo contínuo não for possível.
- *Em que único ponto da produção se vai programar?* Apenas um processo, denominado o *pacemaker*, vai ditar o andamento de toda a cadeia de valor.
- *Como nivelar o mix de produção no ponto mais lento?* O ponto de programação da produção no *pacemaker* vai gerir a maximização do *mix* e o nivelamento do volume de produção.
- *Que incremento de trabalho se vai libertar consistentemente e remover no passo mais lento?* Quanto menor for a quantidade de trabalho libertada

constantemente, maior facilidade existirá em responder a mudanças de prioridades.

- Que processos de melhoria vão ser necessários para atingir o fluxo de valor da forma que o estado futuro especifica? A eficiência geral do processo deve ser constantemente melhorada. Projetos de melhoria do método de trabalho e tempo de ciclo, reduções do tempo de mudanças e gestão da manutenção devem ser lançados pela equipa de VSM.

Após a resposta a estas perguntas, está-se apto a desenhar o estado futuro. Neste desenho, é importante perceber como se deve fluir a informação de modo a que um processo só faça o que o processo subsequente necessita no momento em que o necessita, como se pode verificar na Figura 2.

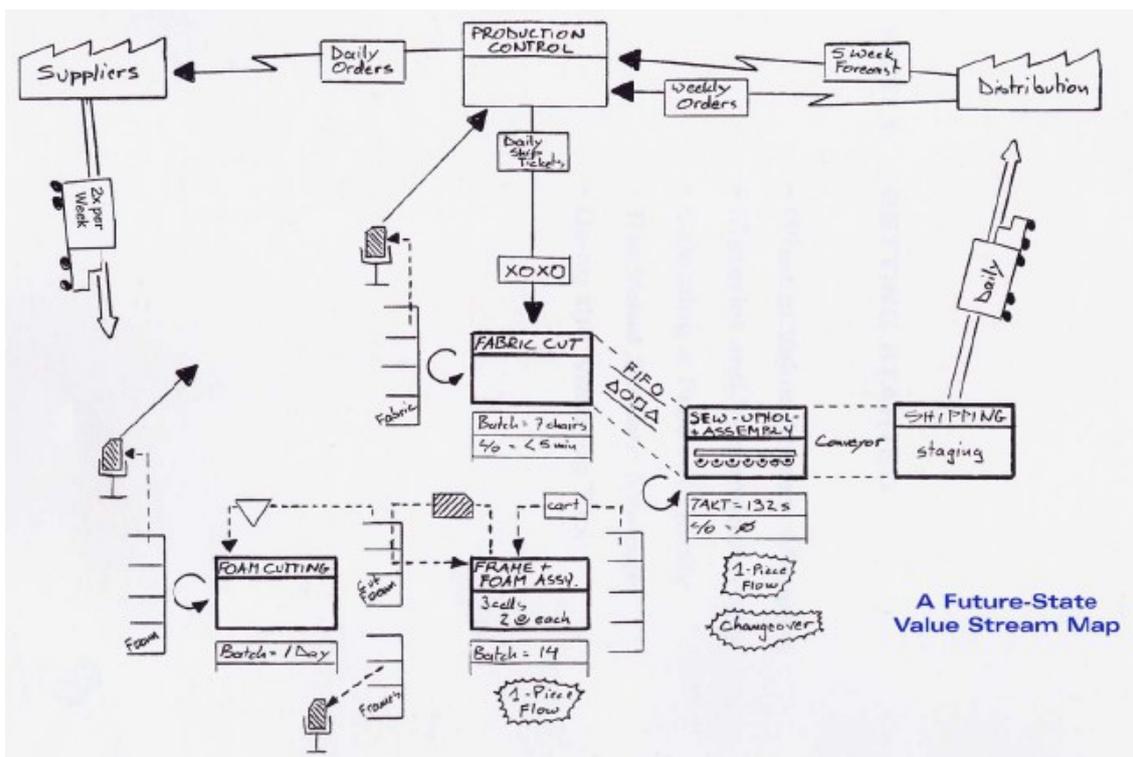


Figura 2 – Mapa do estado futuro (Rother e Shook (1999))

Depois de se ter desenhado o estado futuro, está-se apto a definir as ações de mudança. Para tal, Rother e Shook (1999) sugerem a divisão das ações em segmentos da cadeia, e a criação de um plano em cada segmento independentemente, começando pelo estrangulamento (Goldratt *et al.*, 2004). Após a criação do plano, este

deve ser implementado, e depois da sua conclusão dever-se-á rever o estado da cadeia de valor, e procurar melhorá-la.

2.1.2. Vantagens, características e limitações apontadas ao método

As principais vantagens deste método, referidas por Rother e Shook (1999), são:

- Permitir a visualização do fluxo, e conseqüentemente facilitar a tomada de decisões sobre este;
- Permitir visualizar as fontes dos desperdícios, além dos próprios desperdícios;
- Possibilitar a criação de uma linguagem comum para a discussão dos processos;
- Ligar vários conceitos *lean*;
- Ajudar na remodelação de processos produtivos;
- Permitir visualizar a ligação entre o fluxo de informação e o de materiais, que mais nenhuma ferramenta possibilita.
- Explicar como o processo deverá funcionar para criar fluxo, o que a torna mais útil que qualquer outra ferramenta quantitativa.

Vários autores (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Álvarez *et al.*, 2009; Braglia *et al.*, 2006; Chitturi *et al.*, 2007; Cudney, 2009; Guo-qiang *et al.*, 2010; Serrano *et al.*, 2008; Womack & Jones, 2003) implementaram este método no seu trabalho, e confirmam as suas vantagens, acrescentando ainda a eficácia da técnica, a facilidade na comunicação de melhorias, na definição de hipotéticas oportunidades de melhoria, e na priorização das atividades para atingir o estado futuro.

Womack e Jones (2003) estenderam a aplicação de *VSM* a toda a cadeia de valor, desde as matérias-primas até ao cliente final. Deste modo, conseguem demonstrar o efeito de amplificação da quantidade produzida à medida que se progride para montante na cadeia de valor, e propõem a inclusão de um diagrama de qualidade *versus* entregas ao longo da cadeia de valor.

Yiping e Jianxin (2008) usaram o mapeamento da cadeia de valor para identificar os desperdícios num projeto de construção. Para melhorar o processo de definição do mapa do estado futuro, aplicaram a técnica *Design Structure Matrix (DSM)*, de modo a otimizar a sequência de atividades e melhorar o fluxo de informação.

Guo-qiang *et al.* (2010) aplicaram *Value Stream Mapping* a um processo de fabrico de maquinaria em metal, conseguindo efetuar melhorias consideráveis ao processo estudado. Mostram que a falta de registos ou registos incompletos, movimentação excessiva ou desordenada do *work in process*, introdução de encomendas urgentes na sequência de operações e uma elevada taxa de produtos não conformes são alguns dos problemas que dificultam o mapeamento do estado atual.

O trabalho de Lovelle (2001) é um auxiliar eficaz na interpretação do mapa. O seu artigo mostra, também de forma passo-a-passo, onde se pode visualizar cada um dos tipos de desperdício. Com este método, é simples visualizar a produção excessiva e o inventário. O transporte aparece nas setas entre os processos, mas não é quantificado nem avaliado em termos de impacto; e os defeitos podem estar explícitos como um passo de reprocessamento ou como uma percentagem de defeitos numa caixa de dados. As esperas, o sobreprocessamento e as movimentações são difíceis de observar, permanecendo praticamente “escondidos” no mapa.

Serrano *et al.* (2008) concluem que as empresas que têm maior implementação de metodologias *lean* têm melhores resultados na aplicação do *VSM*. Para estes autores, o mapa do estado atual é um meio de dar ênfase às situações problemáticas iniciais, e o seu uso permite fornecer orientações e conceitos inovadores para melhorar a performance operacional de um sistema. Desta forma, há a possibilidade de o *VSM* ser o ponto de partida para uma melhoria do plano de estratégia.

Huang e Liu (2005) aplicaram *VSM* a alguns processos de fabrico. Nos processos analisados, algumas operações eram efetuadas em lotes, o que não é identificável facilmente num *VSM*. Neste caso, o desperdício associado ao inventário, espera e custo do *work in process* associados à utilização destes lotes não seria avaliado. Além disso, notam que as distâncias entre os processos não eram avaliadas. Desta forma, decidiram incluir operadores lógicos nas relações entre os processos e marcar as distâncias entre estes.

No entanto, Braglia *et al.* (2006) apresentam dois problemas principais no uso do *value stream mapping*: sendo uma ferramenta de papel e caneta, o seu nível de exatidão é limitado, e o número de versões que podem ser manipulados ao mesmo tempo é pequeno. Além disso, em empresas de alta variabilidade e baixo volume de produtos, as cadeias de valor são compostas por centenas de peças e produtos. Desta forma, o aumento da complexidade não pode ser gerido pelo método *standard*. A ideia subjacente ao seu trabalho é a execução de uma análise preliminar para identificar qual o curso de fabrico mais longo. As principais vantagens deste método são o modo estruturado de verificar os elementos-chave num processo de produção complexo, a execução de uma análise otimizada da cadeia de valor, a possibilidade de considerar com sucesso múltiplos produtos com roteiros diversos e a possibilidade de considerar listas de materiais com vários níveis como um fluxo principal ao qual se vão adicionando novos ramos. Os autores referem ainda que os estudos futuros devem incluir análises económicas e avaliação da variabilidade.

Mehta e Rampura (2006) indicam que o *VSM* não é tão bom para mapear o fluxo de informação como é para o fluxo de materiais, porque enquanto estes seguem um fluxo mais ou menos linear, o fluxo de informação pode voltar atrás, saltar várias operações, e por vezes misturar-se com o fluxo de materiais. Estes autores sugerem a aplicação do *VSM* aos processos de suporte à produção, denominando-o "*Process Value Mapping*".

Outro problema, referido por Abdulmalek e Rajgopal (2007), é o facto de não ser possível ter provas que as alterações vão funcionar, após a implementação do mapa do estado futuro. Um exemplo usado foi a previsão dos *stocks*. Estes autores conjugaram então o mapeamento da cadeia de valor com simulação de processos, tendo conseguido mostrar o funcionamento dessas alterações, e mostrando a redução dos *stocks*, com a implementação das medidas identificadas no mapeamento do estado futuro.

Hale e Kubiak (2007) mostram que o *VSM* tradicional mostra o tempo de ciclo atual mas não o tempo de ciclo potencial, característico de cada operação. Desta forma, o *VSM* esconde o real potencial do sistema em estudo. Ao efetuar o mapa do estado futuro, os autores propõem quantificar o impacto económico da recuperação

do potencial perdido, e tornar este fator como o principal ponto de comparação de prioridades entre as várias melhorias que se podem executar no sistema.

Kemper *et al.* (2009) analisaram vários tipos de diagramas que têm o objetivo de mapear fluxos produtivos. Em comparação com outros tipos de diagrama, o mapeamento da cadeia de valor não considera o servidor (o agente que executa a ação sobre o produto) ou eventuais regras de ação (o conjunto de regras que indicam ao servidor o que fazer), ou seja, não indica quem faz o quê, e em que sequência, o que diminui a possibilidade de afetação ótima dos recursos. Ao mesmo tempo, não permite distinguir um fluxo de apenas um trabalho (*single job flow*) de um fluxo agregado, e nos pontos em que existem rotas condicionais não indica a percentagem do fluxo que segue para cada rota. Os autores apontam também que o método se baseia principalmente em filas *FIFO*, esquecendo outras regras de prioridades, e que o método é limitado em termos de métricas de fluxo, pois não estão bem definidas ou padronizadas. Estes autores sugerem a adoção de uma metodologia diferente, que inclua o servidor e as regras de ação.

Lu e Li (2009) aplicaram o método *VSM* com o objetivo de identificar custos e problemas relacionados com a poluição. Indicam que este método não contabiliza o gasto energético, o gasto desnecessário de recursos e a poluição como um desperdício. Para suplantar este problema, associaram o método *VSM* com a técnica "*Material flow analysis*", *MFA*.

Sá (2010) afirma que o mapeamento da cadeia de valor tem um carácter estático, pois não evidencia os atrasos nos transportes devidos ao *layout* da fábrica. Além disso, não tem um indicador económico associado que permita avaliar o impacto económico dos desperdícios existentes, nem contempla a capacidade produtiva instalada, mas apenas a taxa de ocupação. Afirma que a linguagem gráfica do *VSM* é complicada, e dificulta a passagem da informação a pessoas não familiarizadas com o mapeamento. No mapeamento do estado futuro, o método não é satisfatório por não permitir colocar todas as alternativas possíveis ao agente decisor, e permitir analisar qual a solução mais adequada. Para colmatar estes problemas, o autor sugere uma nova metodologia, denominada *Waste Identification Diagram*.

2.2. Waste Identification Diagram

2.2.1. Descrição do método

O *Waste Identification Diagram* é um tipo de mapeamento da cadeia de valor em desenvolvimento no Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, com o principal objetivo de visualmente identificar a dimensão dos desperdícios numa unidade produtiva considerando todas as famílias de produtos aí produzidos.

As bases fundamentais deste método são a lei de Little (Little, 1961) e o controlo visual, e a metodologia utilizada para a construção deste tipo de diagramas é semelhante à do *VSM*: Definição das famílias de produtos, mapeamento do estado atual, desenho do estado futuro e definição das ações a implementar. No entanto, neste diagrama os processos são representados por blocos tridimensionais (ver Figura 3):

- No eixo dos *xx*, o tamanho do bloco é proporcional ao tempo de mudança entre produtos;
- No eixo dos *yy*, o tamanho do bloco é proporcional ao custo do *work in process*;
- No eixo dos *zz*, o tamanho do bloco é proporcional ao *takt time* (representado usualmente pela cor laranja). Neste eixo é também representado o tempo de ciclo (usualmente a verde) na mesma unidade.

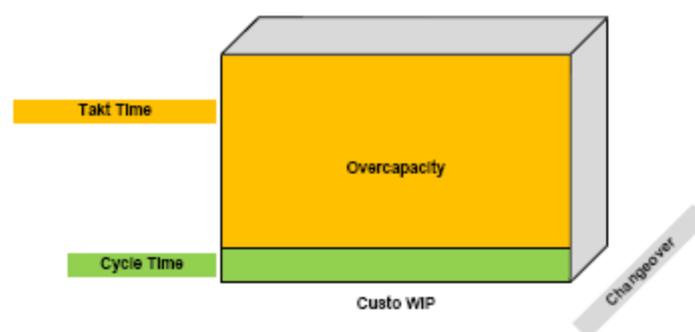


Figura 3 – Bloco tridimensional representativo de um processo (Sá (2010))

Ao representar no mesmo eixo a relação entre o tempo de ciclo e o *takt time*, permite-se avaliar a sobrecapacidade existente no processo. No caso de a sobrecapacidade ser positiva e elevada, existe um subaproveitamento da atividade, visto existir maior capacidade de produção. Isto é um desperdício, porque se a atividade estiver a produzir em contínuo originará um *work in process* elevado, e se a atividade não estiver a produzir em contínuo, terá paragens que têm custos para a organização, como a amortização do equipamento, amortização do espaço, e possivelmente mão-de-obra parada, sem a obtenção de qualquer retorno pela empresa.

Por outro lado, no caso de a sobrecapacidade ter um valor negativo e o tempo de ciclo ser superior ao *takt time*, a atividade será um ponto de estrangulamento do sistema. Assim, idealmente existirá um pequeno excesso de capacidade, que servirá para atenuar o efeito de pequenas paragens não planeadas (avarias de máquinas, por exemplo).

A existência de *stocks* é comum em todas as empresas ao longo do seu fluxo produtivo (Sá, 2010). No entanto, estes *stocks* originam uma perda anual resultante do custo de financiamento desses *stocks*, dos custos de oportunidade, dos seguros e impostos sobre esse *stock*, dos custos de movimentação dos materiais, da desatualização dos produtos e do controlo de inventário (Hurlbut, 2009), e estão estimados na ordem dos 25% do valor desse *stock* (Miller, 2000).

Tal como no *Value Stream Map*, cada processo tem uma caixa de dados associada (Figura 4). Esta inclui *takt time*, o tempo de espera, o tempo de inspeção e o tempo sem valor acrescentado.

TAKT TIME =
WAITING TIME =
INSPECTION TIME =
NON-VALUE ADDED TIME =

Figura 4 – Caixa de dados de um processo (Sá (2010))

Os armazéns são representados pelo ícone da Figura 5, e incluem uma caixa de dados semelhante à dos processos.

WAREHOUSE FINAL PRODUCT

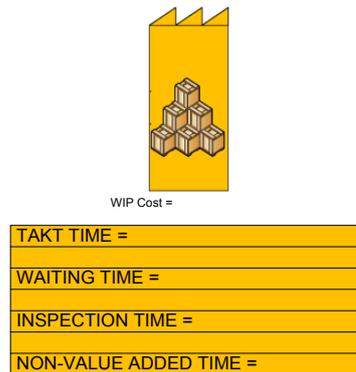


Figura 5 – Ícone de armazém (Sá (2010))

O transporte dos artigos entre os processos é representado por setas (Figura 6), cuja largura é proporcional ao custo do transporte (em UM/dia). Uma vez que este custo é por sua vez proporcional à distância percorrida e à mão de obra, são identificadas as perdas associadas ao transporte. Além disso, são associados ícones indicativos de transporte manual ou por empilhador (Figura 7).



Figura 6 – Custo de transporte na entrada e saída da atividade A (Sá (2010))



Figura 7 – Ícones de tipo de transporte (Sá (2010))

O *Total Value Card* (Figura 8) é um cartão que contém o resumo da informação contida no *WID*, contendo o somatório de todas as operações em termos de valor acrescentado, tempo desperdiçado (valor não acrescentado), espaço percorrido e

custo dos transportes, tempos de mudanças, custo total do *work in process* e tempo total de espera, e permite um diagnóstico rápido do processo (Sá, 2010).

TOTAL VALUE CARD	
TAKT TIME =	
VALUE ADDED TIME (VA) =	
NON-VALUE ADDED TIME (NVA) =	
TOTAL CHANGEOVER =	
DISTANCE TRAVELED =	
TRANSPORT COST =	
WIP COST =	
TOTAL WAITING TIME =	
THROUGHPUT TIME =	

Figura 8 – Total Value Card (Sá (2010))

2.2.2. Vantagens e desvantagens apontadas ao método

Sá (2010) aponta como principal vantagem do método a forma visual como os desperdícios são exibidos, sendo mais fácil de interpretar um WID que um VSM, por comparação. Desta forma, permite um uso mais fácil em comunicação com os intervenientes no processo. Tal como no *VSM*, a produção excessiva e o inventário são de visualização fácil. O transporte aparece com uma visualização mais simples, e é quantificado o seu impacto como desperdício, até na forma económica. Tal como no *VSM*, os defeitos podem estar explícitos como um passo de reprocessamento ou como uma percentagem de defeitos numa caixa de dados. A espera é uma das informações *standard* na caixa de dados, que também passa a incluir o tempo de inspeção e o tempo de valor não acrescentado. A comparação entre o *takt time* e o tempo de ciclo permite avaliar de forma visual e fácil a sobrecapacidade do sistema, o que permite que o *WID* seja uma boa ferramenta para uso no redimensionamento de sistemas produtivos.

Além disso, mostra ser mais fácil a comparação entre estado atual e estado futuro quando efetuada usando o WID.

Sá *et al.* (2011) analisaram várias metodologias de representações gráficas de sistemas de produção, apontam as suas vantagens e limitações. Seguidamente

apresentam o método WID e aplicam-no a um caso real. Os autores apontam a vantagem de este diagrama ser capaz de expressar visualmente a informação necessária para que se identifiquem as principais formas de desperdício: inventário, sobreprodução e transporte, uma vez que as áreas e volumes dos blocos são proporcionais ao desperdício de produção. Indicadores como o tempo de atravessamento, esforço de transporte, capacidade não usada, tempos de mudança e *work in process* estão resumidos no *Total Value Card*, permitindo um diagnóstico rápido da área.

3. Aplicação de VSM e WID no caso de estudo

3.1. Apresentação da empresa

A Colep é atualmente a maior empresa europeia de *contract manufacturing* de produtos líquidos e em aerossol, nas áreas de cuidado pessoal, cosmética, parafarmácia e cuidado do lar, com importantes atividades também a nível europeu nos mercados de embalagens metálicas e plásticas.

A empresa possui atualmente cerca de 3700 colaboradores em Portugal (Figura 9), Espanha, Reino Unido, Polónia, Alemanha e Brasil, com um *turnover* de 475 milhões de euros, e pertence ao grupo RAR.

A visão da empresa é ser líder na criação de valor, proporcionando aos seus clientes soluções de produtos, produção e embalagem, através da inovação, tecnologia e práticas sustentáveis.



Figura 9 - Instalações da Colep em Vale de Cambra, Portugal (www.Colep.com)

A Colep é também um dos produtores europeus mais importantes de latas para aerossóis, e líder ibérico de recipientes industriais em folha-de-flandres, onde conta com mais de 30 anos de experiência. Neste ramo do negócio, conta com 3 unidades industriais e um processo de produção com integração vertical (incluindo a impressão da folha), e coopera com marcas líderes de mercado no desenvolvimento de produtos, proporcionando inovação, qualidade, tecnologia e serviço ao cliente de acordo com os requisitos mais exigentes. No ramo de embalagens plásticas, produz garrafas e tampas

numa grande variedade de tamanhos para as áreas de cosmética, cuidado do lar, farmacêutica e de lubrificantes.

Na área de parafarmácia, a empresa possui uma das unidades mais bem preparadas da indústria para o enchimento de aerossóis de cuidados de saúde, como *sprays* de tratamento de ferimentos, antissépticos ou fungicidas, entre outros.

Na área de *Contract Manufacturing*, a Colep opera em parceria com as empresas de marcas multinacionais para oferecer produtos de cuidado pessoal e beleza, de cuidado do lar e produtos técnicos e industriais, sob a forma de aerossol, líquido ou tubo. Possuindo 7 unidades industriais neste ramo, oferece soluções transatlânticas às multinacionais que procuram proximidade aos seus mercados, e a sua experiência em enchimento faz com que seja um parceiro ideal para os seus clientes.

Como extensão da área de *Contract Manufacturing*, a empresa oferece ainda um serviço de embalagem, re-embalamento e montagem de produtos em *pack's* aos seus clientes, gerindo toda a cadeia de fornecimento desde a procura de componentes até à sua conversão em produtos finais sob a forma de *outsourcing*.

A unidade industrial de *Contract Manufacturing* de Vale de Cambra, Portugal sofreu uma remodelação da área de produção entre 2010 e 2011. É esperado que este processo de remodelação e modernização seja continuado para a área de formulação e pré-pesagem.

A área de pesagem e formulação é a área onde se preparam os produtos ativos que irão ser colocados dentro das latas nas linhas de enchimento. Esta área está subdividida: na área de pesagem são pesadas as matérias-primas, e nas áreas de formulação são preparados os produtos ativos.

Existem três áreas de formulação de produtos ativos: Uma área para fabrico de gel de barbear, outra para o fabrico de antitranspirantes e uma terceira para o fabrico de todos os outros produtos, normalmente denominada “plataforma principal” (Figura 10).



Figura 10 – A “plataforma principal” de formulação da Colep (Fonte: Colep)

Na Figura 11 está representado o *layout* da área de pré-pesagem e formulação. Na plataforma principal, os tanques a amarelo representam a não cosmética e os tanques a branco a cosmética. Da mesma forma, a zona de pesagem de cosmética está a branco e a de não cosmética a amarelo. A zona de material pré-pesado e de material para pré-pesar encontram-se à direita da pré-pesagem, não se encontrando representadas na figura, e as zonas de enchimento e o armazém de materiais encontram-se apenas parcialmente representadas pelas elipses de cor violeta.

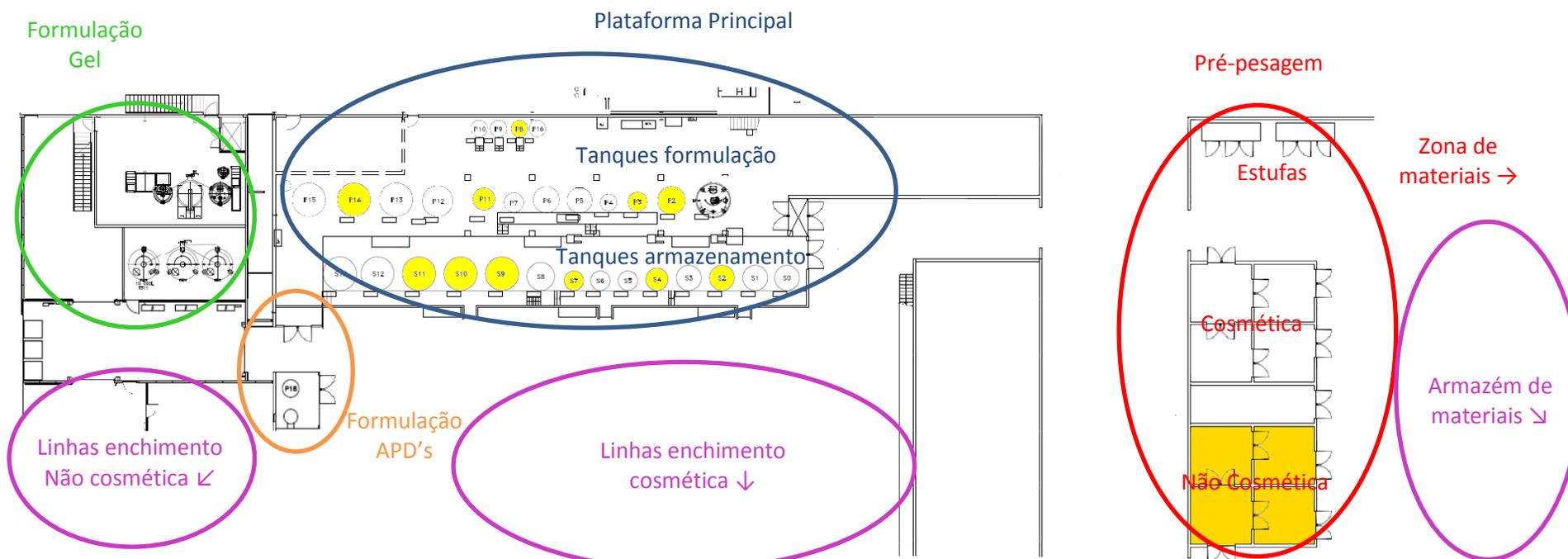


Figura 11- *Layout* da área de pré-pesagem e formulação (fonte: Colep)

Os produtos formulados podem ser agrupados de acordo com o seu processo produtivo, obtendo-se assim seis famílias que se encontram descritas na Tabela 1:

Tabela 1 - Famílias de produtos

Família	Características da família
APD's	<p>Engloba antitranspirantes de uma ou duas fases. Os antitranspirantes de uma fase são formulados diretamente nos tanques móveis, enquanto os antitranspirantes de duas fases são fabricados no tanque P18, com o auxílio do tanque de pré-mistura F18, e depois de terminados são transferidos para tanques móveis, que são transportados para a linha de enchimento.</p> <p>A principal diferença entre um antitranspirante e um desodorizante comum é que o antitranspirante impede o suor de escorrer pela pele.</p>
Deo's	<p>Os desodorizantes (deo's) são soluções alcoólicas que contém, geralmente, um agente microbiológico e perfume. Ao contrário dos antitranspirantes não impedem o suor de aparecer, mas eliminam as bactérias que causam o mau odor. São os produtos com o processo mais simples, embora exijam uma análise a meio do processo de formulação para garantir as quantidades corretas dos agentes microbiológicos. Podem ser produzidos nos tanques P4, P7, P9, P10, P13 e P15. O seu enchimento pode ser feito diretamente dos tanques de produção, ou podem ser transferidos para os tanques de <i>stock</i> S5, S6, S12 ou S13.</p>
Espumas	<p>Engloba espumas de barbear de uma fase e mousses de cabelo. Estes produtos podem ser produzidos nos tanques P5, P6 e P12 (apenas mousses), e são posteriormente transferidos para os tanques S0, S1, S3 ou S8, de onde são bombeados para a linha de enchimento.</p>
Gel	<p>Engloba produtos como gel de barbear, espumas de barbear de duas fases e creme de barbear. A sua produção é feita sob vácuo pelo que só podem ser produzidas no tanque P20. Nas espumas de barbear de duas fases é produzido um concentrado no tanque P20 que posteriormente é diluído nos tanques S15 ou S16 e posteriormente é bombeado para a linha de enchimento. O gel e o creme de barbear, após a sua produção, são transferidos para contentores de 1000 litros, que são transportados para a linha de enchimento.</p>

<p>Não cosmética a frio</p>	<p>Engloba um vasto número de produtos, desde produtos para sapatos incolores, graxas coloridas, alguns óleos de cedro, alguns inseticidas, lubrificantes, produtos auto e produtos para plantas, entre outros. O ponto comum é que não necessitam de aquecimento no seu processo de fabrico. Estes produtos podem ser formulados em qualquer tanque de não cosmética, embora as graxas coloridas sejam formuladas em tanques móveis dedicados por cor, uma vez que são de limpeza muito difícil. Uma vez que esta família engloba vários tipos de produtos diferentes, é a que apresenta a maior variabilidade de tempos nas várias etapas do processo de formulação. Quando os produtos são formulados em tanques móveis, estes são transportados para as linhas de produção, e quando os produtos são formulados em tanques de produção, podem ser bombeados diretamente para as linhas de enchimento ou transferidos para os tanques de <i>stock</i> e bombeados para as linhas a partir destes.</p>
<p>Não cosmética a quente</p>	<p>Engloba produtos não cosméticos que necessitam de aquecimento numa fase da sua formulação, como alguns óleos de cedro, limpa-móveis, limpa-fornos, alguns produtos para sapatos incolores, limpa-pratas, limpa-cobres, alguns inseticidas e alguns lubrificantes. Devido à necessidade de aquecimento, estes produtos apenas podem ser produzidos nos tanques P2, P3 e P11. No caso de serem necessárias quantidades maiores de alguns dos produtos, é possível formular a fase aquecida nestes tanques e usar outro tanque de não cosmética sem aquecimento para terminar o produto. Quando os produtos são formulados em tanques de produção, podem ser bombeados diretamente para as linhas de enchimento ou transferidos para os tanques de <i>stock</i> e bombeados para as linhas a partir destes.</p>

No total, a área de formulação conta com cerca de 50 tanques, entre tanques de produção, tanques de armazenamento e tanques móveis. A tabela 2, a tabela 3 e a tabela 4 mostram a relação entre os vários tanques e os tipos de produtos que podem ser processados:

Tabela 2 - Tanques de produção existentes na área de formulação

Tanque	Mínimo (l)	Máximo (l)	Tipo	Famílias de produtos
P2	2500	5000	Produção	NC Quente; NC Frio
P3	500	2500	Produção	NC Quente; NC Frio
P4	500	2500	Produção	Deo's
P5	2500	6500	Produção	Espumas
P6	2500	5000	Produção	Espumas
P7	500	2500	Produção	Deo's
P8	350	1250	Produção	NC Frio
P9	350	1250	Produção	Deo's
P10	350	1250	Produção	Deo's
P11	500	2500	Produção	NC Quente; NC Frio
P12	2500	12000	Produção	Deo's
P13	2500	15000	Produção	Deo's
P14	2500	15000	Produção	NC Frio
P15	2500	15000	Produção	Deo's
P18	550	1000	Produção	APD's
P20	500	2000	Produção	Gel

Tabela 3 - Tanques de armazenamento existentes na área de formulação

Tanque	Mínimo (l)	Máximo (l)	Tipo	Famílias de produtos
S0	2500	7500	<i>Stock</i>	Espumas
S1	2500	7500	<i>Stock</i>	Espumas
S2	2500	7500	<i>Stock</i>	NC Quente; NC Frio
S3	2500	7500	<i>Stock</i>	Espumas
S4	2500	5000	<i>Stock</i>	NC Quente; NC Frio
S5	500	2500	<i>Stock</i>	Deo's
S6	500	2500	<i>Stock</i>	Deo's
S7	2500	7500	<i>Stock</i>	NC Quente; NC Frio
S8	2500	10000	<i>Stock</i>	Espumas
S9	2500	20000	<i>Stock</i>	NC Quente; NC Frio
S12	2500	20000	<i>Stock</i>	Deo's
S13	2500	20000	<i>Stock</i>	Deo's
S15	500	10000	<i>Stock</i>	Gel
S16	500	10000	<i>Stock</i>	Gel

Tabela 4 - Tanques móveis existentes na área de formulação

Tanque	Mínimo (l)	Máximo (l)	Tipo	Famílias de produtos
M7	100	250	Móvel	NC Frio (produtos não corados)
M8	100	250	Móvel	NC Frio (produtos não corados)
M10	100	400	Móvel	NC Frio (produtos não corados)
M12	250	900	Móvel	APD's
M13	250	900	Móvel	APD's
M16	250	1500	Móvel	APD's
M17	250	1500	Móvel	APD's
M18	500	1000	Móvel	NC Frio (produtos corados)
M19	500	2000	Móvel	NC Frio (produtos corados)
M20	500	2000	Móvel	NC Frio (produtos corados)
M21	500	2000	Móvel	NC Frio (produtos corados)
M22	500	2000	Móvel	NC Frio (produtos corados)
M24	250	1500	Móvel	APD's
M25	250	1500	Móvel	APD's
M26	250	900	Móvel	APD's
M27	250	900	Móvel	APD's

É importante referir que a escolha do tanque depende do tipo de produto a formular, da quantidade a formular e de características específicas dos tanques, como o tipo de agitação, o tipo de aquecimento, a potência da bomba associada, a possibilidade de recirculação, entre outras. É também importante referir que os tanques não têm necessariamente que estar completamente cheios para a formulação ou o armazenamento, bastando estar acima do nível mínimo para garantir uma boa agitação dos produtos. Este facto permite uma maior flexibilidade nos tamanhos de lote a proporcionar aos clientes.

Na área de enchimento de cosmética existem 5 linhas de enchimento, dedicadas por tipos de produtos, como apresentado na Tabela 5:

Tabela 5 - Linhas de enchimento de cosmética

Linha	Velocidade (unidades/h)	Famílias de produtos
A1	2520	Gel
A2	6600	APD's, Deos
A3	6600	Espumas
A4	6600	APD's, Deos
A5	10800	APD's, Deos

Na área de enchimento de não cosmética existem duas linhas, sendo uma de aerossóis e uma de líquidos, conforme a Tabela 6:

Tabela 6 - Linhas de enchimento de não cosmética

Linha	Velocidade (unidades/h)	Famílias de produtos
A6	6600	NC frio, NC quente
L6	1700	NC quente

As linhas de produção podem trabalhar a 1, 2 ou 3 turnos, dependendo do *mix* de produtos de cada semana. Assim numa determinada semana é possível ter as linhas A1 e A5 a três turnos, a A3 a dois turnos e as restantes a um turno, e na semana seguinte a A1 estar a dois turnos, a A5 a um turno, a A4 a três turnos, etc.

3.2. Descrição do processo de formulação de produtos ativos

O processo de formulação dos produtos ativos é iniciado em cada semana com base na programação das várias linhas de enchimento. Foi criada em 2010 uma base de dados na formulação que relaciona os códigos dos produtos finais e as respetivas quantidades por lata com os códigos de produto ativo. Desta forma, sabendo os códigos de produto final e o número de latas a encher, é possível saber qual é o produto ativo a formular e a quantidade necessária deste, para cada enchimento em cada linha.

Para poupar recursos, as produções do mesmo produto ativo podem ser agrupadas, ou divididas em mais que uma produção, consoante o tanque onde podem ser preparadas. Por exemplo: se houver necessidade de encher duas ordens de dois anti-transpirantes (APD's) com a mesma fórmula de produto ativo, uma de 20.000 latas de 200 ml e outra de 30.000 latas de 250 ml, seria necessário 980 Kg de produto ativo no total (cerca de 900 l). Desta forma, com apenas um lote de produto ativo podem ser satisfeitas as duas ordens de enchimento. Um outro exemplo será uma ordem de 28.000 latas de gel de barbear, para a qual são necessários cerca de 5500 Kg de produto (aproximadamente 5500 l). Uma vez que no tanque de produção de gel o

tamanho de lote máximo é de 2000 l, terão de ser formulados três lotes de produto ativo para satisfazer a ordem de enchimento. Normalmente, no caso de haver mais que um lote do mesmo produto ativo, procura-se que os lotes sejam do mesmo tamanho, para facilitar a pesagem das matérias-primas.

Após determinar os lotes e as quantidades dos vários produtos necessários, é efetuado um plano de formulação para a semana, é avaliada a necessidade de trabalhar a um, dois ou três turnos, e a divisão dos operadores pelas tarefas de pesagem e formulação. Atualmente a equipa é constituída por cinco formuladores e dois pesadores, mas em caso de necessidade os formuladores podem também pesar produtos.

Para assegurar um bom serviço à produção, é efetuado diariamente um acompanhamento de cada linha de enchimento, do qual podem resultar alterações ao plano. Desta forma, a programação da formulação sai diariamente para o turno da tarde, da noite (caso exista) e para a manhã seguinte.

Cada lote de formulação é iniciado com a preparação da documentação de formulação. Esta é constituída por 6 documentos: O IMPPA (Identificação de material pesado e produto ativo), o mapa de rota, o registo de limpeza, o registo de rastreabilidade, o POFPA (procedimento operacional de fabrico de produtos ativos) e o resumo da ficha de segurança das matérias-primas. São preenchidos alguns detalhes como a data de emissão, o número de lote e a quantidade a produzir, e são impressos pelo *Cell Leader* ou pelo supervisor da área. Seguidamente são levados ao responsável pela programação para que seja emitida a ordem de fabrico e a lista de aviamento, que sai da base de dados SAP.

A documentação de formulação para os vários produtos, já com a ordem de fabrico e a lista de aviamento, é colocada por ordem de pesagem e entregue ao operador de pesagem. Além disso, uma cópia da lista de aviamento é entregue ao armazém, para que sejam retiradas as matérias-primas para a zona de material para pré-pesagem. Consoante o produto seja de cosmética ou não cosmética, as áreas de pesagem (e respetivas áreas de material para pré-pesagem e material pesado) são distintas.

O operador da pesagem recolhe as matérias-primas para um produto ou para lotes de produtos semelhantes (como por exemplo os três lotes de gel referidos no

exemplo anterior) e leva-os para a zona de pesagem. Com base no POFPA (que indica a quantidade necessária de cada matéria-prima), pesa as matérias-primas, identifica-as com a etiqueta de material pesado, agrupa-as em uma ou mais paletes e coloca-as na zona de material pesado, onde ficam a aguardar a recolha para formulação. As quantidades em sobra das matérias-primas são colocadas na zona de retornos, devidamente identificadas com a nova quantidade, e posteriormente serão removidas pelo pessoal do armazém, que atualizará o *stock* na base de dados e as colocará no seu local de armazenamento.

No caso de haver matérias-primas que necessitem de estufa, o supervisor da formulação ou o *Cell Leader* pedem ao armazém que forneça antecipadamente essas matérias-primas, que são colocadas na estufa de material para pesar, de modo a que fundam e possibilitem a sua remoção do recipiente. Após a pesagem, estas matérias-primas são colocadas nas estufas de material pesado, já na quantidade correta.

O operador de formulação recolhe as matérias-primas da zona de material pesado e da estufa, transporta-as para a área de formulação e prepara o tanque que vai utilizar, de acordo com a programação. Segue então as indicações constantes no POFPA para formular o produto (que indicam a sequência de operações de adição de matérias-primas, agitação, aquecimento, arrefecimento e homogeneização). Alguns solventes (água, álcool absoluto, entre outros) estão armazenados em tanques no exterior da fábrica e são colocados por contadores volumétricos diretamente nos tanques de formulação. No final, o operador recolhe uma amostra que leva para análise no laboratório. Após receber a indicação do laboratório que o produto está bem, transfere o produto para o tanque de *stock*, caso necessário. O produto fica então a aguardar o enchimento. Caso o produto não esteja bem, é efetuado o reprocessamento antes da transferência para *stock*.

No final do turno de pesagem e na entrega das amostras ao laboratório, os operadores registam na base de dados da formulação os produtos que pesaram ou formularam, o tempo que demoraram e eventuais problemas que tenham tido. Esses dados são compilados e usados para calcular os indicadores de formulação, nomeadamente OEE, nível de serviço, adesão ao plano e ocupação dos tanques. Estes indicadores são calculados diariamente e são reportados ao diretor de produção mensalmente.

3.3. Análise da área através da metodologia VSM

3.3.1. Construção dos diagramas

De acordo com o método de Rother e Shook (1999), o primeiro passo para a elaboração dos diagramas VSM é a definição das famílias de produtos. Para tal, retirou-se da base de dados da empresa a lista de produções de *bulk* do ano de 2010 e as quantidades produzidas. Associou-se cada produto à sua família correspondente e reportou-se o número de lotes produzidos e a quantidade total produzida, como se pode ver na Figura 12 e na Figura 13.

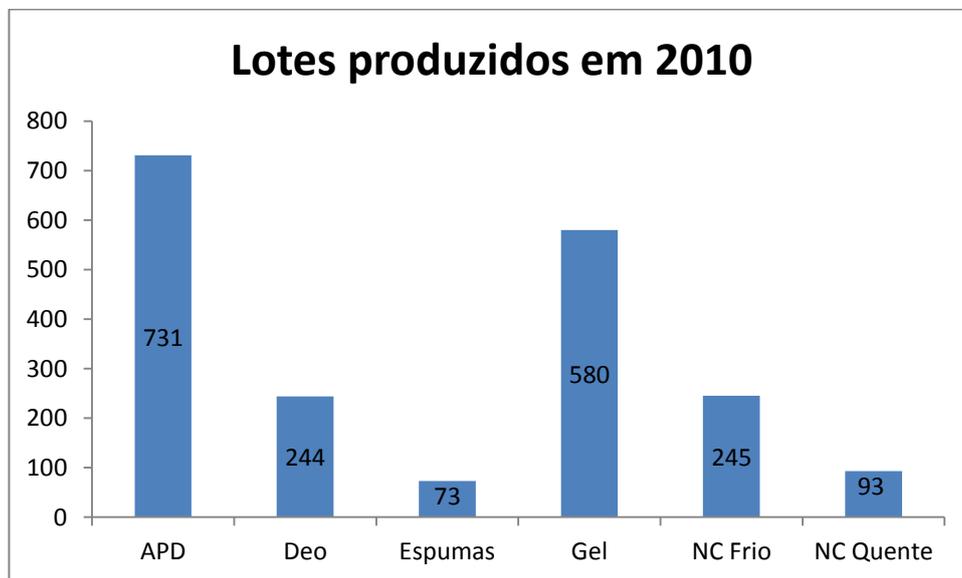


Figura 12 - Número de lotes realizados por família de produtos (Fonte: Colep)

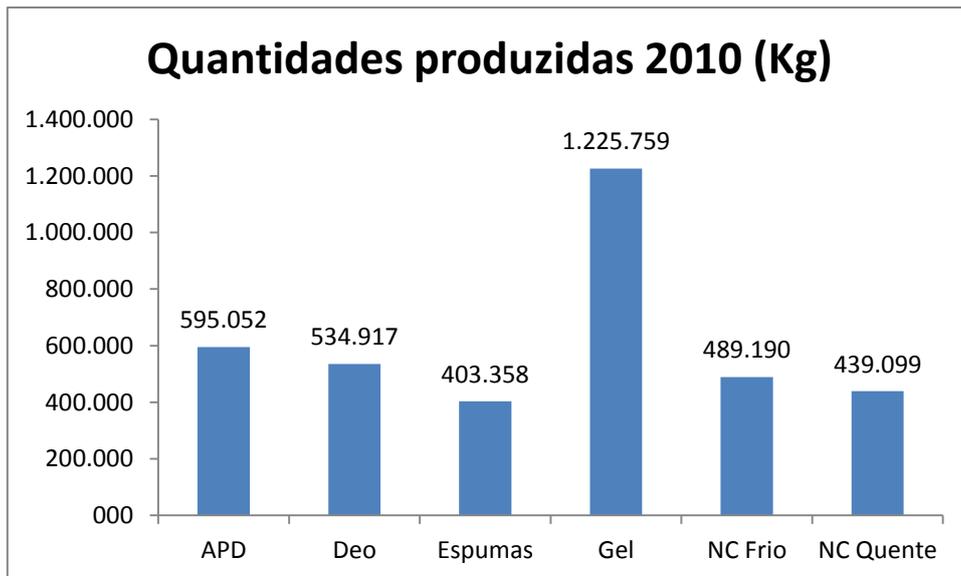


Figura 13- Quantidades produzidas por família de produtos (Fonte: Colep)

É de notar neste ponto que apesar dos produtos da família de gel de barbear serem os mais produzidos em termos de quantidade, os antitranspirantes são os mais produzidos em termos de número de lotes, uma vez que as quantidades máximas que se podem formular de antitranspirantes são inferiores às de gel.

Por último, é importante referir que os tempos de processamento de cada lote não variam muito com a quantidade a formular nesse lote, uma vez que os tempos de agitação e homogeneização (que são independentes da quantidade por definição do cliente) normalmente são bastante superiores aos tempos de adição das matérias-primas e de aquecimento ou arrefecimento (que são dependentes da quantidade). Assim, pode admitir-se que o tempo de processamento para um lote é independente da quantidade desse lote. Dessa forma, o *takt time* será calculado usando o número de lotes produzidos e não as quantidades produzidas, e uma vez que apenas pode ser processado um produto de cada vez em cada tanque, o tempo de ciclo é igual ao tempo de processamento para cada lote, sendo o primeiro tempo usado de forma preferencial nesta tese.

Após a recolha dos dados de produção anteriores, determinou-se o *takt time* para cada uma das famílias. Este valor representa, para cada família de produtos, o intervalo de tempo entre dois lotes de produto de acordo com os pedidos do cliente. Uma vez que a área de pré-pesagem e formulação operou 261 dias (e foi considerado

que operou sempre a três turnos) no ano de 2010, o *takt time* de cada família pode ser determinado de acordo com a equação abaixo:

$$takt\ time = \frac{tempo\ operado}{n^{\circ}\ lotes\ da\ família}$$

Equação 1 – *Takt Time*

Desta forma obteve-se os resultados da Tabela 7:

Tabela 7 - *Takt time* por família de produtos

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo de operação	261 dias (6264:00:00)					
Nº lotes 2010	731	244	73	580	245	93
<i>takt time</i> (hh:mm:ss)	8:34:09	25:40:20	85:48:30	10:48:00	25:34:02	67:21:17

O passo seguinte é determinar, para cada processo, a sua duração e o tempo de espera para o processo seguinte. Para tal, retirou-se da base de dados de formulação (*Shopfloor Control*) a lista de produções de *bulk*, com datas e horas de início e fim de cada pesagem, início e fim de cada formulação, início e fim de cada transferência e início de cada enchimento para cada lote de produto formulado, e calculou-se o tempo de pesagem, tempo de espera entre pesagem e formulação, tempo de formulação e tempo de espera antes de encher para cada lote. Compilaram-se os dados por família de produto e obtiveram-se os resultados da Tabela 8:

Tabela 8 – Tempos médios de operações e esperas para as várias famílias

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Pesagem	1:23:48	1:12:23	1:53:32	1:29:59	1:17:58	1:37:11
Espera para formulação	19:18:06	12:37:45	15:12:01	28:24:04	14:24:43	10:14:52
Formulação	3:01:42	2:35:39	4:17:42	5:02:20	2:57:16	3:19:39
Espera para transferência	0:31:34	0:35:55	1:10:14	0:21:50	0:19:21	0:26:16
Transferência	0:18:14	0:26:20	1:07:00	0:21:20	0:26:41	0:30:50
Espera para enchimento	15:04:54	44:57:50	33:28:08	28:59:47	38:57:35	64:18:38

O tempo de transporte do armazém para a pré-pesagem foi contabilizado acompanhando o transporte das matérias-primas para a zona de pesagem para vários produtos de cada família, de forma aleatória, tendo-se obtido os resultados da Tabela 9:

Tabela 9 - Tempos de transporte para a zona de material a pré-pesar

	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo transporte (hh:mm:ss)	0:08:27	0:17:04	0:03:12	0:18:02	0:09:02	0:11:29

O tempo de controlo de qualidade foi também recolhido, acompanhando as análises de vários produtos de cada família, de forma aleatória, tendo-se obtido os resultados da Tabela 10:

Tabela 10 - Tempo de controlo de qualidade

	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo controlo qualidade (hh:mm:ss)	00:28:40	00:45:04	01:04:09	00:36:58	00:45:51	00:47:22

Por último, utilizando a informação do processo produtivo e os dados da Tabela 7 à Tabela 10, desenharam-se os diagramas VSM para cada família de produtos, conforme a Figura 14 e a Figura 15. Para as restantes famílias de produtos o diagrama é muito semelhante ao da Figura 14, havendo apenas diferenças nos valores de tempos. Desta forma, os diagramas para as famílias de espumas, gel, não cosmética a frio e não cosmética a quente podem ser encontrados nos anexos do relatório.

3.3.2. VSM APD

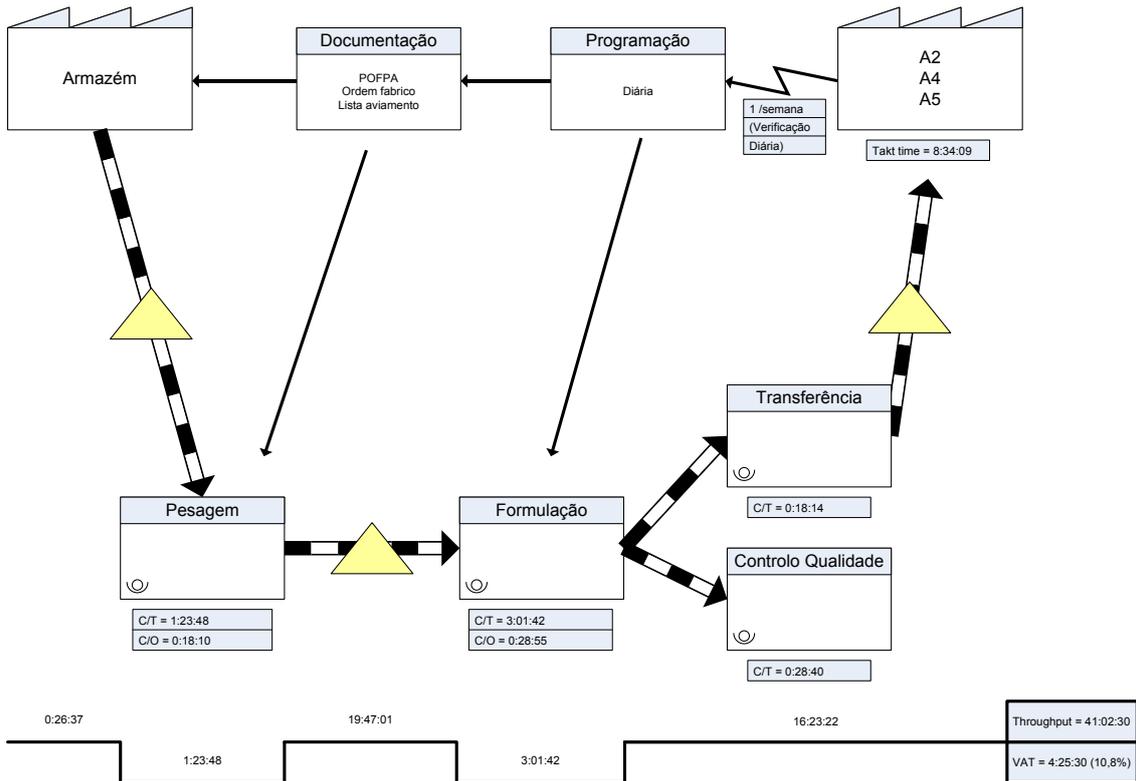


Figura 14 - VSM para a família de antitranspirantes

3.3.3. VSM Deo

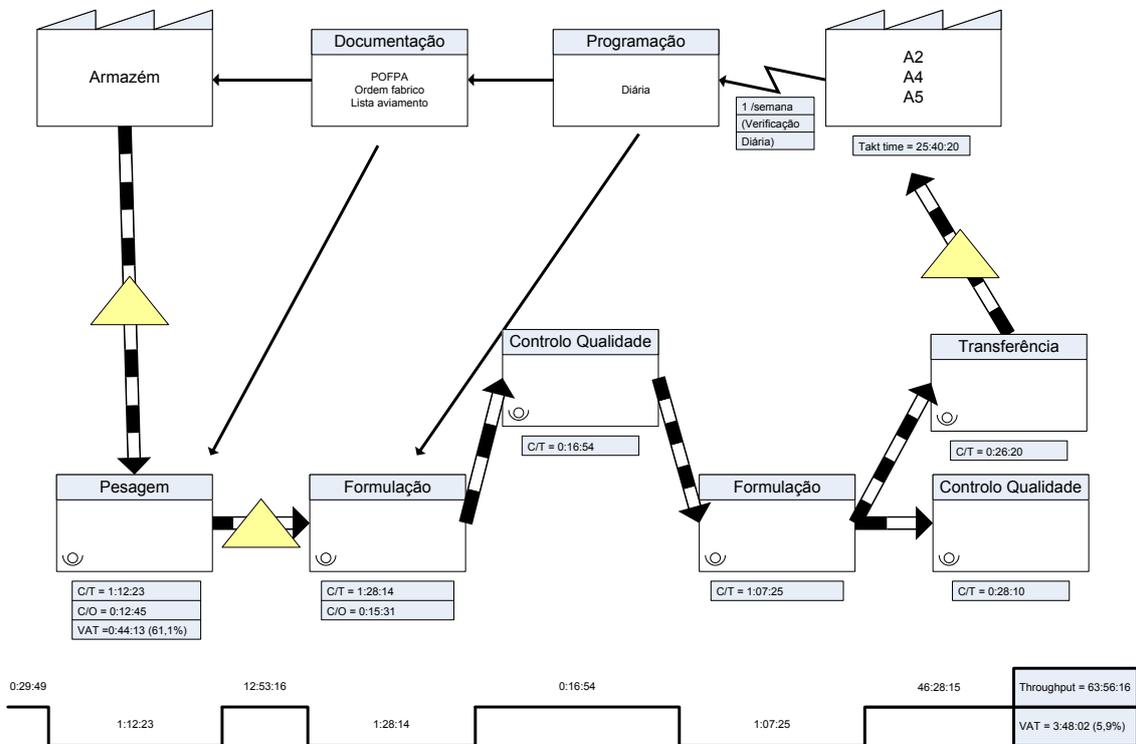


Figura 15 - VSM para a família de deo's

3.3.4. Identificação dos desperdícios nos diagramas VSM

Iniciando a análise dos diagramas VSM, verifica-se que o processo de pesagem e formulação é muito semelhante em todas as famílias. A única diferença visível está relacionada com os momentos em que é feito o controlo de qualidade ao produto.

Considerando que o valor acrescentado do processo é a relação entre o tempo despendido em operações que acrescentam valor e o tempo de atravessamento desse processo, pode-se verificar que este valor é bastante baixo para todas as famílias de produtos, variando entre os 5,9% para os desodorizantes e os 10,7% para os APD's. Estes valores estão principalmente relacionados com os altos tempos de espera entre os processos e o transporte das matérias-primas.

Os tempos de atravessamento estão também muito relacionados com o tempo de espera entre os processos, e variam entre 41 e 82 horas, consoante a família de produtos.

Uma observação interessante que se pode fazer é que o somatório dos tempos de ciclo da pré-pesagem, formulação e controlo de qualidade é sempre inferior ao *takt time*. Caso esta condição não fosse cumprida, haveria um problema de capacidade na área, uma vez que não é possível processar dois lotes de produto no mesmo tanque ao mesmo tempo; mas aparentemente existe um grande excesso de capacidade com exceção dos APD's e do gel, em que a capacidade é folgada mas não em excesso, como se pode ver na Tabela 11:

Tabela 11 - Capacidade usada no processo

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Transporte	00:08:27	00:17:04	00:03:12	00:18:02	00:09:02	00:11:29
<i>Change-Over</i> pré-pesagem	00:18:10	00:12:45	00:22:53	00:19:34	00:07:36	00:08:45
Tempo ciclo pesagem	01:23:48	01:12:23	01:53:32	01:29:59	01:17:58	01:37:11
<i>Change-over</i> formulação	00:28:55	00:15:31	00:45:54	01:26:44	00:16:27	00:33:09
Tempo ciclo formulação	03:01:42	02:35:39	04:17:42	05:02:20	02:57:16	03:19:39
Tempo transferência	00:18:14	00:26:20	01:07:00	00:21:20	00:26:41	00:30:50
Tempo controlo qualidade	00:28:40	00:45:04	01:04:09	00:36:58	00:45:51	00:47:22
Total	6:07:56	5:44:46	9:34:22	9:34:57	6:00:51	7:08:25
takt time	08:34:09	25:40:20	85:48:30	10:48:00	25:34:02	67:21:17
Capacidade usada	71,56%	22,38%	11,16%	88,73%	23,52%	10,60%

Os tempos de mudança variam com a família de produtos, mas são relativamente altos, quando comparados com os tempos de ciclo. Para originar uma melhor perceção do peso do tempo de mudança, pode-se comparar este com o tempo de atravessamento de cada operação, que é a soma do tempo de mudança com o tempo de ciclo. Para a pré-pesagem, pode-se encontrar esta comparação na Tabela 12:

Tabela 12 - Peso do tempo de mudança na pré-pesagem

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Change-Over</i> pré-pesagem	00:18:10	00:12:45	00:22:53	00:19:34	00:07:36	00:08:45
Tempo ciclo Pesagem	01:23:48	01:12:23	01:53:32	01:29:59	01:17:58	01:37:11
Tempo percurso da área	01:41:58	01:25:08	02:16:25	01:49:33	01:25:34	01:45:56
% Tempo <i>Change-Over</i>	17,82%	14,98%	16,77%	17,86%	8,88%	8,26%

Na formulação, o tempo de atravessamento também depende do tempo de transferência dos produtos para tanques de *stock*, uma vez que o produto só é considerado disponível após a transferência. No entanto, esta transferência está dependente da aprovação do produto pelo controlo de qualidade, uma vez que só se poderá retrabalhar um produto no tanque de formulação e não no de *stock*. É também

considerado que todo o inventário de formulação é transferido para *stock*. Assim, o tempo de atravessamento da formulação é dado pela soma do tempo de ciclo, de mudança, de controlo de qualidade e de transferência. O peso destas atividades na formulação é apresentado na Tabela 13:

Tabela 13 - Peso do tempo de mudança na formulação

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Change-over formulação</i>	00:28:55	00:15:31	00:45:54	01:26:44	00:16:27	00:33:09
Tempo ciclo formulação	03:01:42	02:35:39	04:17:42	05:02:20	02:57:16	03:19:39
Tempo controlo qualidade	00:28:40	00:45:04	01:04:09	00:36:58	00:45:51	00:47:22
Tempo transferência	00:18:14	00:26:20	01:07:00	00:21:20	00:26:41	00:30:50
Tempo atravessamento da área	04:17:31	04:02:34	07:14:45	07:27:22	04:26:15	05:11:00
% Tempo <i>Change-Over</i>	11,23%	6,40%	10,56%	19,39%	6,18%	10,66%
% Tempo controlo qualidade	11,13%	18,58%	14,76%	8,26%	17,22%	15,23%
% Tempo transferência	7,08%	10,86%	15,41%	4,77%	10,02%	9,91%

Por fim, pode-se analisar o impacto da espera para as diversas famílias. A forma mais simples de o fazer é através do gráfico da Figura 16:

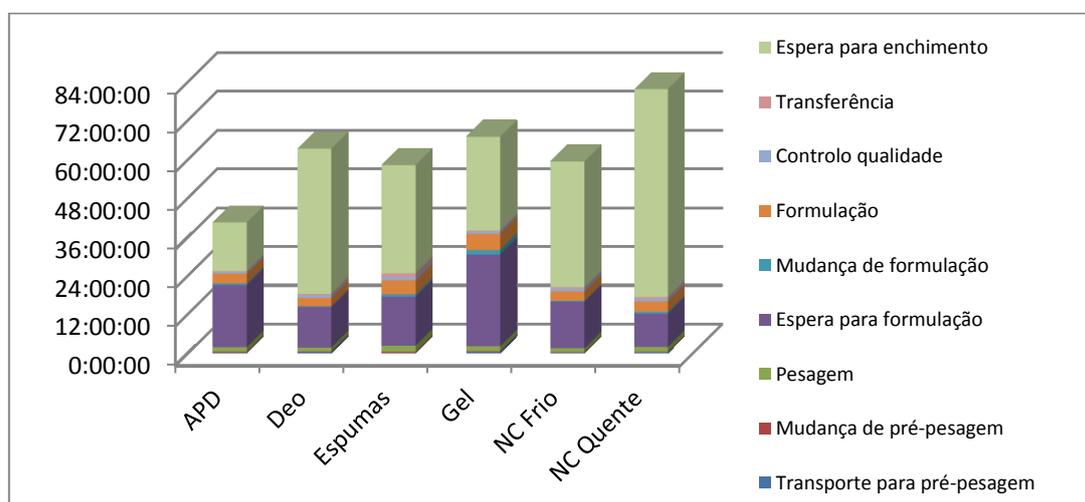


Figura 16 - Comparação de tempos nas várias fases do processo

Olhando para este gráfico, é fácil perceber que a maior parte do tempo é passada nas esperas. Estas esperas ocorrem exatamente nos pontos em que existem inventários, o que indica que estes dois tipos de desperdício estão relacionados. Nos

antitranspirantes e no gel, que são os produtos mais formulados, o tempo de espera para formulação é semelhante ao tempo de espera para enchimento. No entanto nas outras famílias isso não acontece. Provavelmente, isto deve-se à maior regularidade da procura de APD's e de gel em comparação com as outras famílias. As famílias de não cosmética, por terem uma maior variabilidade entre produtos, têm tempos de enchimento também mais variáveis, e o tempo de espera para enchimento é maior.

A Tabela 14 resume os desperdícios encontrados através dos diagramas VSM:

Tabela 14 - Desperdícios observáveis no diagrama VSM

Tipo de Desperdício	Observação no diagrama
Transporte	Transporte do armazém para a pré-pesagem; Transporte da pré-pesagem para a formulação; Transporte do produto acabado para as linhas de enchimento;
Inventário	Inventário antes da pré-pesagem; Inventário após a pré-pesagem antes da formulação; Inventário após a formulação;
Deslocações	Não é possível, através do diagrama, visualizar qualquer tipo de deslocações. Sabe-se que os operadores da pesagem estão na área de pesagem e se deslocam entre à área de material para pesar e à área de material pesado, e que os formuladores estão na área de formulação e se deslocam à área de material pesado e ao laboratório de controlo de qualidade;
Espera	Através do diagrama, pode ser visualizada a espera pela entrega do material a pré- pesar pelo armazém, a espera pelo controlo de qualidade para prosseguir a formulação (Deo's), a espera pelo controlo de qualidade para transferir o produto. No entanto, não são visíveis as esperas porque o tanque está ocupado com outro produto ou a espera pela fusão dos materiais na estufa;
Defeitos	Reprocessamento dos produtos quando o controlo de qualidade deteta problemas;
Sobreprocessamento	Não é possível, através do diagrama, visualizar algum tipo de sobreprocessamento. Sabe-se que os processos de fabrico são sempre fornecidos pelo cliente e consequentemente não existe sobreprocessamento uma vez que todo o processamento é requisito desse cliente.
Produção excessiva	Não é possível, através do diagrama, visualizar algum tipo de produção excessiva. No entanto, sabe-se que há um excesso de produto formulado como consequência de perdas de produto nas transferências e no enchimento;

3.4. Análise da área através da metodologia *WID*

3.4.1. Construção do diagrama

Na metodologia *WID*, tal como na metodologia *VSM*, o primeiro passo consiste na definição das famílias de produtos. Mantiveram-se as famílias definidas para o *VSM*, para permitir comparação entre os dois tipos de diagramas. Como tal, o número de lotes produzidos, as quantidades totais produzidas em 2010 e o *takt time* para cada família encontra-se resumido na Tabela 7.

Para a definição dos *block icons*, de acordo com o descrito por Sá (2010), precisamos de saber o custo do *work in process*, o tempo de mudança, o tempo de ciclo e o *takt time* de cada processo. O tempo de ciclo e o tempo de mudança para cada família de produtos foram recolhidos para a elaboração dos *VSM*, e encontram-se na Tabela 8 e na Tabela 10, respetivamente. O *takt time* é função do número de dias operados e do número de lotes produzidos, dados que se encontram na Tabela 7.

Para determinar o custo do *work in process*, foi feito o levantamento do *stock* de materiais nos vários pontos do processo (material para pré-pesar ou em pesagem, material pré-pesado ou em formulação e material em *stock*), em cinco semanas diferentes, de modo a atenuar variações causadas pelo *mix* de produtos de uma determinada semana. Após este levantamento, determinou-se o valor do *stock* em cada ponto multiplicando a quantidade de cada matéria-prima pelo seu valor, e relacionando cada matéria-prima com a família onde é usada. No caso de uma matéria-prima ser usada em mais que uma família de produtos, o seu valor foi dividido proporcionalmente às quantidades produzidas em 2010 das famílias de produtos onde foi utilizada.

O material em armazém não foi contabilizado uma vez que o armazém não pertence à área de pré-pesagem e formulação. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 15:

Tabela 15 - Stock de materiais em vários pontos do processo (em unidades Colep)

Medição		APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
1	Pesagem	1.477,23	576,30	38,17	786,56	998,30	-
	Formulação	232,30	149,88	-	-	1.157,38	-
	Stock	249,13	61,67	325,00	109,95	1.566,41	192,53
2	Pesagem	1.950,39	-	1,54	611,56	-	-
	Formulação	40,83	149,86	-	300,01	-	-
	Stock	40,82	405,53	136,91	139,99	924,34	3,04
3	Pesagem	253,26	-	1,55	429,93	-	-
	Formulação	-	-	-	765,71	72,35	-
	Stock	40,82	186,95	-	235,06	2.969,91	8,37
4	Pesagem	485,71	-	816,53	478,96	-	-
	Formulação	356,89	-	1.144,97	471,13	173,40	-
	Stock	732,47	148,19	-	-	1.268,26	9,73
5	Pesagem	1.203,92	-	-	259,25	588,52	424,85
	Formulação	1.769,30	320,43	287,26	-	1.063,34	424,85
	Stock	-	5,18	-	-	67,70	-
Média	Pesagem	1.074,10	115,26	171,56	513,25	317,36	84,97
	Formulação	479,86	124,03	286,45	307,37	493,29	84,97
	Stock	212,65	161,51	92,38	97,00	1.359,32	42,73

A Unidade Colep é uma unidade monetária fictícia, uma vez que a empresa pretende que não sejam divulgados os valores reais.

Após a recolha dos dados, começou-se a desenhar o diagrama *WID* de acordo com a descrição do processo produtivo.

O primeiro passo do processo é a pesagem das matérias-primas na área de pré-pesagem. Como já foi referido, esta área está dividida em duas: a de cosmética e a de não cosmética. Na área de cosmética, são pesados os produtos da família de APD's, deo's, espumas e gel, e na área de não cosmética são pesados os produtos de não cosmética a frio e a quente. Desta forma, o *takt time* global para cada área será dado por:

$$Takt\ time = \frac{dias\ operados}{total\ de\ lotes\ pesados\ na\ área}$$

Equação 2 – Takt Time global

Assim, o *takt time* das áreas de pesagem cosmética e não cosmética podem-se encontrar na Tabela 16:

Tabela 16 - *Takt time* da pré-pesagem

	Pré-pesagem cosmética	Pré-pesagem não cosmética
Dias operados	261 dias a dois turnos (4176:00:00)	
Lotes pesados	1.628	338
<i>Takt time</i> (hh:mm:ss)	2:33:54	12:21:18

Para a determinação do tempo de ciclo global em cada área, foi recolhido o tempo de pesagem médio de cada produto, e determinado o tempo de ciclo para cada família, conforme apresentado na Tabela 8. Seguidamente foi calculada a média pesada de cada área de pesagem, considerando o número de produções de cada família em cada área, apresentados na Tabela 7. Os resultados obtidos para a área de cosmética encontram-se na Tabela 17 e na Tabela 18:

Tabela 17 - Tempo de ciclo global para a área de pré-pesagem cosmética

	APD	Deo	Espumas	Gel
Nº lotes 2010	731	244	73	580
Tempo de ciclo (hh:mm:ss)	1:23:48	1:12:23	1:53:32	1:29:59
Tempo de ciclo global (hh:mm:ss)	01:25:38			

Tabela 18 - Tempo de ciclo global para a área de pré-pesagem não cosmética

	NC Frio	NC Quente
Nº lotes 2010	245	93
Tempo de ciclo (hh:mm:ss)	1:17:58	1:37:11
Tempo de ciclo global (hh:mm:ss)	1:23:15	

Sabendo o *takt time* e o tempo de ciclo para cada área, pode então determinar-se se o sistema se encontra sobre ou subdimensionado. Deste modo, tem-se:

Tabela 19 - *Overcapacity* para as áreas de pré-pesagem

Tempo (hh:mm:ss)	Pré-pesagem cosmética	Pré-pesagem não cosmética
<i>Takt time</i>	2:33:54	12:21:18
Tempo de ciclo global	01:25:38	1:23:15
<i>Overcapacity</i>	44,37%	88,77%

O valor de *work in process* total de cada área é a soma dos valores de *WIP* de cada família pesada na área. Retirando os dados da Tabela 15 e efetuando a soma dos *WIP's*, obtém-se o *WIP* total de cada área de pré-pesagem. Seguidamente estima-se o custo desse *work in process* multiplicando o valor do *WIP* por 25% (Miller, 2000), e divide-se pelo número de dias trabalhados, obtendo-se o custo do *work in process* diário. Estes valores são apresentados na Tabela 20:

Tabela 20 - Stock total e Custo do *WIP* na pré-pesagem (em unidades Colep)

	Cosmética	Não Cosmética
<i>Stock total</i> (un. Colep)	1.874,17	402,33
<i>Custo WIP anual (25% do stock total)</i> (un. Colep)	468,54	100,58
Dias trabalhados	261	
<i>Custo WIP diário</i> (un. Colep)	1,80	0,39

Para a determinação do tempo de mudança global em cada área, procedeu-se de forma semelhante ao cálculo do tempo de ciclo global. Desta forma, a partir da Tabela 7, podemos obter os dados das Tabela 21 e Tabela 22:

Tabela 21 - Tempo de mudança global para a área de pré-pesagem cosmética

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel
Nº lotes 2010	731	244	73	580
<i>Change-Over</i>	0:18:10	0:12:45	0:22:53	0:19:34
Tempo de <i>Change-Over</i> global	0:18:04			

Tabela 22 - Tempo de mudança global para a área de pré-pesagem não cosmética

Tempo (hh:mm:ss)	NC Frio	NC Quente
Nº lotes 2010	245	93
<i>Change-Over</i>	0:07:36	0:08:45
Tempo de <i>Change-Over</i> global	0:07:55	

É comum considerar-se que o tempo de espera de uma peça é dado pelo quociente entre o número de peças em *stock* ou em processamento (*WIP*) e a sua procura:

$$\text{waiting} = \frac{\text{número de peças em stock ou processamento}}{\text{procura}}$$

Equação 3 – Waiting (Esperas)

No entanto, o *work in process* de matérias-primas na pré-pesagem não pode ser dado em peças ou contabilizado em termos de unidades, uma vez que cada matéria-prima pode ser usada em vários produtos diferentes, em quantidades diferentes.

Para suplantar esta dificuldade efetuou-se o levantamento na base de dados da empresa de quais as quantidades e qual o custo das matérias-primas de cada lote produzido em 2010. Calculou-se a quantidade média produzida e qual o custo por quilograma para cada família. Os resultados encontram-se na Tabela 23:

Tabela 23 – Número de lotes produzidos, quantidade média e custo médio de lote por família

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Nº lotes produzidos	731	244	73	580	245	93
Quantidade média (Kg)	810,46	2.192,28	5.689,68	2.113,38	1.996,69	4.721,49
Custo médio por Kg (un. Colep)	0,24	0,09	0,04	0,05	0,12	0,06
Valor médio do lote (un. Colep)	194,51	197,31	227,59	105,67	239,60	283,29

Desta forma, pode considerar-se que o total de APD produzido em 2010 é equivalente a 731 produções de 810,46 Kg cada, com um custo de 0,24 unidades Colep por quilograma de produto, o que faz com que cada lote tenha o valor de 194,51 unidades Colep. Consequentemente é possível agora converter o *work in process* em lotes equivalentes de produto, e determinar o tempo de espera, como se pode verificar na Tabela 24:

Tabela 24 - Espera na pré-pesagem por família de produtos

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Stock</i> (un. Colep)	1.074,10	115,26	171,56	513,25	317,36	84,97
Valor médio do lote (un. Colep)	194,51	197,31	227,59	105,67	239,60	283,29
Lotes equivalentes	5,52	0,58	0,75	4,86	1,32	0,30
Procura diária	2,80	0,93	0,28	2,22	0,94	0,36
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	47:19:09	14:59:49	64:41:03	52:27:26	33:51:53	20:12:09

O tempo de espera global de cada área de pré-pesagem pode ser dado pela média tempos de espera de cada família, com um peso relativo proporcional ao número de lotes produzidos em 2010. Desta forma, obtém-se a Tabela 25 e a Tabela 26:

Tabela 25 - Tempo de espera global para a área de pré-pesagem cosmética

	APD	Deo	Espumas	Gel
Nº lotes 2010	731	244	73	580
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	47:19:09	14:59:49	64:41:03	52:27:26
<i>Waiting</i> global (hh:mm:ss)	45:05:02			

Tabela 26 - Tempo de espera global para a área de pré-pesagem não cosmética

	NC Frio	NC Quente
Nº lotes 2010	245	93
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	33:51:53	20:12:09
<i>Waiting</i> global (hh:mm:ss)	30:06:20	

Para determinar os custos de transporte é necessário considerar o custo do operador e a velocidade de transporte. Foram usados valores base fornecidos pela Colep, já usados em outros estudos da empresa. Estes valores são apresentados na Tabela 27:

Tabela 27 - Custo operador por hora e velocidade de transporte

Dado	Valor
Custo operador / hora (un. Colep)	0,35
Velocidade operador (m/s)	0,8

O transporte das matérias-primas é realizado em duas fases: Na primeira, os operadores do armazém transportam as matérias-primas para a zona de material a pré-pesar, que não será contabilizada visto não ser executada pelos operadores da pré-pesagem. Na segunda, os operadores da pré-pesagem transportam as matérias-primas da zona de material a pré-pesar para a zona de pesagem.

Foi feito o levantamento das distâncias médias percorridas por lote de produto a pré-pesar, que se encontram na Tabela 28 e na Tabela 29:

Tabela 28 - Distâncias diárias percorridas em transporte de matérias-primas para a área de pesagem cosmética

	APD	Deo	Espumas	Gel
Distância por lote (m)	102	69	153	144
Procura diária	2,80	0,93	0,28	2,22
Distância diária (m)	285,68	64,51	42,79	320,00
Tempo diário (hh:mm:ss)	0:05:57	0:01:21	0:00:53	0:06:40
Distância diária global (m)	713			
Tempo diário global (hh:mm:ss)	0:14:51			
Custo diário de transporte (un. Colep)	0,029			

Tabela 29 - Distâncias diárias percorridas em transporte de matérias-primas para a área de pesagem não cosmética

	NC Frio	NC Quente
Distância por lote (m)	45	75
Procura diária	0,94	0,36
Distância diária (m)	42,24	26,72
Tempo diário (hh:mm:ss)	0:00:53	0:00:33
Distância diária global (m)	69	
Tempo diário global (hh:mm:ss)	0:01:26	
Custo diário de transporte (un. Colep)	0,003	

Finalmente pode ser calculado o tempo sem valor acrescentado, que é dado pela soma do tempo de espera, de mudanças, de transporte e de inspeção. Uma vez que na pré-pesagem não é efetuada qualquer inspeção, tem-se, a partir das Tabela 21 a Tabela 29, a Tabela 30:

Tabela 30 - Tempo sem valor acrescentado na pré-pesagem

Tempo (hh:mm:ss)	Cosmética	Não Cosmética
Tempo de espera	45:05:02	30:06:20
Tempo de mudanças	0:18:04	0:07:55
Tempo de transporte	0:14:51	0:01:26
Tempo sem valor acrescentado (NVAT)	45:37:57	30:15:41

Desta forma, todos os dados necessários para a construção dos *block icons* da pré-pesagem ficam calculados.

Para a definição dos *block icons* da formulação, o primeiro passo é a definição do *takt time*, do tempo de ciclo e o cálculo da sobrecapacidade para cada família de produtos. Da Tabela 7 e da Tabela 8, resulta a Tabela 31:

Tabela 31 – *Takt time*, tempo de ciclo e *overcapacity* de formulação

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo de operação	261 dias a três turnos (6264:00:00)					
Nº lotes 2010	731	244	73	580	245	93
<i>takt time</i> (hh:mm:ss)	8:34:09	25:40:20	85:48:30	10:48:00	25:34:02	67:21:17
Tempo de ciclo (hh:mm:ss)	3:01:42	2:35:39	4:17:42	5:02:20	2:57:16	3:19:39
<i>Overcapacity</i>	64,66%	89,90%	94,99%	53,34%	88,44%	95,06%

O tempo de mudança (*change-over*) de formulação foi também apresentado na Tabela 13. Desta forma:

Tabela 32 - Tempo de mudança de formulação

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Change-over</i> (hh:mm:ss)	0:28:55	0:15:31	0:45:54	1:26:44	0:16:27	0:33:09

Para o cálculo do custo do *WIP* diário, pode-se usar os dados da Tabela 15, obtendo-se assim a Tabela 33:

Tabela 33 - Custo *WIP* diário de formulação

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Stock</i> (un. Colep)	479,86	124,03	286,45	307,37	493,29	84,97
Custo <i>WIP anual</i> (un. Colep)	119,97	31,01	71,61	76,84	123,32	21,24
Tempo de operação (hh:mm:ss)	261 dias (6264:00:00)					
Custo <i>WIP</i> diário (un. Colep)	0,46	0,12	0,27	0,29	0,47	0,08

Para a determinação do tempo de espera, consideram-se os dados da Tabela 15, da Tabela 23 e da Tabela 24 e obtém-se a Tabela 34:

Tabela 34 - Espera de formulação

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Stock</i> (un. Colep)	479,86	124,03	286,45	307,37	493,29	84,97
Valor médio do lote (un. Colep)	194,51	197,31	227,59	105,67	239,60	283,29
Lotes equivalentes	2,47	0,63	1,26	2,91	2,06	0,30
Procura diária	2,80	0,93	0,28	2,22	0,94	0,36
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	21:08:24	16:08:17	108:00:05	31:24:54	52:38:25	20:12:09

Para a determinação do tempo de transporte, foram recolhidos os dados do número de viagens entre a zona de material pré-pesado e a área de formulação, e determinou-se a distância aproximada destas viagens para cada lote usando a planta da fábrica. Os resultados estão apresentados na Tabela 35:

Tabela 35 - Tempo de transporte na área de formulação

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Distância por lote (m)	304	152	375	537	301	322
Procura diária	2,80	0,93	0,28	2,22	0,94	0,36
Distância diária (m)	851	142	105	1.193	283	115
Tempo diário (hh:mm:ss)	0:17:44	0:02:58	0:02:11	0:24:52	0:05:53	0:02:23
Custo diário de transporte (un. Colep)	0,034	0,006	0,004	0,048	0,011	0,005

Para a determinação do tempo sem valor acrescentado na formulação, foi recolhido o tempo de inspeção na formulação. Embora esta inspeção não seja executada pelos formuladores mas sim pelos controladores de qualidade, durante este tempo o formulador aguarda pela análise do produto. Desta forma, o tempo de inspeção não tem valor acrescentado na formulação. Os resultados estão apresentados na Tabela 36:

Tabela 36 - Tempo sem valor acrescentado na formulação

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo de mudança	0:28:55	0:15:31	0:45:54	1:26:44	0:16:27	0:33:09
Tempo de espera	21:10:17	16:15:29	108:00:00	31:27:34	52:35:45	20:00:00
Tempo de transporte	0:11:50	0:01:57	0:01:27	0:16:35	0:03:55	0:01:36
Tempo de inspeção	0:28:40	0:45:04	1:04:09	0:36:58	0:45:51	0:47:22
Tempo sem valor acrescentado (NVAT)	22:23:43	17:11:49	109:52:20	33:53:28	53:46:27	21:35:03

Para a definição dos *block icons* de produto acabado, considerou-se o *stock* de produto acabado da Tabela 15. Desta forma, calculou-se a espera para cada família de produto, conforme a Tabela 37:

Tabela 37 - Tempo de espera do produto acabado

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Stock</i> (un. Colep)	212,65	161,51	92,38	97,00	1.359,32	42,73
Valor médio do lote (un. Colep)	194,51	197,31	227,59	105,67	239,60	283,29
Lotes equivalentes	1,09	0,82	0,41	0,92	5,67	0,15
Procura diária	2,80	0,93	0,28	2,22	0,94	0,36
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	9:22:06	21:00:53	34:49:50	9:54:50	145:02:57	10:09:34

O custo de posse de *stock* é determinado também a partir do *stock* de produto acabado, apresentado na Tabela 38:

Tabela 38 - Custo *WIP* diário do produto acabado

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Stock</i> (un. Colep)	212,65	161,51	92,38	97,00	1.359,32	42,73
Custo <i>stock</i> anual (un. Colep)	53,16	40,38	23,10	24,25	339,83	10,68
Tempo de operação (hh:mm:ss)	261 dias (6264:00:00)					
Custo <i>WIP</i> diário (un. Colep)	0,20	0,15	0,09	0,09	1,30	0,04

O tempo de transporte contempla não só a distância percorrida pelo operador no transporte, como também o tempo de transferência do produto do tanque de formulação para o tanque de *stock*. Desta forma, com os dados da Tabela 8, pode determinar-se o tempo diário de transporte e o seu respetivo custo, apresentados na Tabela 39:

Tabela 39 - Tempo de transporte de produto acabado

Família	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo transferência (hh:mm:ss)	0:18:14	0:26:20	1:07:00	0:21:20	0:26:41	0:30:50
Distância por lote (m)	25	40	40	25	45	40
Tempo total por lote (hh:mm:ss)	0:18:45	0:27:10	1:07:50	0:21:51	0:27:37	0:31:40
Procura diária	2,80	0,93	0,28	2,22	0,94	0,36
Distância diária (m)	70	37,2	11,2	55,5	42,3	14,4
Tempo diário (hh:mm:ss)	0:52:32	0:25:24	0:18:58	0:48:34	0:25:56	0:11:17
Custo diário de transporte (un. Colep)	0,102	0,049	0,037	0,094	0,050	0,022

O tempo sem valor acrescentado pode ser calculado com os dados da Tabela 37 e da Tabela 39, e está apresentado na Tabela 40:

Tabela 40 - Tempo sem valor acrescentado de produto acabado

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
Tempo de espera	9:22:06	21:00:53	34:49:50	9:54:50	145:02:57	10:09:34
Tempo de transporte	0:52:32	0:25:24	0:18:58	0:48:34	0:25:56	0:11:17
Tempo sem valor acrescentado (NVAT)	10:14:37	21:26:17	35:08:48	10:43:24	145:28:53	10:20:51

Por fim, pode definir-se o *value card* para cada família de produtos, que dão uma perspetiva global de todo o processo, apresentado na Tabela 41:

Tabela 41 - Value Card por família de produtos

Tempo (hh:mm:ss)	APD	Deo	Espumas	Gel	NC Frio	NC Quente
<i>Value added time</i>	04:25:30	03:48:02	06:11:14	06:32:19	04:15:14	04:56:50
<i>NVAT</i>	80:21:36	53:52:01	210:05:57	97:30:32	233:15:41	52:17:22
Mudanças	00:47:05	00:28:16	01:08:47	01:46:18	00:24:03	00:41:54
Distância diária (m)	1207,13	244,00	158,87	1568,89	367,03	155,71
Custo transporte (un. Colep)	0,148	0,058	0,043	0,156	0,064	0,028
Perda diária (un. Colep)	1,69	0,38	0,53	0,88	2,08	0,20
<i>Waiting</i>	77:49:38	52:08:59	207:30:58	93:47:10	231:33:05	50:33:52
<i>Troughput time</i>	84:47:06	57:40:03	216:17:11	104:02:51	237:30:55	57:14:12
%VAT	5,22%	6,59%	2,86%	6,28%	1,79%	8,64%

Por último, pode-se calcular o *Total Value Card*, com uma perspetiva global do processo considerando todas as famílias, como se pode ver na Tabela 42:

Tabela 42 - Total Value Card

Total Value Card	
<i>takt time</i> (hh:mm:ss)	3:11:10
<i>Value added time</i> (hh:mm:ss)	5:02:23
<i>NVAT</i> (hh:mm:ss)	104:40:30
Mudanças (hh:mm:ss)	0:59:54
Distância diária (m)	3701,63
Custo transporte (un. Colep)	0,496
Perda diária (un. Colep)	5,764
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	102:01:53
<i>Throughput time</i> (hh:mm:ss)	109:42:54
%VAT	5,35%

Com os dados das tabelas anteriores, pode-se então desenhar o *Waste Identification Diagram*, que está apresentado na Figura 17 e na Figura 18:

3.4.2. WID da área

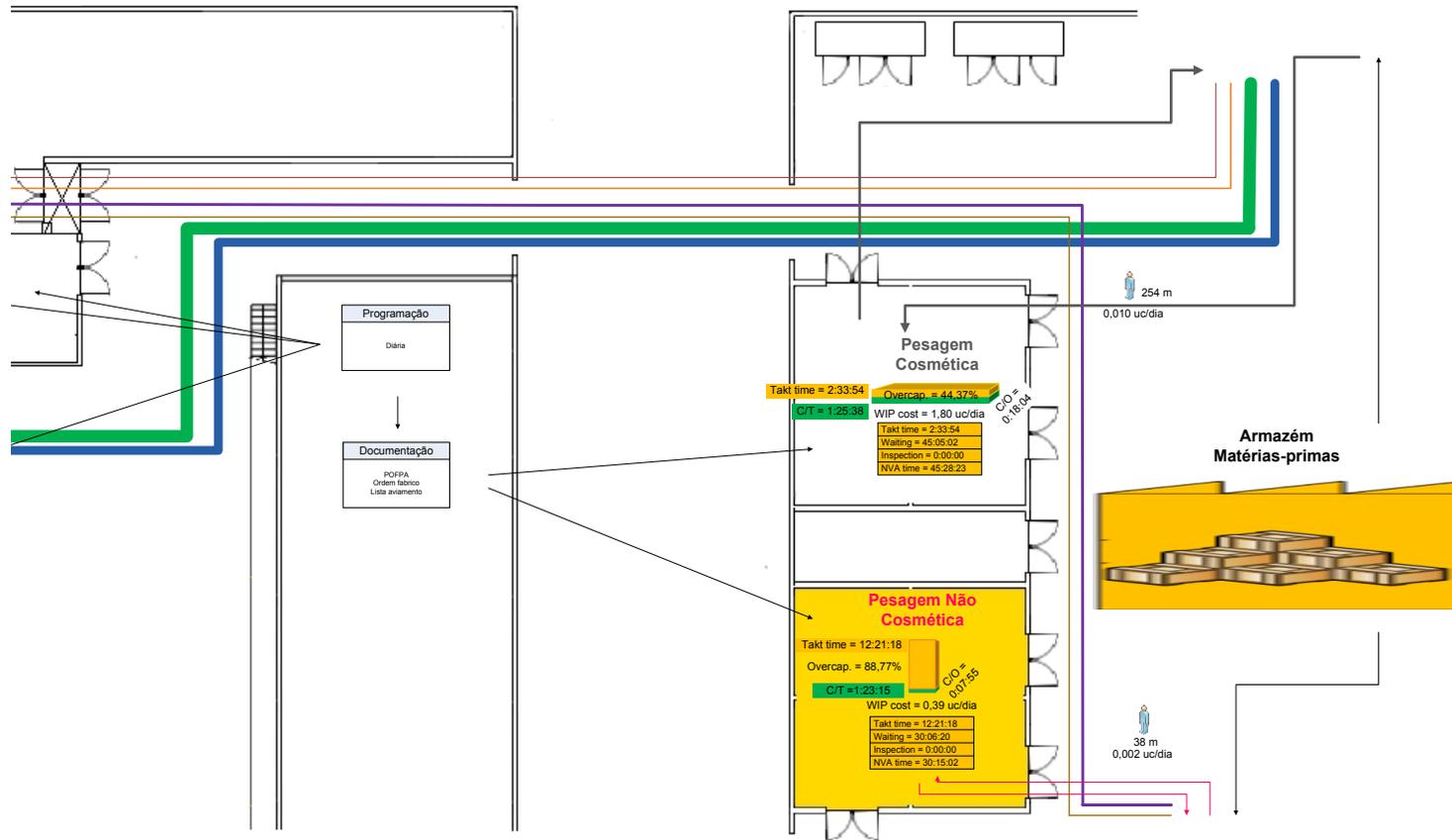


Figura 17 - WID da pré-pesagem

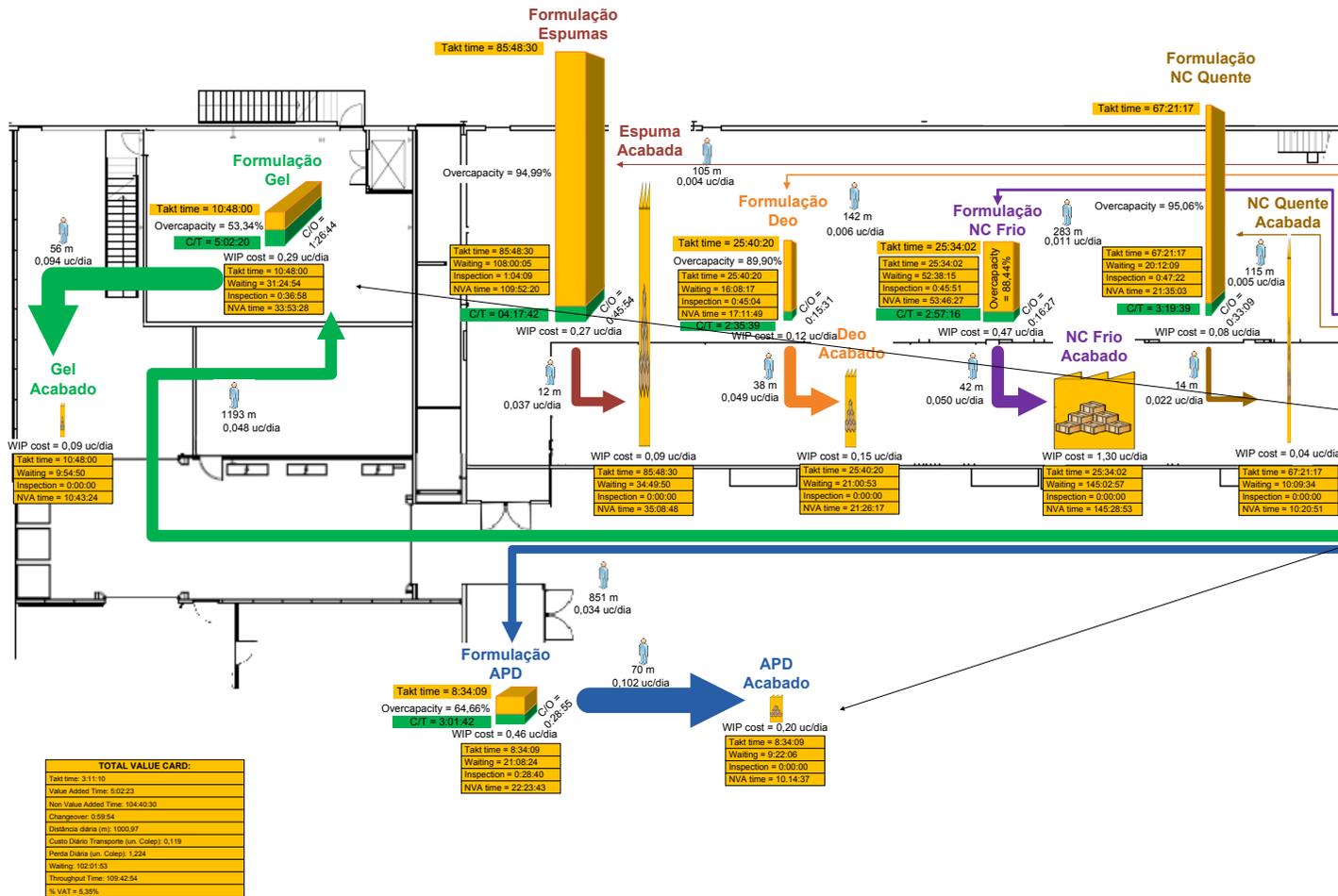


Figura 18 - WID da formulação

3.4.3. Identificação dos desperdícios nos diagramas *WID*

Olhando para o *Waste Identification Diagram*, facilmente salta á vista muita informação:

Iniciando pelo armazém de matérias-primas, este apresenta um bloco largo e alto, o que indica um grande desperdício. Uma vez que este armazém não pertence à área de formulação e pré-pesagem, o seu desperdício não irá ser contabilizado, mas o bloco foi mantido à escala. A pesagem cosmética tem um bloco largo e baixo, enquanto a pesagem não cosmética tem um bloco mais alto e estreito.

Na formulação, o bloco do gel é baixo e relativamente estreito mas muito profundo; o bloco de APD também é baixo mas não é tão estreito ou profundo. O bloco de espumas é muito alto, com aproximadamente a mesma largura do bloco de APD's e também bastante profundo. O bloco de deos é alto, esguio e pouco profundo. Semelhante a este é o bloco de não cosmética a frio, que é mais largo. Por último, o bloco de não cosmética a quente é também muito alto, é muito esguio e relativamente profundo.

Nos ícones de produto acabado, os do gel e dos APD's são baixos e estreitos; os das espumas, deos e não cosmética a quente são também estreitos mas altos. No entanto, o da não cosmética a frio é alto e largo.

Nas setas de transporte, é possível verificar que as setas de transporte da formulação para o produto acabado são as mais largas. No transporte da pré-pesagem para a formulação, as setas correspondentes aos APD's e ao gel são muito mais largas que as correspondentes às outras famílias de produtos.

Com uma análise mais profunda do diagrama, pode-se verificar que o processo se inicia com a pré-pesagem das matérias-primas, que está dividida em duas áreas: a de cosmética e a de não cosmética. O transporte para a área de cosmética é realizado por um operador a pé, que percorre em média 713 m por dia, o que representa um custo de 0,029 unidades Colep nesse período, e para a área de não cosmética o operador percorre em média 69 m por dia, o que representa um custo de 0,003 unidades Colep.

Analisando a área de pré-pesagem cosmética, verifica-se que o bloco é baixo, o que indica um baixo *takt time* e conseqüentemente que existem muitos produtos a

serem pesados na área. A área a verde é bastante pequena quando comparada com a área laranja, o que indica que o tempo de ciclo é bastante inferior ao *takt time*, e consequentemente que a área está subutilizada, tendo excesso de capacidade. O bloco é também bastante largo, o que indica um grande valor de *work in process*. Este facto deve-se aos materiais para pré-pesagem de cosmética serem considerados como pertencentes ao processo de pré-pesagem. Neste caso, as matérias-primas são transportadas nos seus contentores originais (bidões, isocontentores, etc.) que só irão ser utilizados parcialmente. No entanto, o valor do *WIP* contempla toda a quantidade presente de matérias-primas, e não a quantidade a ser utilizada. A profundidade do bloco de pré-pesagem cosmética é pequena, o que indica que o tempo de mudança não é muito elevado.

A caixa de dados sob o bloco fornece ainda mais informação: A espera do material a ser pesado dura, em média, um pouco mais de 45 horas. Quando se considera também o tempo de transporte para a área e o tempo de mudança, chega-se à conclusão que o tempo sem valor acrescentado no processo de pré-pesagem cosmética ascende a cerca de 45,5 horas. Como não há inspeções realizadas neste processo, o tempo de inspeção é nulo.

Na pré-pesagem de produtos de não cosmética, o bloco é bastante diferente: é mais alto, o que indica um maior *takt time* e consequentemente que a área não é tão requisitada como a área de cosmética. A área a verde representa uma fração ainda menor da área laranja, o que indica que a sobrecapacidade da área é maior (a área esta a ser menos aproveitada que a de cosmética). Nesta área, o *work in process* é menor, o que se traduz num bloco mais estreito, provavelmente porque a maior parte dos produtos de não cosmética tem menos matérias-primas que os produtos de cosmética. A profundidade do bloco é bastante pequena, o que indica um tempo de mudança bastante rápido.

A caixa de dados sob o bloco indica que o tempo de espera é superior a 30 horas, e que o tempo total de valor não acrescentado é de 30 horas e 15 minutos. Tal como na área de pré-pesagem cosmética, não são realizadas inspeções neste processo.

Da área de pré-pesagem cosmética saem quatro conjuntos de blocos correspondentes às quatro famílias de produtos de cosmética. Analisando o bloco correspondente à formulação de APD's, verifica-se que o bloco é baixo, o que indica

que o *takt time* também é baixo e que a formulação de antitranspirantes é bastante requisitada. A área a verde está um pouco abaixo de meio, o que indica que o tempo de ciclo é bastante inferior ao *takt time*, e conseqüentemente ainda existe capacidade para aumentar a produção de produtos desta família (é necessário alertar que os tempos de ciclo da formulação contemplam também o tempo de transferência). O custo do *WIP* é de cerca de 0,46 unidades Colep por dia, o que origina um bloco de largura considerável. Este custo está relacionado com o tempo de espera no processo, que é superior a 21 horas, de acordo com a caixa de dados. O tempo sem valor acrescentado no processo é de quase 22 horas, e a diferença entre o tempo de espera e o tempo de valor acrescentado é devida ao tempo de inspeção (quase 30 minutos) e ao tempo de transporte (cerca de 18 minutos). Este transporte é executado por um operador a pé que percorre cerca de 850 m por dia, uma vez que a área de formulação se encontra afastada da área de pré-pesagem. O tempo de mudança nesta área é de quase 30 minutos, expressos na profundidade do bloco.

Depois de concluído este processo, o produto é considerado como *stock* de produto acabado, que espera em média mais de 9 horas para encher, o que origina um custo de *work in process* de cerca de 0,20 unidades Colep por dia. Na transferência para este estado de *stock*, o operador percorre cerca de 70 metros por dia.

Por oposição ao bloco de APD, o bloco de desodorizantes é alto e fino, o que indica que o *takt time* é maior e que há menos *work in process* nesta família, o que se traduz num menor tempo de espera. A área a verde representa apenas uma pequena fração do bloco, o que indica que existe muita capacidade livre. O tempo de mudança é mais curto que o dos antitranspirantes, pelo que o bloco não é tão profundo. O transporte tem um custo médio de 0,006 unidades Colep por dia, e o operador percorre 142 metros por dia. Na transferência para produto acabado, o operador percorre 38 metros, com um custo diário de 0,002 unidades Colep.

O bloco de desodorizante acabado é também alto e fino, o que também indica que o *WIP* neste passo não é muito elevado, e conseqüentemente o tempo de espera também é menor.

A formulação de espumas tem um bloco extremamente elevado, o que traduz o alto *takt time* e o baixo número de produções realizadas por ano. Esse *takt time* elevado origina uma grande sobrecapacidade da área, mesmo com o tempo de ciclo

mais elevado (juntamente com o do gel), e também um grande tempo de espera, mesmo com um custo diário do *work in process* relativamente baixo. O tempo de mudança é bastante elevado, o que origina a profundidade do bloco. O transporte da pré-pesagem para a área de formulação de espumas tem um custo de 0,004 unidades Colep por dia, e são percorridos 105 metros nesta viagem. Já para a transferência para *stock* de espuma acabada, são percorridos apenas 12 m, o que origina um custo praticamente desprezável.

O bloco de espuma acabada é também alto mas mais fino que o da formulação das espumas, uma vez que as espumas se deterioram rapidamente e não podem ter muito tempo de espera antes do enchimento. Como tal, o custo do *WIP* também é muito baixo.

A formulação de gel tem um bloco relativamente baixo, e cerca de metade desse bloco é verde. Isto indica que o *takt time* é baixo e o tempo de ciclo é alto, mas ainda há bastante capacidade de produção livre. O *WIP* tem um custo relativamente elevado, que origina um tempo de espera superior a 31 horas. O tempo de mudança é de longe o mais demorado, o que se traduz num bloco muito profundo.

A área de formulação de gel é a mais distante da área de pré-pesagem, o que origina que os operadores percorram mais de um quilómetro por dia no transporte dos materiais, e isso origina também o maior custo de transporte. No entanto, a transferência do produto para *stock* é bastante mais curta e com menor custo. Aqui, o gel acabado tem pouco tempo de espera para enchimento, o que se traduz num custo de *WIP* baixo.

Em relação aos produtos de não cosmética a frio, o bloco tem o mesmo perfil em termos de altura, área a verde e profundidade que o bloco dos desodorizantes. No entanto, este bloco é mais largo, o que indica maior *work in process*. Consequentemente o custo do *WIP* e o tempo de espera são maiores que os dos desodorizantes. O transporte da área de pesagem para a área de formulação obriga o operador a caminhar 283 m por dia, enquanto a transferência do produto para *stock* apenas necessita de 42 metros. O bloco de não cosmética a frio acabado é o que origina um maior custo de *WIP* e maior tempo de espera, uma vez que o *stock* desta família de produtos é o mais elevado.

Por oposição, o bloco de não cosmética a quente é alto e fino, o que indica que o *WIP* é bastante baixo, bem como a procura deste tipo de produtos. O tempo de ciclo é muito inferior ao *takt time*, o que origina a maior sobrecapacidade da área. Esta família de produtos tem tempos de mudança mais altos que a não cosmética a frio, o que origina um bloco mais profundo. Tal como acontece com as espumas, mesmo com um *WIP* baixo o tempo de espera é longo devido ao elevado *takt time*. O transporte destes produtos origina que o operador percorra em média 115 metros por dia desde a pré-pesagem à área de formulação, e mais 14 para a transferência do produto para *stock*.

O bloco de produto acabado de não cosmética a quente é também muito alto e muito fino, o que traduz um *WIP* bastante baixo.

Finalmente, o *Total Value Card* permite uma avaliação do estado geral da área. O *takt time* global é pouco superior a 3 horas, mas o tempo de valor acrescentado é superior, com quase 5,5 horas. Isto indica que, no global, a área está acima da sua capacidade de produção. Apesar de se percorrer uma distância grande no transporte (cerca de 3,7 km), o custo desse transporte é muito pequeno quando comparado com o custo diário do *WIP*.

O tempo de valor não acrescentado é superior a 100 horas, sendo a maior parte deste tempo devido a espera. Deste modo, o tempo de valor acrescentado é de apenas 5,78%.

A Tabela 43 resume os desperdícios que se podem encontrar através do diagrama *WID*:

Tabela 43 - Desperdícios observáveis no diagrama WID

	Exemplos	Como se visualiza no WID
Transporte	Transporte do armazém para a pré-pesagem;	Setas de transporte entre os vários processos, de largura proporcional ao esforço de transporte.
	Transporte da pré-pesagem para a formulação;	
	Transporte do produto acabado para <i>stock</i> ;	
Inventário	Inventário excessivo na pré-pesagem;	Estão relacionados com a largura dos <i>block icon's</i> . Quanto maior for a largura do <i>block icon</i> , maior o nível de inventário.
	Inventário excessivo na formulação;	
	Inventário excessivo de produto acabado;	
Movimentações	Deslocação do pesador à área de material para pesar;	A acompanhar a seta de transporte está o símbolo de que este é efetuado por um operador a pé.
	Deslocação do formulador à área de material pesado e de volta à formulação;	
Espera	Espera pela fusão dos materiais na estufa;	Estão relacionados com a largura dos <i>block icon's</i> . Quanto maior a largura do <i>block icon</i> , maior o tempo de espera.
	Espera pela entrega do material a pré-pesar pelo armazém;	
	Espera pelo controlo de qualidade para transferir o produto;	
Defeitos	Não é possível detetar este tipo de desperdício. Sabe-se que os produtos são reprocessados, caso necessário, antes da sua transferência para <i>stock</i> .	
Sobreprocessamento	Não é possível, através do diagrama, visualizar algum tipo de sobreprocessamento. Sabe-se que os processos de fabrico são sempre fornecidos pelo cliente e consequentemente não existe sobreprocessamento uma vez que todo o processamento é requisito desse cliente.	
Produção excessiva	Excesso de produto formulado como consequência de perdas de produto nas transferências e no enchimento;	Não é diretamente visível no diagrama, mas existe um passo de transferência de produto para <i>stock</i> , que implica perdas.
	Sobrecapacidade existente em todas as fases do processo.	A relação entre a área a verde e a área laranja em cada <i>block icon</i> indica a sobrecapacidade do processo.

4. Estado futuro

4.1. Desperdícios encontrados, classificação

Através da análise dos vários *Value Stream Maps*, é possível verificar que o tempo de atravessamento elevado é principalmente devido aos tempos de espera entre os vários passos do processo, originando um baixo tempo de valor acrescentado. Com o *Waste Identification Diagram*, é possível atribuir um custo diário a esses tempos de espera, como se pode ver na Figura 19:

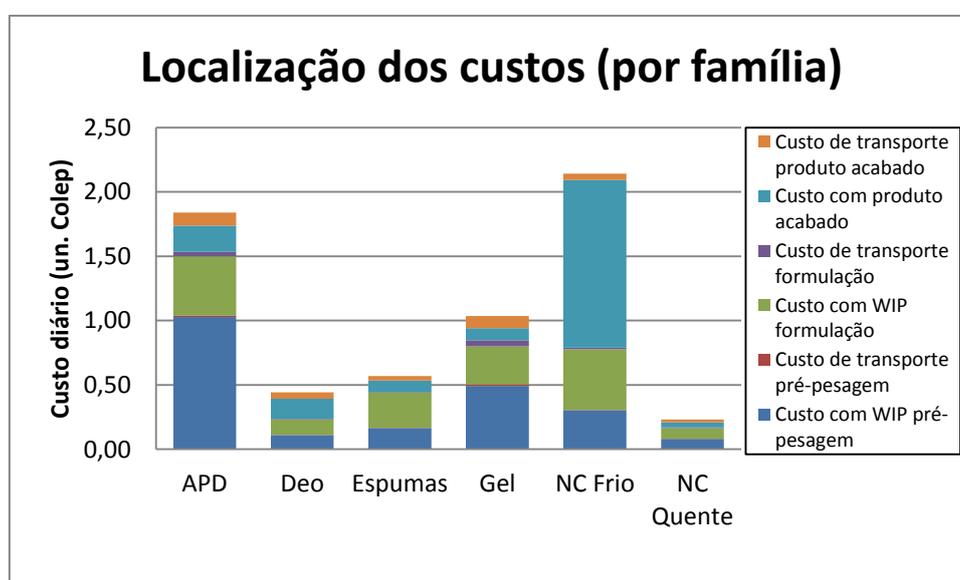


Figura 19 - Localização dos custos (por família)

Neste gráfico é possível ver que a maior parte dos custos não são de transporte mas sim de *work in process*, cuja localização depende do tipo de produto: nos antitranspirantes localiza-se principalmente em matérias-primas para pré-pesar, mas na não cosmética a frio já se encontra principalmente como produto acabado. Embora a sua localização varie entre famílias, os custos de *WIP* são sempre superiores aos de transporte. Desta forma, os inventários deverão ser os pontos de maior incisão para a remoção dos desperdícios.

Nos *VSM's* e no *WID* é também possível ver que as atividades de transferência dos produtos não acrescentam valor. Desta forma, sempre que possível, dever-se-ia encher o produto a partir do tanque de formulação.

Embora não acrescente valor ao processo, o controlo de qualidade é um passo importante para assegurar a qualidade do produto intermédio e do produto final. Para diminuir o impacto do tempo de controlo de qualidade, basta não ser necessário transferir o produto para *stock*, e desta forma o tempo de espera é reduzido.

Na família dos desodorizantes existe um passo de controlo de qualidade intermédio entre duas fases de formulação, que origina esperas. É necessário verificar até que ponto este controlo de qualidade é necessário, se pode ser mudado para o final da formulação, ou se pode ser efetuado pelo próprio formulador, de modo a reduzir o seu impacto.

Analisando o *Waste Identification Diagram*, pode facilmente verificar-se que o processo global de pesagem e formulação tem pontos em comum, que não eram visíveis nos *Value Stream Maps*. De facto, a pesagem dos produtos de cosmética é realizada na mesma área para todas as famílias de cosmética, e a pesagem de produtos de não cosmética é também comum para a não cosmética a quente ou a frio. Este facto tem um grande impacto a nível do *takt time* da pré-pesagem, uma vez que este deixa de ser igual aos *takt times* das famílias de produtos em cada área, o que pode dificultar a programação da área sem a existência de inventários. Não sendo em si um desperdício, esta variabilidade entre os *takt times* das várias famílias ajuda a explicar a dificuldade de normalização do trabalho. É também importante notar que os *takt times* dos vários processos não estão equilibrados: o *takt time* da pré-pesagem é diferente do *takt time* da formulação (independentemente da família de produtos), e este não está balanceado com os pedidos das várias linhas de produção (que são os clientes da área).

Outro ponto que salta à vista é a sobrecapacidade em geral do processo. De facto, o processo parece estar sempre sobredimensionado quando se compara o *takt time* dos produtos com o seu tempo de ciclo. No entanto, este é um diagrama com valores médios, que não considera picos de produção, onde a capacidade pode ser um problema em produtos como o gel ou os antitranspirantes.

Por outro lado, de acordo com o processo descrito, a limitação de capacidade do processo está mais relacionada com o número de horas-homem disponíveis do que com a capacidade dos tanques ou a relação entre o *takt time* e o tempo de ciclo.

Embora o seu custo seja relativamente baixo quando comparado com o custo do *WIP*, o transporte obriga os operadores a percorrer mais de 3700 metros por dia no decorrer do trabalho, pelo que deve ser considerado importante.

Durante a fase de observação do funcionamento da área, foi também possível detetar alguns problemas com o processo de preparação dos produtos ativos. O primeiro ponto que se pôde verificar é que o funcionamento da área está muito dependente do funcionamento das linhas de enchimento. Sempre que há alterações de programação nas linhas, estas repercutem-se na formulação dos produtos. Há algumas situações que ocorrem com alguma frequência, e que devem ser incluídas nesta secção:

Caso duas linhas de produção necessitem de produtos que são formulados no mesmo tanque ao mesmo tempo, um destes produtos é feito antecipadamente e transferido para um tanque de *stock*, de modo a libertar o tanque de formulação para o produto seguinte. No entanto, caso uma das linhas se adiante em relação à programação ou a outra se atrase, pode acontecer que o tanque ainda não esteja disponível para a formulação do segundo produto, o que origina que a linha pare à espera deste. Da mesma forma, caso uma linha que esteja a utilizar um determinado tanque de *stock* se atrase, e este tanque seja necessário para um outro produto para outra linha, a segunda linha pode parar por falta de produto.

A velocidade de consumo por parte das linhas varia com o tipo de produto, uma vez que alguns produtos são consumidos em pequena quantidade por lata (como os antitranspirantes) e outros em grande quantidade (como as espumas). Uma consequência deste facto é que para produtos de consumo rápido, como as espumas, o tempo de consumo de um lote pode ser inferior ao tempo de formulação do lote seguinte. Neste caso, há necessidade de produzir dois lotes em antecipação, para evitar a paragem da linha. Esta antecipação traz desperdício, uma vez que é necessário manter o produto em agitação, consumindo energia.

Alguns produtos têm uma duração relativamente curta enquanto produto ativo não embalado, uma vez que podem desenvolver contaminação microbológica, ou

separação de fases. Como tal, a sua formulação deve ser o mais próximo da hora em que é necessária para enchimento quanto possível.

Em cada lote, é considerado um excesso que é avaliado empiricamente pelo supervisor ou pelo *Cell Leader*. Este excesso visa cobrir perdas de produto nas transferências para *stock* e para a linha. Nos produtos que não têm possibilidade de desenvolver contaminação microbiológica ou separação de fases, é comum guardar o *bulk* que sobra após o enchimento. Na produção seguinte desse produto, esse produto é incorporado no novo lote, após aprovação do controlo de qualidade. Embora seja uma forma de não desperdiçar produto, esta reincorporação consome tempo e recursos, e aumenta o *work in process* de produto acabado. Nos produtos com possibilidade de separação de fases ou contaminação microbiológica, o *bulk* em excesso é desperdiçado.

A plataforma principal de formulação tem tanques de cosmética e não cosmética na mesma área. As regras de boas práticas de fabrico recomendam que as áreas para produtos de cosmética e não cosmética sejam separadas, de forma a evitar o risco de contaminação cruzada, ou seja, de contaminação de um produto com matérias-primas de um outro produto.

As regras de boas práticas de fabrico também recomendam que em qualquer operação haja uma confirmação por um operador independente. Desta forma, a pesagem realizada pelo operador de pesagem é confirmada pelo operador de formulação, e a formulação é confirmada pelo operador de controlo de qualidade. É por esta razão que os operadores que pesam um produto não o formulam, o que evitaria o inventário de produto pré-pesado.

A Figura 20 mostra a relação entre os desperdícios encontrados. Estes estão divididos segundo o tipo de desperdício (Ohno, 1988), e estão representadas as principais relações entre eles.

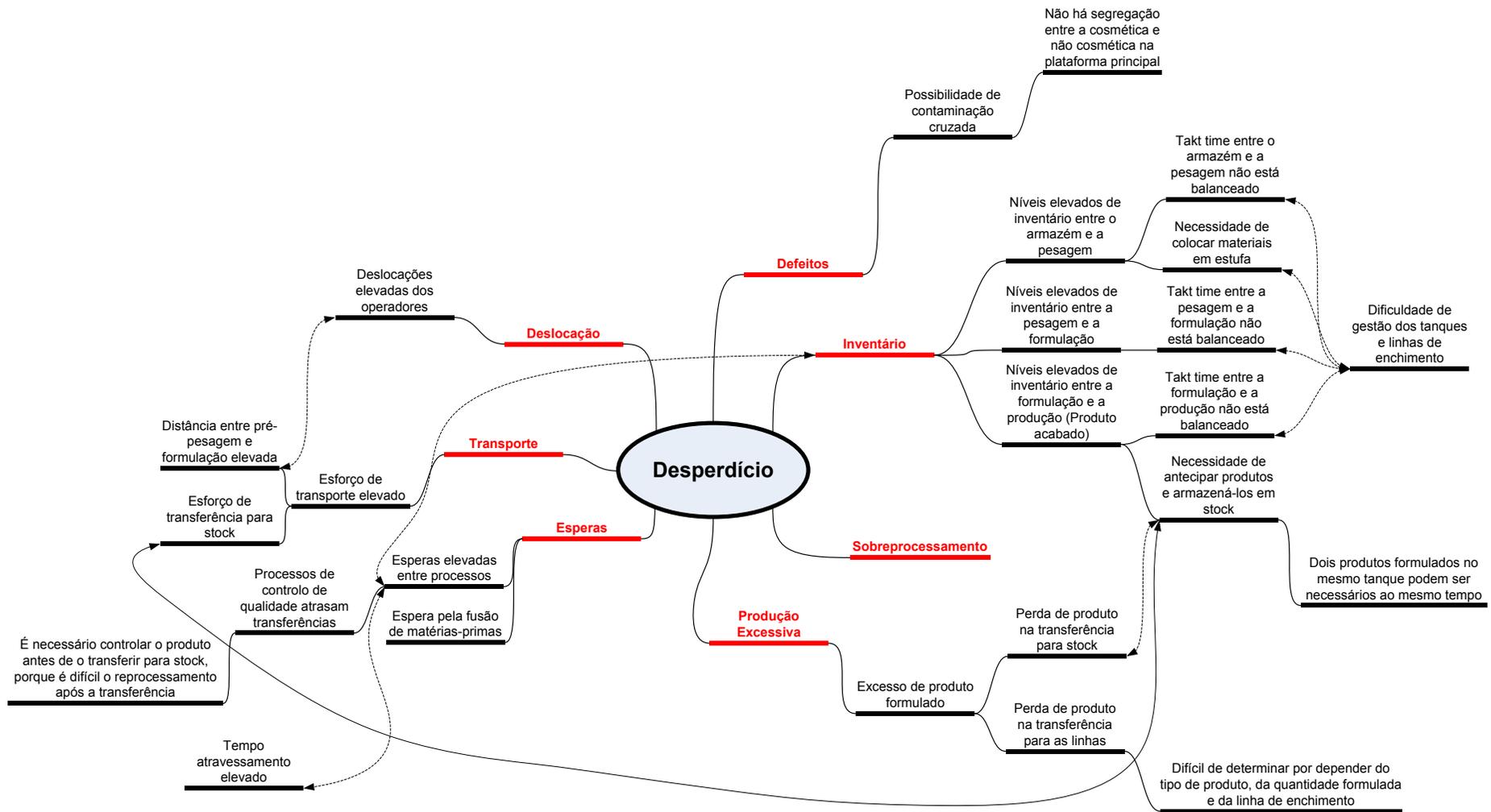


Figura 20 - Relações entre os desperdícios encontrados

Iniciando a sua interpretação pelos defeitos, verifica-se que o principal perigo é a possibilidade de contaminação cruzada proveniente de não haver segregação entre os tanques de cosmética e não cosmética.

Em termos de inventário, verifica-se que os níveis de inventário são elevados em três pontos distintos: antes da pré-pesagem (inventário de matérias-primas), entre a pré-pesagem e a formulação (inventário de material pesado) e entre a formulação e a produção (*stock* de produto acabado). O primeiro tem duas origens: a necessidade de colocação de materiais em estufa e a falta de balanceamento entre os *takt times* da pesagem e do armazém. O segundo tem origem na falta de balanceamento entre a pré-pesagem e a formulação – o *takt time* da pré-pesagem é diferente dos *takt times* para cada família de produtos formulados. O terceiro tem origem na falta de balanceamento entre os *takt times* da formulação e da produção (linhas de enchimento), uma vez que os produtos são feitos para *stock* por antecipação das necessidades – é usado um sistema “*push*”. Por esta mesma razão, há a necessidade de transferência para tanques de *stock*, uma vez que o mesmo tanque de formulação pode ter a necessidade de formular dois produtos ao mesmo tempo, visto que estes produtos podem ser necessários em duas linhas simultaneamente.

Não foi detetado nenhum exemplo de sobreprocessamento na área, uma vez que as instruções de fabrico são enviadas pelo cliente e consequentemente todo o processamento é necessário em cada produto.

Em termos de produção excessiva sabe-se que é formulado um excesso em cada produto para que as perdas resultantes das transferências para os tanques de *stock*, deste para as linhas de enchimento e as próprias perdas no enchimento dos produtos não se traduzam numa diminuição do número de latas cheias em relação à ordem de produção. Estes últimos são difíceis de prever em termos de quantidade, pois dependem da quantidade da ordem de produção, da afinação das máquinas de enchimento (quanto melhor a afinação menor será a perda de enchimento), da distância do tanque à linha de enchimento (quanto maior a distância, maior a quantidade de produto que fica nas tubagens), e mesmo do tipo de produto (quanto mais viscoso o produto, maior a perda). No entanto, a perda resultante da transferência para *stock* é constante, dependendo apenas do tipo de produto e da distância entre os tanques de formulação e de *stock*. Desta forma, uma parte do

excesso de produção poderá ser eliminada caso se consiga evitar a transferência para *stock*.

As esperas entre os processos são bastante grandes, o que origina um tempo de atravessamento da área também elevado. Estas esperas estão relacionadas com os inventários, e naturalmente têm as mesmas causas e consequências, mas também estão relacionadas com o tempo de controlo de qualidade antes da transferência para *stock*, uma vez que é mais difícil o reprocessamento de um produto depois de transferido porque os tanques de *stock* não têm as condições necessárias (aquecimento, agitação, homogeneização, etc.). Uma terceira causa de esperas é a fusão das matérias-primas que necessitam de estufa: é necessário esperar que as matérias-primas fundam antes de serem pesadas, pesá-las e voltar a colocá-las na estufa para que não solidifiquem novamente.

Em termos de transporte, verifica-se que existe um esforço de transporte elevado na área, que está diluído pelas várias famílias de produtos, mas que se nota mais em termos de gel e antitranspirantes. Este esforço tem duas causas principais: a primeira é a distância entre os processos de pré-pesagem e as zonas de material para pesar e de material pré-pesado, e as várias zonas de formulação: os operadores percorrem frequentemente estas distâncias para recolher e transportar o material. A segunda é o tempo de transferência para *stock*, que é contabilizado como um transporte.

Por último, as elevadas deslocações dos operadores têm a mesma origem do esforço de transporte: as distâncias entre os processos são bastante elevadas.

As principais causas de perda, os seus efeitos, a prioridade de resolução e a sua dificuldade de resolução estão resumidas na Tabela 44.

A falta de balanceamento entre a produção e a formulação leva à necessidade de inventários elevados de produto acabado, que originam esperas e a necessidade de armazenamento do produto nos tanques de *stock*. Este armazenamento obriga à transferência dos produtos do tanque de formulação para o tanque de *stock*, que origina esperas pelo controlo de qualidade e pela transferência em si, uma vez que o produto não está disponível para a linha de enchimento, a um maior número de limpezas, pois é necessário limpar o tanque de formulação e o tanque de *stock* para o

mesmo produto, e a maiores perdas de produto, que obrigam à formulação de um excesso para a sua compensação.

Desta forma, dado o impacto significativo que esta causa tem no desempenho da área, a sua prioridade de resolução é alta. A sua resolução passa por ver, para cada produto em cada linha, qual a melhor forma de balanceamento entre a produção e a formulação. Dada a diversidade de produtos, é um trabalho extenso, que pode originar a necessidade de redefinição de quantidades mínimas de fabrico (MOQ's) e renegociações com os clientes. Por este motivo, a sua dificuldade de resolução foi considerada média.

De forma semelhante, a falta de balanceamento entre a pré-pesagem e a formulação leva à necessidade de inventários elevados de produto pesado, que também originam esperas e a ocupação da zona de material pré-pesado. Uma vez que a distância entre a zona de material pré-pesado e a zona de formulação é elevada, há um esforço de transporte grande, tal como o deslocamento. O impacto desta falta de balanceamento no desempenho da área é também elevado, pelo que a sua prioridade de resolução é alta. A sua resolução passa por encontrar um modo de balancear as operações de pré-pesagem e formulação, que depende inteiramente de processos internos da equipa de formulação e pré-pesagem que podem ser facilmente alterados. Por este motivo, considera-se que a dificuldade de resolução é baixa.

A falta de balanceamento entre a pré-pesagem e o armazém também leva à necessidade de inventários de matérias-primas elevados, que também originam esperas e a ocupação da zona de material a pré-pesar. Além disso, a espera pela fusão dos materiais é um ponto importante para o aumento da capacidade de resposta a alterações, uma vez que para os produtos que têm matérias-primas que necessitam de fusão este é o *bottleneck* para o seu fabrico. Desta forma, a prioridade para a sua resolução também é alta. A sua dificuldade de resolução foi classificada como média, uma vez que não depende apenas de processos da equipa de formulação e pré-pesagem, mas também da equipa do armazém.

Tabela 44 - Causas dos desperdícios, efeitos, prioridade e dificuldade de resolução

Causa	Efeitos	Prioridade de resolução	Dificuldade de resolução
Falta de balanceamento entre produção e formulação	Necessidade de inventários elevados de produto acabado - <i>Stock</i> e esperas; Necessidade de tanques de <i>stock</i> - ocupação de espaço e investimentos nos tanques; Necessidade de mais transferências - esperas, maior número de limpezas; Necessidade de formulação de quantidades excessivas - desvios ao consumo; Necessidade de espera pelo controlo de qualidade antes da transferência - perda tempo;	Alta	Média
Falta de balanceamento entre formulação e pré-pesagem	Necessidade de inventários elevados de produto pesado - <i>WIP</i> e esperas; Necessidade de zona de material pré-pesado - ocupação de espaço; Necessidade de maiores deslocações dos operadores - perda de tempo;	Alta	Baixa
Falta de balanceamento entre pré-pesagem e armazém	Necessidade de inventários elevados de matérias-primas - <i>WIP</i> e esperas; Necessidade de zona de material a pré-pesar - ocupação de espaço; Necessidade de maiores deslocações dos operadores - perda de tempo; Necessidade de esperas pela fusão dos materiais na estufa - perda de tempo;	Alta	Média
Distâncias grandes entre pré-pesagem e formulação	Maior esforço de transporte; Maiores deslocações dos operadores - perda de tempo;	Baixa	Alta
Falta de segregação entre cosmética e não cosmética	Maior possibilidade de contaminação cruzada; Requisito de clientes;	Alta	Alta

As distâncias entre a pré-pesagem e a formulação têm como consequência o esforço de transporte (e a respetiva perda de tempo) e o tempo perdido em deslocações. No entanto, como se verificou com o *WID*, o esforço de transporte é menor que o impacto causado pelos inventários. Como tal, a prioridade da sua resolução é mais baixa. Este problema parece ter como única solução a mudança de *layout*, o que implica investimentos elevados. Como tal, a dificuldade de resolução foi classificada como alta.

Por último, a falta de segregação entre as áreas de cosmética e não cosmética, na plataforma principal, é um requisito de boas práticas de fabrico e da muitos dos clientes da empresa, além de potenciar o risco de contaminação cruzada (contaminação de um produto com vestígios de matérias-primas de outros produtos). Como tal, a prioridade para a sua resolução é alta. Uma vez que a alteração desta situação envolve a mudança de *layout* dos tanques e elevados investimentos, a dificuldade da sua resolução também é alta.

4.2. Proposta para o estado futuro

4.2.1. VSM Estado Futuro

Para auxiliar na definição do estado futuro, podem ser usadas as questões fundamentais de Rother e Shook:

Qual o *takt time* do processo? O *takt time* do processo depende de cada linha. Uma vez que as linhas têm determinados produtos dedicados, seria conveniente estabelecer um período que seria o *takt time* de produção. Desta forma, o *takt time* manter-se-ia constante entre cada linha de produção e a formulação, o que permite reduzir os inventários de produto acabado. Idealmente este *takt time* será igual ao tempo de atravessamento da área de formulação.

Vai ser criado um supermercado de produtos finais de onde o cliente “puxa”, ou produz-se diretamente para envio? A situação ideal seria a criação de um supermercado para cada linha, contendo dois tanques: um em uso e outro em formulação. Quando o produto seguinte fosse para a linha, iniciava-se a formulação no tanque que saía desta. Para evitar perdas, o ideal seria o uso de tanques móveis, mas para produtos com quantidades elevadas (como os deos, por exemplo), não parece ser fácil. Naturalmente, este método de produção implicaria que os tanques para as linhas A2, A4, A5 e L6 tivessem a capacidade de produzir mais que um tipo de produtos.

Onde usar processamento de fluxo contínuo? O fluxo contínuo é a resposta ideal para evitar o inventário de material pré-pesado. Para tal, as operações de pesagem e formulação devem ser efetuadas consecutivamente, evitando assim o inventário e as esperas consequentes. Uma vez que as boas práticas de fabrico implicam que os processos sejam verificados por mais de um operador, o processo deverá ser efetuado por uma equipa de dois operadores ou confirmado por um sistema informático. Efetuando o balanceamento das tarefas de pesagem e formulação, pode ser possível reduzir o tempo sem valor acrescentado nestes processos.

Onde usar sistema “pull” em supermercados? Um processo apropriado para o uso de sistemas *pull* será o abastecimento do armazém á formulação. Uma vez que

não será necessário manter o material que necessita de fusão em estufa após a pesagem, visto que a formulação será efetuada imediatamente a seguir, é libertado espaço de estufa, que pode ser usado para colocar mais material para pesagem, caso necessário. Ao funcionar em sistema *pull*, as quantidades necessárias na estufa terão que cobrir o tempo de fusão dos materiais, geralmente entre 24 e 48 horas.

Em que único ponto da produção se vai programar? Uma vez que a programação da formulação passa a depender exclusivamente da programação de uma linha de enchimento, o ponto ideal de programação é a linha de enchimento. Desta forma, passam a existir 7 programações independentes, uma para cada linha de enchimento.

Como nivelar o *mix* de produção no ponto mais lento? O *mix* de produção será automaticamente nivelado na programação da linha. No entanto, pode ser efetuado diariamente um nivelamento para que os produtos com tempos de ciclo elevados não se traduzam em atrasos na linha.

Que incremento de trabalho se vai libertar consistentemente e remover no passo mais lento? O incremento de trabalho ideal no passo mais lento será o próximo lote para essa linha, de forma a manter o *stock* de produto acabado no seu nível mínimo, que será consumido no turno seguinte.

Que processos de melhoria vão ser necessários para atingir o fluxo de valor da forma que o estado futuro especifica? A Tabela 45 apresenta os principais processos de melhoria necessários para atingir o estado futuro.

Tabela 45 - Melhorias necessárias para atingir o estado futuro

Nº	Descrição
1	Estudo da velocidade de cada produto em linha e da quantidade de produto em cada unidade, para permitir determinar a velocidade de consumo do produto.
2	Ajuste das quantidades a produzir para cobrirem o <i>takt time</i> em cada linha.
3	Determinação das condições necessárias nos tanques para permitir a produção para o <i>takt time</i> .
4	Alteração do <i>layout</i> para permitir a acomodação dos tanques.
5	Estudo de balanceamento de cargas para dois operadores ou implementação de um sistema informático capaz de evitar erros.
6	Alteração do processo de abastecimento de materiais para supermercado.
7	Alteração do processo de formulação dos produtos para sistema <i>pull</i> .
8	Alteração da documentação para o formato <i>Kanban</i> .

Deste modo, o *Value Stream Map* futuro está apresentado na Figura 21.

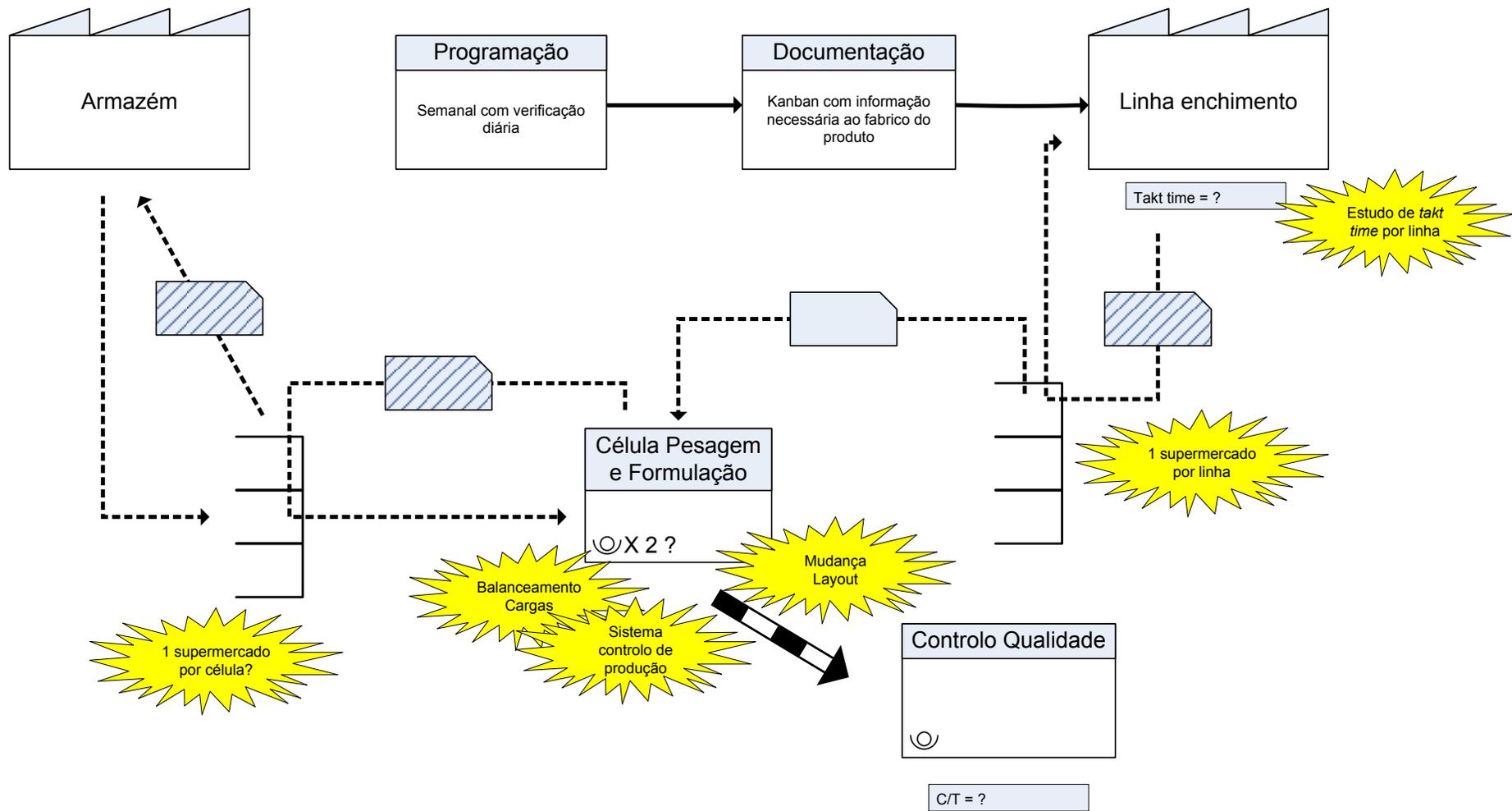


Figura 21 - VSM do estado futuro

4.2.2. Análise do VSM futuro

Como se pode verificar pelo VSM, o *takt time* definido no estudo dos produtos para cada linha irá condicionar todo o processo. A retirada de um lote de produto do supermercado com um *kanban* irá despoletar a pesagem e formulação de um novo lote de produto para a sua reposição. Por sua vez, esta produção removerá os materiais de um outro supermercado (no qual estão incluídas as estufas) com um outro *kanban*, que originará o pedido de reposição dos materiais ao armazém.

A pesagem e a formulação passam a ser integradas numa célula de produção, onde estas atividades são efetuadas consecutivamente. Isto elimina o inventário existente na zona de material pré-pesado no estado atual.

Nesta célula poderão existir um ou dois operadores devido às condicionantes das boas práticas de fabrico: caso seja possível a instalação de um sistema de controlo de produção que confirme as quantidades dos materiais pesados, bastará um operador. Caso contrário, provavelmente serão necessários dois operadores. Neste caso, poderá ser efetuado um estudo de balanceamento de tarefas de modo a tentar reduzir o tempo de ciclo dos produtos.

O inventário antes e depois da célula passa a ser controlado através de um supermercado. Isto significa que apenas quando se remover um lote de produto do supermercado este é repostado, mas não é produzido mais nenhum lote enquanto aquele não tiver sido removido. Desta forma, o *WIP* é controlado.

O tempo de atravessamento dependerá do tempo de ciclo em cada célula de produção, uma vez que dependerá do *mix* de produtos particular de cada célula. Da mesma forma, os tempos de transporte dos materiais e de controlo de qualidade dependerão desse *mix*.

O tempo de atravessamento é também igual ao *takt time*, porque o produto acabado esperará no supermercado até ser removido, ou seja, o tempo de espera será a diferença entre o *takt time* e o tempo de ciclo. A percentagem de valor acrescentado estará então dependente deste tempo de atravessamento e conseqüentemente do *takt time* definido.

O sistema de informação e controlo da produção também é modificado: da programação são originados os *kanbans* de produto que são entregues às linhas de enchimento. Quando uma linha vem buscar um lote de produto ao supermercado de produto acabado, entrega esse *kanban* à célula de formulação. Esta, por sua vez, usa o *kanban* para retirar os materiais do supermercado de matérias-primas, entregando-o ao armazém, que o recolhe e repõe o *stock* no supermercado.

Neste *VSM* não foi colocada a linha de tempo, uma vez que só após os estudos para cada célula de produto será possível apresentar os valores constantes nesta.

Para atingir este estado futuro, estão também representadas as principais melhorias *kaizen* necessárias: a mudança de *layout*, o sistema de controlo de produção ou o balanceamento de cargas pelos dois operadores, a criação de um supermercado por linha e o estudo do *takt time* por linha.

4.2.3. Proposta de *layout* futuro

De acordo com os desperdícios destetados no estado atual e com as oito questões fundamentais respondidas, verifica-se que o novo *layout* deverá permitir a pesagem e formulação num único processo, segregara área de cosmética da área de não cosmética, permitir a constituição de um supermercado por linha e ainda reduzir o esforço de transporte.

A solução para estas necessidades passa pela criação de uma célula de formulação para cada linha de enchimento, onde são pesados e formulados os produtos de todas as famílias necessárias para essa linha, conforme apresentado na Figura 22:

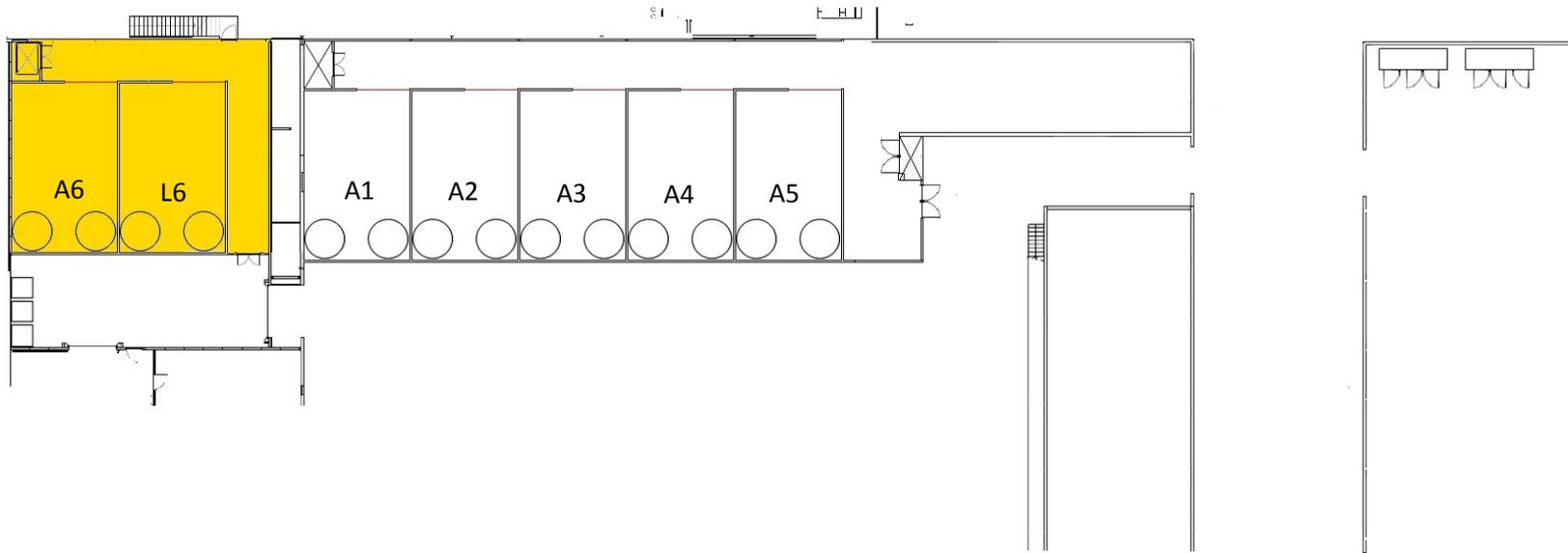


Figura 22 - Proposta de *layout* futuro

4.2.4. Análise do *layout* futuro

O *layout* futuro apresenta muitas das características desejadas para a área de formulação. A área está dividida em sete células de formulação, cada uma correspondente a uma linha de enchimento, cinco para as linhas de cosmética e duas para as linhas de não cosmética. As células de não cosmética foram colocadas na atual área de formulação de gel, visto ficarem mais próximas das linhas de enchimento deste tipo de produtos, enquanto as células de cosmética ficam localizadas na atual plataforma principal, havendo total segregação.

Idealmente, cada uma das células deverá ter apenas dois tanques, visto que enquanto um está em utilização para enchimento o segundo se encontra em formulação, e apenas quando o primeiro for libertado se iniciará a formulação de um novo lote de produto. Desta forma, passam a existir apenas 14 tanques de produto, por oposição aos 46 tanques atuais, o que diminui o esforço de manutenção e de limpeza global. Para facilitar ainda mais este esforço, o número de equipamentos (tubagens, balanças, mesas de apoio, etc.) deverá ser mínimo.

De acordo com a Tabela 5 e a Tabela 6, os produtos a formular em cada área estão apresentados na Tabela 46:

Tabela 46 - Tipos de produtos em cada linha de enchimento

Linha	Tipo de produto
A1	Gel
A2	APD's, Deo's
A3	Espumas
A4	APD's, Deo's
A5	APD's, Deo's
A6	NC Frio, NC Quente
L6	NC Quente

Naturalmente, alguns os tanques das células que formulam produtos para as linhas A2, A4, A5 e A6 deverão ter condições que permitam a formulação de mais que um tipo de produto. Idealmente, os equipamentos acessórios aos tanques (homogeneizadores, bombas, etc.) deverão ser amovíveis para permitir a sua rápida substituição em mudanças e para fácil manutenção – possivelmente o modo ideal será

o uso de mangueiras flexíveis para a sua conexão aos tanques. Sempre que o tamanho de lote o permita, os tanques deverão ser móveis e a célula deverá ter uma porta para a sua remoção da área – este tipo de tanques origina menos perdas na transferência do produto para a linha e conseqüentemente diminui os desvios ao consumo, embora aumente o esforço de transporte. Caso os tamanhos de lote sejam demasiado grandes e conseqüentemente os tanques necessitem de muito espaço, pode ser preferível a colocação de mais tanques na célula de formulação.

O facto de as células de formulação e pesagem estarem dedicadas a cada linha de enchimento elimina o problema de uma linha parar devido à necessidade de um produto que só pode ser efetuado num tanque ocupado por outra linha de enchimento.

Os produtos que têm mais de uma fase necessitarão de tanques de fases. Estes deverão ser móveis, de modo a que um único tanque possa ser usado em ambos os tanques de produção, ou deverão ter conexões para ambos os tanques, no caso de o seu volume ser grande.

A pré-pesagem dos produtos passará a ser efetuada no piso térreo da célula e a introdução das matérias-primas nos tanques poderá ser efetuada no piso térreo ou no primeiro piso da célula, consoante o tipo de produto e de matéria-prima. Idealmente, todas as matérias-primas seriam aspiradas desde o piso térreo para dentro do tanque, uma vez que diminui o esforço de transporte e a carga para o operador. No entanto, em caso de necessidade, o transporte das matérias-primas para o primeiro andar pode ser assegurado por dois elevadores na área de cosmética, um em cada extremo da área, e um na área de não cosmética. A área de pré-pesagem pode assim desaparecer, mantendo-se apenas as estufas, que passam a funcionar em sistema de supermercado, libertando espaço para o armazém de matérias-primas.

O funcionamento dos tanques deverá ser todo controlado de forma automática: o método de fabrico de cada produto poderá estar armazenado numa base de dados a que o operador acede e indica a quantidade que pretende formular (essa informação também poderá vir na ordem de fabrico através de um código de barras, por exemplo). O sistema determina quais as matérias-primas que constam nesse produto e em que quantidades são necessárias, mediante uma lista de materiais existente na base de dados. O operador digitaliza o código de barras que identifica

cada matéria-prima e o sistema verifica se é essa a matéria-prima que deverá entrar no passo seguinte do processo. Em caso positivo, o operador pesa a matéria-prima (a quantidade é enviada para o sistema, este compara-a com a prevista e dá um alarme caso não esteja correta) e coloca-a no tanque. Em caso negativo, o sistema originará um alarme e indicará qual a matéria-prima correta. Caso o passo seguinte seja uma agitação, homogeneização, aquecimento ou arrefecimento o sistema pedirá o fecho do tanque e executará essa ação automaticamente de acordo com parâmetros de tempos e temperaturas pré-estabelecidos, prosseguindo numa sequência de operações de adição de matérias-primas e ações até o produto estar pronto. Desta forma o trabalho do operador é simplificado e o valor acrescentado do trabalho do operador maximizado.

4.2.5. *WID* Estado Futuro

De acordo com o *layout* da Figura 22, há células de formulação que formulam mais de um tipo de produtos. A percentagem de lotes de cada família pode ser determinada de forma aproximada relacionando as velocidades máximas de cada linha (ver Tabela 5 e Tabela 6) e o tipo de produtos cheios nessa linha (ver Tabela 46), para cada célula, conforme apresentado na Tabela 47:

Tabela 47 - Percentagem de lotes de cada família em cada célula de formulação

Célula	Percentagem de lotes
A1	100% Gel
A2	75% APD, 25% Deo
A3	100% Espumas
A4	75% APD, 25% Deo
A5	75% APD, 25% Deo
A6	77% NC Frio, 23% NC Quente
L6	100% NC Quente

Considerando que a procura de cada família de produto se mantém proporcional às restantes e que a distribuição dos produtos pelas linhas de enchimento é proporcional à sua velocidade, consegue-se uma matriz com as razões de proporcionalidade de produções, como apresentado na Tabela 48:

Tabela 48 - Matriz de distribuição de produções no estado futuro

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6	Total por família de produto
APD		201		201	329			731
Deo		67		67	110			244
Espumas			73					73
Gel	580							580
NC Frio						245		245
NC Quente						74	19	93
Total por célula	580	268	73	268	439	319	19	1966

Note-se que os valores da tabela não representam o número de produções, mas apenas a distribuição proporcional dos produtos de cada família em cada célula.

Considerando que o tempo de ciclo futuro de uma determinada família é igual à soma do tempo de ciclo de pesagem atual e do tempo de ciclo de formulação atual e que o tempo de ciclo futuro em cada célula é uma combinação dos tempos de ciclo futuro das famílias produzidas nessa célula (nas percentagens apresentadas na Tabela 48), obtém-se os dados da Tabela 49:

Tabela 49 - Tempo de ciclo por célula de produto.

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Tempo ciclo (hh:mm:ss)	06:32:19	04:16:07	06:11:14	04:16:07	04:16:07	04:24:53	04:56:50

Da mesma forma, considerando que os tempos de mudanças e de controlo de qualidade futuros são iguais aos tempos de mudanças e de controlo de qualidade atuais, obtém-se os dados da Tabela 50:

Tabela 50 - Tempo de mudanças e de controlo de qualidade por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Tempo mudanças (hh:mm:ss)	01:46:18	00:42:22	01:08:47	00:42:22	00:42:22	00:28:11	00:41:54
Tempo controlo qualidade (hh:mm:ss)	00:36:58	00:32:46	01:04:09	00:32:46	00:32:46	00:46:12	00:47:22

Para determinar o tempo de transporte por lote, basta considerar a distância de transporte de um lote e multiplica-la pela velocidade definida na Tabela 27, obtendo-se os dados da Tabela 51:

Tabela 51 - Tempo de transporte por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Distância percorrida por lote (m)	50	50	50	50	50	25	25
Tempo transporte (hh:mm:ss)	0:01:03	0:01:03	0:01:03	0:01:03	0:01:03	0:00:31	0:00:31

Assim sendo, o tempo de valor acrescentado, o tempo sem valor acrescentado e o tempo de atravessamento serão os apresentados na Tabela 52:

Tabela 52 – VAT, NVAT e tempo de atravessamento por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
VAT (hh:mm:ss)	6:32:19	4:16:07	6:11:14	4:16:07	4:16:07	4:24:53	4:56:50
NVAT (hh:mm:ss)	2:24:19	1:16:11	2:13:59	1:16:11	1:16:11	1:14:55	1:29:47
Throughput time (hh:mm:ss)	8:56:37	5:32:19	8:25:12	5:32:19	5:32:19	5:39:47	6:26:37

O modo de trabalho que se pretende implementar implica que quando se iniciar o enchimento de um novo lote de produto, se deve iniciar também a formulação do lote seguinte. Isso implica que o *takt time* para as linhas deverá ser igual ao tempo de atravessamento. Assim os tamanhos de lote da produção deverão

ser reajustados para que o *takt time* de cada produção seja igual aos tempos de atravessamento definidos. Deste modo obtém-se os dados da Tabela 53:

Tabela 53 - *Takt time* ideal por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
<i>Takt time</i> ideal (hh:mm:ss)	8:56:37	5:32:19	8:25:12	5:32:19	5:32:19	5:39:47	6:26:37

A procura diária e a sobrecapacidade serão dadas pelas fórmulas:

$$Procura\ diária = \frac{1}{takt\ time}$$

Equação 4 – Procura Diária

$$Overcapacity = \frac{takt\ time - tempo\ ciclo}{takt\ time} \times 100\%$$

Equação 5 – *Overcapacity*

E encontram-se apresentados na Tabela 54:

Tabela 54 - Procura diária e sobrecapacidade por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Procura diária	2,68	4,33	2,85	4,33	4,33	4,24	3,72
<i>Overcapacity</i> ideal	26,89%	22,93%	26,52%	22,93%	22,93%	22,05%	23,22%

Com este método de trabalho, o tempo de espera de um lote é igual à diferença entre o *takt time* e o tempo de ciclo, ou seja, é igual á soma do tempo de mudança, de transporte e de controlo de qualidade, conforme apresentado na Tabela 55:

Tabela 55 - Tempo de espera por lote por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Tempo de espera por lote (hh:mm:ss)	2:24:18	1:16:11	2:13:59	1:16:11	1:16:11	1:14:55	1:29:47

Uma vez que se tem um lote de produto a cada *takt time*, o tempo de espera por lote corresponde a uma fração do lote representante do *work in process* da célula, que é dada por:

$$WIP \text{ (fração lote)} = \frac{\text{tempo espera}}{\text{takt time}}$$

Equação 6 – Fração Lote *WIP*

E que está apresentada na Tabela 56:

Tabela 56 - Fração de lote correspondente ao *work in process*

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
<i>WIP</i> (fração lote)	0,27	0,23	0,26	0,23	0,23	0,22	0,23

O valor médio de cada lote de produto para cada célula pode ser calculado usando a matriz da Tabela 48 e os dados da Tabela 23, obtendo-se o valor médio do *WIP*. Calculando o custo de posse do *WIP* anual e diário (considerando 261 dias de operação, tal como para o estado atual), obtém-se os dados da Tabela 57:

Tabela 57 - Valor médio lote, valor *WIP* e custo *WIP* por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Valor médio lote (un. Colep)	105,67	195,21	227,59	195,21	195,21	249,73	283,29
Valor <i>WIP</i> (un. Colep)	28,37	44,60	60,24	44,60	44,60	54,96	65,69
Custo <i>WIP</i> anual (un. Colep)	7,09	11,15	15,06	11,15	11,15	13,74	16,42
Custo <i>WIP</i> diário (un. Colep)	0,03	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,06

Para completar os dados necessários à elaboração do *Waste Identification Diagram* futuro, é necessário ainda converter a distância e o tempo de transporte num valor diário, multiplicando os valores da Tabela 51 pela procura diária. Considerando o custo horário de um operador apresentado na Tabela 27, tem-se também o custo diário de transporte. Estes valores estão apresentados na Tabela 58:

Tabela 58 - Distância, tempo e custo de transporte diário por célula de produto

Célula	A1	A2	A3	A4	A5	A6	L6
Distância diária (m)	134,26	216,89	142,61	216,89	216,89	106,00	93,16
Tempo transporte diário (hh:mm:ss)	0:01:52	0:03:01	0:01:59	0:03:01	0:03:01	0:01:28	0:01:18
Custo transporte diário (un. Colep)	0,004	0,006	0,004	0,006	0,006	0,003	0,003

Pode-se então calcular o *Total Value Card* com os valores globais do processo:

Tabela 59 - *Total Value Card* futuro

Total Value Card futuro	
Procura diária	26,52
<i>takt time</i> (hh:mm:ss)	0:54:18
<i>Value added time</i> (hh:mm:ss)	5:02:23
<i>NVAT</i> (hh:mm:ss)	1:38:02
Mudanças (hh:mm:ss)	0:59:54
Distância diária (m)	1125,74
Custo transporte (un. Colep)	0,046
Perda diária (un. Colep)	0,329
<i>Troughput time</i> (hh:mm:ss)	6:40:26
%VAT	75,52%

Deste modo, obtém-se o *Waste Identification Diagram* da Figura 23 e da Figura 24:

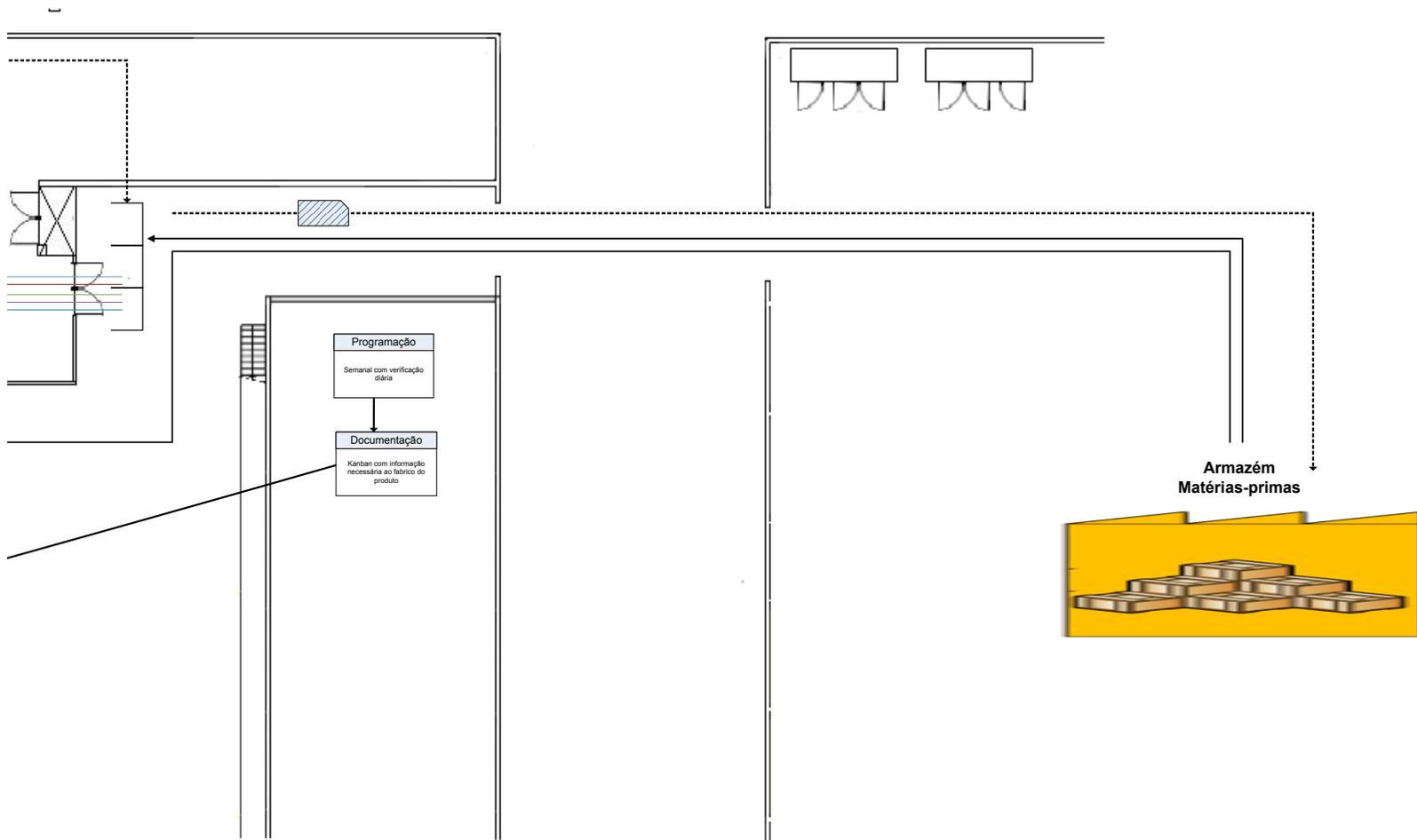
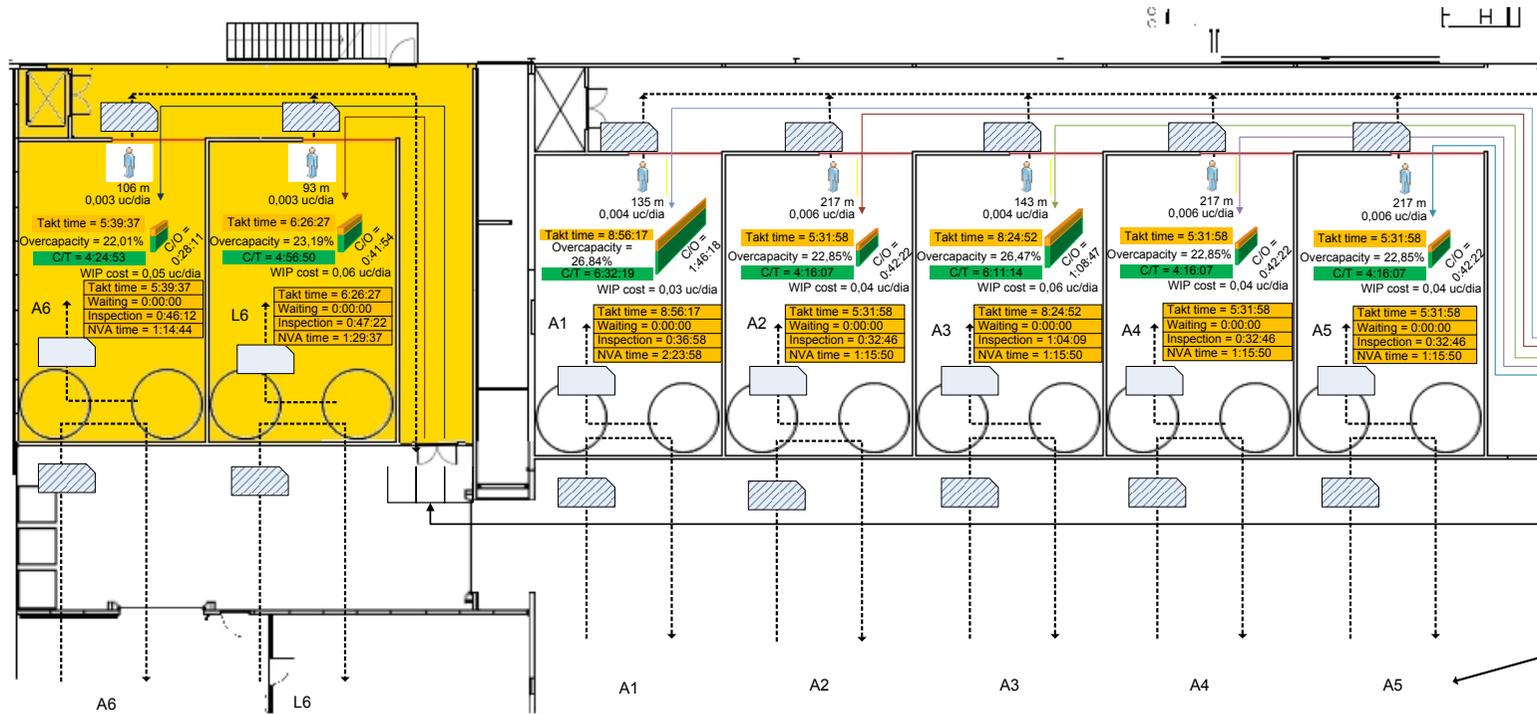


Figura 23 - WID futuro (1ª parte)



TOTAL VALUE CARD:	
Takt time =	0:54:18
Value Added Time =	5:02:23
Non Value Added Time =	1:38:02
Changeover =	0:59:54
Distancia diaria (m) =	170,57
Custo Diario Transporte (un. Colep) =	0,005
Perda Diaria (un. Colep) =	0,040
Waiting =	0:00:00
Throughput Time =	6:40:26
% VAT =	75,52%

Figura 24 - WID futuro (2ª parte)

4.2.6. Análise do *WID* futuro

Logo à primeira vista, pode-se notar bastantes diferenças no *WID* em relação ao *WID* do estado atual: Os *block icons* são mais baixos e mais estreitos e de aparência mais semelhante entre si, o *layout* da área está alterado conforme a proposta da Figura 22, os ícones correspondentes à pré-pesagem desapareceram, bem como os ícones de produto acabado. Existe um menor número de setas de transporte e estas são mais curtas e mais finas.

Analisando os *block icons*, consegue-se compreender que a profundidade dos blocos é maior, uma vez que o tempo de mudança de pesagem está agora distribuído pelas células. No entanto, o valor global do tempo de pesagem é igual ao do estado atual, indicando que não houve nenhuma alteração global nos tempos das mudanças, apenas recombinações dos tempos.

Os valores do *work in process* são muito inferiores aos do estado atual, o que pode ser visto na largura dos blocos. De facto, quase todo o inventário de matérias-primas e de produto acabado desapareceu com a criação das células de produto. O abastecimento das matérias-primas é feito com base no sistema de supermercado, o que origina que as matérias-primas permaneçam no armazém até serem necessárias para a formulação do produto, e consequentemente pertencem ao *stock* de armazém e não ao *WIP* da formulação.

Os valores do *takt time* nas várias células estão agora muito mais próximos, devido ao nivelamento com os tempos de atravessamento das células. De facto, estes valores estão considerados para a velocidade máxima das linhas e para um funcionamento destas a três turnos durante 261 dias por ano. No caso da procura de uma determinada linha não ser suficiente para funcionar a três turnos, o *takt time* da célula de formulação ainda será igual ao da linha de enchimento visto que os tamanhos de lote foram ajustados para funcionar desse modo, embora ambos os *takt times* sejam superiores ao apresentado no diagrama. É de notar que para as linhas A2, A4 e A5 terem o mesmo *takt time*, os tamanhos de lote desta última têm de ser maiores que os das primeiras, devido à diferença de velocidade entre as linhas.

Os tempos de ciclo são agora também superiores uma vez que o tempo de ciclo da pesagem foi também distribuído pelas células. No entanto, tal como acontece com o tempo de mudança, o valor global do tempo de ciclo é igual no estado atual e no estado futuro, desde que se somem os tempos de ciclo da pré-pesagem e da formulação. No caso da procura de uma determinada linha não ser suficiente para funcionar a três turnos os tempos de ciclo manter-se-ão iguais, o que originará capacidade não aproveitada e provavelmente esperas dos produtos, aumentando o custo de *work in process* da célula.

Os valores da sobrecapacidade, dados pela relação entre o tempo de ciclo (a verde) e o *takt time* (a laranja) estão agora menores, o que indica a redução deste tipo de desperdício. Da mesma forma, caso uma linha não opere a três turnos, os valores da sobrecapacidade aumentarão devido ao aumento do *takt time*. No entanto, mesmo considerando o *takt time* igual ao tempo de atravessamento e consequentemente não havendo esperas, é sempre necessário alguma sobrecapacidade para cobrir os tempos de mudanças, transporte e controlo de qualidade.

As setas de transporte encontram-se mais curtas e mais esguias, traduzindo uma distância percorrida menor e também um menor esforço global de transporte. De facto, com a alteração do *layout*, o transporte é feito de forma manual apenas dentro da área de formulação, diminuindo o esforço e também a deslocação dos operadores. Para tal contribui a contração da pré-pesagem e da formulação em células, que evita o transporte entre estas duas áreas, bem como a eliminação do passo de transferência, que acrescentava esperas e transporte ao processo sem acrescentar qualquer valor. O transporte das matérias-primas para as várias células de processo deverá ser efetuado pelos condutores de empilhador do armazém, segundo um sistema de supermercado, como referido.

O bloco correspondente ao armazém de matérias-primas foi mantido igual, considerando que o *stock* existente neste se mantém. No entanto, poderá ser estudado um modo de abastecimento das matérias-primas que permita a diminuição dos *stocks* de armazém.

No estado futuro, o supermercado de produto acabado poderá existir fisicamente no caso do uso de tanques móveis, ou então os tanques de formulação funcionarem em sistema de supermercado dentro da área. A indicação de

transferência para a linha poderá assim funcionar como o *kanban* que inicia o processo de formulação do produto seguinte, enquanto o supermercado de matérias-primas deverá existir fisicamente, preferencialmente junto às células de formulação.

5. Conclusão

5.1. Comparação entre o estado atual e a projeção do estado futuro

A Tabela 60 mostra a comparação entre o estado atual e a projeção do estado futuro:

Tabela 60 - Comparação entre o estado atual e a projeção do estado futuro

Indicador	Atual	Futuro	Melhoria
<i>Value added time</i> (hh:mm:ss)	5:02:23	5:02:23	-
<i>NVAT</i> (hh:mm:ss)	104:03:00	1:38:02	98,43%
Mudanças (hh:mm:ss)	0:59:54	0:59:54	-
Distância diária (m)	3701,63	1125,74	69,59%
Custo transporte (un. Colep)	0,496	0,046	90,80%
Perda diária (un. Colep)	5,764	0,329	94,29%
<i>Waiting</i> (hh:mm:ss)	102:01:53	-	-
<i>Troughput time</i> (hh:mm:ss)	109:05:24	6:40:26	93,88%
% VAT	5,39%	75,52%	70,13%

Como se pode verificar, o tempo de valor acrescentado não foi alterado. Tal como indicado na secção 4.2.4, apenas houve uma reorganização dos valores do tempo de ciclo e a consideração que o tempo de ciclo futuro é igual à soma do tempo de pré-pesagem e do tempo de formulação atuais. Da mesma forma, os tempos de mudança e de controlo de qualidade foram apenas reorganizados. Considerou-se que o tempo de mudança futuro é igual à soma dos tempos de mudança na pré-pesagem e na formulação atuais, enquanto o tempo de controlo de qualidade futuro se considerou igual ao tempo de controlo de qualidade atual para cada família de produtos. Para melhorar estes valores, pode ser efetuado um estudo de balanceamento de cargas para o tempo de ciclo e para o tempo de controlo de qualidade e um estudo *SMED* para o tempo de mudanças. Este estudo terá de ser efetuado produto a produto, e por essa razão não foi considerado no âmbito desta tese.

O tempo sem valor acrescentado sofreu uma melhoria superior a 98%, devido à redução dos tempos de espera e dos tempos de transporte. No entanto, este é o valor máximo que se pode esperar para esta melhoria, uma vez que o estado futuro foi considerado com todas as células a trabalhar na sua capacidade máxima. Deste modo, o tempo de espera é nulo, enquanto no estado atual as linhas e a formulação não estão na sua capacidade máxima, resultando daí alguma espera dos produtos para o enchimento. Da mesma forma, o valor da melhoria do tempo de atravessamento é também um valor máximo que apenas se pode obter quando as linhas e a formulação estiverem no seu máximo de capacidade.

A distância diária percorrida diminuiu cerca de 70% e o custo do transporte diminuiu cerca de 90% devido à alteração do *layout*. De facto, a eliminação dos tempos de transferência e a inclusão da área de pesagem na área de formulação, funcionando como uma célula, permite que os materiais sejam abastecidos num ponto mais próximo da formulação com o uso de empilhadores e conseqüentemente que o abastecimento manual seja muito inferior. Esta melhoria é importante em termos de transporte dos materiais e também em termos de deslocação dos operadores. É de notar que estes valores são também valores máximos de melhoria, uma vez que o valor do tempo de atravessamento foi usado para calcular o *takt time*, que por sua vez foi usado para calcular a procura diária, que foi usada para calcular as distâncias diárias e o custo diário de transporte.

O valor da perda diária tem uma melhoria máxima de cerca de 94%, também porque o valor da procura diária foi usado para calcular o valor do *work in process* diário. A eliminação do passo de transferência para tanques de *stock*, a alteração do funcionamento da área para uma célula onde existe um fluxo contínuo entre a pesagem e a formulação e a alteração do sistema de abastecimento para evitar os inventários de produto são as principais fontes desta redução. Para os resultados do estado atual e do estado futuro serem comparáveis, considerou-se o mesmo tempo de trabalho em ambos os casos (261 dias).

O tempo de atravessamento poderá ser diminuído até quase 94% no estado futuro, considerando as células de formulação no seu máximo de capacidade. Esta diminuição é extremamente importante, pois permite uma resposta mais rápida a alterações de programação. Tal como referido, este valor deve-se às melhorias nos

tempos de espera e de transporte, e pode ser diminuído ainda mais considerando que os tempos de ciclo e de mudança ainda podem ser melhorados.

Por último, a percentagem de tempo de valor acrescentado aumentou mais de 70 por cento, conseguido à custa da diminuição do tempo sem valor acrescentado, traduzindo num valor geral as melhorias efetuadas.

Todas estas considerações sobre o estado futuro são baseadas nos pressupostos de que a procura futura de cada família de produtos será proporcional à atual e de que a distribuição das famílias de produtos pelas linhas de enchimento é proporcional à sua velocidade máxima. Desta forma, caso a procura futura de antitranspirantes exceda a de desodorizantes, por exemplo, todos os valores calculados deverão ser revistos, e poderá mesmo ser necessária a inclusão de mais tanques nas células. Da mesma forma, se a distribuição dos produtos pelas linhas de enchimento não for proporcional à considerada na Tabela 48, todos os valores apresentados no estado futuro serão diferentes. É por esta razão que é necessário um estudo mais aprofundado dos produtos cheios em cada linha para o dimensionamento correto das células de formulação e pesagem.

O fluxo de informação teve também de ser alterado para permitir as melhorias apresentadas. Deste modo, a inclusão de *kanbans* de formulação no processo permite um melhor controlo da produção através da simplificação dos processos de informação, uma vez que o *kanban* segue o fluxo inverso ao fluxo dos materiais.

5.2. Comparação entre os métodos VSM e WID

Rother e Shook indicam como as principais vantagens do *Value Stream Mapping* a visualização do fluxo, a visualização das fontes dos desperdícios, a criação de uma linguagem comum para a discussão dos processos, a visualização da ligação entre o fluxo de informação e o de materiais e a explicação de como o processo deverá funcionar para criar fluxo.

Para este estudo, foi necessária a criação de um *VSM* para cada família de produtos, embora os processos de fabrico fossem bastante semelhantes. Como neste caso havia um ponto em comum a várias famílias de produtos (a pré-pesagem), o *VSM*

não permitiu a identificação dos desperdícios associados a este processo, não sendo possível nos diagramas *VSM* visualizar que o *takt time* deste processo se encontrava desequilibrado em relação aos processos de formulação. Desta forma, torna-se mais difícil comparar os vários mapas, embora seja fácil identificar os desperdícios em cada mapa individualmente.

Desta forma, na aplicação corrente, não foi possível detetar todos os tipos de desperdícios existentes na área com o *VSM*, como as deslocações, e não foi possível, usando apenas o *VSM*, visualizar quais as fontes dos desperdícios, como o desequilíbrio entre os *takt times* da pré-pesagem e da formulação. No entanto, foi visível a vantagem de uma linguagem comum para a discussão dos processos, a visualização da ligação entre os fluxos de informação e materiais e as oito questões fundamentais foram uma boa ajuda na definição do estado futuro, permitindo delinear o processo futuro de forma simples e com o fluxo desejado.

A definição de hipotéticas oportunidades de melhorias e a priorização das atividades para atingir o estado futuro, conforme apontada por vários autores (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Álvarez *et al.*, 2009; Braglia *et al.*, 2006; Chitturi *et al.*, 2007; Cudney, 2009; Guo-qiang *et al.*, 2010; Serrano *et al.*, 2008; Womack & Jones, 2003), também foi possível e visível neste estudo. Neste caso, foram identificados os desperdícios através do *VSM* e também do *WID*, criou-se um mapa mental de modo a tentar definir quais as fontes primárias dos desperdícios, e posteriormente definiram-se as oportunidades de melhorias. Uma vez que este processo de melhoria ainda não foi implementado, não houve a necessidade de priorização das atividades.

O método de Womack & Jones (2003) permite avaliar, ao longo da cadeia de valor, o efeito da amplificação da quantidade produzida. No estudo atual esse efeito foi verificado. No entanto, o mapeamento apenas contemplava as áreas de pré-pesagem e formulação e não a área de produção, onde esse efeito poderia ser mais visível. Como tal, o efeito de amplificação da quantidade produzida não foi avaliado neste estudo.

Tal como referido por Guo-qiang *et al.* (2010), a introdução de encomendas urgentes na sequência de operações e as consequentes alterações de programação dificultam a construção de um mapa do estado atual. Neste estudo essa dificuldade foi sentida não apenas no mapeamento mas na própria gestão da área. Alguns dos

produtos presentes na área tinham sido pré-pesados, mas por motivos de alterações de programação ficaram na área de material pré-pesado a aguardar a formulação, o que aumentou os tempos de espera desses produtos.

O trabalho de Lovelle (2001) foi um bom auxiliar na interpretação do mapa do estado atual, embora não tenha permitido suplantar as limitações do método em relação à identificação de alguns tipos de desperdício.

Tal como indicado por Huang & Liu (2005), o método *VSM* é mais difícil de aplicar em operações que se efetuam em lotes, como no presente estudo. De facto, o método parece ser mais simples de aplicar em produções de peças que em produções por lotes. Neste caso, foi considerado que um lote é o equivalente a um produto. No entanto, se for efetuado um mapeamento à área de enchimento, pode ser mais difícil correlacionar o número de latas cheias com o consumo do lote, uma vez que este é consumido em pequenas frações.

Tal como referido por Braglia *et al.* (2006), o aumento da complexidade causada por alta variabilidade e baixo número de produtos dificulta a execução do *VSM*. Este problema foi sentido no presente trabalho principalmente com a família de produtos de não cosmética a frio, uma vez que inclui vários produtos com tempos de ciclo diferentes, com métodos diferentes de fabrico, e com quantidades a encher por lata muito variadas. A apresentação dos valores médios para esses tempos de ciclo não dá a ideia da variabilidade existente, e essa é uma das razões pela qual é recomendado um estudo mais aprofundado dos produtos a encher em cada linha e a serem fabricados em cada célula de formulação para permitir o correto dimensionamento dessa célula e dos respetivos tanques.

O fluxo de informação neste processo é bastante simples, pelo que não foram notadas nenhuma das dificuldades de mapeamento apontadas por Mehta & Rampura (2006). No entanto, é aconselhável a aplicação do *Process Value Mapping* aos processos de suporte à produção, uma vez que estes processos podem ser melhorados.

Tal como referido por Abdulmalek & Rajgopal (2007), não é possível ter provas que as alterações apresentadas no estado futuro neste estudo irão funcionar. As melhorias apresentadas são valores máximos teóricos de melhoria, cujos valores reais apenas poderão ser apresentados mediante um estudo produto a produto. A aplicação

de simulação de processos a este estudo só poderá ser feita após esse estudo a cada produto, para permitir a obtenção de resultados confiáveis.

Quer o *VSM* do estado atual deste estudo quer o do estado futuro apresentam o tempo de ciclo atual nas operações de pré-pesagem e de formulação e não o tempo de ciclo potencial. Uma vez que os processos de fabrico dos produtos são definidos pelos clientes e não pela Colep, a alteração do processo de fabrico necessária para a melhoria dos tempos de ciclo teria de ser autorizada por esses clientes, e poderá ser realizada em conjunto com estes.

Os diagramas *VSM* neste estudo são bastante simples, uma vez que para cada família de produtos foi criado um mapa diferente. Desta forma, não existem rotas condicionais, mas poderia ser incluída a regra de ação no passo de controlo de qualidade, em que o output deste passo é apenas a informação de conformidade do produto ou a instrução de reprocessamento ou destruição. Deste modo, a inclusão das regras de ação pode ser acrescentada aos *Value Stream Maps* a realizar futuramente.

A contabilização do gasto energético, do gasto desnecessário de recursos e da poluição pode ser um ponto importante na melhoria da área, conforme sugerido por Lu & Li (2009). No estudo atual não foi considerado uma vez que não existiam dados que permitissem efetuar essa contabilização. No entanto, prevê-se que no estado futuro, devido ao menor tempo de espera e à redução do número de tanques, o gasto energético e a poluição causada pela área diminuam.

Tal como indicado por Sá (2010), os diagramas *VSM* não evidenciam os problemas devidos ao *layout* da fábrica, não apresentam indicadores económicos de avaliação do impacto dos desperdícios, nem contemplam a capacidade produtiva instalada. De facto, todas estas indicações foram também verificadas neste estudo. Embora os diagramas *VSM* deste estudo sejam bastante simples, a sua inclusão num único diagrama torná-lo-ia bastante mais difícil de ler.

A aplicação do *Waste Identification Diagram* veio colmatar as falhas apontadas por este autor, principalmente quando os *block icons* são colocados sobre a planta da fábrica. Desta forma, os problemas devidos ao *layout* da fábrica são evidenciados, e obtém-se uma importante informação: de onde para onde são feitos os transportes e as deslocações. Os dados dos *block icons* são calculados em termos económicos,

permitindo avaliar o impacto dos vários desperdícios, e a capacidade produtiva instalada é avaliada em termos de relação entre o *takt time* e o tempo de ciclo.

No entanto, a capacidade produtiva instalada na área de formulação é superior à indicada no diagrama para algumas das famílias: existem 7 tanques de produção de deos, o que permite a produção de quase 50.000 L de produto a cada tempo de ciclo (quase 300.000 L por dia), enquanto a procura anual em 2010 foi de apenas cerca de 2500 L por dia. Desta forma, a capacidade produtiva instalada é bastante superior à indicada no diagrama.

A linguagem gráfica usada no *WID* é bastante mais simples que a do *VSM*, permitindo uma interpretação mais fácil dos resultados e uma comunicação mais fácil a pessoas não familiarizadas com métodos de identificação de desperdícios. A identificação dos desperdícios é também mais fácil: apenas o sobreprocessamento e os defeitos não se conseguiram visualizar neste diagrama, sendo mais fácil a quantificação do impacto do transporte, do inventário, da deslocação, da espera e da produção excessiva.

O *Total Value Card* permite facilmente comparar as melhorias do estado atual e do estado futuro, ou mesmo a comparação de várias alternativas para o estado futuro. Neste projeto apenas foi apresentada uma alternativa que foi considerada a mais válida, mas com o estudo do estado futuro considerando todos os produtos poderão surgir outras alternativas. Ao mesmo tempo, o *total value card* permite um diagnóstico rápido da área em relação aos vários tipos de desperdício, e permite comparar áreas e processos completamente diferentes em relação aos desperdícios existentes.

O *WID* permite também o mapeamento de fluxos mais complexos que o *VSM*, como foi possível verificar neste projeto. Deste modo, permite identificar alguns desperdícios que o *VSM* não consegue, como aconteceu com o desequilíbrio entre os *takt times* da pesagem e da formulação.

Apenas uma desvantagem pode ser apontada ao *WID*: em processos que tenham blocos de dimensões muito diferentes (como os *takt times* no *WID* do estado atual), pode ser difícil definir e manter a escala entre os blocos de modo a que estes não fiquem demasiado pequenos ou demasiado grandes no diagrama.

O *WID* tradicional não apresenta o fluxo de informação, tal como apresentado no *VSM*. De acordo com Rother e Shook (1999), o fluxo de informação é o que indica a

cada processo o que fazer a seguir, e o seu mapeamento pode ser um auxílio para prevenir problemas causados pela falta de informação. De acordo com estes autores, um ponto importante de melhoria é responder á questão “Como fazer fluir a informação de modo a que um processo só produza o que o processo seguinte pretende quando este o pretende?”. Da mesma forma, o processo de funcionamento de uma área parece melhor descrito no *VSM* que no *WID*: o *VSM* do estado futuro mostra o funcionamento das células com o uso de *kanbans* e supermercados, o que não é apresentado no método *WID* original. Para colmatar esta falha, o fluxo de informação foi também adicionado ao *WID* do estado atual e do estado futuro neste projeto.

5.3. Desenvolvimentos futuros

Tal como referido anteriormente, deverá ser efetuado um estudo para todos os produtos em termos de velocidade de consumo na linha de enchimento e do tamanho de lote necessário para que o *takt time* se mantenha constante. Desta forma, será possível balancear os *takt times* da produção (enchimento dos produtos), da formulação e pré-pesagem e do armazém, balanceando assim toda a fábrica de enchimento.

Nesse estudo, poderá ser também incluída a amplificação da procura, o gasto energético e a poluição causada em cada tipo de produto. Desta forma será possível o desenho das células de formulação e pesagem com maior rigor e com as características necessárias para um bom funcionamento.

Um outro estudo necessário é o da melhoria dos tempos de ciclo dos produtos, através da redefinição dos processos e do balanceamento de cargas. Como foi referido, este estudo deverá ser feito com os clientes, visto serem estes os responsáveis pelas fórmulas dos produtos.

Da mesma forma, poderão ser efetuados estudos *SMED* de modo a que as mudanças no estado futuro sejam executadas de forma mais rápida em relação ao estado atual, e estudos para que os tempos de controlo de qualidade sejam reduzidos.

Com o balanceamento da área produtiva da fábrica de enchimento, será também aconselhável a aplicação do *Process Value Mapping* aos processos de suporte da fábrica, tornando assim toda a cadeia de valor mais lean.

5.4. Considerações finais

Os objetivos delineados para este projeto foram cumpridos com sucesso: As fontes de desperdício existentes na área de pré-pesagem e formulação da Colep foram identificadas usando os diagramas *Value Stream Mapping* e *Waste Identification Diagram*, e com base nesses desperdícios desenhou-se um estado futuro com uma performance superior, onde esses desperdícios se encontram minimizados e definiram-se as ações de melhoria necessárias para atingir esse estado futuro.

O *layout* apresentado para o estado futuro permite a segregação das áreas de formulação de produtos cosméticos e não cosméticos tal como desejado. Além disso, a proposta de funcionamento para o estado futuro permite a redução do número de tanques usados, a redução do esforço de transporte, das esperas, do custo de posse de *stock* e do tempo de atravessamento, aumentando a percentagem de valor acrescentado em mais de 70%.

Foram comparados os dois métodos de identificação de desperdícios usados, e apresentaram-se propostas de melhoria para permitir a obtenção de melhores resultados, nomeadamente a colocação dos diagramas sobre a planta da área em estudo e o mapeamento do fluxo de informação no *Waste Identification Diagram*. Apresentaram-se também propostas de trabalhos futuros no desenvolvimento deste projeto.

6. Referências Bibliográficas

- Abdulmalek, F. A.; & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223-236.
- Álvarez, R.; Calvo, R.; Peña, M.; & Domingo, R. (2009). Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(9), 949-958. doi: 10.1007/s00170-008-1772-2
- Braglia, M.; Carmignani, G.; & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. [Article]. *International Journal of Production Research*, 44, 3929-3952.
- Chitturi, R. M.; Glew, D. J.; & Paulls, A. (2007, 9-11 July 2007). *Value Stream Mapping in a Jobshop*. Paper presented at the IET International Conference on Agile Manufacturing, 2007. ICAM 2007.
- Cudney, E. (2009). *Using Hoshin Kanri to Improve the Value Stream*: Productivity Press.
- European Commission. (2004). *Manufuture, a Vision for 2020*. Brussels: European Commission.
- Goldratt, E. M.; Cox, J.; & Whitford, D. (2004). *The goal: a process of ongoing improvement*: Gower.
- Guo-qiang, P.; Ding-zhong, F.; & Mei-xian, J. (2010, 29-31 Oct. 2010). *Application research of shortening delivery time through value stream mapping analysis*. Paper presented at the Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), 2010 IEEE 17th International Conference on.
- Hale, R.; & Kubiak, D. (2007). Waste's final foothold : Uncovering the hidden muda of potential. *Industrial Engineer: IE*, 39(8), 36-38.
- Huang, C. C.; & Liu, S. H. (2005). A novel approach to lean control for Taiwan-funded enterprises in mainland China. [Article]. *International Journal of Production Research*, 43, 2553-2575.
- Hurlbut, T. (2009). Full Cost of Inventory: Exploring Inventory Carrying Costs.
- Kemper, B.; de Mast, J.; & Mandjes, M. (2009). Modeling process flow using diagrams. *Quality and Reliability Engineering International*, 26(4), 341-349. doi: 10.1002/qre.1061
- Little, J. (1961). A proof for the queuing formula: $L = \lambda W$. *Operations Research*, 9, 383-389.
- Lovelle, J. (2001). mapping the value stream. *IIE Solutions*, 33(2), 26.
- Lu, X.; & Li, J. (2009). *Research on the integration of the methods of enterprise value stream and material flow based on the theory of lean production and circular economy*. Paper presented at the Industrial Engineering and Engineering Management, 2009. IE&EM '09. 16th International Conference on.
- Mehta, M.; & Rampura, K. (2006). Squeezing out extra value. *Industrial Engineer: IE*, 38(12), 29-35.
- Miller, G. (2000). *Aggregate Inventory Management*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System - Beyond Large-Scale Production*: Productivity Press.
- Rother, M.; & Shook, J. (1999). *Learning To See - Value Stream Mapping to Create Value and Eliminating Muda* (1.2 ed.). Brookline: The Lean Enterprise Institute.
- Sá. (2010). *Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva*. Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães.

- Sá, J. C.;Carvalho, J. D.; & Sousa, R. M. (2011, 29 Agosto - 02 Setembro 2011). *Waste Identification Diagrams*. Paper presented at the 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo.
- Saunders, M.;Lewis, P.; & Thornhill, A. (2007). *Research Methods for Business Students*.
- Serrano, I.;Ochoa, C.; & Castro, R. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, 46(16), 4409 - 4430.
- Stefanic, N.;Gjeldim, N.; & Mikac, T. (2010). Lean Concept Application in Production Business. *Primjena Lean koncepta u proizvodnoj djelatnosti.*, 17(3), 353-356.
- Team, T. P. P. D. (1998). *Just-In-Time for Operators*. Portland: Productivity Press.
- Womack, J.; & Jones, D. (2003). *Seeing the Whole - Mapping the Extended Value Stream*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.
- Yiping, C.; & Jianxin, Y. (2008, 12-14 Oct. 2008). *Research on Value Stream Analysis and Optimization Methods*. Paper presented at the Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM '08. 4th International Conference on.

7. Anexos:

7.1. VSM Espumas

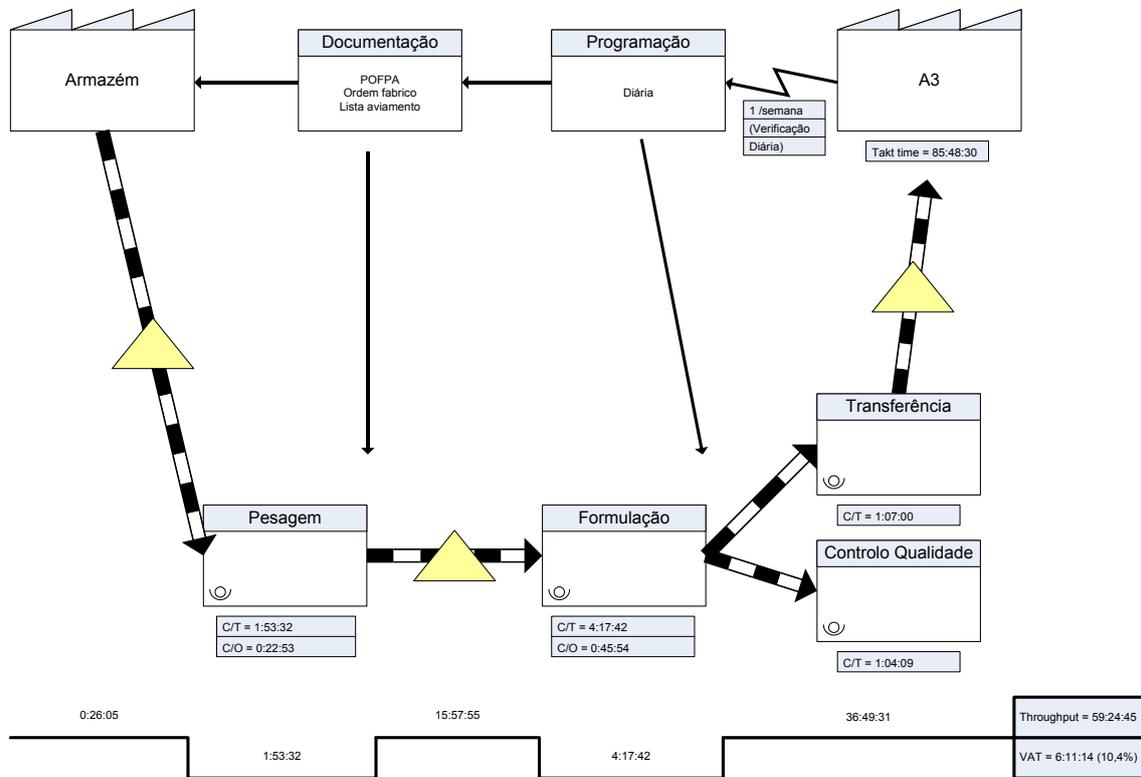


Figura 25 - VSM para a família de espumas

7.2. VSM Gel

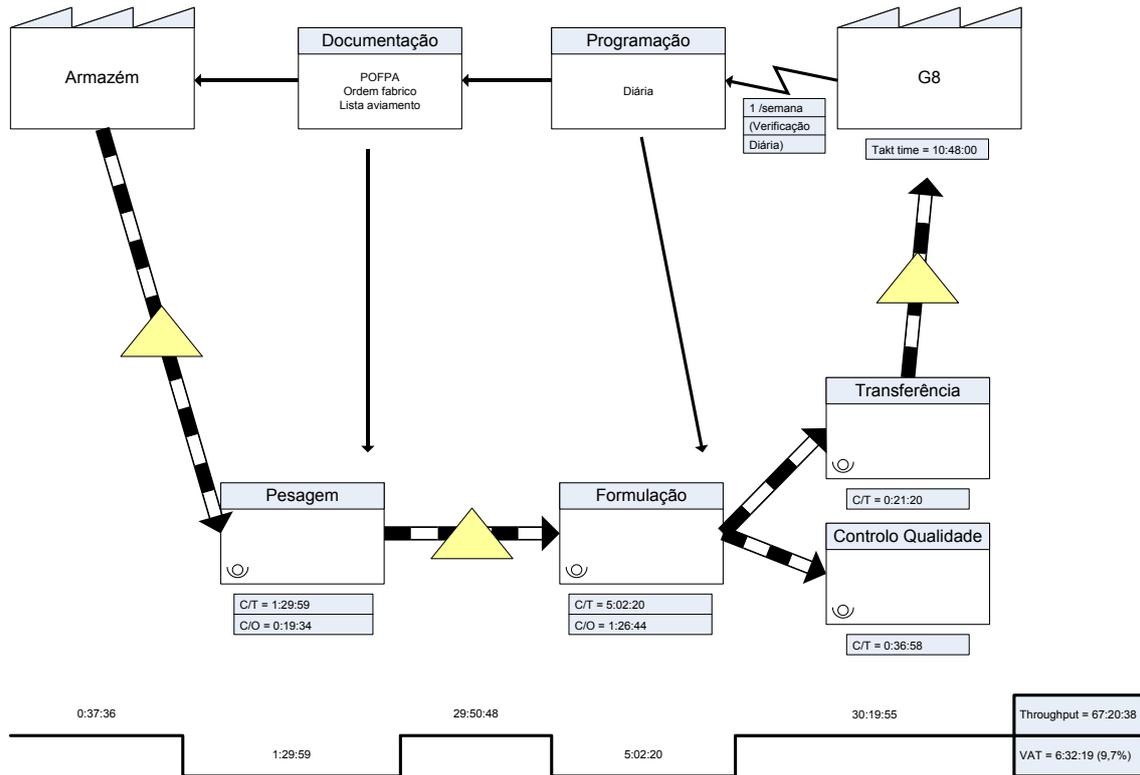


Figura 26 - VSM para a família de gel

7.3. VSM Não Cosmética a Frio

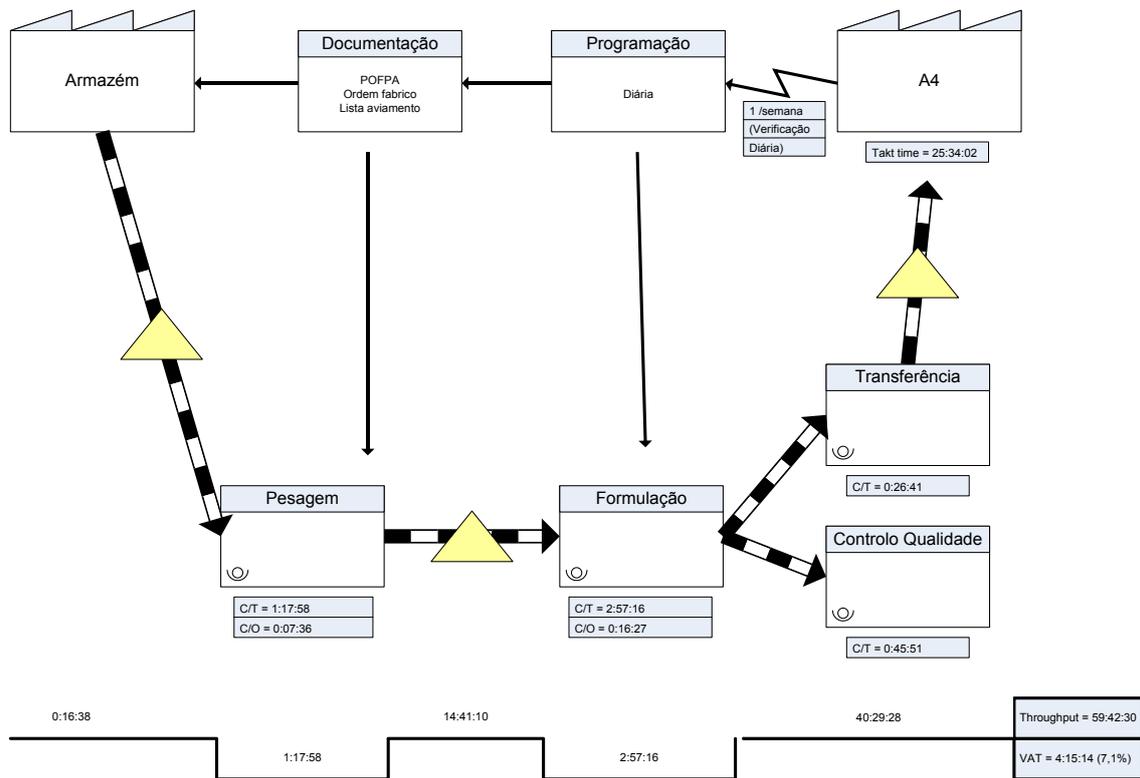


Figura 27 - VSM para a família de não cosmética a frio

7.4. VSM Não Cosmética a Quente

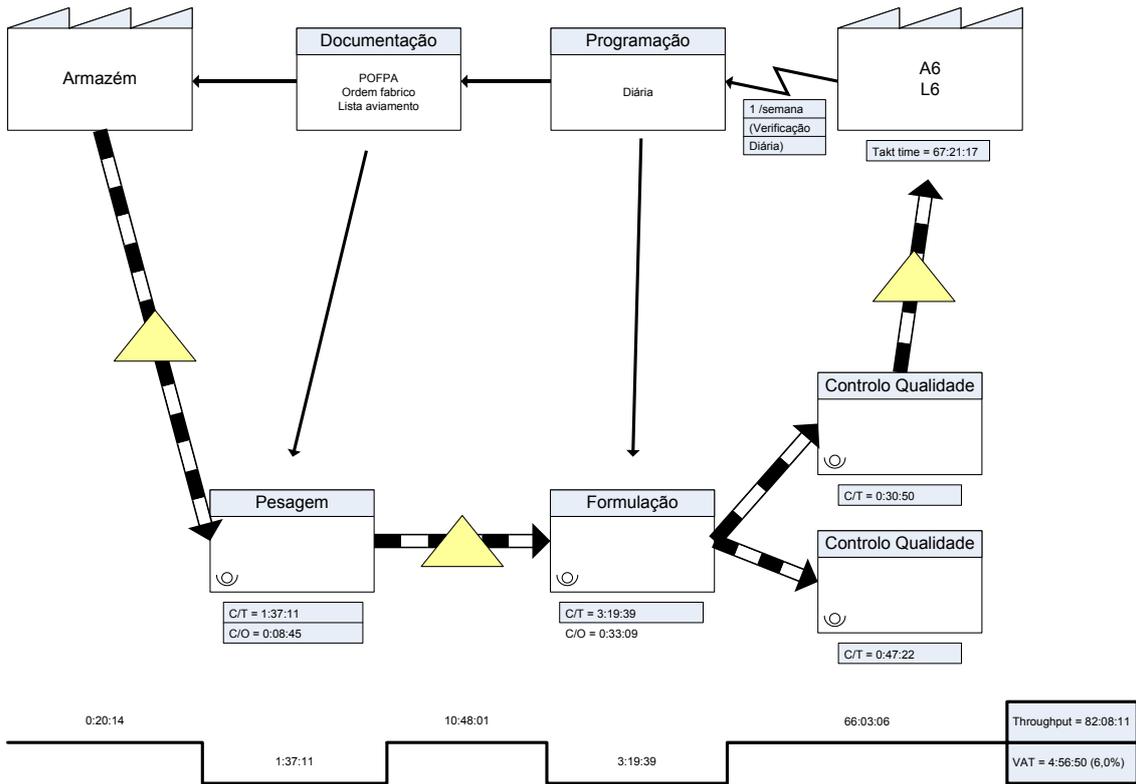


Figura 28 - VSM para a família de não cosmética a quente