



TÉCNICO
LISBOA

Aplicação da ferramenta Value Stream Mapping na melhoria de processo produtivo

Daniela Matias da Rocha

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química

Mestrado Integrado de Engenharia Química

Orientadores:

Engenheiro Paulo César Gonçalves Granadeiro

Prof. Doutor Sebastião Manuel Tavares da Silva Alves

Jurí

Presidente: Henrique Anibal de Santos Matos

Orientador: Engenheiro Paulo César Gonçalves Granadeiro

Vogal: Maria das Mercedes Leote Tavares Esquível

Novembro 2018

“Improvement usually means doing something that we have never done before.”

– Shigeo Shingo

Agradecimentos

Durante todo o meu percurso acadêmico, existiram pontos baixos e altos, no entanto, todos eles refletem uma evolução pessoal e uma aprendizagem a todos os níveis de conhecimento. Esta dissertação representa a finalização deste percurso e o começo de um novo, como tal, existem pessoas a quem agradeço e dedico esta dissertação.

Em primeiro lugar, agradeço a todos os meus familiares que à sua maneira, contribuíram para estes últimos 5 anos de faculdade, sobretudo à minha mãe que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e me possibilitou esta oportunidade.

Em segundo lugar, agradeço aos meus amigos, particularmente, a quem vivenciou esta experiência comigo e presenciou a minha evolução durante os últimos 5 anos.

De seguida, agradeço ao João Cunha, uma pessoa especial que me apoiou incondicionalmente durante o meu percurso e que sempre me encorajou a lutar pelos meus objetivos.

Por fim, agradeço aos meus orientadores, o Professor Sebastião Alves e Engenheiro Paulo Granadeiro por toda a envolvimento nesta dissertação, desde a criação até à sua concretização e ainda a todos os colaboradores da Cipan que tornaram possível este trabalho, em especial à Engenheira Nazaré Silva.

Resumo

Esta dissertação aborda a otimização de um processo de produção de um API (Active pharmaceutical ingredient), com a aplicação da ferramenta Value Stream Mapping. Este tema foi elaborado com o propósito de identificar os gargalos do processo e propor melhorias para os eliminar, inclusive limitar o nível de estoque de todos os produtos envolvidos que constitui um dos grandes desperdícios da empresa. Paralelamente, pretendeu-se determinar a capacidade máxima da linha de produção atual.

Inicialmente, analisou-se todo o processo e procedeu-se à recolha de dados do mesmo. Esses dados possibilitaram o cálculo da capacidade máxima da produção do API.

De seguida, com a informação recolhida elaborou-se o mapa de fluxo de valor do estado atual da empresa. Analisando o mapa elaborado, identificaram-se os gargalos do processo, de onde se destacou a secagem da 2ª etapa do processo que é a operação que determina a capacidade máxima da produção. Essa capacidade poderá ser aumentada com uma standardização e implementação de tecnologia PAT. Além disso, verificou-se que um dos gargalos do processo poderá ser ultrapassado com a implementação de um novo equipamento e um novo filtro Nutsche. Adicionalmente, existe uma variabilidade dos tempos de processamento de algumas operações que pode ser resolvida com uma standardização do processo que inclui calendarização de sínteses e alterações ao procedimento.

Por fim, foi elaborado um mapa de fluxo ideal para o processo de API para ser posteriormente implementado e permitir uma otimização do processo.

Palavras chave: API, otimização, mapa de fluxo de vapor, gargalo

Abstract

This dissertation approaches the optimization of an API (Active pharmaceutical ingredient) process, with the application of Value Stream Mapping tool. It was designed to identify process bottlenecks and to propose improvements to eliminate them, including limiting the inventory of all products involved, which represents one of the biggest wastes of the company. At the same time, it was intended to determine the maximum capacity of the current production line.

Initially, the process was analysed, and data was collected. These data made it possible to calculate the maximum production capacity.

Then, based on data, the value stream map of the current state of the company was elaborated. Analysing the elaborated map, the bottlenecks of the process were identified, and the drying process from the 2nd process step was highlighted, which is the operation that determines the maximum capacity of the production. The maximum capacity can be increased with a standardization and implementation of PAT technology. Besides that, it was verified that one of the process bottlenecks could be overcome with the implementation of a new equipment and a new Nutsche filter. In addition, there is a variability of the process times of some operations that can be solved with a process standardization that includes synthesis scheduling and procedure changes.

Finally, an ideal flow map was developed for the API process to be implemented, posteriorly, and to allow an optimization of the process.

Key words: API, optimization, value stream mapping, bottleneck

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Lista de abreviaturas	xv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação.....	1
1.2 Produção do API em estudo na Cipan	2
1.3 Lean Six Sigma factor	2
1.3.1 Valor acrescentado e desperdícios	3
1.3.2 Conceitos Lean Six Sigma	5
1.3.3 Ferramentas Lean Six Sigma.....	6
2. Estudo das operações e mapeamento do processo de API	14
2.1 Informações gerais da produção do API	14
2.2 Especificações do produto	15
2.3 Tempos do processo	16
2.4 Encadeamento de operações.....	20
2.4.1 Diagramas de Gantt	21
2.4.2 Produção da capacidade pretendida	26
2.4.3 Capacidade máxima de produção de API.....	27
2.5 Estoque de produtos	29
2.5.1 Produção de produto A	29
2.5.2 Produção de produto B	31
2.5.3 Produção de produto C	33
2.5.1 Produção de API	34
2.6 Mapeamento das operações do processo de API	35
2.6.1 Fluxo de informação.....	36

2.6.2	Fluxo material	38
2.7	Mapa atual do fluxo de valor	42
2.8	Identificação de gargalos do processo e zonas de desperdício	45
2.9	Estudo de propostas de melhoramento	46
2.9.1	Estandarização das operações	47
2.9.2	Novos equipamentos e tecnologias	49
2.10	Mapa futuro do fluxo de valor	52
2.11	Plano de implementação	55
	Conclusões e indicações para trabalho futuro.....	57
	Referências	61
	Anexos.....	65

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Diagrama com os 8 desperdícios de uma organização.....	5
Figura 1.2 – Matriz da família de produtos [5].....	8
Figura 1.3 – Exemplo de mapa de fluxo de valor atual [5].....	10
Figura 1.4 – Exemplo de excerto de mapa de fluxo de valor.....	10
Figura 1.5 – Exemplo de mapa de fluxo de valor futuro [5]	12
Figura 1.6 – Exemplo de plano de implementação de medidas [5]	13
Figura 2.1 – Diagrama que representa os departamentos envolvidos e os seus horários de funcionamento, nas diferentes etapas do ciclo de um produto.....	15
Figura 2.2 – Esquema que exemplifica o tempo de operação, tempo de processamento da operação e tempo de processamento de lote	17
Figura 2.3 – Representação dos tempos que crescem valor (VA) e não crescem valor para o cliente (VNAD e VNAI), pertencentes à operação de dissolução no RAP3377.	18
Figura 2.4 – Representação dos tempos que crescem valor (VA) e não crescem valor para o cliente (VNAD e VNAI), pertencentes à operação de filtração no FP3397.	19
Figura 2.5 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de produto A.....	22
Figura 2.6 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de produto B.....	23
Figura 2.7 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de produto C.....	24
Figura 2.8 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de API pura.	25
Figura 2.9 – Número máximo de lotes finalizados produzindo a quantidade pretendida de API e produzindo com o máximo de capacidade de cada produto, num mês.....	28
Figura 2.10 – Quantidade de produto A verificada as 00h de cada dia de fevereiro, março e abril, bem como os valores mínimos de estoque de produto A se se produzir a quantidade pretendida (A) ou produzir utilizando a capacidade máxima dos equipamentos (B).....	30
Figura 2.11 - Quantidade de produto B verificada as 00h de cada dia de fevereiro, março e abril, bem como os valores mínimos de estoque de produto B se se produzir a quantidade produzida de API (A) ou produzir utilizando a capacidade máxima dos equipamentos (B).....	32
Figura 2.12 - Quantidade de produto C verificada as 00h de cada dia de fevereiro, março e abril, bem como os valores mínimos de estoque de produto C se se produzir a quantidade pretendida de API (A) ou produzir utilizando a capacidade máxima dos equipamentos (B).....	33
Figura 2.13 - Quantidade de API que é armazenada em cada dia, durante os primeiros 3 meses de produção.....	35
Figura 2.14 – Mapa de fluxo de valor com indicação das diferentes secções deste.....	36
Figura 2.15 – Zona dos clientes no fluxo de informação do mapa de fluxo de valor atual.....	37
Figura 2.16 – Zona dos fornecedores no fluxo de informação do mapa de fluxo de valor atual.....	37
Figura 2.17 – Parâmetro OEE para os equipamentos FC3302 e RAP3377.....	39
Figura 2.18 - Parâmetro OEE para os equipamentos DLF3311/2/3, H3391 e DV3301/2	39
Figura 2.19 – Mapeamento de algumas operações do processo de API	40
Figura 2.20 - Mapeamento de algumas operações do processo de API.....	41

Figura 2.21 - Mapa de fluxo de valor do processo de API para o estado atual da empresa.....	44
Figura 2.22 – Filtro <i>nutsche</i> [33].....	50
Figura 2.23 – Exemplo de monitorização de uma secagem através da medição do NIR e temperatura [38].....	52
Figura 2.24 – Sinal <i>Kanban</i> que permite a identificação das possíveis melhorias a adotar.....	53
Figura 2.25 - Simbologia utilizada entre etapas do fluxo material, no mapa de fluxo de valor do estado futuro.....	53
Figura 2.26 - Mapa de fluxo de valor do processo de API para o estado futuro da empresa	54

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Valores de tempos do processo para a dissolução, no RAP3377 e filtração, no FP3397.	19
Tabela 2.2 – Valor mínimo, médio e máximo do tempo de processamento de lote para cada produto	20
Tabela 2.3 – Tempos de processamento de lote ideais e tempos de ciclo ideais e atuais de todos os produtos.....	26
Tabela 2.4 – Número de lotes por semana para produzir a quantidade pretendida de API.....	27
Tabela 2.5 – Disponibilidade, qualidade e performance para os equipamentos limitantes do processo de API.....	38
Tabela 2.6 – Padrão mundial dos fatores disponibilidade, qualidade, performance e do indicador OEE	39
Tabela 2.7 - Quantidade dos produtos acumulados e consumos diários dos mesmos	43
Tabela 2.8 - Horários de início de sínteses, na produção da quantidade pretendida de API.....	47
Tabela 2.9 - Horários de início de sínteses, no máximo de produção de API.....	48
Tabela 2.10 – Nº de lotes necessário, consumo diário dos produtos e quantidade de estoque para produzir a quantidade pretendida de API.....	52

Lista de abreviaturas

API	Active pharmaceutical ingredient
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
FDA	Food and drug administration
STP	Sistema Toyota de Produção
VA	Tempo que acresce valor
VNA	Tempo que não acresce valor
VNAD	Tempo que não acresce valor dispensável
VNAI	Tempo que não acresce valor indispensável
OEE	Overall Equipment Effectiveness
VSM	Value Stream Mapping
TO	Tempo de operação
TPO	Tempo de processamento da operação
TP	Tempo de pausa
TC	Tempo de ciclo
TPL	Tempo de processamento de lote
PAT	Process analytical technology

1. Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

A Cipan – Companhia Industrial Produtora de Antibióticos, é uma empresa que foi inaugurada em 1963, na Vala do Carregado, Castanheira do Ribatejo. Dedicar-se à produção de substâncias ativas (API) que são posteriormente utilizadas para produzir medicamentos na indústria farmacêutica. [1]

Uma substância ativa ou mistura de substâncias ativas, quando é utilizada no fabrico de medicamentos torna-se o princípio ativo desse medicamento e tem como finalidade exercer uma ação farmacológica, imunológica ou metabólica. As tetraciclinas, na classe dos antibióticos, são princípios ativos de determinados medicamentos e são caracterizadas por inibir reações enzimáticas essenciais para os processos vitais das células bacterianas. Inibem a síntese de proteínas que é uma reação bioquímica bastante importante e ainda conseguem alterar a membrana citoplasmática de forma a ocorrer um derrame dos componentes provocando uma inibição da bactéria, sem a destruir. [2]

As tetraciclinas foram descobertas em 1940, tendo sido descobertas em primeiro lugar a oxitetraciclina e clortetraciclina. Posteriormente, foram identificadas outras tetraciclinas de origem natural, contudo, procurou-se melhorar a solubilidade deste composto em água para permitir a administração parenteral ou aumentar a absorção oral, assim desenvolveram-se a rolitetraciclina, em 1958, a limeciclina, em 1961 e minociclina, em 1972, ambos através de semi-síntese. Por fim, em 1993 surgiu o grupo de gliciclinas, no qual pertence a tigeiciclina e a omadaciclina que se encontra atualmente em fase de desenvolvimento. [3]

Existem três gerações de tetraciclinas, a primeira geração engloba tetraciclinas obtidas a partir de biossíntese (1948 a 1963), a segunda geração engloba tetraciclinas obtidas por semi-síntese (1965 a 1972) e a terceira geração engloba tetraciclinas obtidas somente por síntese.

A Cipan é produtora de tetraciclinas de diferentes gerações, clortetraciclina de 1ª geração, limeciclina e minociclina de 2ª geração e começou recentemente a desenvolver a produção de omadaciclina de 3ª geração.

Para o API em estudo, é necessário uma otimização através do mapeamento de todo o processo e uma eliminação de desperdícios através de limitação de estoques de produtos. Desta forma, este tema de dissertação foi elaborado com o objetivo de identificar todos os gargalos do processo e propor melhorias para a sua eliminação, utilizando a ferramenta Value Stream Mapping.

A ferramenta Value Stream Mapping, combina o fluxo material com o fluxo de informação e permite mapear um processo completo, desde o fornecedor ao cliente. Através da elaboração do mapa de fluxo de valor que apresenta a situação atual da empresa, é possível visualizar onde existe acumulação de inventário, bem como os tempos que não acrescentam valor, possibilitando a identificação dos gargalos do processo.

Os gargalos do processo correspondem a operações do processo que atrasam toda a produção e zonas onde se deteta acumulação de produto. Desta forma é bastante relevante a sua identificação, bem como, a sua resolução. [4]

Por último, nesta ferramenta existe a elaboração do mapa futuro de cadeia valor com a sinalização de melhorias a serem implementadas que resolvem os gargalos identificados, correspondendo assim ao estado ideal do processo, o qual se pretende atingir. [5]

1.2 Produção do API em estudo na Cipan

Os primeiros produtos a serem produzidos na Cipan foram a oxitetraciclina e tetraciclina por fermentação, no entanto, posteriormente, outras tetraciclinas começaram a ser produzidas.

O processo do API em estudo é complexo e compreende 5 etapas. O processo é realizado por lotes em que se isolam o produto A, o produto B, o produto C e o API.

1.3 Lean Six Sigma factor

O Lean corresponde a uma filosofia, comprovada a longo-termo que reúne princípios que permitem eliminar o desperdício de uma empresa. [6] Os princípios do Lean foram conhecidos através de investigadores e técnicos especializados, todavia, o Sistema Toyota de Produção (STP) foi o impulsionador desta abordagem, apresentando métodos e ferramentas Lean refinados. [6]

O Sistema Toyota de Produção, desenvolvido e promovido pela empresa Toyota Motor Corporation (TMC), começou a ser implementado por algumas empresas japonesas, em 1973. Este sistema tem como finalidade obter produtos com um nível de qualidade de classe mundial, de forma a corresponder às expectativas dos clientes e ser um modelo de responsabilidade corporativa dentro do sector e da comunidade envolvente. Lonie Wilson cita 3 frases de Taiichi Ohno, diretor da Toyota Motor, que caracterizam o Sistema Toyota de Produção [7]:

- *“The basis of the Toyota Production system is the absolute elimination of waste”*
- *“Cost reduction is the goal.”*
- *“After World War II, our main concern was how to produce high-quality goods. After 1955, however, the question became how to make the exact quantity needed.”*

James Womack, fundador do Instituto Lean, observou a empresa Toyota Motor Company e concluiu que o esforço na produção e o investimento para produzir uma quantidade definida era menor, comparando com outras empresas. Assim, surgiu o termo Lean, sendo a capacidade de realizar mais com menos, menos esforço humano para realizar o trabalho, menos material para produzir os produtos e serviços, menos tempo para os desenvolver e menos energia e espaço para os produzir. Deste modo, uma organização Lean, desenvolve produtos com alta qualidade da forma mais eficaz e económica possível, orientando-se para a procura do cliente.

O Six Sigma é uma metodologia, criada pela empresa Motorola, onde inicialmente novas teorias e ideias foram combinadas com princípios básicos e métodos estatísticos que já existiam na engenharia de qualidade e posteriormente melhoradas com princípios de negócio e liderança, formando a base de

um sistema completo de gestão. Com este sistema, houve um grande aumento da qualidade dos produtos da Motorola, conseqüentemente, esta empresa foi reconhecida pelo prêmio nacional de qualidade em 1988. [8]

Em 2003, o Six Sigma, tornou-se um padrão global de qualidade e o seu objetivo é a imposição de controle semelhante, previsão e consistência de resultados nas operações de uma organização de sucesso. Na produção por lotes, o propósito é a obtenção de um produto com qualidade e consistência de lote para lote. [8]

Sintetizando, o Lean refere-se à velocidade, fluxo e eliminação de diversos tipos de desperdícios e o Six Sigma refere-se à interpretação da variação entre produtos e a sua redução. No entanto, ambos os conceitos apoiam a melhoria continua numa organização e têm o intuito de aumentar o valor para o cliente. Assim, combinando estes dois conceitos, obtém-se o Lean Six Sigma que possibilita a otimização de um processo a todos os níveis desejados, garantindo para o cliente um produto com maior qualidade, produzido ao menor tempo possível e com uma redução de custos para a empresa. [9]

De forma a atingir um produto com as características referidas, devem ser aplicadas as ferramentas que englobam o Lean Six Sigma que permitem uma eliminação dos desperdícios e diminuição do tempo do processo (através do Lean) e redução da variabilidade no processo (através do Six Sigma). Deste modo, torna-se relevante ter uma percepção do que acrescenta valor e do que não acrescenta valor (desperdício) para o cliente. [10]

1.3.1 Valor acrescentado e desperdícios

O termo valor é o primeiro princípio de uma organização Lean, é criado pelo produtor e pode ser definido apenas pelo cliente final. Quando o valor é expresso no termo de um produto específico (produto acabado e/ou serviço), irá corresponder às necessidades do consumidor a um preço definido e um tempo determinado. Assim, uma operação que acrescenta valor para o cliente final é caracterizada por à saída ter um produto de maior valor que o produto inicial e deverá ter o menor custo possível. Um produto de maior valor para o cliente corresponde a um produto em que se aproxima de alguma especificação pedida pelo cliente e deste modo correspondem a todas as operações pelas quais o cliente pagaria. [11]

Quando uma atividade acrescenta valor para o cliente utiliza-se a sigla VA (Valor acrescentado), por outro lado, quando uma atividade não adiciona valor para o cliente utiliza-se a sigla VNA (Valor não acrescentado) e esta operação é considerada um desperdício se for dispensável (VNAD), contudo existe ainda um terceiro grupo de operações que não adicionam valor para o cliente, mas são indispensáveis para o processo, VNAI (valor não acrescentado, mas indispensável).

Segundo o STP, existem três tipos de tipos de desperdícios que podem ser identificados numa organização, conjugados denominam-se 3M [11] [12]:

- **Muda:** corresponde a uma palavra japonesa que significa desperdício e compreende todas as ações que consomem recursos e não produzem valor.

- **Mura:** perdas por instabilidade na capacidade de produção, afetando a qualidade do produto, qualidade na entrega, tempos de processamento da operação e alterações nos custos.
- **Muri:** perdas, devido à utilização excessiva de estoques ou recursos humanos, possibilitando o aumento de acidentes e falhas nos equipamentos. Assim, a carga de trabalho é superior à capacidade de trabalho.

Habitualmente, *muda* corresponde ao desperdício comum, desta forma os 7 *mudas* ou desperdícios, identificados por Taiichi Ohno, responsável pela criação do Sistema Toyota de Produção, são apresentados na lista seguinte. [13] [14]

1. **Excesso de produção** – Produção de componentes numa data anterior à prevista ou produção em maior quantidade do que o necessário para o consumidor. A produção em excesso, por sua vez, origina outros desperdícios como custos de transporte e armazenamento devido ao aumento de estoque.
2. **Tempo de espera** – Quando os trabalhadores apenas controlam o tempo do trabalho realizado por máquinas automáticas ou esperam pelo próximo passo do processo, ferramentas, matéria-prima, entre outros, ou ainda a inexistência de trabalho por falta de estoque, lotes chumbados, equipamentos inoperacionais e gargalos na capacidade.
3. **Transporte** – Movimentações de material a ser processado, de local para local, mesmo sendo pequenas distâncias ou movimentações de materiais ou matéria-prima entre diferentes zonas da empresa como do armazém para a produção ou no sentido contrário.
4. **Processamento desnecessário ou incorreto** – Existência de passos adicionais ao processo que não sejam necessários ou processamento incorreto devido a problemas quer sejam nos equipamentos ou design do produto, causando movimentações desnecessárias e produtos com defeito. Porém, produzir com uma maior qualidade de produto do que a desejada, é considerado desperdício, bem como realizar trabalho extra para ocupar excesso de tempo.
5. **Estoques em excesso** – Excesso de matéria-prima, material a ser processado, produtos acabados que causam tempo de processamento maior, produtos danificados, custo de transporte, armazenamento e atrasos. Além disso, estoques extra por vezes, revelam problemas de fornecedores, defeitos e tempo de inatividade de equipamentos.
6. **Movimento desnecessário** - Qualquer movimento que os funcionários tenham que realizar durante o percurso do seu trabalho, que não adiciona valor ao produto, como alcançar, procurar ou empilhar peças, ferramentas, entre outros. Deslocações são consideradas também desperdícios.
7. **Defeitos** – Produção de peças com defeitos que não podem ser aproveitadas ou correção das mesmas.

Posteriormente, um novo desperdício foi abordado por James Womack, que se encontra descrito de seguida. Deste modo, certos autores passam a considerar a existência de 8 tipos de defeitos. [11] [13]

- 8. Criatividade dos funcionários não aproveitada** – Tempo perdido, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem que não são aproveitadas por não envolver os funcionários numa discussão de ideias.

Os 8 desperdícios mencionados anteriormente, encontram-se representados no diagrama da Figura 1.1. [15]



Figura 1.1 – Diagrama com os 8 desperdícios de uma organização

1.3.2 Conceitos Lean Six Sigma

Alguns dos principais conceitos associados ao Lean Six Sigma são enumerados de seguida. [16]

- **Takt time** – taxa temporal que reflete a procura do cliente que é calculada através da divisão do tempo de produção disponível pela procura do cliente. Esta taxa é utilizada para sincronizar o ritmo de produção com o das encomendas. Supondo que o takt time é de 10 minutos, então a cada 10 minutos finaliza-se uma peça ou quantidade definida de produto. [5]
- **Fluxo contínuo** – quando a peça ou composto a ser processado passa de passo para passo sem acumulação de produto intermediário.
- **Pull** – gerar ordens para produção de material com base na necessidade do produto no mercado (procura). Constitui o oposto da criação de estoques de produtos com base em projeções no plano de produção.
- **Kanban** – técnica de planeamento de requisição de material desenvolvida pela empresa Toyota que consiste na utilização de cartões, pelos trabalhadores, de forma a sinalizar quando estes necessitam de retirar material do local de armazenamento.

- **Supermercados** – local de armazenamento de material necessário numa zona do processo em que não seja possível a existência de fluxo contínuo ocorrendo uma interrupção. Utiliza-se frequentemente associado ao kanban.

1.3.3 Ferramentas Lean Six Sigma

A aplicação do conceito Lean Six Sigma realiza-se através da utilização de ferramentas e dos conceitos referidos anteriormente. Existe um conjunto alargado de ferramentas que podem ser aplicadas, todavia apresentam diferentes propósitos. As ferramentas Lean centram-se na eliminação de desperdício e as ferramentas Six Sigma apoiam-se em métodos estatísticos.

As ferramentas utilizadas nesta dissertação serão explicadas em maior detalhe.

1.3.3.1 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

OEE é uma medida da eficiência de um equipamento ou organização, com a qual é possível identificar o tempo de operação que realmente é produtivo. [17] Este indicador é calculado através da expressão 1.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

O fator disponibilidade caracteriza-se pela percentagem de tempo que foi utilizado para produzir, face ao tempo planeado para produção, assim, como se demonstra na expressão 2, divide-se o tempo utilizado para produzir (excluindo os tempos das paragens quer sejam planeadas ou não) pelo tempo definido para produzir.

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo de falhas}}{\text{Tempo disponível}} \times 100 \quad (2)$$

O fator de performance calcula-se dividindo o fluxo de produção do equipamento pelo fluxo que deveria produzir, por exemplo um equipamento que produz 200 peças/hora, mas tem capacidade para produzir 300 peças/hora. No entanto, quando aplicamos este fator a uma produção por lotes divide-se o tempo de processamento de um lote ideal pelo tempo de processamento de um lote real [18], como se encontra na expressão 3.

$$Performance = \frac{\text{Tempo de processamento de lote ideal}}{\text{Tempo de processamento de lote real}} \times 100 \quad (3)$$

Por último, a qualidade corresponde à percentagem dos produtos sem defeitos e para a calcular divide-se o número de produtos sem defeitos pelo número total de produtos. Contudo, num processo

que não produz peças, mas sim lotes e em que cada lote demora mais de um dia a ser produzido, calcula-se o parâmetro OEE por cada lote e deste modo o fator de qualidade apresenta o valor 0 se o lote não for aprovado e 1 se for aprovado.

De forma a exemplificar, considerou-se um turno de 8h (480 minutos) com uma pausa de 60 minutos, um tempo total de paragens de 47 min, tempo ideal de ciclo de 1 segundo e 19 mil peças produzidas, em que 400 foram rejeitadas. [19] Os fatores anteriores são calculados da seguinte forma:

$$Disponibilidade = \frac{480 - 60 - 47}{480 - 60} \times 100 = \frac{373}{420} \times 100 = 89\%$$

$$Performance = \frac{19000 * 1}{373 * 60} \times 100 = 85\%$$

$$Qualidade = \frac{19000 - 400}{19000} \times 100 = 98\%$$

$$OEE = 0,89 \times 0,85 \times 0,98 = 74\%$$

O OEE é uma medida importante na melhoria de um processo, permite a identificação e quantificação das perdas que afetam os equipamentos, possibilitando o reconhecimento dos desperdícios do processo, constituindo a base para o descobrimento das causas-raízes dos desperdícios.

1.3.3.2 Mapa de fluxo de valor (Value Stream Mapping)

O Value Stream Mapping (VSM) é uma ferramenta utilizada no sistema Toyota de produção que consiste no mapeamento do fluxo de material e informação, de um processo. O fluxo de valor ("Value Stream") caracteriza-se pelo conjunto de todas as ações necessárias, quer acrescentem valor para o cliente ou não, que façam um produto passar pelos fluxos principais de um processo, o fluxo de produção (da matéria prima ao consumidor do produto final) e o fluxo de design (do conceito ao lançamento). Contudo, o fluxo de produção da matéria-prima ao consumidor, é a vertente usualmente utilizada para a elaboração do mapa de fluxo de valor. [5]

A aplicação desta ferramenta permite a identificação dos gargalos do processo (fontes de desperdício), demonstra a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo material, constitui a base de um plano de implementação e é uma ferramenta qualitativa que permite a resolução dos gargalos identificados face aos resultados obtidos. Desta forma, inicialmente elabora-se o mapa de fluxo de valor do estado atual da empresa e posteriormente um mapa de fluxo de valor idealizado, denominado mapa futuro do fluxo de valor. Este mapa deve ser elaborado antes de colocar um novo sistema de calendarização e planeamento e antes de qualquer implementação na produção. Posteriormente ao mapa futuro do fluxo de valor desenvolve-se um plano de ação e implementação que descreve como se planeia atingir o estado futuro. [20]

A elaboração do mapa futuro do fluxo de valor e a sua implementação, constituem o objetivo do mapeamento de todo o processo.

Quando se atinge todas as melhorias propostas e o mapa futuro do fluxo de valor se torna o mapa atual, deve-se construir um novo mapa futuro. Desta forma, existem sempre objetivos e um mapa futuro que permitem uma melhoria contínua do processo.

Seleção da família de produtos

Antes de mapear o processo a família de produtos tem de ser escolhida pois, num processo, o consumidor não se interessa por todos os produtos. Assim o mapeamento não é realizado a todos os produtos, o que seria demasiado complexo para processos de grandes dimensões.

Uma família de produtos é um grupo de produtos que passam através de passos do processo similares e por equipamentos comuns. Usualmente elabora-se uma matriz semelhante à da Figura 1.2, de forma a facilitar a seleção.

		Assembly Steps & Equipment							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

A Product Family

Figura 1.2 – Matriz da família de produtos [5]

Mapa atual do fluxo de valor

O mapeamento do processo, frequentemente começa no cliente e processa-se em direção ao fornecedor. Este percurso, permite o posicionamento na perspetiva do consumidor, que pretende conhecer a origem do produto em vez do próximo passo do processo.

Inicialmente, o processo deve ser observado num fluxograma e em regra geral uma caixa do processo no mapa de cadeia de valor deverá indicar uma operação onde circula material. Contudo, se a cada operação fosse atribuída uma caixa, seriam demasiadas para a construção do mapa e desta forma simplifica-se e atribui-se uma caixa a uma área de produção em vez de operação. Idealmente esta área de produção opera em fluxo contínuo e é interrompida originando um produto que é armazenado e acumulado, assim, entre cada caixa encontra-se um estoque de um produto e um lote deste.

Existe uma simbologia standard para a construção dos mapas de cadeia de valor, contudo, a sua utilização é opcional sendo o mais importante a coerência e ainda que cada pessoa da empresa consiga interpretar os mapas elaborados. A simbologia standard habitualmente utilizada, encontra-se no anexo A.

Depois de existir uma familiarização com o processo e a simbologia ter sido definida, prossegue-se para a recolha dos dados necessários ao preenchimento das caixas de dados. Estes dados dependem de diversos fatores, nomeadamente do tipo de indústria envolvida, tipo de produtos, o que se pretende analisar e o que é aplicável face às instalações. Na maioria dos processos justifica-se a recolha de tempos de processamento de operações, tempo de preparação dos equipamentos, taxa de ocupação dos equipamentos, tempos que acrescentem valor e tempos que não acrescentam valor, tamanho dos lotes, quantidade de operadores necessária em cada operação, número de variações de produto e tempo de trabalho disponível por turno (excluindo as pausas).

Os tempos recolhidos têm de ser explícitos no seu conceito, de forma a que sejam estritamente objetivos e claros, para que possam ser interpretados por qualquer pessoa.

Um parâmetro que detém grande importância no mapa do fluxo de valor é o estoque. À medida que se observam as operações, serão encontradas zonas de acumulação de produto. Assim, representa-se a seguir à zona correspondente um triângulo com indicação da quantidade acumulada, de forma a chamar a atenção para o local. Além da quantidade é frequente indicar os dias até esse estoque acabar, para tal torna-se necessário calcular a taxa de procura do produto por parte do cliente.

Para completar o fluxo material descrito anteriormente, os mapas de fluxo de valor apresentam também o fluxo de informação. Deste modo é pertinente a recolha de dados, relativa aos clientes (apresentados no canto superior direito do mapa da Figura 1.3), bem como aos fornecedores (apresentados no canto superior esquerdo do mapa da Figura 1.3).

Por fim, todas as caixas de dados e figuras são conectadas entre si através de diferentes setas com diferentes propósitos que se encontram no anexo A.

A Figura 1.3 representa um exemplo de um mapa de fluxo de valor do estado atual de uma empresa. No fluxo material pode-se observar diversas operações planeadas semanalmente (Weekly Schedule), os seus tempos de ciclo (T/C), tempo de configuração (C/O), atividade do equipamento (Uptime) e ainda a quantidade de operadores necessários nessa operação (Ex: 1 O). O tempo de ciclo (T/C) é o tempo entre o final de um lote até ao final do lote seguinte, o tempo de configuração (C/O) é o tempo que demora um equipamento a ser configurado para ser utilizado, o uptime é a percentagem de tempo que o equipamento está em atividade.

O estoque de produtos está descrito entre cada operação com a quantidade de peças com configuração esquerda (L) e peças com configuração direita (R) e o tempo previsto para esse estoque acabar. Quanto ao fluxo de informação, observa-se que a previsão das encomendas de matéria-prima é de 6 semanas, as entregas são feitas às terças e quintas e a previsão das encomendas dos clientes é de 90/60/30 dias, sendo entregues 18400 peças em duas vezes. [5] [21]

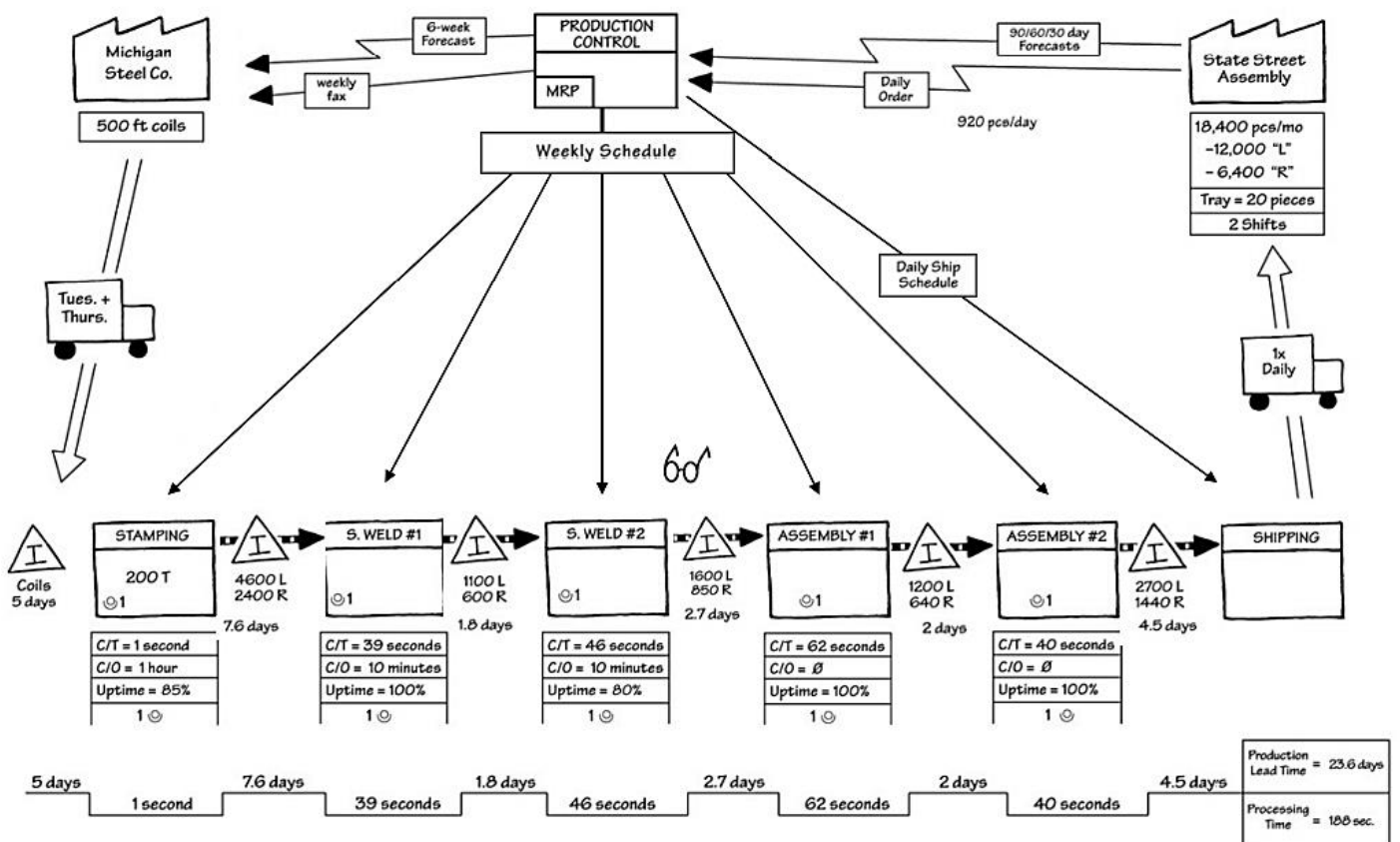


Figura 1.3 – Exemplo de mapa de fluxo de valor atual [5]

É de notar que no exemplo referido anteriormente, o tempo de operação (TO) corresponde ao tempo de ciclo (TC), porém na maioria das empresas o tempo de operação é superior ao tempo de ciclo. Assim, na linha temporal, representada por baixo das operações, representa-se o tempo de operação em vez do tempo de ciclo. O tempo que acresce valor para o cliente apresenta-se no patamar de baixo e no patamar de cima apresenta-se o tempo de operação e ainda o tempo associado ao estoque. [22] Na Figura 1.4 exemplifica-se de forma simplificada o que foi referido.

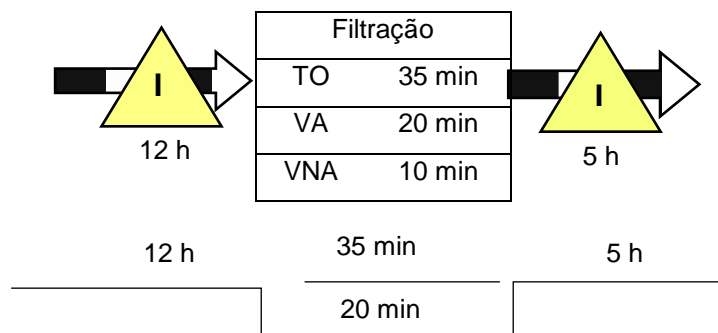


Figura 1.4 – Exemplo de excerto de mapa de fluxo de valor

Mapa futuro do fluxo de valor

O propósito do mapeamento do processo é a deteção dos gargalos do processo e eliminá-los implementando o mapa futuro da cadeia de valor, num curto período de tempo, se for possível. Desta forma o objetivo é produzir apenas o que é necessário para os clientes, no menor tempo possível, com melhor qualidade possível e com o menor custo possível para a empresa.

Os gargalos do processo correspondem a zonas do processo que atrasam toda a produção e onde ocorre acumulação de produto. A sua identificação é feita através da observação do mapa de fluxo de valor de atual.

Na construção do mapa futuro do fluxo de valor, podem ser consideradas duas vertentes. A primeira corresponde à melhoria de todas as fontes de desperdício detetadas, tendo em consideração as instalações e os equipamentos disponíveis. A segunda está diretamente relacionada com o objetivo da empresa, se esta pretende aumentar a produção, investir em novos equipamentos ou tecnologias.

A elaboração de um mapa futuro do fluxo de valor é sempre necessária para qualquer alteração que se faça na empresa, pois permite avaliar se a alteração irá resolver o problema ou poderá criar outro. Desta forma, para ajudar a construir um mapa futuro, existem questões que, ao tentar responder, poderão ajudar a analisar o mapa atual do fluxo de valor e assim identificar os problemas e obter medidas que podem ser implementadas para os resolver:

- Onde se pode utilizar fluxo contínuo no processo?
- Que melhorias serão necessárias para obter um processo com as especificações do mapa futuro? (Qualquer melhoria a nível de equipamento e procedimento)
- Qual é a taxa de procura por parte do cliente?
- Onde se utilizam sistemas pull e supermercados?

A resposta às questões anteriores bem como outras que possam surgir, possibilitam a alteração do mapa de fluxo de valor do estado atual, de forma a construir o mapa de fluxo de valor do estado futuro.

Após a identificação dos pontos do processo a melhorar e uma análise ao processo, caso se pretenda fazer alterações a nível de equipamentos ou outras, utiliza-se a simbologia definida e assinalam-se as alterações no mapa de fluxo de valor do estado atual, construindo o mapa de fluxo de valor do estado futuro.

Na Figura 1.5 encontra-se exemplificado um mapa de fluxo de valor do estado futuro da empresa cujo mapa de fluxo de valor do estado atual se encontra na Figura 1.3. Do estado atual para o estado futuro existem alterações que se podem verificar, começando pela criação de um fluxo contínuo de material que junta as operações de soldagem e montagem (weld/assembly). De seguida, observa-se que o fluxo material deixa de ser controlado pelo controlo de produção, mas sim por Kaban. Assim, na estampagem (stamping) produz-se um lote que é armazenado e que demora 1,5 dias a esgotar e a cada 60 peças que se retiram para soldagem e montagem, a estampagem produz um novo lote. Este lote não é de 60 peças porque a estampagem demora 1h a ser configurada e desta forma é necessário um lote que sustente algum tempo mais. [5] [21]

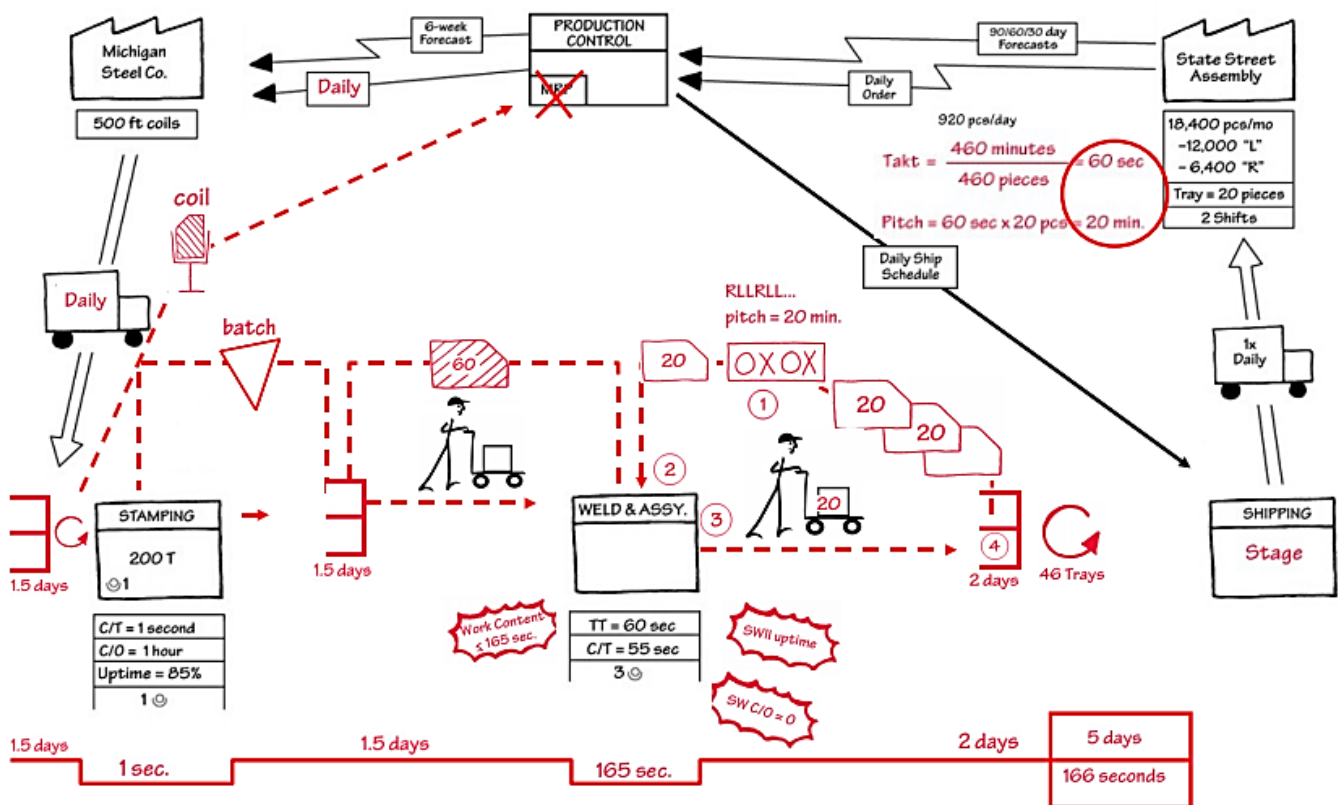


Figura 1.5 – Exemplo de mapa de fluxo de valor futuro [5]

Plano de implementação

Após o mapeamento do processo, existe como objetivo a implementação das medidas e alterações propostas no mapa de fluxo do estado ideal. Deste modo, a criação de um plano de implementação e ação é um passo essencial que irá permitir a execução de todas as medidas propostas com respetivas datas limite.

Existem diversas estratégias para analisar o mapa de fluxo de valor do estado futuro, porém a estratégia mais usual consiste na divisão do mapa por secções, terminando cada secção num estoque. Deste modo, deverá estabelecer-se a ordem das medidas a serem implementadas, escolhendo previamente uma secção que será o ponto de partida. Saliencia-se que pequenas alterações no fluxo

poderão ser realizadas em primeiro lugar e posteriormente realizar as grandes alterações no processo, contudo o importante será a implementação das melhorias assinaladas.

Depois do conhecimento da sequência prevista para melhorias e definição da data de início de implementação, existe a elaboração de um plano de ação anual, como se encontra exemplificado na Figura 1.6. [23]

Value Stream Transformation Plan																		
Value Stream		Outpatient Imaging				Scheduled Review Dates												
Executive Sponsor		Allen Ward				1-Nov-12												
Value Stream Champion		Paul Scanner				21-Nov-12												
Value Stream Mapping Facilitator		Dave Parks				13-Dec-12												
Date Created		10/18/12				10-Jan-13												
FS VSM Block #	Measurable Target	Proposed Countermeasure	Exec. Method*	Owner	Planned Timeline for Execution												Status	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2	Improve quality of referral to 85%	Implement standard work for referral process	KE	Sean Michaels														100%
3,4	Reduce lead time between scheduling and preregistration step to 45 minutes	Cross-train and co-locate work teams	Proj	Dianne Marie														75%
4	Only one check in per patient	Collect copays in Imaging	KE	Ryan Austin														50%
4	Reduce wait time in waiting area by 50%	Balance work / level demand	KE	Dianne Marie														50%
6	Eliminate 6 hour lead time associated with transcription step	Implement voice recognition technology	Proj	Dave Gerald														50%
7	Eliminate redundant data entry	Auto populate between PACS and Meditech	Proj	Dave Gerald														25%
5	Visually managed inventory; no outages or expired items	5S CT supplies area; implement kanban	KE	Michael O'Shea														100%
6	Reduce imaging LT to one hour	Value-stream specific radiologists	Proj	Martha Allen														25%
8	Reduce report delivery LT to 30 minutes	Increase % of physicians receiving electronic delivery	Proj	Martha Allen														0%
7	Reduce LT at image review to 1 day	Visual metrics and indicators	JDI	Dave Gerald														100%
Agreement																		
Executive Sponsor			Value Stream Champion				Value Stream Mapping Facilitator											
Signature:			Signature:				Signature:											
Date:			Date:				Date:											

* Execution Method = JDI (Just-do-it), KE (Kaizen Event), or Proj (Project)

Figura 1.6 – Exemplo de plano de implementação de medidas [5]

2. Estudo das operações e mapeamento do processo de API

O mapeamento do processo do API tem o propósito de eliminar os desperdícios, identificar os gargalos do processo e aumentar o valor do produto para o cliente, como tal, algumas etapas serão envolvidas no decorrer desta análise.

Primeiramente, torna-se pertinente o conhecimento do processo do API, em estudo, bem como da produção do mesmo, incluindo horários, turnos, número de operadores e toda a informação relevante que permita um estudo eficaz do processo. De seguida, deve ser realizado o encadeamento de todas as operações do processo, identificando operações paralelas e calculando o número de lotes que se consegue obter, caso se utilizem os equipamentos na sua capacidade máxima. Será ainda estudada a produção da quantidade de API pretendida pela empresa, bem como verificar a capacidade máxima da linha de produção.

Posteriormente, segue-se para o mapeamento de todas as operações e a construção do mapa de fluxo de valor do estado atual da empresa, seguida da sua interpretação e identificação de melhorias que serão representadas no mapa de fluxo de valor do estado futuro da empresa.

Por último, elabora-se plano de implementação de medidas que permitam melhorar a produção do API.

2.1 Informações gerais da produção do API

Em 2018, a produção do API começou no fim do mês de janeiro, sendo que os primeiros lotes de API surgiram em fevereiro. A produção deste produto realiza-se por 24 horas diárias com 4 turnos de 10 operadores cada que trabalham durante 8h em 3 horários diferentes, 00h às 08h, 08h às 16h e 16h às 00h.

Nos primeiros 3 meses de produção foram produzidos em média 34 lotes de produto A, 27 lotes de produto B, 34 lotes de produto C e 19 lotes de API por mês. É pertinente conhecer as quantidades produzidas de cada produto por lote e as quantidades consumidas em cada lote, deste modo, para este estudo utilizaram-se valores genéricos que podem sofrer alterações, no entanto os valores ao longo dos meses não deverão ser muito distintos.

A produção de um lote final não depende apenas do departamento de produção, o controlo de qualidade é um departamento bastante envolvido na produção do produto final, pois, grande parte das amostras retiradas são analisadas por esse departamento. Além disso existem outros departamentos envolvidos, assim a Figura 2.1 apresenta os diferentes departamentos envolvidos, bem como os respetivos horários de funcionamento.

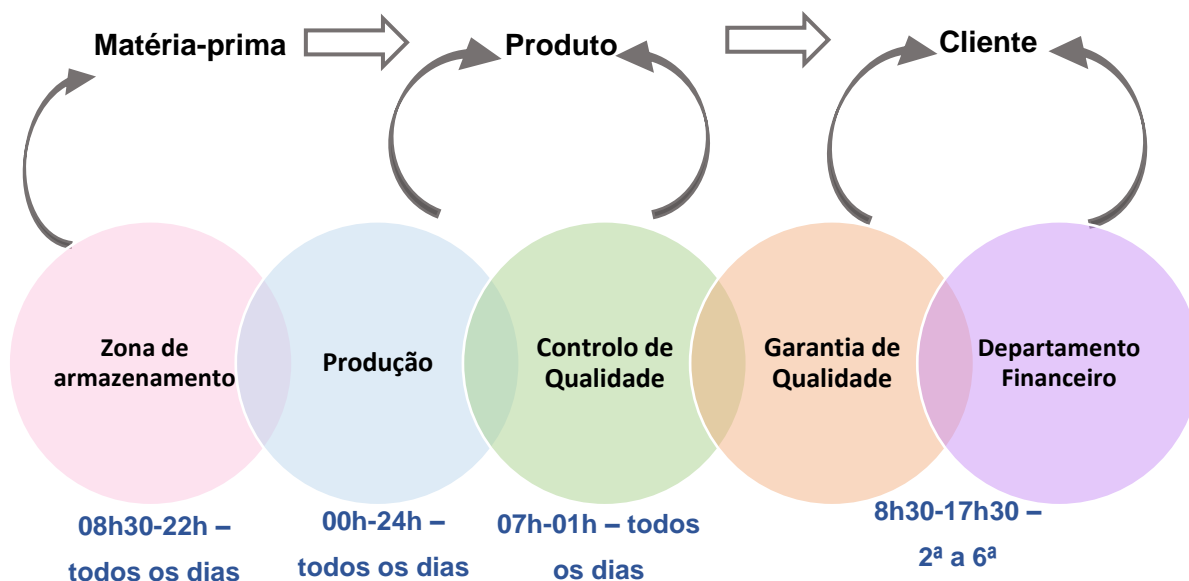


Figura 2.1 – Diagrama que representa os departamentos envolvidos e os seus horários de funcionamento, nas diferentes etapas do ciclo de um produto

Existe um planeamento semanal para a produção de API que depende dos departamentos anteriormente mencionados. Neste planeamento, o horário da síntese do produto A, encontra-se relacionada com a previsão da amostragem, em particular de determinado resultado de amostras que implicam a continuação da produção. Em ambas as situações de amostragem, a produção depende da disponibilidade do controlo de qualidade.

Quanto ao planeamento do início de síntese do produto B, este depende da tarifa de eletricidade estabelecida (tarifa tri-horária). Como a reação é muito exotérmica, consome bastante energia para manter a temperatura, assim torna-se pertinente começar a síntese no período mais económico. [24]

Cada lote de produto intermediário demora 12h a ser analisado e depois da análise e aprovação, os lotes podem ser utilizados.

No fim da produção de um lote de API, existe a produção de um lote de produto final que corresponde a um lote de API ou à mistura de mais lotes. Com a capacidade dos misturadores existentes nas instalações, no máximo produz-se 500 kg de produto final.

2.2 Especificações do produto

No mapeamento de um processo, tomar a perspetiva do cliente é fundamental e assim, para aumentar o valor do produto para o cliente, torna-se conveniente conhecer os parâmetros que este pretende e pelos quais se encontra disposto a pagar.

2.3 Tempos do processo

Para mapear o processo de API é necessário a recolha de diferentes dados, inclusive a recolha de diferentes tempos do processo. Em primeiro lugar, é pertinente a escolha dos tempos a recolher, deste modo, como o processo envolvido neste estudo é de indústria farmacêutica que se distingue da indústria automóvel, assim, os tempos recolhidos serão diferentes e adaptados ao processo.

Neste tipo de indústria, o tempo de processamento da operação (TPO), tempo de operação (TO), tempo de ciclo (TC), tempo de pausa (TP), tempo em que se acrescenta valor para o cliente (VA), tempo que não acrescenta valor para o cliente (VNA) e tempo de processamento de lotes (TPL) são tempos necessários do processo para a aplicação da ferramenta Value Stream Mapping.

Como já foi referido anteriormente, os dados reunidos precisam de ter um conceito claro para fácil interpretação, desta forma prossegue-se para a sua definição.

O tempo de operação (TO) é o primeiro tempo a ser recolhido pois corresponde ao tempo entre o carregamento e a transferência do produto resultante. Este tempo, em determinadas operações, assemelha-se ao tempo em que o equipamento se encontra ocupado, porém não considera as lavagens que são realizadas, em que as águas de lavagem não são aproveitadas na etapa seguinte.

O tempo de pausa (TP) corresponde ao tempo em que nenhuma etapa da operação está a ocorrer, um dos exemplos mais verificados refere-se ao tempo entre o carregamento de um composto e o carregamento de outro componente, esse tempo não é necessário ao tempo de processamento. Outro exemplo são as pausas para manutenção.

O tempo de processamento da operação (TPO) é o tempo em que a peça demoraria a ser processada na situação de não existir tempo de pausa. Este tempo é calculado através da diferença do tempo de operação e do tempo de pausa e é um tempo muito pertinente porque existem lotes em que não existe tempo de pausa e o tempo de operação é igual ao tempo de processamento da operação, mas noutros lotes anteriores ou posteriormente, o tempo de operação é diferente do tempo de processamento da operação. Assim, o cálculo deste tempo permite concluir quanto à coerência do tempo em que os lotes demoram a ser produzidos, sem que hajam etapas da operação com uma grande discrepância de duração e caso haja essa discrepância, a operação deverá ser melhorada. Além disso, comparando o tempo de operação com o tempo de processamento da operação, no caso de serem diferentes, avalia-se a causa do tempo de pausa na operação, se ocorre por falta de operadores em que são precisos noutras etapas, falta de material ou disponibilidade de equipamentos.

O tempo de ciclo (TC) corresponde ao tempo entre o final de um lote até ao final do lote seguinte, sendo condicionado pelo gargalo do processo.

O tempo que cresce valor para o cliente (VA) corresponde ao tempo associado às etapas da operação que modificam um composto, originando um composto com maior valor para o cliente, alterando-o para as especificações pretendidas. De forma a facilitar a interpretação dos tempos que crescem valor, consideram-se todas as atividades pelas quais o cliente pagaria.

O tempo que não cresce valor para o cliente (VNA) corresponde a todas as etapas pelas quais o cliente não pagaria. No entanto, existem dois tipos de tempos que não acrescentam valor, um é o desperdício (VNAD) o outro são as etapas que não acrescentam valor para o cliente, mas são

indispensáveis (VNAI). Deste modo, para saber o valor que cada atividade acresce ou não para o cliente, coloca-se na perspetiva deste, começando pela observação das especificações do produto que este irá receber e pelo qual pagará.

O tempo de processamento de lote (TPL) corresponde ao tempo desde o primeiro carregamento até à pesagem do produto final e representa o tempo que se demora a processar o lote.

Na Figura 2.2 apresenta-se um esquema genérico que permite a interpretação dos tempos anteriormente referidos. É de notar que ambas as operações representadas são simplesmente exemplificativas.

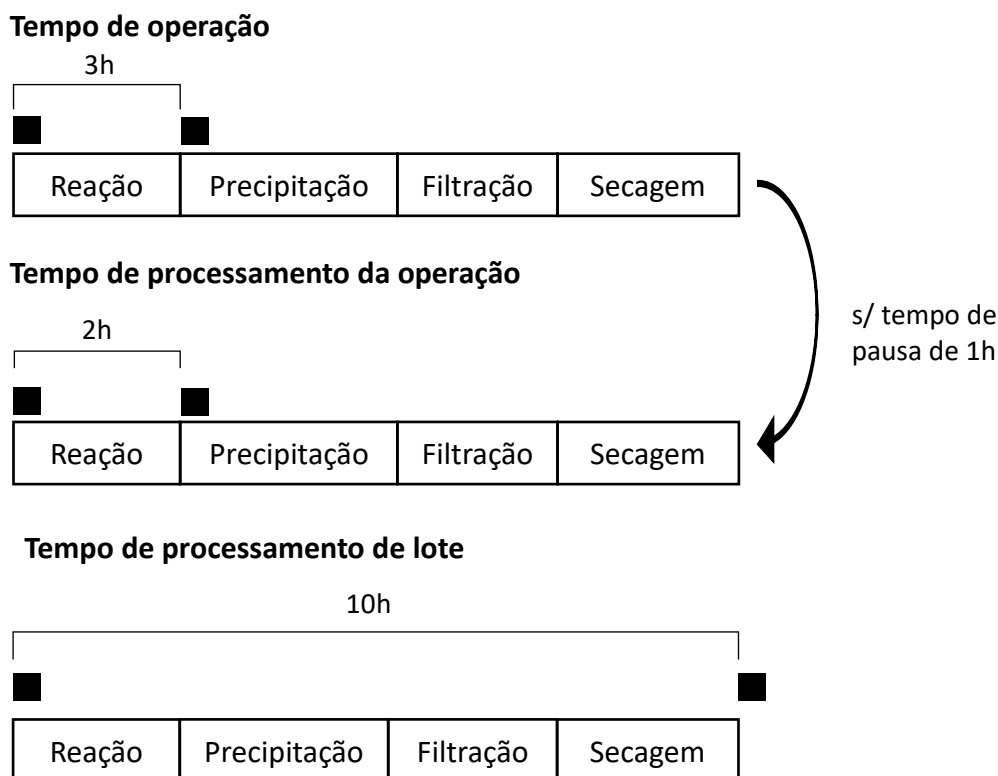


Figura 2.2 – Esquema que exemplifica o tempo de operação, tempo de processamento da operação e tempo de processamento de lote

Com a definição dos tempos mencionados, procedeu-se à recolha de ambos os tempos dos primeiros 20 lotes de 2018, de todas as operações e para cada etapa. Estes valores foram recolhidos nas técnicas de procedimento, onde são anotadas as horas de início e fim de cada etapa da operação.

Na operação de dissolução, o tempo de operação começa na verificação de limpeza do equipamento a ser utilizado e finaliza na lavagem do mesmo (onde se aproveita o solvente). O tempo de processamento da operação corresponde ao tempo de operação excluindo o tempo de pausa, contudo, nesta operação, esse tempo corresponde ao tempo que não acresce valor e é dispensável, assim só se identifica o tempo de pausa quando este assume um valor distinto. O tempo que acresce valor para o cliente na dissolução corresponde à suspensão de uma das matérias primas, imprescindível para a ocorrência da hidrogenação. Por sua vez, o tempo que não acresce valor e é indispensável engloba as atividades imprescindíveis à continuação das etapas que lhes sucedem,

como o carregamento de composto, transferência de produto ou todas as atividades necessárias, por fim, o tempo que não acresce valor corresponde ao tempo perdido entre etapas sem a realização de nenhuma, usualmente carrega-se um solvente algumas horas depois do carregamento do primeiro solvente, assim, o equipamento encontra-se ocupado e a meio da operação de dissolução, mas não acrescenta qualquer valor para o cliente nem é imprescindível para a continuação da operação.

A Figura 2.3 representa os tempos anteriormente referidos para 20 lotes, onde é possível verificar que o tempo que acresce valor e não acresce valor, mas é indispensável, permanecem constantes ao longo do tempo. Deste modo, o tempo que não acresce valor nesta operação, representa o valor instável da operação e se for eliminado a operação encontra-se estandardizada com tempos de processamento da operação constantes.

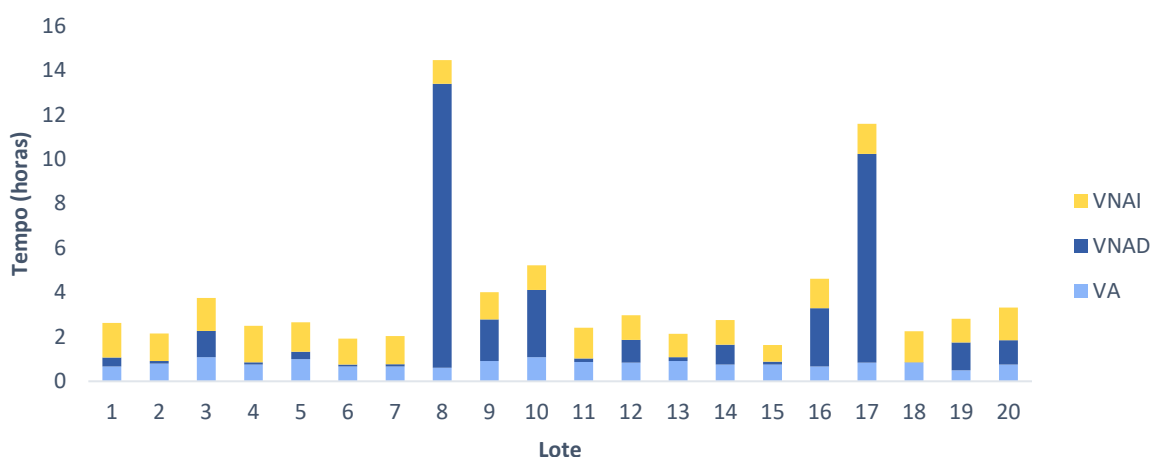


Figura 2.3 – Representação dos tempos que crescem valor (VA) e não crescem valor para o cliente (VNAD e VNAI), pertencentes à operação de dissolução no RAP3377.

Na operação de filtração, o tempo de operação começa na verificação de limpeza do equipamento a ser utilizado e finaliza na descarga do mesmo. Nesta operação também não se distingue o tempo de pausa pois este adquire o mesmo tempo que não acresce valor para o cliente e é dispensável.

O tempo que acresce valor para o cliente na operação de filtração, corresponde a toda a filtração da solução, pois é nesta fase que existe uma purificação de um produto intermediário eliminando as impurezas indesejadas nas especificações do produto final. O tempo que não acresce valor e é indispensável engloba as atividades necessárias à ocorrência da operação, na filtração, a descarga do produto é uma atividade imprescindível à obtenção deste bem como os carregamentos de solventes necessários.

Na Figura 2.4, encontram-se representados os tempos referidos e observa-se que nesta operação o tempo que não acresce valor para o cliente e é imprescindível, apresenta um valor pequeno face à operação de dissolução representada na Figura 2.3.

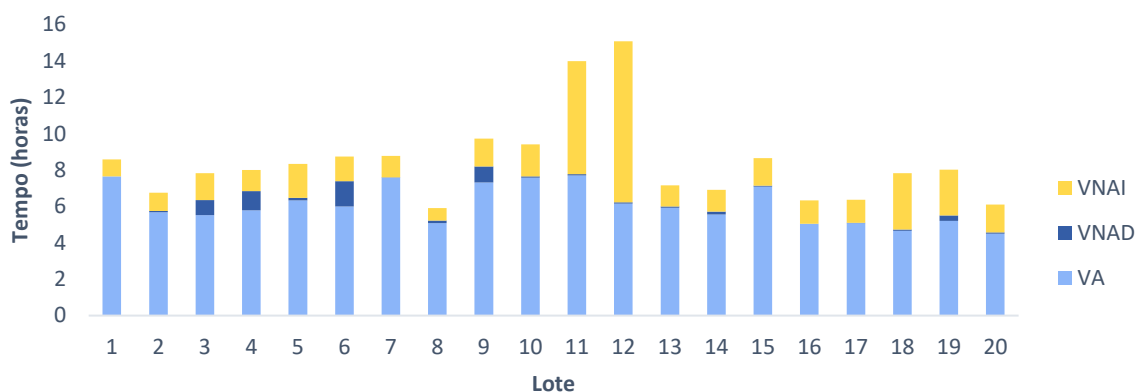


Figura 2.4 – Representação dos tempos que acrescem valor (VA) e não acrescem valor para o cliente (VNAD e VNAI), pertencentes à operação de filtração no FP3397.

Concluindo, eliminando os tempos que não acrescem valor e que são considerados desperdícios, observa-se uma coerência entre a soma do VA e VNAI (tempo de processamento de operação) na dissolução, enquanto na filtração existe uma maior discrepância entre lotes, assim a filtração seria uma das operações a analisar na zona de produção e a melhorar.

A tabela 2.1 reúne os valores mínimos, máximos e médios das duas operações referidas, tendo em conta os 20 lotes estudados. É de notar que os primeiros lotes correspondem ao mês de arranque da produção, desta forma 3 meses depois do arranque procedeu-se à recolha dos mesmos dados de outras 10 técnicas de procedimento. Todas as operações apresentaram valores semelhantes aos valores do mês de arranque, no entanto, algumas apresentavam variações significativas e assim a média dos tempos do processo aproxima-se o mais possível do estado atual da empresa. Observando a seguinte tabela, através do desvio padrão é possível verificar que a operação de dissolução no RAP3377 apresenta um tempo de processamento da operação semelhante de lote para lote, tal não é verificado na filtração no FP3397, como foi referido previamente.

Tabela 2.1 – Valores de tempos do processo para a dissolução, no RAP3377 e filtração, no FP3397.

	Dissolução		Filtração	
	Médio	Desvio padrão	Médio	Desvio padrão
Tempo de operação (h)	3,66	3,20	7,75	2,41
Tempo de processamento da operação (h)	1,99	0,27	7,45	2,44
Valor acrescentado (h)	0,80	0,15	6,08	1,03
Valor não acrescentado, mas dispensável (h)	1,26	3,29	0,28	0,40
Valor não acrescentado, mas indispensável (h)	1,25	0,21	2,08	1,94

Quanto ao tempo de processamento de lote, para os primeiros 20 lotes de 2018 de cada intermediário bem como do produto final, anotou-se o tempo desde o primeiro carregamento até à

pesagem do produto final. Na tabela 2.2 apresentam-se os valores mínimo, médio e máximo dos tempos de processamento de lote.

Tabela 2.2 – Valor mínimo, médio e máximo do tempo de processamento de lote para cada produto

	Tempo de processamento de lote (dias)			
	produto A	produto B	produto C	API puro
Mínimo	2,04	1,25	1,23	2,38
Médio	2,60	1,85	1,42	2,86
Máximo	3,91	3,01	1,62	4,34

Como os primeiros lotes corresponderam ao mês de arranque e o primeiro produto a ser formado é o produto A, não foram considerados os 3 primeiros lotes de produto A para o tempo de processamento de lote. Para os tempos de processamento de lote procedeu-se do mesmo modo ao descrito nos tempos anteriores, também se recolheram tempos para uns meses posteriores e verificou-se que os valores não sofreram grande alteração face aos valores observados na tabela 2.2.

2.4 Encadeamento de operações

O encadeamento de operações de um processo permite uma perceção dos procedimentos, rearranjo de operações em paralelo e possibilita calcular o número máximo de lotes que se consegue produzir.

O processo de API engloba 5 etapas, mas a última etapa não é reacional, assim, para o encadeamento de operações, separou-se o processo em 4 partes, onde cada parte termina num lote e apresenta uma técnica de procedimento distinta.

As etapas envolvidas na produção e a duração das mesmas são parâmetros necessários para realizar o encadeamento referido, como tal, utilizaram-se os tempos médios de processamento das operações, recolhidos anteriormente. A sequência de operações utilizada corresponde à técnica de procedimento cujo tempo de processamento de lote é menor, perfazendo a melhor hipótese de seguimento de operações.

Quando se produz um lote, este é pesado, embalado e armazenado, assim, no final da produção ocorrem as operações finais que em média duram 30 minutos.

Depois da recolha de todos os tempos de processamento das operações e do encadeamento das mesmas é possível conhecer o tempo médio de processamento que cada lote deveria apresentar. Além disso, com o encadeamento estudaram-se dois casos. O primeiro caso refere-se à produção de da quantidade pretendida de API e o segundo caso refere-se ao máximo que se consegue produzir de API, com as instalações existentes.

2.4.1 Diagramas de Gantt

Os diagramas de Gantt são frequentemente utilizados para relacionar atividades em função do tempo, como tal, serão utilizados para relacionar os diferentes passos do processo em função do tempo, permitindo um encadeamento das mesmas. À esquerda do gráfico visualiza-se uma lista de atividades e na parte superior uma escala de tempo adequada. A cada atividade associa-se uma barra em que a posição desta reflete a data de início e data de fim da etapa e o comprimento relaciona-se com a duração da mesma. [25] Nesta dissertação em particular, a cor da barra representa um equipamento.

Para a elaboração dos diagramas de Gantt utilizaram-se todas as etapas do processo, desta forma todos os equipamentos envolvidos encontram-se apresentados, clarificando a identificação de gargalos do processo. Uma das etapas auxiliares é realizada no RAP3390 que apresentou um tempo demasiado elevado, desta forma a etapa foi acompanhada na produção e apresentou um novo tempo de processamento da operação de 0,92 horas.

Nas figuras seguintes representaram-se os diagramas de Gantt de dois lotes consecutivos de todos os produtos referidos ao longo desta dissertação.

A produção de produto A compreende os três primeiros passos do processo e dois tipos de técnicas de procedimento que variam consoante as utilizações do catalisador A, na situação de primeira utilização, o catalisador tem de ser pré-reduzido. Assim, na Figuras 2.5 representou-se o diagrama de Gantt para a produção de produto A em que no 1º lote o catalisador é utilizado pela 1ª vez e no 2º lote pela 2ª vez. Todos os outros intermediários apresentam apenas um tipo de técnica de procedimento.

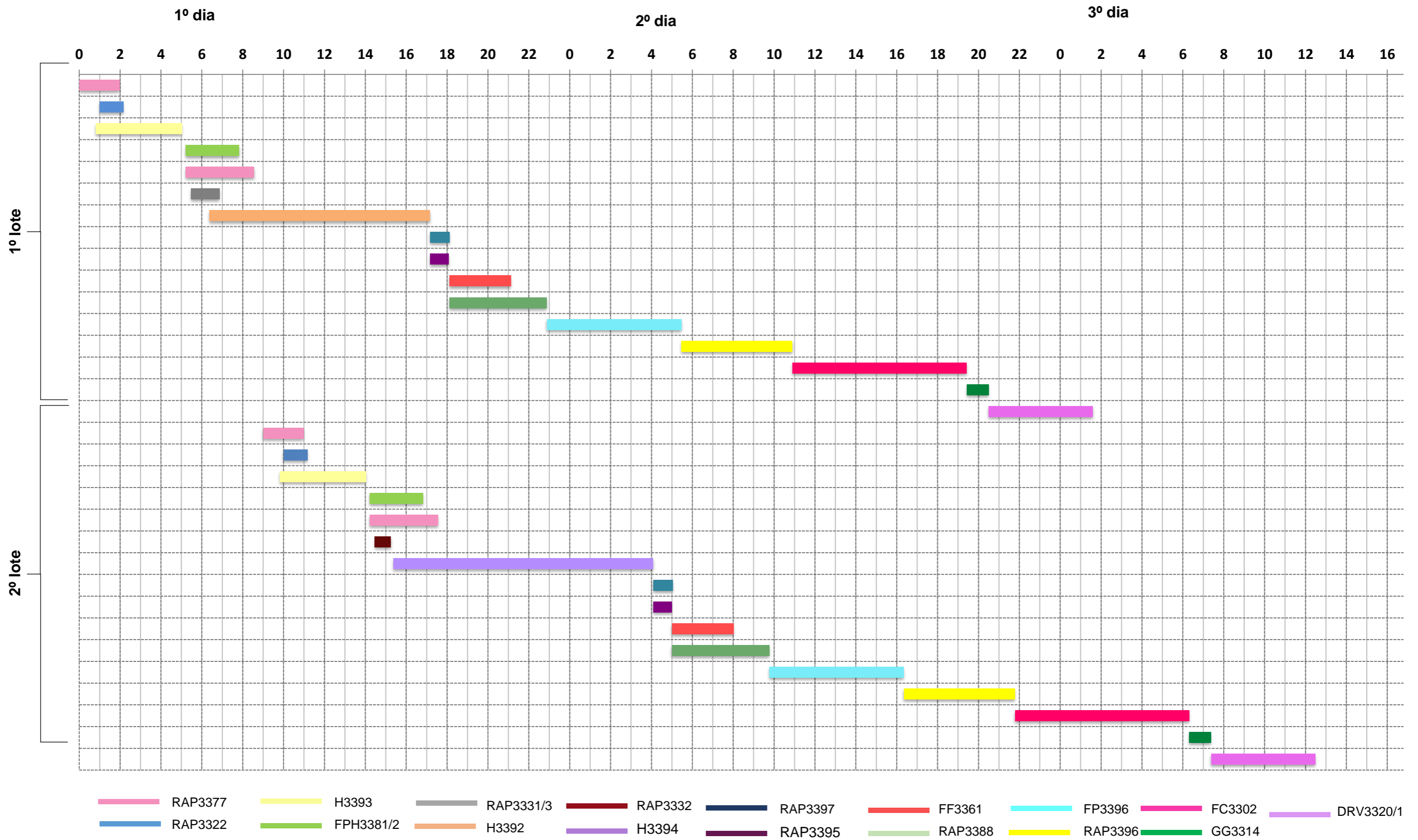


Figura 2.5 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de produto A.

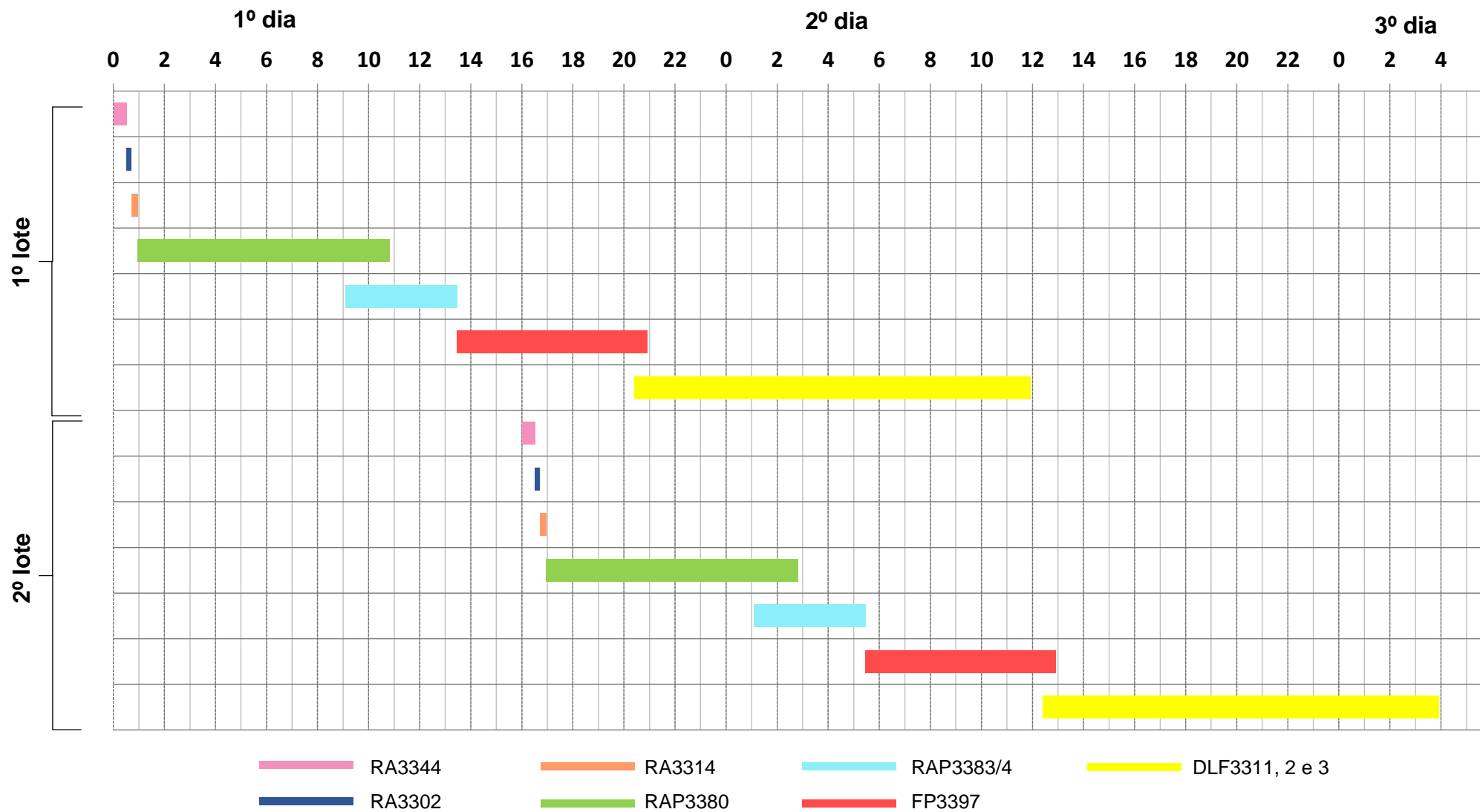


Figura 2.6 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de produto B

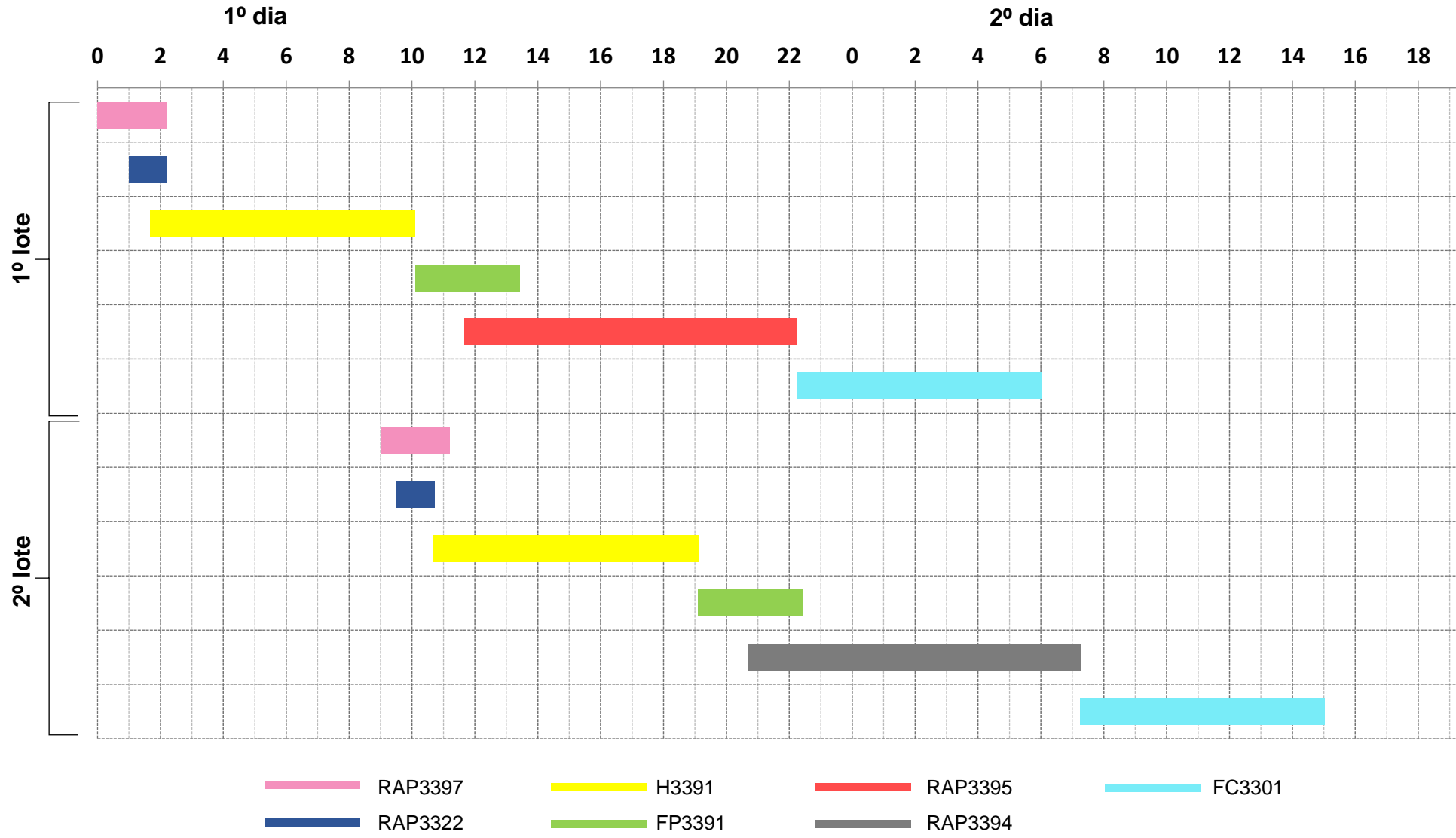


Figura 2.7 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de produto C.

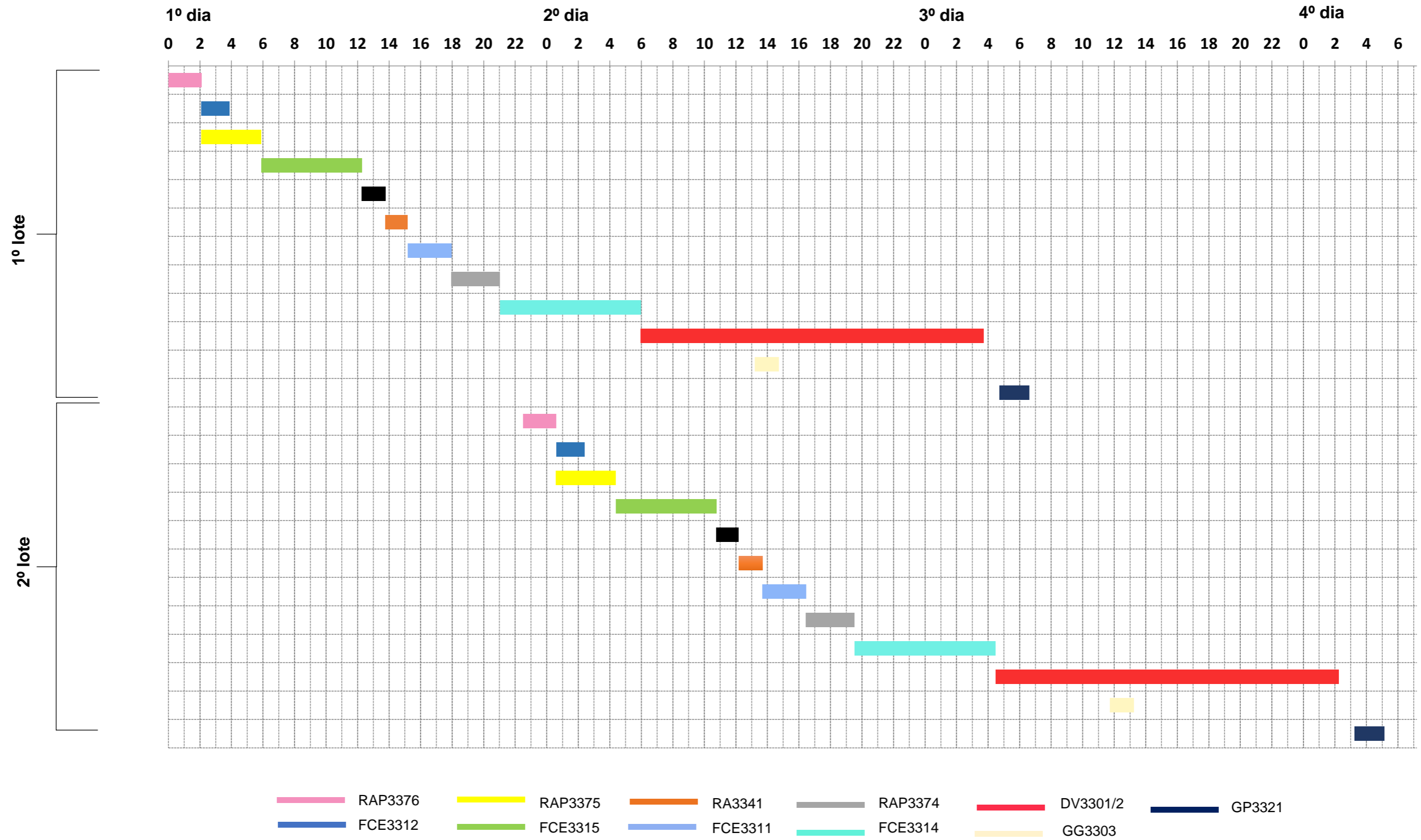


Figura 2.8 - Diagrama de Gantt com operações para a produção de API pura.

Com base nas Figuras 2.5, 2.6, 2.7 e 2.8, é possível obter os tempos de processamento de lote de produto A, produto B, produto C e API, respetivamente. Além disso é possível obter o tempo de ciclo ideal entre cada lote, correspondente à diferença de tempo entre o fim de cada lote. Estes tempos são condicionado pelos gargalos existentes e na secção 2.4.3 esses valores são explicados com maior detalhe.

Na Tabela 2.3 apresentam-se os tempos de processamento de lote (TPL) ideais, tempos de ciclo (TC) ideais e tempos de ciclo atuais. Saliencia-se que o tempo de ciclo (TC) atual, é sempre inferior ao TC ideal devido à quantidade definida de produção. Devido à procura de mercado deste produto, não sendo necessário operar com a capacidade máxima, resultando a quantidade pretendida pela empresa.

Tabela 2.3 – Tempos de processamento de lote ideais e tempos de ciclo ideais e atuais de todos os produtos

	TPL ideal (dias)	TC atual (h)	TC ideal (h)
produto A	2,15 – numa utilização de cat. A 2,07 – nas outras utilizações de cat. A	16,0	9,0
produto B	1,50	18,0	16,0
produto C	1,25	17,0	9,0
API pura	2,28	38,4	22,5

Comparando os tempos de processamento de lote da Tabela 2.3 com os valores da Tabela 2.2, conclui-se que existe margem para otimizar os tempos de produção como seria espectável. Esta otimização deverá começar pela eliminação dos tempos que não acrescem valor e são dispensáveis (secção 2.3). Desta forma, será possível obter menores tempos de produção.

2.4.2 Produção da capacidade pretendida

Tendo em conta a procura dos clientes e pedidos de encomendas, estabeleceu-se na empresa um objetivo de produção por mês de API que permitem satisfazer a procura dos clientes. Para calcular o número de lotes necessário de API utilizou-se a equação 4.

$$n^{\circ} \text{ de lotes de API/mês} = \frac{\text{produção de API} \left(\frac{kg}{\text{mês}} \right)}{\text{quantidade de API produzida por lote} \left(\frac{kg}{\text{lote}} \right)} \quad (4)$$

Com base na equação 5, onde A é um produto em que B é uma das matérias-primas, foi possível calcular o número de lotes de todos os intermediários.

$$n^{\circ} \text{ de lotes de B/mês} = \frac{n^{\circ} \text{ de lotes de A/mês} \times \text{quantidade de B consumida para produzir A}}{\text{quantidade de B produzida por lote}} \quad (5)$$

Com as expressões anteriores e as quantidades produzidas de cada produto e consumidas, calculou-se o número de lotes necessário de cada produto para obter a quantidade pretendida pela empresa.

Produzir a quantidade pretendida de API é possível tendo em consideração as instalações existentes, contudo avaliou-se a produção desta quantidade mantendo o horário de funcionamento do departamento de controlo de qualidade e verificou-se que é viável e não se precisa de estender o horário.

Na tabela 2.4 encontra-se o planeamento semanal do número de lotes que tem de estar finalizados, para num mês (30 dias) se produzir a quantidade desejada.

Tabela 2.4 – Número de lotes por semana para produzir a quantidade pretendida de API

	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	Total
produto A	9	8	9	8	34
produto B	7	7	7	7	28
produto C	8	9	8	9	34
API pura	5	5	5	5	20

2.4.3 Capacidade máxima de produção de API

A capacidade máxima de produção de API depende dos meios necessários para a sua produção, nomeadamente das instalações e disponibilidade de matéria-prima.

Quanto às instalações, através do encadeamento de operações calcula-se a capacidade máxima de produção de API.

Começando pela produção de produto A, a operação com maior duração é a hidrogenação no hidrogenador H3392 ou H3394. No entanto, existem dois hidrogenadores e assim, de seguida, as atividades com maior duração são a ocupação do equipamento RAP3377 (8,4h) e a filtração no FC3302 (8,5h). Estas operações apresentam em média uma duração muito semelhante e são determinantes para a produção de produto A. Deste modo, após 9h do início de um lote de produto A (com alguma margem para as operações finais) poderá iniciar outro lote, perfazendo assim cerca de 75 lotes em 30 dias.

Na produção de produto B a operação com maior duração é a secagem (15,5h) que se processa nos 3 secadores existentes, sendo a operação determinante para o início do próximo lote. Desta forma, é exequível produzir um lote de produto B de 16 em 16 horas, resultando em 43 lotes por mês.

Prosseguindo para a produção de produto C, a operação que apresenta maior duração é a precipitação, dura cerca de 10,6h. No entanto, existem dois equipamentos disponíveis para essa operação, assim a hidrogenação, no hidrogenador H3391, é a operação que delimita o intervalo de tempo entre lotes. O equipamento H3391 encontra-se ocupado em média 8,41h. Consequentemente,

de 9 horas em 9 horas é possível fazer um lote de produto C, resultando em 77 lotes de produto C em 30 dias.

Por fim, na produção de API, a operação de secagem é a operação com maior duração, dura em média 22 horas, deste modo após 22h e 30 minutos do início de um lote (incluindo margem para as operações finais) poderá começar outro lote, perfazendo um total de 30 lotes de API pura.

É de notar que existem inúmeros outros fatores a ter em conta para a produção da quantidade de lotes anteriormente mencionada, ser viável, sobretudo os horários do controlo de qualidade, lotes de catalisador disponíveis, número de operadores, entre outros. Todavia, a quantidade de lotes é praticável, considerando, exclusivamente, a disponibilidade dos equipamentos.

Na Figura 2.9, apresentam-se o número de lotes para produzir a quantidade pretendida de API e o número máximo de lotes possível de se produzir para cada intermediário.

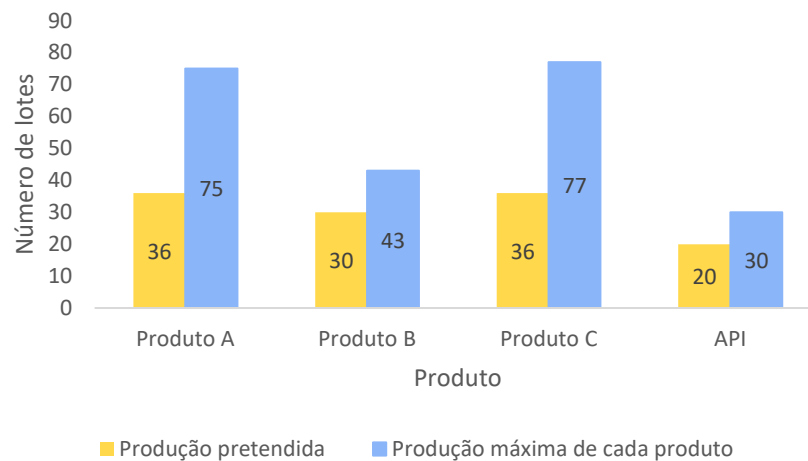


Figura 2.9 – Número máximo de lotes finalizados produzindo a quantidade pretendida de API e produzindo com o máximo de capacidade de cada produto, num mês

Analisando os resultados obtidos, com as instalações é possível produzir 30 lotes de API, desta forma, com a expressões 6 procedeu-se ao cálculo do número de lotes necessários dos produtos intermediários. Para produzir 30 lotes de API são necessários 54 lotes de produto A e produto C e 45 lotes de produto B. Assim, conclui-se que a quantidade máxima de produção de API é definida pelas instalações da 2ª etapa que, potencializadas ao máximo, permitem produzir lotes de produto B suficientes para uma certa quantidade de API que corresponde à quantidade máxima. Para produzir essa quantidade, produzem-se 53 lotes de produto A e produto C, 43 lotes de produto B e 29 lotes de API.

2.5 Estoque de produtos

O inventário dos produtos requer especial atenção, pois, através do qual é possível realizar o planeamento e controlar o nível de estoque existente. O excesso de estoque é um dos tipos de desperdício encontrado numa organização, levando a um acréscimo de custos de armazenamento. Desta forma, fez-se o levantamento do nível diário de estoque para cada produto. Através das técnicas de procedimento verificou-se a hora de início de cada lote, bem como hora de fim de cada lote, hora de carregamento do produto do lote anterior (de forma a saber a hora a que o mesmo foi consumido), quantidades produzidas e consumo de matéria-prima.

Após a recolha do nível de estoque de todos os produtos de cada lote, até início de maio, calculou-se a limitação de estoque para duas hipóteses, dependendo da quantidade de API produzida. A primeira hipótese apoia-se na produção pretendida por mês que corresponde ao objetivo da empresa. A segunda hipótese relaciona-se com a produção de lotes utilizando a capacidade máxima dos equipamentos.

O estudo das hipóteses apresentadas tem de ter em consideração as limitações presentes na produção como a consideração dos tempos de análise de produto, tarifa tri-horaria e realização de testes indispensáveis ao consumo do produto.

2.5.1 Produção de produto A

A Figura 2.10 apresenta o nível de estoque de produto A ao longo dos meses, este apresenta uma média de 176,2 kg por dia.

No mês de fevereiro, observam-se valores elevados até dia 9 que correspondem ao início do arranque de API e onde se produz maior quantidade de produto A, no dia 14 verifica-se a quantidade mais baixa de produto A registada nesse mês, tal deve-se ao lote de produto A que finalizou nesse dia ter chumbado e não poder ser utilizado até um reprocessamento.

No mês de março, dia 9 existe um pico no nível de estoque de produto A devido à finalização de 2 lotes de produto A nesse dia e a produção de produto B não acompanhar, no entanto dia 10 de março consumiu-se produto A em 2 lotes de produto B. É perceptível, ainda, uma estagnação no dia 16 que se deve a um lote não ter sido aprovado nesse dia. Por fim, nesse mês houve uma descida de nível de estoque no dia 26 por ter sido obtido um lote com baixo rendimento.

Em abril, o estoque de produto A diminuiu, apresentando um valor significativamente baixo no dia 25 de abril e um pico com valor alto no dia 29. De seguida, a 18 de abril produziram-se dois lotes de produto B provocando um grande consumo de produto A, e uma instabilização do estoque no dia 25. Por fim, a 29 de abril o estoque de produto A sofreu um aumento porque não houve produção de produto B a 26 e 28 de abril e assim, o produto A não foi consumido.

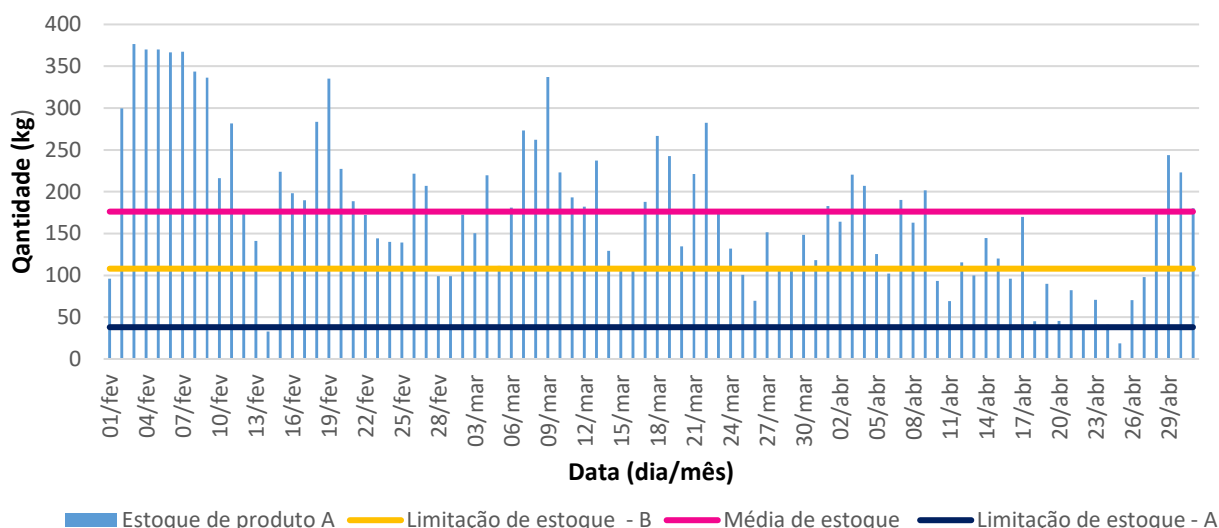


Figura 2.10 – Quantidade de produto A verificada às 00h de cada dia de fevereiro, março e abril, bem como os valores mínimos de estoque de produto A se se produzir a quantidade pretendida (A) ou produzir utilizando a capacidade máxima dos equipamentos (B).

Produção da quantidade pretendida de API por mês

Para a produção da quantidade pretendida de API, consideraram-se as 12h necessárias à análise e aprovação de cada lote, o horário de controlo e a hora da análise da amostra indispensável à continuação do lote, juntamente com a tarifa tri-horária (anexo B), de forma a baixar o custo energético da reação do produto B, assim obteve-se um planeamento. Por fim, cada lote foi disposto no planeamento com base nos turnos da produção, existindo uma tentativa de não iniciar nenhum lote perto do final de um turno.

Esse planeamento mostra que cada lote de produto B começa às 00h que satisfaz o horário mais barato da tarifa tri-horária, no entanto, a quantidade de produto A gasta é contabilizada às 23h e 50 minutos do dia anterior de forma a tudo começar no horário previsto.

O produto A é um passo que requer especial atenção na produção de API, é o mais demorado e a quantidade obtida num lote não é suficiente para um lote do produto seguinte, por isso é fundamental limitar o nível de estoque. Para o estoque oscilar num intervalo menor possível, concluiu-se que o nível deve oscilar entre 38 kg e 100 kg e ainda, quando o nível atinge 54 kg, no dia seguinte começa-se a produção de dois lotes de produto A, contudo poderá existir algum atraso na produção de produto B levando a consumir produto A no dia seguinte, desta forma, em vez de 54kg teremos 162 kg e um intervalo de 108 kg a 200 kg. No entanto, em vez de à meia noite se atingir um valor entre 38 kg e 100 kg, deverá ser atingido até no máximo às 2h, tal deve-se aos estoques começarem e acabarem perto da meia noite.

No final de abril é possível observar uma otimização em relação aos restantes meses.

Produção máxima de API

Com a capacidade máxima existem restrições que não podem ser tidas em conta tais como o horário do departamento de controlo de qualidade, a limitação dos testes necessários ao consumo de produto B, a tarifa tri-horaria e por fim, a duração de análise de 12h (passando para 8h que é um valor aplicável com extensão do horário de funcionamento do controlo de qualidade)

Sem considerar as restrições mencionadas, torna-se possível utilizar os equipamentos nas suas capacidades máximas e após um planeamento detalhado, o nível de estoque deverá encontrar-se entre 108kg e 262 kg. Como o produto B é o produto limitante, produz-se um lote de produto B a cada 16h (no máximo de capacidade).

2.5.2 Produção de produto B

Na Figura 2.11 observa-se o nível de estoque de produto B ao longo dos meses, este apresenta uma média de 478,3 kg por dia.

No mês de fevereiro, verifica-se um elevado aumento do nível de estoque no dia 12 devido à finalização de dois lotes de produto B sem qualquer consumo na produção de produto C, nesse dia. Além disso, verifica-se uma acumulação que começa a diminuir no dia 1 de março, quando a produção de produto B estagna momentaneamente, voltando a terminar um lote a 4 de março quando ocorre uma subida.

No mês de março, dia 12 existe um pico, semelhante a 12 de fevereiro, que se deve à produção de dois lotes de produto B sem produção de produto C. Contudo, no dia 18 de março, ocorre uma estabilização significativa do estoque de produto B.

Em abril, o ritmo de produção e consumo de produto B encontra-se estabilizado, como foi referido anteriormente, porém verifica-se que a 16 de abril existe a produção de 2 lotes de produto B, provocando um pico no dia 17 que desceu no dia 18 com um consumo em dois lotes de produto C. Nesta situação, a produção de produto C deveria se encontrar sincronizada com a produção de produto B de forma a serem produzidos dois lotes de produto C quando são finalizados dois lotes de produto B.

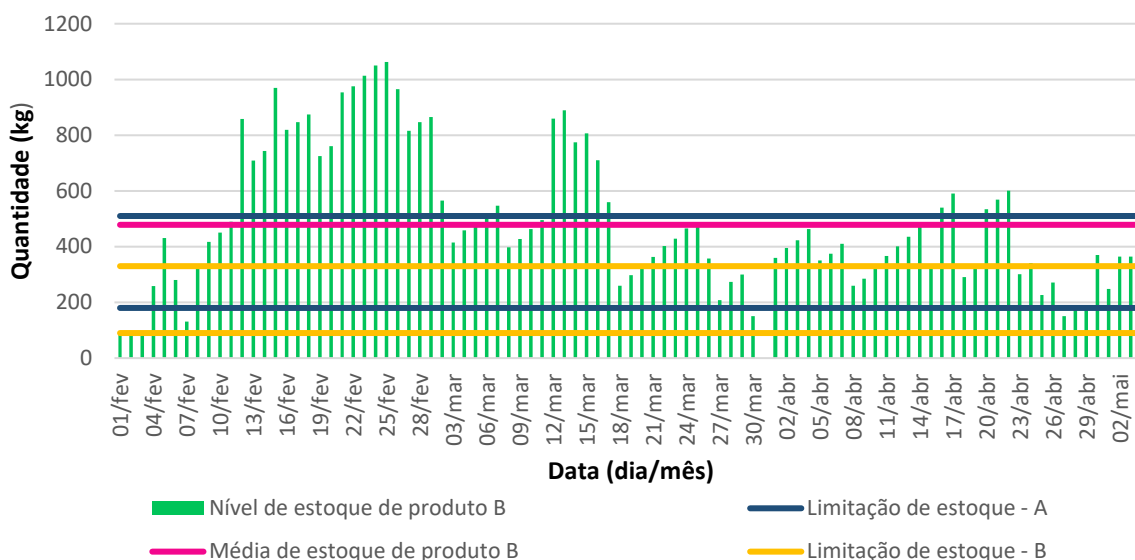


Figura 2.11 - Quantidade de produto B verificada as 00h de cada dia de fevereiro, março e abril, bem como os valores mínimos de estoque de produto B se se produzir a quantidade produzida de API (A) ou produzir utilizando a capacidade máxima dos equipamentos (B).

Produção da quantidade pretendida de API

Para o planeamento das sínteses de forma a diminuir o nível de estoque de produto B utilizam-se as restrições mencionadas anteriormente, todavia existem outros fatores a ter em conta. Os testes referidos anteriormente não se realizam ao fim de semana e são definitivos para o arranque do produto C, além disso é imprescindível conjugar o início da síntese de produto C de forma a amostra necessária possa ser analisada pelo controlo de qualidade (define o avanço da produção). Por fim, torna-se relevante não começar duas sínteses de produto C quando se começam duas sínteses de produto A de forma a equilibrar o trabalho dos operadores durante a semana.

Com ambos os fatores a ter em consideração e conjugando com o planeamento dos horários definidos anteriormente, na produção de produto A, chegou-se a um intervalo ótimo em que o nível de estoque deverá oscilar que é definido no planeamento efetuado. Assim, o nível de estoque deverá ser mantido entre 180 kg e 510 kg. No entanto, o intervalo calculado poderá ser otimizado, sobretudo se existirem testes ao sábado, passando para 240 kg e 360 kg e desta forma não existem domingos em que não haja produção de produto B.

O nível de estoque de produto B não é limitante como o estoque de produto A, um lote de produto B conseguirá fazer um lote de produto C, contudo, de forma a não existirem falhas na produção idealmente o estoque deverá manter uma oscilação que varie de acordo com os intervalos mencionados.

Produção de API à capacidade máxima

Partindo do planeamento da produção de produto A e desprezando a limitação ao fim de semana dos testes, é possível obter um nível máximo de estoque de produto B de 240 kg. Quando o nível de estoque é inferior a 150 kg no dia seguinte apenas se dá início a um lote de produto C.

2.5.3 Produção de produto C

Na Figura 2.12 observa-se o nível de estoque de produto C ao longo dos meses que apresenta uma média de 205,2 kg por dia.

No mês de fevereiro, existem dois dias (18 e 20) com um nível de estoque bastante elevado, e no dia 26 o nível de estoque apresenta um valor menor a todos os valores registados nesse mês. Os dois picos devem-se à produção diária de produto C do dia 14 ao dia 21, que foi consumida para a produção de API apenas no dia 15 e dia 19 provocando níveis altos de estoque neste mês. Em contrapartida de 23 a 26 de fevereiro produziu-se um lote diário de API, assim, como cada lote utiliza 2 lotes de produto C, originou uma queda no nível de estoque de produto C.

No mês de março, o nível de estoque mais elevado é atingido no dia 3, no entanto até dia 11 de março o estoque permanece com valores elevados, o que se deve à produção de lotes de produto C que não são consumidos com a produção de API. Por outro lado, a partir do dia 13 o nível de estoque apresenta valores baixos, atingindo o menor valor no dia 22. Estes resultados surgem de um lote de produto C que não foi aprovado e um consumo maior para produção de API, resultando um consumo do estoque de produto C.

No mês de abril, o nível de estoque oscila num intervalo menor de valores. Porém, no dia 10 e 19 de abril o nível de estoque é baixo devido a um atraso num lote que deveria ser finalizado no dia 10 e a um consumo maior de produto C. A partir do dia 20 houve um aumento no nível de estoque resultado de um aumento na produção de produto C. Precisam-se de dois lotes de produto C para produzir cada lote de API o que reflete maiores variações de estoque.

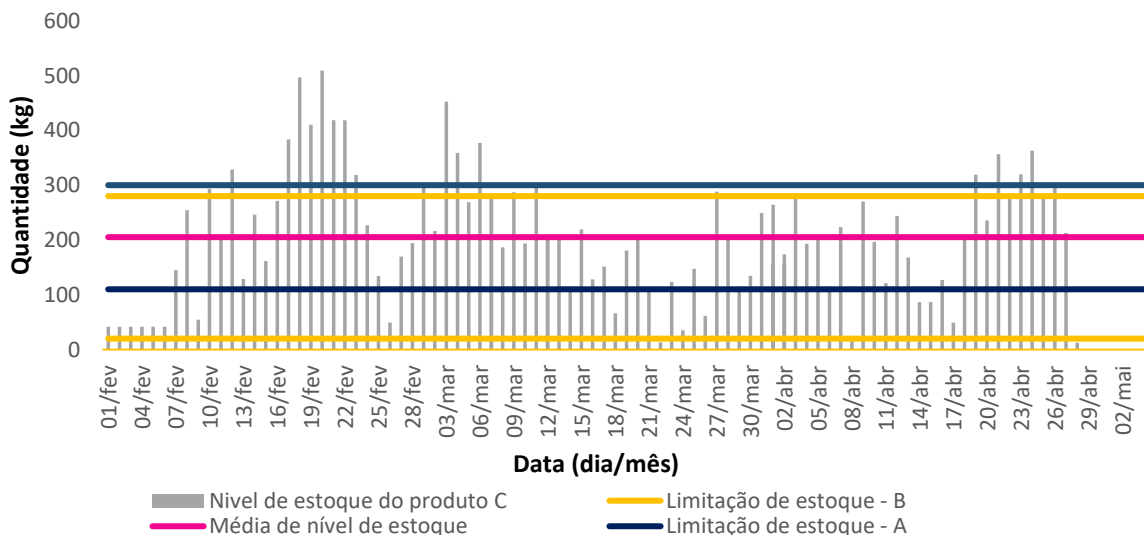


Figura 2.12 - Quantidade de produto C verificada as 00h de cada dia de fevereiro, março e abril, bem como os valores mínimos de estoque de produto C se se produzir a quantidade pretendida de API (A) ou produzir utilizando a capacidade máxima dos equipamentos (B).

Produção da quantidade pretendida de API

O planeamento de início de síntese da API é definido com base nos horários de todos os produtos anteriores e irá definir o nível de estoque de produto C. São precisos 2 lotes deste produto intermediário para produzir um lote de API, o mesmo se sucede com a produção de produto A. No entanto, cada lote de produto C demora menos tempo a ser processado e existe uma maior manobra no rearranjo de lotes de API por apenas se produzir 5 lotes por semana. Assim, é pretendido que o nível de estoque de produto C seja o menor possível atingindo no máximo 2 lotes de produto C caso exista algum atraso no arranque da API.

Após um planeamento obteve-se um intervalo, onde o valor de nível estoque deverá permanecer. Assim, o nível de estoque deverá ser entre 110 kg e 300 kg, no entanto o produto C não é um produto limitante, se o seu estoque estiver a zero sem que o seu ritmo de produção se tenha atrasado não constitui um problema na produção. Sempre que houver estoque de produto C aprovado e suficiente para produzir API, este deve ser consumido. Salienta-se que o intervalo de estoque apresenta um valor elevado pelas horas definidas das sínteses e horas estimadas do fim das mesmas, se fosse realizado um inventário às 8h o intervalo já seria de 10 kg a 220 kg.

Produção de API à capacidade máxima

Usando como base os planeamentos da produção dos lotes anteriores, é possível obter um intervalo de nível de estoque de produto C ideal de 20 kg e 290 kg.

2.5.1 Produção de API

Na Figura 2.13 apresenta-se a quantidade produzida de API ao longo dos primeiros 3 meses de produção.

O nível de estoque de API não oscila, à exceção do dia 26 de abril quando se finalizaram dois lotes devido a um pequeno atraso na produção de um dos lotes.

O arranque de um lote de API não tem um padrão estabelecido que reflita uma produção constante. Este padrão está diretamente relacionado com a variação do estoque de produto C, desta forma com a estabilização do nível de estoque deste componente tornar-se-á mais simples.

Por fim, estudando as hipóteses anteriormente referidas não existe limitação a nível de estoque em nenhuma das hipóteses pois o número de lotes produzidos para as duas hipóteses é menor do que 30 sendo possível fazer menos de um lote por dia e assim o estoque irá manter-se constante, variando posteriormente com a expedição.

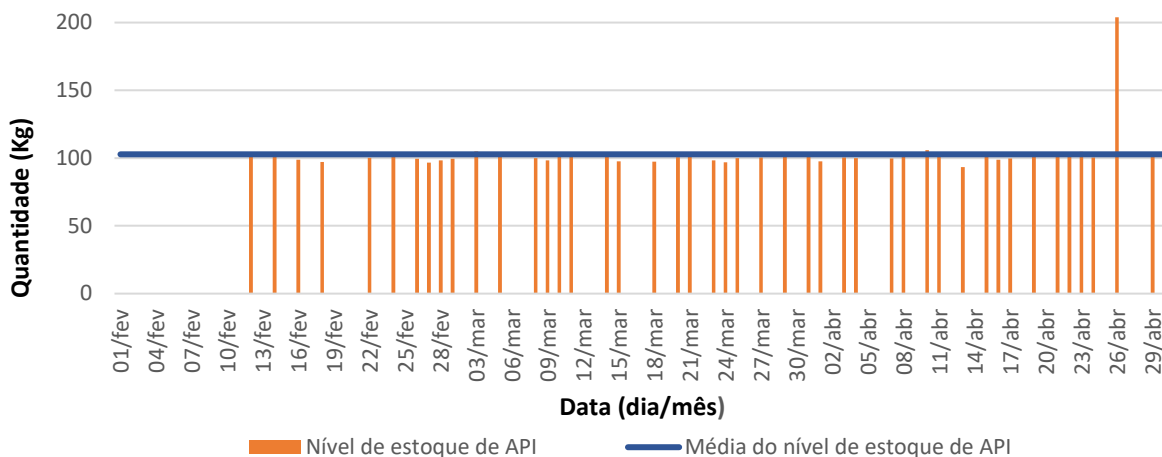


Figura 2.13 - Quantidade de API que é armazenada em cada dia, durante os primeiros 3 meses de produção

2.6 Mapeamento das operações do processo de API

O mapeamento de um processo permite uma visualização dos tempos do processo e do fluxo desde as encomendas dos clientes aos fornecedores. O processo em estudo é extenso e assim, na elaboração do mapa de fluxo de valor a seguir a cada caixa de dados existe acumulação de um produto e deste modo, o mapa de fluxo de valor apresenta de forma simplificada todo o processo, sendo possível a seleção dos passos que constituem gargalos do processo, bem como avaliação da acumulação de estoques. Todavia, as operações são estudadas individualmente para permitir um aprofundamento do estudo das zonas do processo a melhorar.

Um mapa de fluxo de valor divide-se em 3 secções, o fluxo de informação, fluxo material e a linha temporal do processo.

O fluxo de informação compreende os pedidos dos clientes, programações de entrega, previsões, programação de produção e pedidos para os fornecedores que se representam da direita para a esquerda com a simbologia apresentada no anexo A.

O fluxo material compreende os dados das operações ou zonas do processo, representados da esquerda para a direita, no centro do mapa.

Por último, o tempo que cada operação demora, o tempo da operação que acresce valor para o cliente e o tempo médio de espera entre as operações é representado numa linha do tempo na parte inferior do mapa.

Na Figura 2.14 observam-se as diferentes secções do mapa de fluxo de valor. [26]

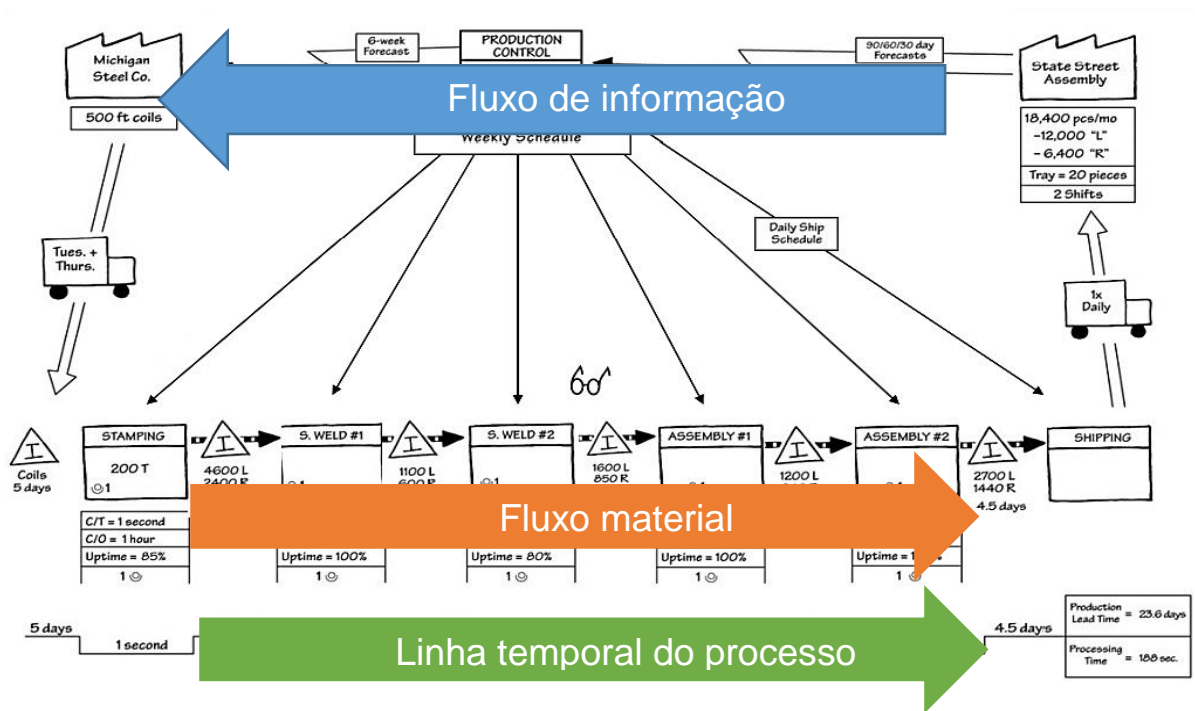


Figura 2.14 – Mapa de fluxo de valor com indicação das diferentes secções deste.

Para o fluxo material, utilizaram-se os dados recolhidos de diferentes técnicas, porém na informação dos clientes, no fluxo de informação, utilizou-se um exemplo de produção e envio de um lote final. O lote seleccionado corresponde um lote com a maior quantidade produzida (500kg de API).

2.6.1 Fluxo de informação

O fluxo de informação num mapa de fluxo de valor divide-se em duas zonas distintas, a zona dos fornecedores no canto superior esquerdo e os clientes no canto superior direito.

Cientes

Esta empresa tem diversos clientes para o API, desta forma seleccionou-se um lote de produto final com 500 kg e estudaram-se os clientes para esse caso particular. Assim, esses 500 kg de produto vão ser vendidos a 3 clientes diferentes, 410 kg para o cliente A, 40kg para o cliente B e 50kg para o cliente C. Ambos os clientes fazem uma encomenda, para receberem no próximo ano e estas são organizadas posteriormente para formar o planeamento do ano seguinte.

A Figura 2.15 demonstra a representação dos dados referidos, no mapa de fluxo de informação.

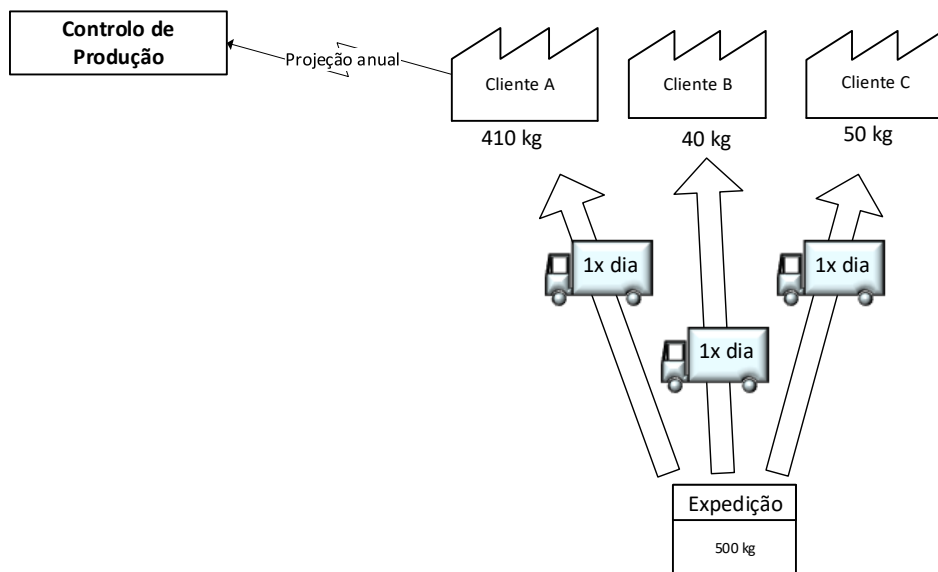


Figura 2.15 – Zona dos clientes no fluxo de informação do mapa de fluxo de valor atual

Fornecedores

O fluxo de informação termina no pedido de encomendas de uma matéria prima aos fornecedores da mesma. A matéria-prima estudada influência diretamente a produção de API, desta forma procedeu-se ao estudo da mesma.

Existem dois fornecedores dessa matéria prima, fornecedor A e fornecedor B. A projeção de encomendas desta matéria-prima é anual e deste modo para 2018 encomendaram-se 55 toneladas, 49 toneladas para o fornecedor A e para o fornecedor B apenas 6 toneladas. Em média, partes da encomenda foram chegando de 2 em 2 meses.

A Figura 2.16 demonstra a representação dos dados referidos, no mapa de fluxo de informação.

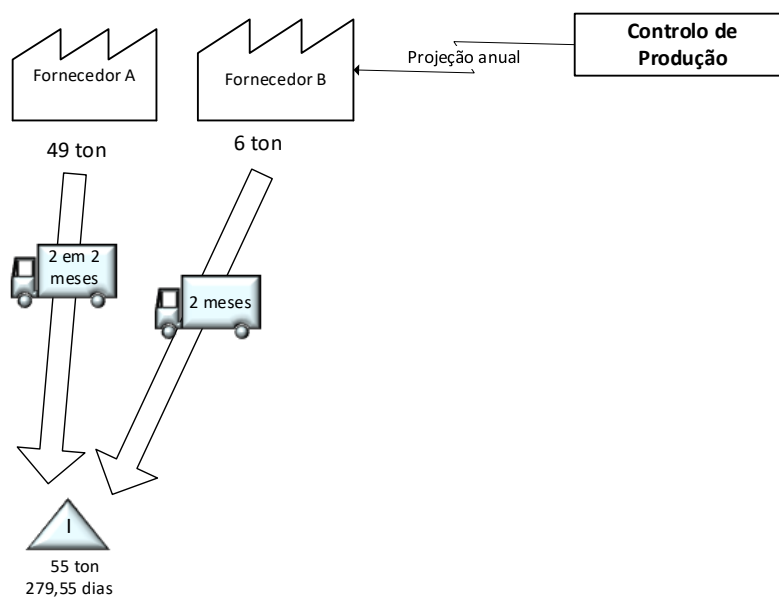


Figura 2.16 – Zona dos fornecedores no fluxo de informação do mapa de fluxo de valor atual

2.6.2 Fluxo material

O início do fluxo material começa por uma matéria prima em que, no ano 2018, encomendaram-se 55 toneladas. Como se gastam cerca de 5,8 toneladas por mês dessa matéria prima, 55 toneladas darão para 279,55 dias de produção de API.

Avançando com o fluxo material, após o estoque de matéria-prima apresentam-se todas as operações e estoques de produtos intermediários. Para definir as operações, utilizaram-se todos os tempos recolhidos anteriormente bem como o número de operadores necessários para cada operação e ainda o parâmetro OEE para os gargalos do processo que paralelamente aos tempos referidos, permite avaliar a necessidade de otimização.

No mapeamento utiliza-se o percurso mais longo, assim no processo do API considera-se a pré-redução do catalisador A por ser o mais demorado. Além disso, apenas as operações principais se apresentam nos diagramas, as operações auxiliares não são relevantes para identificar os gargalos do processo.

Cálculo do parâmetro OEE

Um dos parâmetros que definem as operações é o Overall Equipment Efficient, que pode ser calculado para qualquer equipamento, no entanto, habitualmente aplica-se esta ferramenta para avaliar o desempenho de equipamentos que limitam a capacidade de produção de todo o processo. Esses equipamentos definem o arranque do próximo lote e assim constituem os gargalos do mesmo. No produto A o RAP3377 e o FC3302 são os equipamentos limitantes, no produto B, são os secadores DLF3311/2/3, no produto C é o hidrogenador H3391 e na API são os secadores DV3301/2.

Para a aplicação desta ferramenta, utilizaram-se as fórmulas apresentadas no Capítulo 1.4 em que no fator de disponibilidade o tempo disponível são 24 horas (não existem pausas na produção) e as paragens na produção compreendem as falhas e avarias do equipamento e falta de matéria-prima ou produto intermediário. No fator de performance, como se desconhecia o tempo de processamento ideal, considerou-se o menor tempo dos dados recolhidos. Por fim, no fator de qualidade, como este parâmetro foi calculado por lote atribuiu-se 1 para um lote aprovado e 0 para um lote que não foi aprovado. Na tabela seguinte encontram-se os valores médios destes fatores para os equipamentos analisados.

Tabela 2.5 – Disponibilidade, qualidade e performance para os equipamentos limitantes do processo de API

	Disponibilidade (%)	Qualidade (%)	Performance (%)
RAP3377	90	85	84
FC3302	98	85	90
DLF3311/2/3	98	100	79
H3391	96	100	81
DV3301/2	100	95	87

Para a avaliação destes fatores, comparam-se com os padrões mundiais que estão na tabela 2.6. [27] [28]

Tabela 2.6 – Padrão mundial dos fatores disponibilidade, qualidade, performance e do indicador OEE

	Padrão mundial (%)
Disponibilidade	90
Qualidade	99
Performance	95
OEE	85

A evolução do OEE para os primeiros 20 lotes de produto A apresenta-se na Figura 2.17.

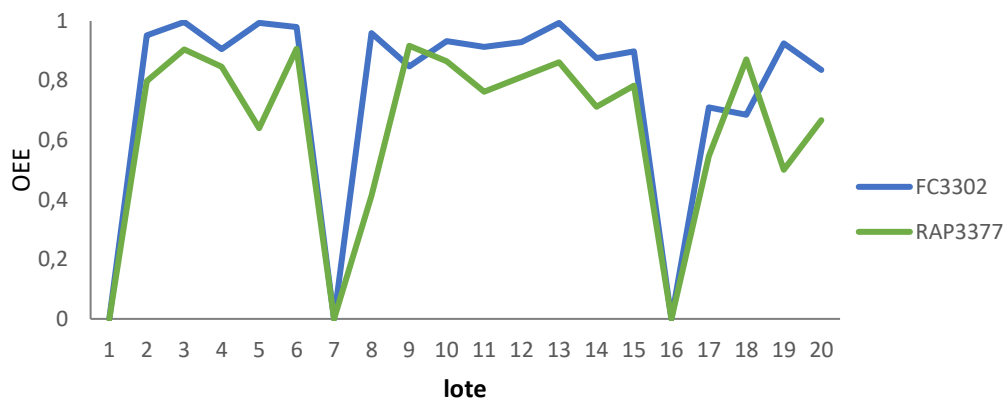


Figura 2.17 – Parâmetro OEE para os equipamentos FC3302 e RAP3377

O parâmetro OEE para 20 lotes de produto B, produto C e API apresenta-se na Figura 2.18.

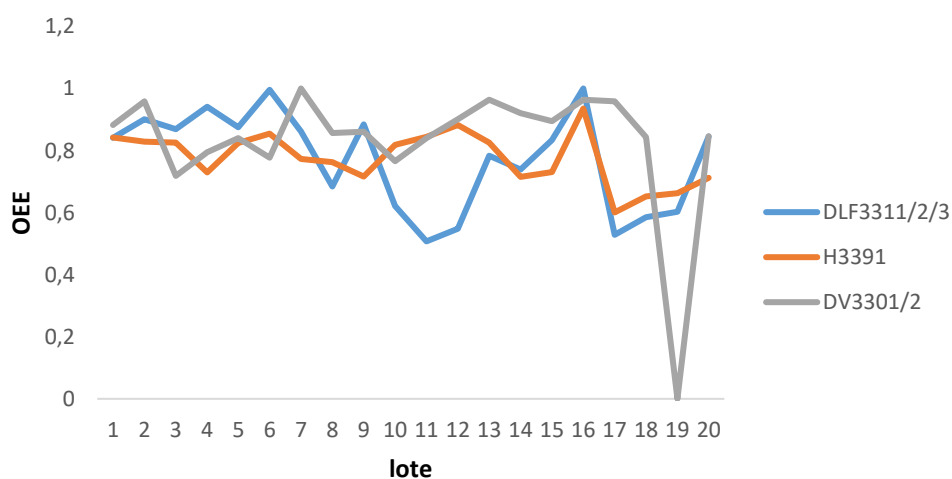


Figura 2.18 - Parâmetro OEE para os equipamentos DLF3311/2/3, H3391 e DV3301/2

Na Figura 2.19 e 2.20, observam-se os dados relativos a produção de produto A e produto B e a produção de produto C e API.

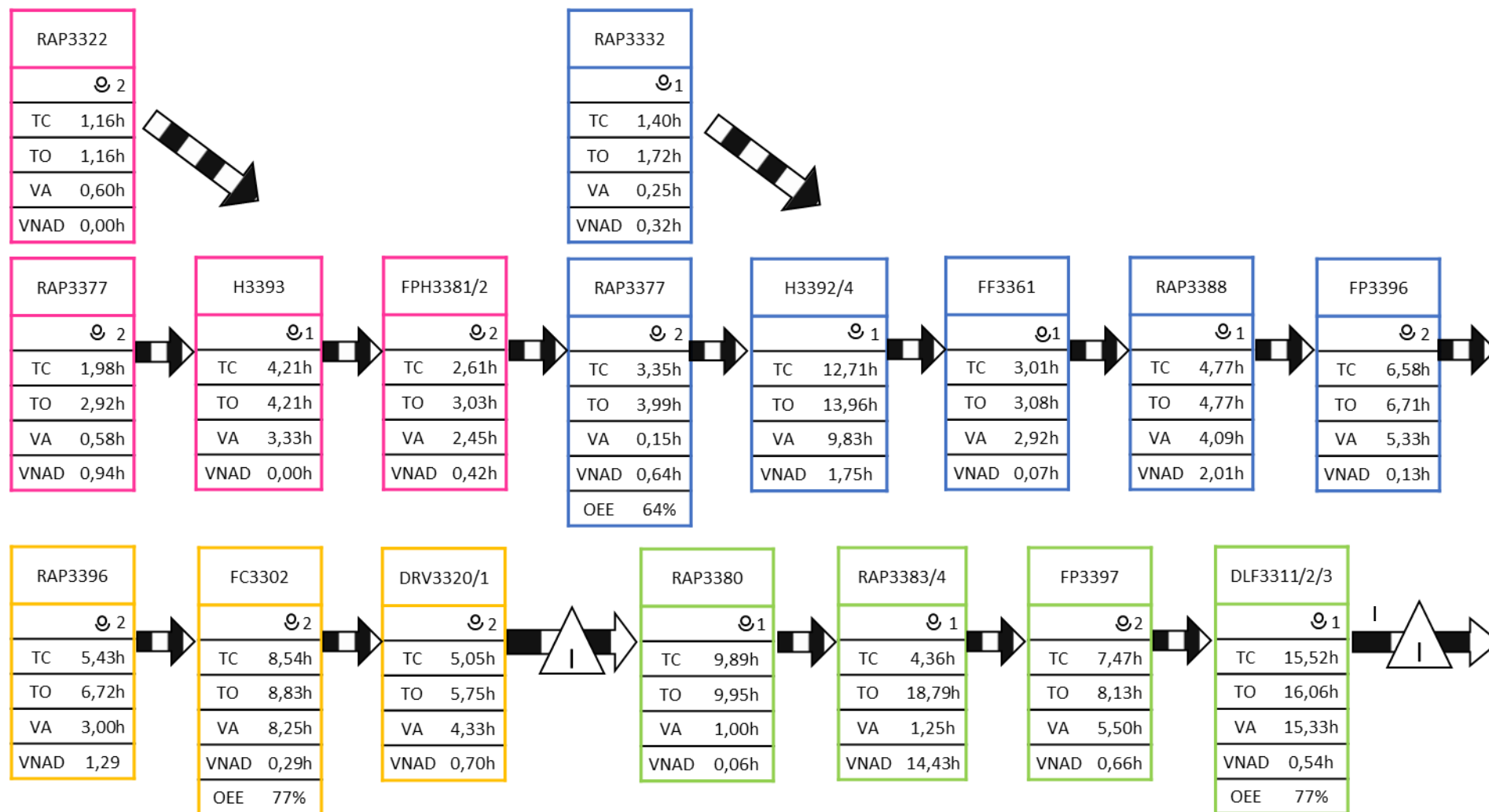


Figura 2.19 – Mapeamento de algumas operações do processo de API

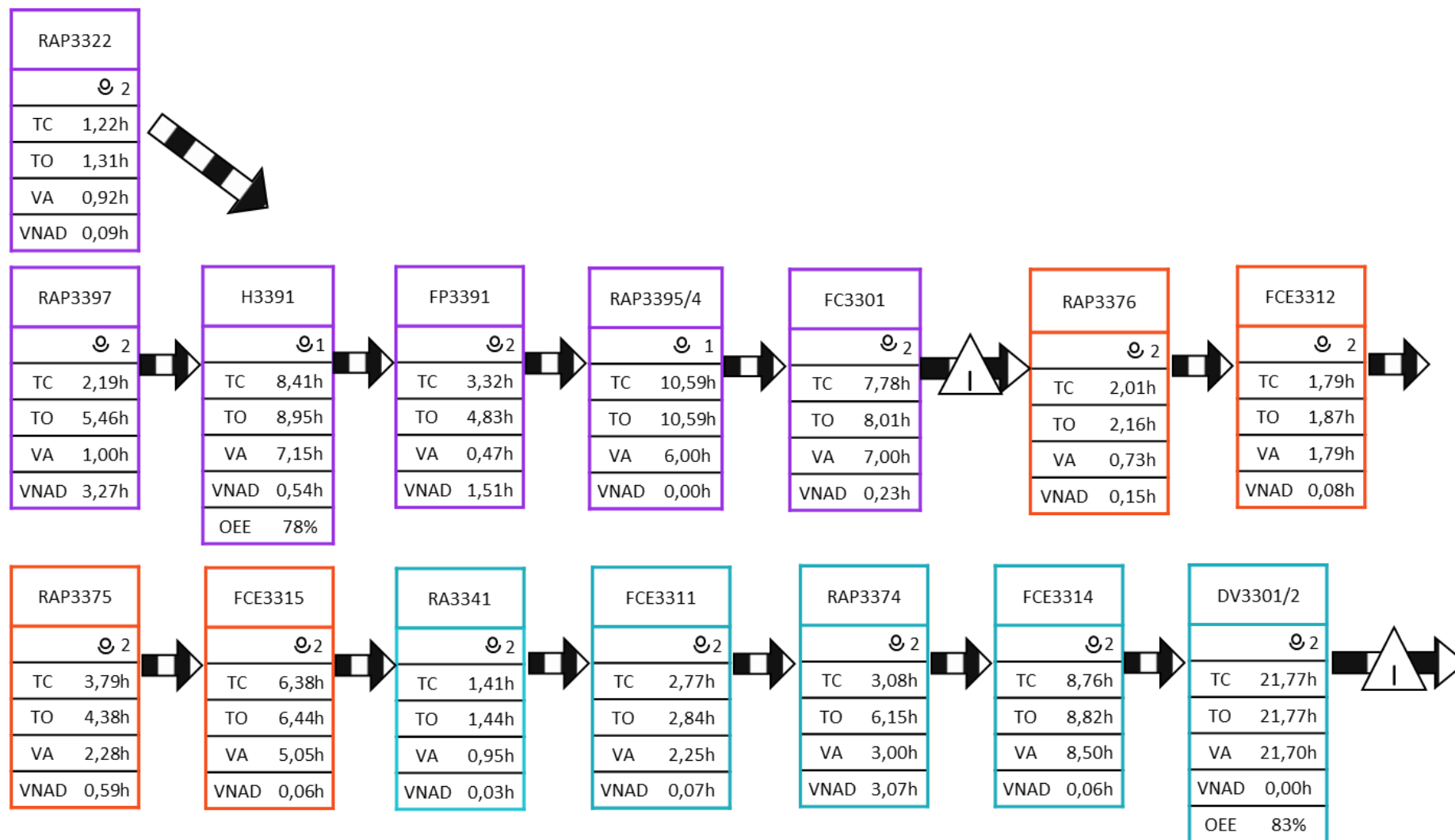


Figura 2.20 - Mapeamento de algumas operações do processo de API

O número de operadores nas diferentes operações oscila entre 1 a 2, esta variação deve-se a diversas etapas das operações necessitarem de 2 operadores em simultâneo, sobretudo nos carregamentos e descargas de produto ou na necessidade de um operador na sala de comando e outro operador junto do equipamento associado à operação.

Depois da produção dos lotes de API, ocorre a produção de um lote de produto final através da mistura de diferentes lotes de API. Esta mistura permite obter um produto com as mesmas especificações para o cliente e como tal, os lotes de API precisam de ser aprovados previamente. Desse modo, acompanhou-se o percurso da documentação de 3 lotes de produto final, com diferentes quantidades, abrangendo a menor e a máxima quantidade possível (100 kg e 500kg). Assim, nos 3 lotes de produto final analisados, ao fim de 4 a 5 dias da produção do último lote de API, produz-se o produto final.

Da produção de um lote de API até à venda do produto final para o cliente existem diferentes fases da documentação que precisam de ser analisadas no mapeamento. Estas fases foram todas mapeadas seguindo a documentação de lotes de API desde a sua produção à sua expedição

Ambos os percursos demoram tempo semelhante, no entanto existe um percurso dominante em relação aos restantes. Na maioria dos lotes, a libertação da documentação por parte da garantia de qualidade é o percurso determinante para a expedição do produto, sendo a data de libertação igual a data de expedição. Como a libertação da documentação pela garantia de qualidade é a que mais limita a expedição, foi analisada em maior detalhe e verifica-se que o ponto a ser melhorado será a revisão das técnicas por parte da garantia de qualidade que apesar de apresentar menor tempo que a revisão pela produção, esta começa após o fim da revisão de todas as técnicas por parte da produção e demoram pouco tempo a ser revistas, contudo a revisão das técnicas pode acompanhar a entrega das mesmas.

2.7 Mapa atual do fluxo de valor

Na Figura 2.21, visualiza-se o mapa de fluxo de valor para o processo de API, do estado atual da empresa. Este relaciona o fluxo de informação com o fluxo material que foram descritos anteriormente. No entanto, o processo de API compreende um vasto número de operações que impedem a elaboração de um mapa de fluxo de valor simples e claro de se interpretar. Desta forma, no fluxo material divide-se o processo por zonas em que entre cada caixa de dados, existe produto acumulado, e representado por um triângulo com a letra I no seu interior com a quantidade associada em baixo do mesmo. Essa quantidade corresponde à média do nível de estoque observado e o seu valor apresenta-se em kg. De forma a obter o valor do tempo de duração dessa quantidade, a mesma é dividida pelo consumo diário do produto, que por sua vez é calculado utilizando a expressão 6.

Consumo de produto A ($\frac{kg}{dia}$)

$$= \frac{n^{\circ} \text{ de lotes produzidos num tempo } x \times \text{ quantidade de A que se consome } (\frac{kg}{\text{lote}})}{\text{tempo } x \text{ (dia)}} \quad (6)$$

Na tabela 2.7 observam-se os valores da quantidade de produto acumulado, do seu tempo de duração, bem como do consumo diário do mesmo.

Tabela 2.7 - Quantidade dos produtos acumulados e consumos diários dos mesmos

	Quantidade acumulada (kg)	Consumo (kg/dia)	Tempo de duração da quantidade (dias)
produto A	176,17	92,22	1,87
produto B	489,28	153,37	3,01
produto C	205,15	127,50	1,61

Para o cálculo do tempo que leva da produção de 500 kg até à sua expedição, fez-se uma média de todos esses tempos para as produções de 500 kg.

O tempo de processamento de lote (TPL), apresenta-se em substituição do tempo de operação (TO) nas caixas de dados, por estas estarem associadas a zonas do processo que terminam num lote de produto. Todos os outros tempos foram obtidos da mesma forma que nas operações (secção 2.3).

Relativamente ao número de operadores, este varia entre 3 e 2 operadores, significando que embora as operações apresentem um máximo de 2 operadores necessários, para a produção de um lote existem momentos em que são necessários 3 operadores, em particular os inícios de sínteses e quando ocorrem operações paralelas.

No final da linha temporal apresentam-se os valores dos tempos totais, que correspondem a soma dos tempos de cada zona. Quanto ao tempo de produção, este corresponde ao tempo desde a matéria prima à expedição.

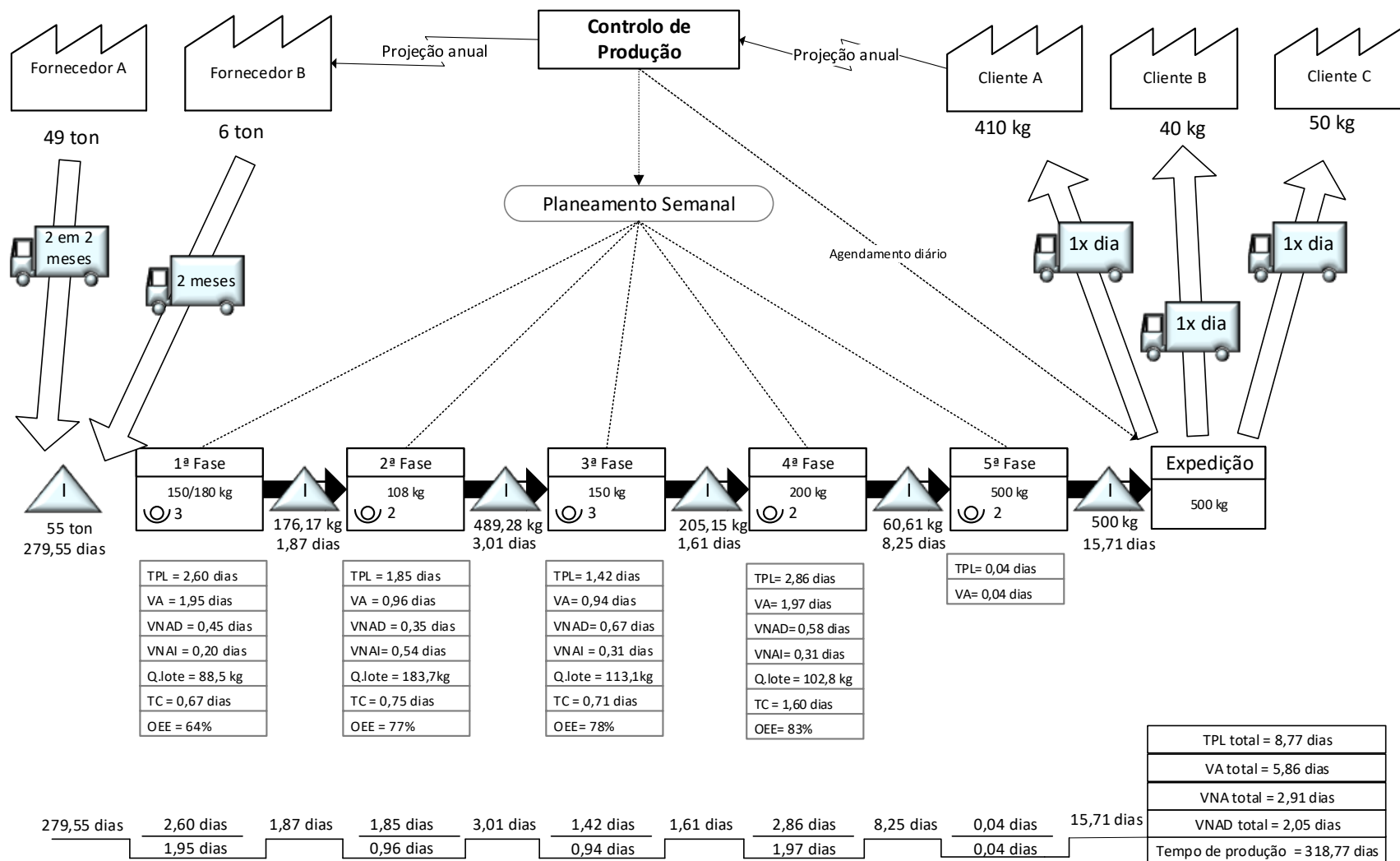


Figura 2.21 - Mapa de fluxo de valor do processo de API para o estado atual da empresa

No mapa de fluxo de valor, o conjunto de dados recolhidos do processo compreende o tempo de processamento de um lote (TPL), tempo de ciclo (TC), tempo que acresce valor para o cliente (VA), tempo que não acresce valor para o cliente mas é indispensável (VNAI), tempo que não acresce valor para o cliente mas dispensável (VNAD), quantidade produzida por lote, em média (Q.lote) e por fim o parâmetro que mede a eficiência global de um equipamento (OEE).

2.8 Identificação de gargalos do processo e zonas de desperdício

Um gargalo de um processo corresponde a um ponto de congestionamento que irá limitar a capacidade de produção do produto. Por vezes, esse ponto atrasa toda a produção e acresce os seus custos. [29] Existem diversos tipos de gargalos, gargalos pela capacidade dos equipamentos, gargalos pela duração das operações, gargalos por tamanho de lotes, entre outros.

Num mapa de fluxo de valor, é possível identificar os gargalos de um processo. Assim, em primeiro lugar, analisou-se o mapa de fluxo de valor do estado atual da empresa, representado na Figura 2.21.

Começando pela matéria prima, o seu estoque dá para 279,55 dias, sendo este valor um grande desperdício de inventário, elevando o tempo de produção total. No entanto, corresponde a uma exceção relacionada com a instabilidade de um fornecedor.

Analisando os diferentes estoques do processo, os valores mais elevados de acumulação observam-se a seguir à 2ª etapa (estoque de produto B) e a seguir à 4ª etapa (estoque de API), este último é explicado pela quantidade produzida, para se produzir 500 kg são precisos pelo menos 5 dias de estoque. Contudo, o último lote produzido de API, permanece em inventário apenas um dia. Assim, o estoque de produto B corresponde ao maior desperdício de inventário (3,01 dias). Esse desperdício, deve-se sobretudo à inexistência de um técnico aos fins de semana para realizar testes necessários.

Prosseguindo para a análise dos tempos de processamento da operação correspondentes aos diferentes passos envolvidos no processo, a 4ª etapa apresenta um tempo de processamento da operação maior (2,28 dias) e um tempo de ciclo mais elevado que, ainda assim, pode passar de 1,6 dias para 0,94 dias (calculado com o encadeamento de operações). Esta zona do processo define a mistura de lotes de API para a produção de um lote de produto final. No entanto, não define toda a produção de API, pois constitui o último passo para a sua produção.

Na primeira zona, forma-se o primeiro lote de produto A que apresenta o segundo tempo de processamento da operação mais elevado (2,15 dias). Esta operação define toda a produção dos produtos seguintes, pelo tempo de processamento da operação elevado e pelo tamanho de lote não ser o suficiente para produzir um lote do produto que se segue. Quando um lote não era aprovado, refletia-se um atraso na produção, comprovando a existência deste gargalo do processo.

Observando o tempo de processamento da operação e o tamanho de lote da 2ª etapa, nenhum limita a produção. Contudo, operando à capacidade máxima, este será o passo que determina a quantidade de API produzida mensalmente pois apresenta o tempo de ciclo mais elevado do que os outros produtos, mesmo otimizando o valor para 0,67 (valor máximo possível pelo encadeamento de operações).

O tempo de processamento da operação e o tempo de ciclo da 3ª etapa, não limitam a produção, ainda assim o tamanho de lote é menor do que o necessário para um lote de API, o que poderá implicar algum atraso na produção do mesmo operando com um máximo de capacidade.

Após uma perspectiva global do processo e sinalização dos pontos limitantes, estudaram-se as operações pertencentes a cada zona do processo. Na produção de produto A, os equipamentos limitantes são o RAP3377 e FC3302, no primeiro os tempos de processamento da operação são constantes, contrariamente ao segundo, existindo um ponto de melhoria neste passo. Na produção de produto B, o gargalo deste passo é a secagem no DLF3311/2/3, este passo é um dos que precisa de ser melhorado levando ao aumento da capacidade máxima de produção. Na produção de produto C a operação limitante é a hidrogenação no hidrogenador H3391 e para aumentar a sua produção seria necessário outro hidrogenador. Por último, na produção de API o equipamento limitante é o DV3301 e DV3302 (ambos utilizados na secagem de um lote).

Existem ainda outras operações que precisam de ser estandardizadas como a filtração no FP3396 e FF3361, no entanto, as operações limitantes são as que permitem aumentar a produção.

Além dos tempos do processo, o indicador OEE dá indicação da possibilidade de melhoria nos pontos críticos do processo através de diversos fatores.

Começando pelo parâmetro de disponibilidade, apenas o RAP3377 apresenta um valor igual ao valor de classe mundial e os restantes equipamentos apresentam valores superiores. No entanto, a disponibilidade é um parâmetro de difícil medição. Para este fator apresentar um maior rigor seria necessária a medição de todas as paragens e falhas na zona de produção no momento da ocorrência.

Quanto ao parâmetro de qualidade, este apresenta um menor valor na produção de produto A, devido ao número de lotes que não são aprovados por não cumprirem as especificações necessárias.

O fator de performance situa-se abaixo do fator de classe mundial, no entanto ambos os equipamentos apresentam valores altos, os secadores DLF3311/2/3 apresentam o menor valor de performance.

Por último, comparando o OEE todos os valores se situam abaixo do valor de classe mundial e com uma medição mais rigorosa, irão se distanciar cada vez mais dos valores de referência. O RAP3377 é o equipamento que demonstra mais margem para ser otimizado em todos os parâmetros e o DLF3311/2/3 no fator de performance.

Por fim, em todas as operações existem tempos que não acrescentam valor para o cliente e são desnecessárias (maioritariamente tempos de espera). Esses tempos são habitualmente, utilizados noutras etapas necessárias ao processo, no entanto existem mais movimentações na zona de produção, maior ocupação de equipamentos e pouca estandardização das operações.

2.9 Estudo de propostas de melhoramento

Uma análise dos gargalos de um processo não tem um propósito se não ocorrer posteriormente um estudo de soluções que os poderão resolver. As soluções propostas podem pertencer a dois grupos diferentes: estandardização de operações e instalação de novos equipamentos ou tecnologias.

2.9.1 Estandarização das operações

A estandarização de operações permite otimizar os tempos do processo e evitar atrasos na produção através de alterações aos procedimentos, calendarização das sínteses e monitorização das operações com a ferramenta OEE. Com a estandarização de operações, diminui-se a variabilidade dos lotes do processo e por sua vez, a qualidade do produto aumenta.

No processo de API as principais operações que necessitam de ser estandarizadas são a secagem no DLF3311/2/3, secagem no DRV3320/1 e algumas filtrações.

2.9.1.1 Calendarização das Sínteses

A calendarização das sínteses de produtos é um passo importante na estandarização das operações. Além de facilitar o planeamento da produção, permite estandarizar operações do processo onde se refletem atrasos como nas filtrações. Ambas as operações demonstram uma inconstância de tempos de processamento da operação, provocadas por um prolongamento da etapa de escorrimento devido à falta de disponibilidade do equipamento seguinte provocada por algum atraso.

Para calendarizar as sínteses de todos os produtos do processo, existem inúmeros fatores a ter em conta como os horários dos diferentes departamentos que influenciam a produção, duração da análise do produto final, entre outros. Esses fatores foram considerados anteriormente no planeamento das sínteses, para a limitação dos níveis de estoque. Desta forma, para as diferentes hipóteses abordadas, o horário de síntese de cada produto encontra-se identificado no planeamento efetuado. No planeamento das sínteses para um máximo de produção, considerou-se um horário de controlo de qualidade de 24 horas.

A Tabela 2.8 e a Tabela 2.9 apresentam os inícios das sínteses para a produção de API pretendida e produção de um máximo de capacidade, respetivamente.

Tabela 2.8 - Horários de início de sínteses, na produção da quantidade pretendida de API

	Produção do 1º lote num dia	Produção do 2º lote num dia
produto A	Todos os dias às 8h	De 5 em 5 dias às 22h
produto B	Todos os dias às 23h 55	
produto C	Segundas às 15h e restantes dias às 10h	Terças e Quintas às 1h.
API	Dias de semana variáveis com início às 10h ou 19h	

Tabela 2.9 - Horários de início de sínteses, no máximo de produção de API

	Produção de 1 lote num dia	Produção de 2 lotes num dia
produto A	Em dias variáveis às 8h quando ocorre reutilização de catalisador e 6h quando há pré-redução de catalisador	Em dias variáveis às 20h quando ocorre reutilização de catalisador e 18h quando há pré-redução de catalisador
produto B	Todos os dias, alternando entre as 4h e 12h	Às 20h, nos dias em que o primeiro lote começa às 4h
produto C	Todos os dias às 20h	Em dias variáveis às 8h
API	Quase todos os dias às 22h	

Salienta-se que nos primeiros lotes de produção, geralmente, realizam-se a diferentes horários, variando ligeiramente. Além disso, poderá existir alguma exceção.

2.9.1.2 Alterações ao procedimento

De um modo geral, o procedimento de todas as operações ao longo do processo encontra-se bem detalhado e com praticamente toda a informação necessária à correta execução de todas as operações. Contudo, observando a sua realização, verificaram-se determinadas alterações possíveis que iriam melhorar o procedimento das operações.

Em primeira análise, as operações que apresentavam grandes discrepâncias de tempos de processamento ou valores pouco típicos para as etapas em questão, foram acompanhadas na zona de produção de forma a entender a causa do problema.

A descrição do procedimento da operação efetuada no RAP3390, apresenta-se pouco clara, sem retratar corretamente, o procedimento efetuado. Além disso, torna-se importante separar os carregamentos deste passo porque na maioria dos lotes são realizados com grande desfasamento refletindo num elevado tempo de processamento. Desta forma, no RAP3390 em vez do tempo de processamento da operação ser de 7,61 horas é 0,92 horas (tempo recolhido no acompanhamento da operação).

No procedimento da filtração no filtro FF3361, não é referido um passo que é efetuado na produção, desta forma sugere-se a colocação do mesmo no procedimento.

Ambas as situações mencionadas anteriormente demonstram tempos de processamento da operação demasiado elevados e variáveis, mas com as alterações propostas o procedimento tornar-se-ia claro para todos os operadores, as etapas omissas passariam a estar descritas e ainda, os tempos apresentados nas técnicas de procedimento passariam a ser plausíveis.

Os tempos de processamento da operação de secagem de produto A são variáveis entre lotes, tal deve-se à variação do procedimento da operação. Verificou-se que alguns operadores carregavam o produto para o secador e não o uniformizavam posteriormente, dificultando a secagem. Além disso,

na filtração (operação anterior), os operadores aplicam diferentes caudais de acetona o que torna a humidade do bolo variável, provocando alterações na duração da secagem.

A operação de secagem da 2ª etapa, apresenta grandes variações dos tempos de processamento da operação entre lotes, e sendo uma operação que delimita a capacidade máxima de produção de API, precisa de ser estandardizada. Numa primeira análise, esta operação apresenta lotes consecutivos com valores baixos de tempos de processamento da operação e lotes consecutivos com valores altos de tempos de processamento da operação e após comparar com as datas de limpeza das mangas do secador, conclui-se que não há relação e deste modo não será necessário diminuir o tempo entre as manutenções das mangas. Por outro lado, como existem lotes consecutivos com valores de tempos de processamento da operação semelhantes analisou-se a hipótese de ocorrer uma variação entre turnos que foi analisada em maior pormenor e revelou alguma regularidade. Além disso, nesta operação, existem momentos de agitação do produto que não estão definidos e variam com os operadores e a sua análise da temperatura ao longo do tempo. Deste modo deverá ocorrer uma padronização de todas as etapas, são precisos ensaios para verificar o intervalo ótimo entre cada agitação, no entanto observou-se que geralmente a partir dos 38°C, a humidade já apresenta um valor dentro do limite estabelecido. Por fim, como esta operação é das que mais apresenta variações, o primeiro passo será medir o caudal dos ventiladores de forma a verificar se operam a potência especificada (4000 m³/h). É de referir que a aplicação da ferramenta OEE e o seguimento desta operação são fundamentais para avaliar os diferentes problemas. [30]

2.9.2 Novos equipamentos e tecnologias

A instalação de novos equipamentos e novas tecnologias resolve gargalos do processo que não se conseguem resolver com uma estandardização de operações, embora esta alternativa envolva um maior investimento.

2.9.2.1 Filtro Nutsche

A filtração e secagem são operações que separam um sólido de um líquido e dessa forma adquirem grande importância numa indústria. Um filtro Nutsche é um equipamento onde é possível fazer ambas as operações, assim, além de filtrar, também seca o produto.

Existem dois tipos de filtração num processo, filtração em contínuo e filtração por lotes, num filtro Nutsche ocorre uma filtração por lotes que utiliza vácuo e/ou pressão num tanque fechado. Esta técnica de filtração e secagem apresenta algumas vantagens como a diminuição do risco de contaminação do produto, exposição mínima do operador, baixo manuseamento do produto e proteção ambiental contra a vaporização do solvente e ainda elimina os custos que dois equipamentos separados implicam. Por outro lado, o nível de contenção fornecido está em conformidade com as normas GMP e outros requisitos de higiene e segurança. Deste modo, o filtro/secador Nutsche é utilizado na indústria farmacêutica, produção de tintas, entre outros. [31] [32]

Existem sete passos que compreendem a filtração e secagem no Nutsche:

1. Carregamento
2. Filtração
3. Lavagem do bolo
4. Lavagem adicional para eliminar as impurezas restantes
5. Suavização
6. Secagem/Arrefecimento
7. Descarga

Na Figura 2.22 encontra-se uma imagina do equipamento referido.



Figura 2.22 – Filtro *nutsche* [33]

O filtro Nutsche é o equipamento ideal para duas zonas do processo em estudo. Primeiramente, na 1ª etapa, a filtração e secagem poderiam ser realizadas num filtro Nutsche porque além da filtração ser um gargalo na produção de produto A, este é determinante para o resto das sínteses e esta operação não se encontra estandardizada. Além disso, a granulação e peneiração deixariam de ser necessárias. Em segundo lugar, na 4ª etapa, poderia ser utilizado o filtro Nutsche. Neste passo, a secagem é a operação com maior tempo de processamento da operação e que constitui 32% do tempo de produção de um lote de API, assim, é a operação a ser melhorada nesta zona do processo.

Na primeira etapa, a aplicação do filtro Nutsche, resolve-se o problema da filtração no FC3302 (1ª etapa), no entanto como este equipamento associa a filtração com a secagem, é necessário que a soma das duas operações com o filtro Nutsche apresentem um tempo total menor ao tempo da filtração porque se tal não se suceder, o gargalo irá ser mantido. No entanto a qualidade do produto, poderá sofrer melhorias o que provocará um aumento de capacidade à mesma, sem que o tempo diminua.

2.9.2.2 Instalação de um novo equipamento

A produção de produto A apresenta dois equipamentos que limitam a capacidade máxima deste produto, o RAP3377 e FC3302.

Uma alternativa para melhorar o gargalo da filtração no FC3302 foi referida anteriormente, deste modo sugere-se uma melhoria para o RAP3377 que só faz sentido ser aplicada se a soma do tempo da filtração com a secagem, com o filtro Nutsche for menor ao tempo em que se ocupa o equipamento RAP3377.

Como o problema do RAP3377 é de ocupação, seria oportuno colocar outro equipamento para realizar uma das operações que se realiza no RAP3377.

2.9.2.3 PAT (Process Analytical Technology)

A tecnologia analítica de processo (PAT), teve um aumento exponencial dentro da indústria farmacêutica em 2004, quando foi emitido pela FDA o "Guidance for Industry on PAT". A FDA define PAT como um sistema para projetar, analisar e controlar a produção através de medições pontuais de atributos críticos de qualidade, garantindo sempre a qualidade do produto. [34] [35]

A tecnologia PAT é aplicada em diversos equipamentos, inclusive secadores de leite fluidizado. Este tipo de secador é utilizado na secagem da 2ª etapa, na produção de produto B e esta operação define a capacidade máxima de produção de API. Por sua vez, é uma operação que necessita de ser otimizada, apresentando grandes variações de tempos de processamento da operação. Além disso é uma operação pouco estandardizada, controlada com a análise do NIR de amostras retiradas ao longo do tempo. Essas amostras são retiradas manualmente e são analisadas por espectroscopia de infravermelho próximo (NIR), técnica frequentemente utilizada para a análise da humidade de um processo. [36] Contudo, é possível a medição em tempo real sem a preparação da amostra, utilizando a tecnologia PAT que permite monitorizar a operação em tempo real, como a humidade na secagem através da medição do NIR. Assim, o processo de secagem pode ser controlado sem intervenção manual, permitindo um controlo e determinação do fim da operação. [37]

A monitorização com a tecnologia PAT pode ser realizada de diferentes formas, por análise do sólido como do vapor. Para a operação em estudo, sugere-se a análise da composição dos gases da fase de vapor que apresenta várias vantagens tais como a sua utilização em diferentes tipos de secadores e que não requerem contacto directo da sonda com o API. O contacto directo com a sonda poderá implicar resultados incorretos devido a um bloqueio da sonda com material pouco representativo. Na figura 2.23, observa-se a evolução do NIR e da temperatura numa secagem, obtidas num exemplo de monitorização [38].

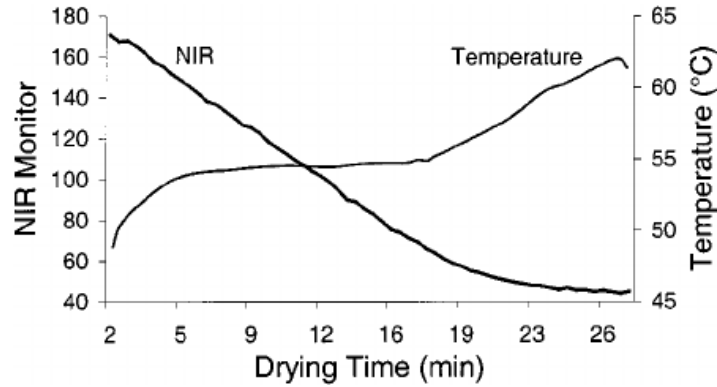


Figura 2.23 – Exemplo de monitorização de uma secagem através da medição do NIR e temperatura [38]

2.10 Mapa futuro do fluxo de valor

Posteriormente à análise do fluxo de valor do estado atual da empresa e das medidas de otimização, elabora-se o mapa de fluxo de valor ideal que corresponde ao estado futuro que se pretende atingir. Idealmente, o estado futuro que se pretende atingir seria o funcionamento com o máximo de capacidade, no entanto, atualmente a empresa tem o objetivo de produzir uma determinada quantidade de API por mês. Assim, o estado que se pretende atingir atualmente é essa quantidade pretendida e deste modo, elabora-se um novo mapa futuro com os objetivos do momento. Prosseguindo para o cálculo do *takt time*, neste considerou-se uma procura por parte do cliente da quantidade pretendida por mês de API (20 lotes).

A elaboração do mapa de fluxo de valor do estado futuro da empresa é feita a partir do mapa de fluxo de valor do estado atual da empresa onde se assinalam a vermelho todas as alterações. Inicialmente, calcula-se o consumo diário dos diferentes produtos, através do número de estoques produzidos do produto intermediário seguinte e da quantidade consumida do produto por lote. De seguida, com a limitação do nível de estoques obteve-se um intervalo ótimo de oscilação do mesmo e calculando a média dos limites mínimo e máximo, obteve-se a quantidade de estoque. Por fim, com a quantidade e o consumo diário calculou-se o tempo de duração do nível de estoque médio (em dias).

Na Tabela 2.10 encontra-se o nível de estoque médio que irá substituir o valor do estado atual.

Tabela 2.10 – Nº de lotes necessário, consumo diário dos produtos e quantidade de estoque para produzir a quantidade pretendida de API

Produto	Nº de lotes	Consumo diário (kg/dia)	Quantidade de estoque (kg)	Nível de estoque (dias)
produto A	36	108	69,00	0,64
produto B	30	180	345,00	1,92
produto C	36	133	205,00	1,54
API	20	500	66,67	7,50

No estado futuro, os tempos que não acrescentam valor ao processo e são desnecessários devem ser eliminados e assim os tempos de processamento de lote adquirem os valores dos tempos de processamento de lote ideais, calculados no encadeamento de operações. Quanto ao tempo de ciclo, este representa o tempo máximo de intervalo entre cada lote e deve ser atualizado com a calendarização das sínteses.

No mapa de fluxo de valor, todas as melhorias descritas previamente, são assinaladas da forma apresentada na Figura 2.24.



Figura 2.24 – Sinal *Kanban* que permite a identificação das possíveis melhorias a adotar

Entre cada etapa do processo, foram colocados supermercados para armazenamento de produto porque com a variação de tamanho de lotes e tempo de processamento de lote, torna-se necessário armazenar o produto que é retirado na etapa seguinte. A hipótese de utilização do FIFO (First in first out) foi considerada, porém o tamanho de lotes varia, levando a utilização de partes de lotes diferentes para produzir um lote do produto seguinte. Portanto, a utilização de supermercados é a melhor opção. [39]

A Figura 2.25 representa a simbologia utilizada entre as etapas do fluxo material, no mapa de fluxo de valor do estado futuro.

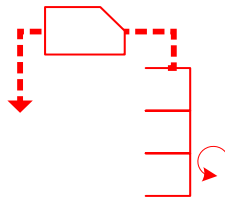


Figura 2.25 - Simbologia utilizada entre etapas do fluxo material, no mapa de fluxo de valor do estado futuro.

Por fim, depois do lote de produto final ser produzido, demora 15,71 dias a ser expedido. Este valor atualmente é determinado pela revisão de técnicas e libertação de documentação. Entre as diferentes etapas de documentação, deverão ser considerados os valores de duração mínimos, assim, pretende-se que da produção de um lote de produto final até à expedição passem 7 dias, no mínimo, com o aumento deste valor devido a fatores externos à empresa.

Na Figura 2.26, observa-se o mapa de fluxo de valor do estado futuro.

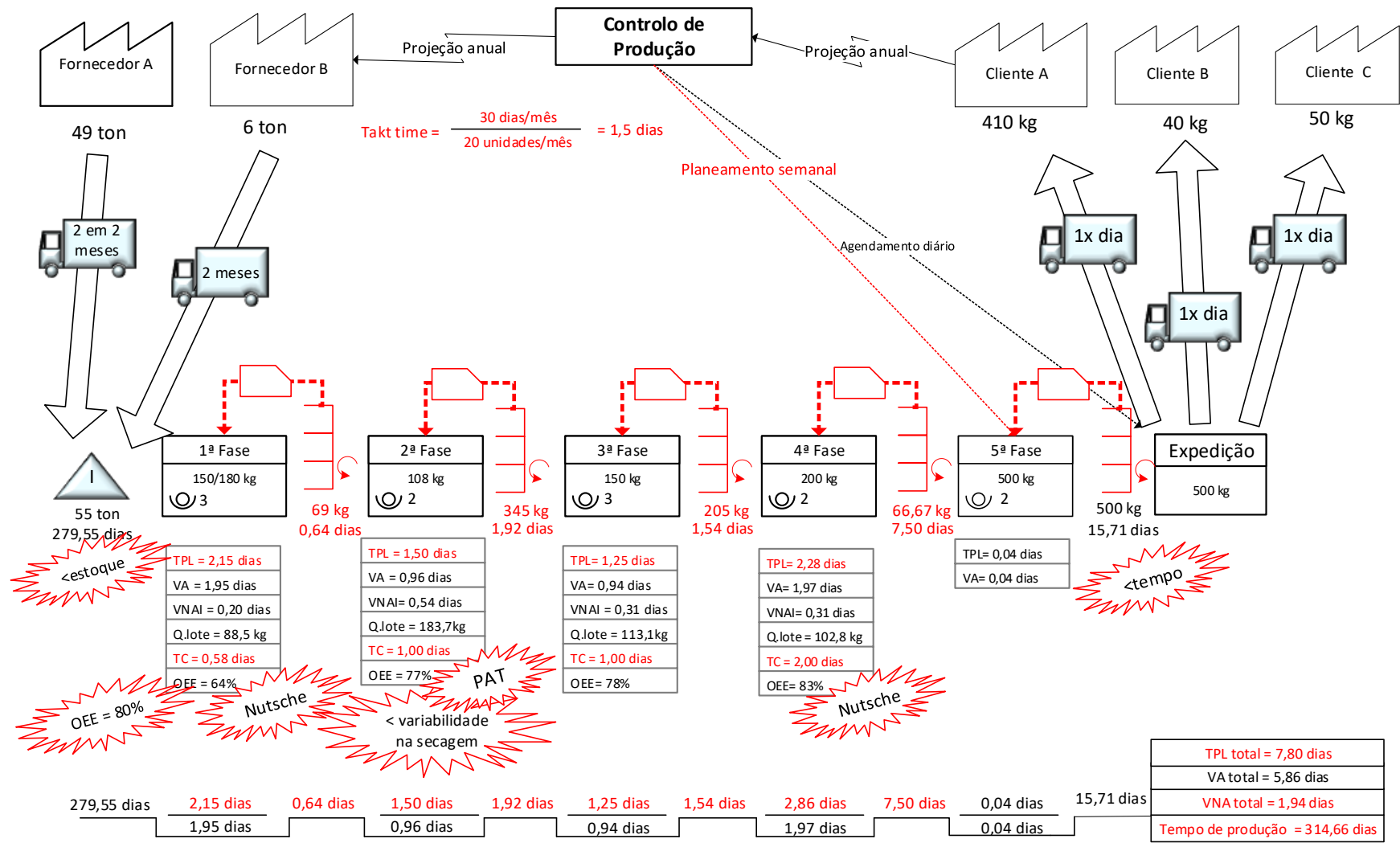


Figura 2.26 - Mapa de fluxo de valor do processo de API para o estado futuro da empresa

2.11 Plano de implementação

Um plano de implementação é o primeiro passo para adotar todas as medidas propostas de otimização de um processo. Para a elaboração deste plano, é necessária a envolvimento de diversos departamentos de forma a tornar possível o cumprimento dos prazos definidos, nomeadamente a engenharia e manutenção que são responsáveis pela instalação dos equipamentos e a sua qualificação, departamento de produção e qualidade na standardização de operações e alterações aos procedimentos, entre outros. Os prazos destas ações deverão ser definidos internamente.

Conclusões e indicações para trabalho futuro

Esta dissertação envolve a otimização do processo de produção do API, um API (Active pharmaceutical ingredient), através da aplicação da ferramenta Value Stream Mapping.

Os objetivos deste estudo consistem em calcular a capacidade máxima da linha de produção, eliminar o desperdício de excesso de estoque e ainda, identificar os gargalos do processo, propondo melhorias para os eliminar.

Avaliando o nível de estoque do processo ao longo de 3 meses, observa-se uma instabilidade dos níveis de estoque de todos os produtos, mas mais acentuada no produto B devido à indisponibilidade de realizar testes necessários nos fins de semana, impedindo a sua utilização nesse período. De forma a diminuir o nível de estoque de produtos intermediários, mantendo a situação atual da empresa, as operações necessitam de ser padronizadas para não apresentarem grandes oscilações no seu tempo de duração e assim com uma calendarização do início das sínteses dos produtos, o controle do nível de estoque é possível.

Atualmente, o objetivo da empresa é produzir uma determinada quantidade por mês face à procura dos consumidores, considerando essa quantidade e todas as restrições de horários existentes, atualmente, o nível médio de estoque de produto A, produto B e produto C diminuiria, respetivamente. Deste modo, a média dos níveis de estoque passariam a ser 0,64 dias para a produto A, 1,92 dias para o produto B e 1,54 dias para o produto C. Realça-se, ainda que a existência de testes aos fins de semana implicaria uma diminuição do estoque do mesmo, bem como a diminuição do tempo de análise dos produtos e ainda um horário de funcionamento de 24 horas diárias do departamento de controlo de qualidade que permitiria evitar possíveis atrasos no arranque das sínteses.

Observando o mapa de fluxo de valor do estado atual da empresa e os dados recolhidos de ambas as operações do processo, concluiu-se a existência de inúmeras operações que podem ser melhoradas.

Começando pela produção de produto A, esta tem atualmente uma duração de 2,60 dias, mas com a eliminação dos tempos de espera poderá ter uma duração de 2,15 dias. Nesta etapa, a hidrogenação é a etapa mais longa, no entanto na instalação existem dois hidrogenadores, passando a ser uma operação que não limita o arranque do lote seguinte. Desta forma, concluiu-se que os equipamentos que limitavam o arranque do próximo lote são o RAP3377 e FC3302, permitindo um intervalo entre lotes de 9h horas (8,5h mais tempo para as manobras finais). Para aumentar a capacidade de produção deste produto sugere-se a instalação de um filtro Nutsche para substituir o FC3302 e o secador utilizados nesse passo. Por outro lado, se a filtração e a secagem em conjunto passarem a ter uma duração menor que o tempo de duração da filtração, sugere-se a instalação de um novo equipamento que fique encarregue de uma das operações em que se utiliza o RAP3377.

A produção de produto B tem uma duração de 1,85 dias, mas com a eliminação dos tempos de espera esse valor seria de 1,50 dias. Nesta etapa do processo, a operação mais demorada é a secagem DLF3311/2/3, com uma duração de 15,5 horas. Esta operação limita a capacidade máxima de produção de API e deve ser estandardizada para permitir um aumento desta capacidade. A tecnologia analítica

de processo (PAT) facilita a monitorização da secagem, permitindo obter a evolução do NIR ao longo do tempo, e deste modo deve ser implementada nesta operação para possibilitar um melhor controlo, evitando a interrupção da secagem para recolha de amostras. No entanto é imprescindível um seguimento da operação de forma a estandardizar a mesma entre os diversos turnos e ainda elaborar um procedimento mais preciso que inclua os momentos de agitação que se apresentam variáveis de operador para operador.

Passando para a produção de produto C, esta tem uma duração de 1,42 dias e poderia ser de 1,25 dias, com a eliminação dos tempos de espera. A operação com maior duração neste passo é a precipitação, no entanto, como existem 2 equipamentos disponíveis, a hidrogenação passa a limitar o intervalo entre lotes. Para aumentar a produção deste produto intermediário, é necessária a instalação de um novo hidrogenador, contudo, este passo não é um passo crítico para o processo.

Prosseguindo para 4ª etapa, esta dura 2,86 dias, mas poderia durar 2,28 dias com a eliminação dos tempos de pausa. Por outro lado, nesta etapa do processo, a secagem é a operação limitante, com uma duração de 22 horas, constituindo a operação mais longa de todo o processo.

Para os equipamentos críticos, foi calculado o OEE (Overall Equipment Effectiveness) e ambos os valores resultantes se situam abaixo do valor de classe mundial. Contudo os resultados revelam que a produção de produto A tem uma maior margem para ser melhorada e tal deve-se ao fator de qualidade que no mês de arranque apresenta um valor baixo devido aos lotes que não foram aprovados.

Adicionalmente aos desperdícios encontrados, as filtrações nos filtros FP3396 e FC3302 precisam de ser estandardizadas, pois existem variações no tempo de escoamento. No entanto, se ambas as operações do processo estiverem estandardizadas, à partida não será necessário prolongar o escoamento.

O *takt time* do processo é 1,5 dias, significa que a cada 1,5 dias deveria ser produzido um lote de API. No mapa de fluxo de valor do estado que se pretende atingir, considerou-se 2 dias para o tempo de ciclo em vez de 1,5 porque para acumular a menor quantidade de produto C possível, o tempo de ciclo do 6º e 7º passos oscila entre 1 dia e 2 dias. Com a alteração dos fatores que influenciam a acumulação de produto, será possível adotar um tempo de ciclo constante para a 3ª e 4ª etapas.

Paralelamente à produção de produto, a documentação é bastante importante para a sua expedição. O estudo realizado, demonstrou que do fim do produto final até à expedição do mesmo, em média, passam 15,71 dias, o que representa um valor demasiado elevado. O ponto crítico na documentação é a revisão das técnicas de procedimento, desta forma deverá ser melhorado. A rápida resposta na entrega de produto e a capacidade de responder a alterações nas encomendas são fatores que acrescem valor para o cliente e ainda permitem a empresa se destacar no mercado.

Através deste estudo, foi possível verificar as diferenças entre a otimização de um processo da indústria farmacêutica e um processo de outro setor, especialmente a utilização de lotes nesta última, face à utilização de um processo contínuo noutras indústrias. Todavia, todos os conceitos de Lean Six Sigma são aplicáveis e ambas as ferramentas são adaptáveis a um processo de produção de um API.

Por último, é pertinente dar continuidade ao estudo presente nesta dissertação e como tal, são indicados alguns pontos de partida:

- Realização de ensaios num filtro Nutsche para a produção de produto A, recolhendo os tempos de processamento da operação e avaliando a qualidade do produto.
- Desenvolvimento de novos métodos de análise que possam provocar uma diminuição do tempo de análise de ambos os produtos.
- Estudar cada operação individual de forma a estas serem padronizadas. Idealmente, as etapas com menor rendimento deveriam ser as primeiras a serem analisadas e a etapa crítica do processo, pois, a capacidade máxima de produção iria aumentar com a melhoria desta etapa.
- Medição do OEE dos equipamentos do processo, diariamente e no momento de produção dos lotes, controlando, assim, o desempenho dos mesmos.
- Aplicação de outras ferramentas Lean, de forma a otimizar aspetos que não são abordados nesta ferramenta.
- Aplicação de ferramentas Six Sigma que, por sua vez, permitem uma melhoria do rendimento dos diferentes passos do processo. A implementação de Six Sigma irá também permitir uma diminuição da variabilidade dos lotes do produto e um aumento da qualidade do mesmo. Além disso, o número de lotes não aprovados deverá diminuir.
- Agilizar o processo de documentação de forma a estar concluída o mais depressa possível e ainda melhorar a capacidade de resposta a possíveis alterações nas encomendas.
- Procura constante de zonas da empresa que se deve melhorar e novas tecnologias para implementar, constituindo a base de melhoria contínua.

Referências

- [1] Cipan, [Online]. Disponível em:: www.cipan.pt. [Acedido em Março 2018].
- [2] R. Klajn, "Chemistry and chemical biology of tetracyclines," [Online]. Disponível em:: <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/tetracycline/antimicr.htm>. [Acedido em Maio 2018].
- [3] I. Chopra e M. Roberts, "Tetracycline Antibiotics: Mode of Action, Applications, Molecular Biology, and Epidemiology of Bacterial Resistance," *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, pp. 232-260, Jun 2001.
- [4] B. Markgraf, "How to Identify Bottlenecks in Manufacturing," [Online]. Disponível em:: <http://smallbusiness.chron.com/identify-bottlenecks-manufacturing-72465.html>. [Acedido em Abril 2018].
- [5] M. Rother e J. Shook, *Learning to See*, Versão 1.2 ed., Massachusetts: Lean Enterprise Institute, Junho 1999.
- [6] N. J. Sayer e B. Williams, *Lean For Dummies*, Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2007.
- [7] L. Wilson, *How To Implement Lean Manufacturing*, McGraw-Hill Education, 2010.
- [8] C. Gygi, N. DeCarlo e B. Williams, *Six Sigma for Dummies*, Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2005.
- [9] R. Martichenko e D. T. Goldsby, *Lean Sigma Logistics*, J. Ross Publishing, 2005.
- [10] M. L. George, *Lean Six Sigma For Service*, McGraw-Hill, 2003.
- [11] J. P. Womack e D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your corporation*, Free Press, 2003.
- [12] B. Zwolińska, "Use of the method VSM to the identify muda," *Research in logistics & production*, 31 Dezembro 2016.
- [13] J. K. Liker e D. Meier, *Toyota Way Fieldbook*, McGraw-Hil Education, 2005.
- [14] D. McBride, "The 7 Wastes in Manufacturing," 29 Agosto 2003. [Online]. Disponível em:: <https://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>. [Acedido em Junho 2018].
- [15] Flex Pro, [Online]. Disponível em:: <https://www.flexproconsultoria.com.br/consultoria>. [Acedido em Junho 2018].
- [16] WebFinance, "<http://www.businessdictionary.com/>," 2018. [Online]. [Acedido em Março 2018].
- [17] Vorne Industries, "OEE," 2002. [Online]. Disponível em:: <https://www.oee.com/>. [Acedido em Julho 2018].

- [18] B. Silva, "Uso do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos como ferramenta para melhoria contínua: Estudo de caso aplicado à produção farmacêutica," *Sistemas e Gestão*, vol. 11, pp. 49-60, 2016.
- [19] Vorne, "OEE.com," Vorne, [Online]. Disponível em: <https://www.oeec.com/calculating-oeec.html>. [Acedido em Setembro 2018].
- [20] R. Valillo, "O aumento da produtividade com o uso do Value Stream Mapping," [Online]. Disponível em: <http://agente.epse.com.br/banasqualidade/qualidade00912000.PDF>. [Acedido em Maio 2018].
- [21] Nishikawa Standard Company, 17 Março 2009. [Online]. Disponível em: <https://www.pfw.edu/dotAsset/208834.pdf>. [Acedido em Junho 2018].
- [22] "Minitab," 2018. [Online]. Disponível em: <https://support.minitab.com/en-us/companion/help-and-how-to/tools/value-stream-maps/map-and-timeline-calculations/>. [Acedido em Julho 2018].
- [23] K. Martin e M. Osterling, *Value Stream Mapping: How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation*, Mc Graw-Hill Education, 2014.
- [24] EDP, [Online]. Disponível em: www.edp.pt. [Acedido em Julho 2018].
- [25] "Gantt.com," 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.gantt.com/>. [Acedido em Agosto 2018].
- [26] S. Crosby, "Finding the Leaks in Your Value Stream," 16 Janeiro 2013. [Online]. Disponível em: <https://www.businessbankoftexas.com/business-resource-center/finding-the-leaks-in-your-value-stream-value-stream-mapping-part-2.htm>. [Acedido em Agosto 2018].
- [27] C. B. Silveira, "Citisystems," [Online]. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/oeec-calculo-eficiencia-equipamentos-integracao-sistemas/>. [Acedido em Setembro 2018].
- [28] Vince, "OEE.COM.BR," [Online]. Disponível em: <http://www.oeec.com.br/oeec-classe-mundial/>. [Acedido em Setembro 2018].
- [29] "Investopedia," 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/b/bottleneck.asp>.
- [30] Cipan, *Documento C395ET08100 - DFL3313*, 2015.
- [31] J. Mayo, "De Dietrich - Process Systems," 6 Novembro 2014. [Online]. Disponível em: <https://www.ddpsinc.com/blog-0/understanding-the-nutsche-filtration-and-drying-process>. [Acedido em Agosto 2018].
- [32] Pfaudler, "Pfaudler - Defining the standard," 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.pfaudler.com/en/products/nutsche-filter-dryers>. [Acedido em Agosto 2018].

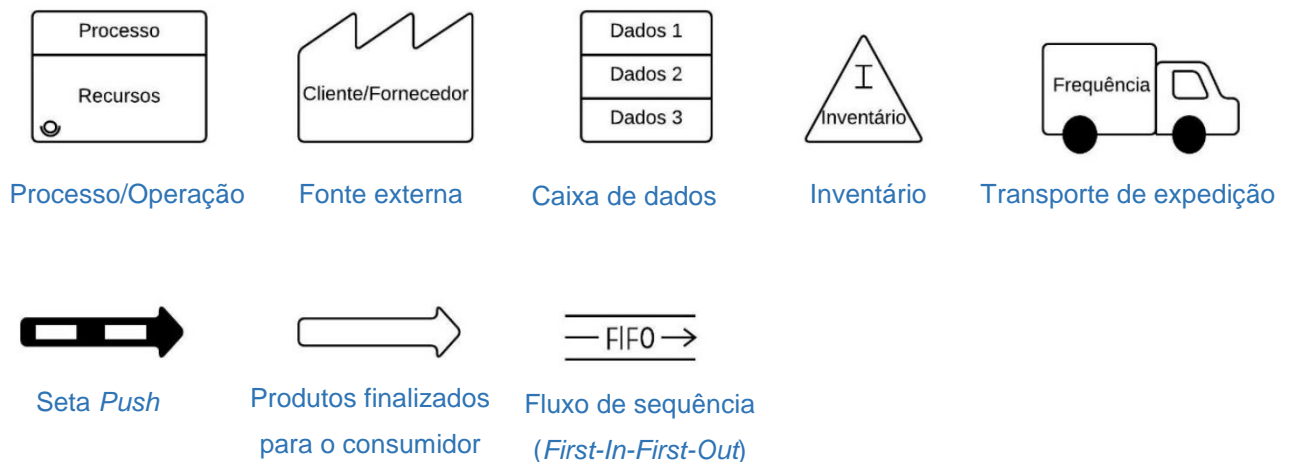
- [33] "Interphex," [Online]. Disponível em:: <https://www.interphex.com/>. [Acedido em Agosto 2018].
- [34] J. Parris, C. Airiau, R. Escott, J. Rydzak e R. Crocombe, "Monitoring API Drying Operations with NIR," *Spectroscopy -Springfield then Eugene then Duluth*, pp. 34-42.
- [35] FDA, "Guidance for Industry — PAT: A Framework for Innovative Pharmaceutical Development, Manufacturing and Quality Assurance," Food and Drug Administration, 5630 Fishers Lane, rm. 1061, Rockville, MD 20852, 2004.
- [36] R. A. Mattes, D. E. Root e A. P. Birkmire, "In-line Process Analysis of Residual Moisture in a Fluid Bed," *The Role of Spectroscopy in Process Analytical Technologies* , pp. 14-17, 2005.
- [37] Metrohm, "Inline process monitoring of moisture levels in a fluid bed dryer".
- [38] K. R. Morris, J. G. Stowell, S. R. Byrn, A. W. Placette, Davis, T. D. e G. E. Peck, "Accelerated Fluid Bed Drying Using NIR Monitoring and Phenomenological Modeling," *J Pharm Sci.* , pp. 631-9, 2010.
- [39] C. Roser e M. Nakano, "Guidelines for the Selection of FIFO Lanes and Supermarkets for Kanban-Based Pull Systems – When to Use a FIFO and When to Use a Supermarket," em *Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth : IFIP WG 5.7 International Conference*, 2015, pp. 282-289.

Anexos

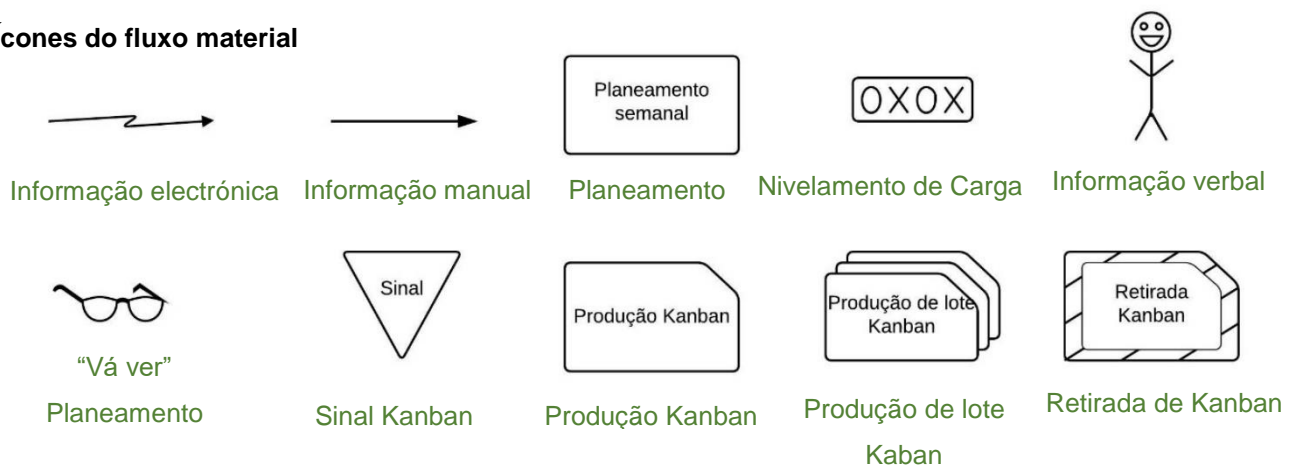
Anexo A - Simbologia utilizada em VSM

A Figura 1 apresenta a simbologia, habitualmente utilizada, para a elaboração dos mapas de fluxo de valor, na ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*).

Ícones do fluxo de informação



Ícones do fluxo material



Ícones gerais

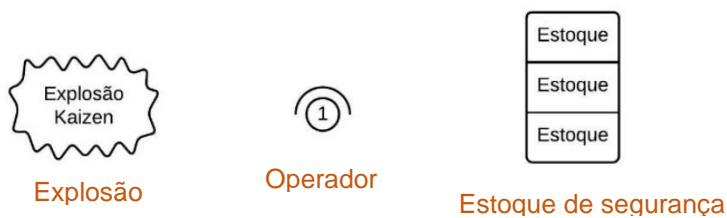


Figura 1 – Simbologia utilizada nos mapas de fluxo de valor

Anexo B – Tarifa tri-horária

Existem diferentes tarifas de eletricidade, assim, dependendo do que se pretende, escolhe-se a tarifa mais adequada para o efeito. Na Figura 1, encontram-se os horários em que a eletricidade é mais barata, na EDP, em caso de tarifa tri-horária.

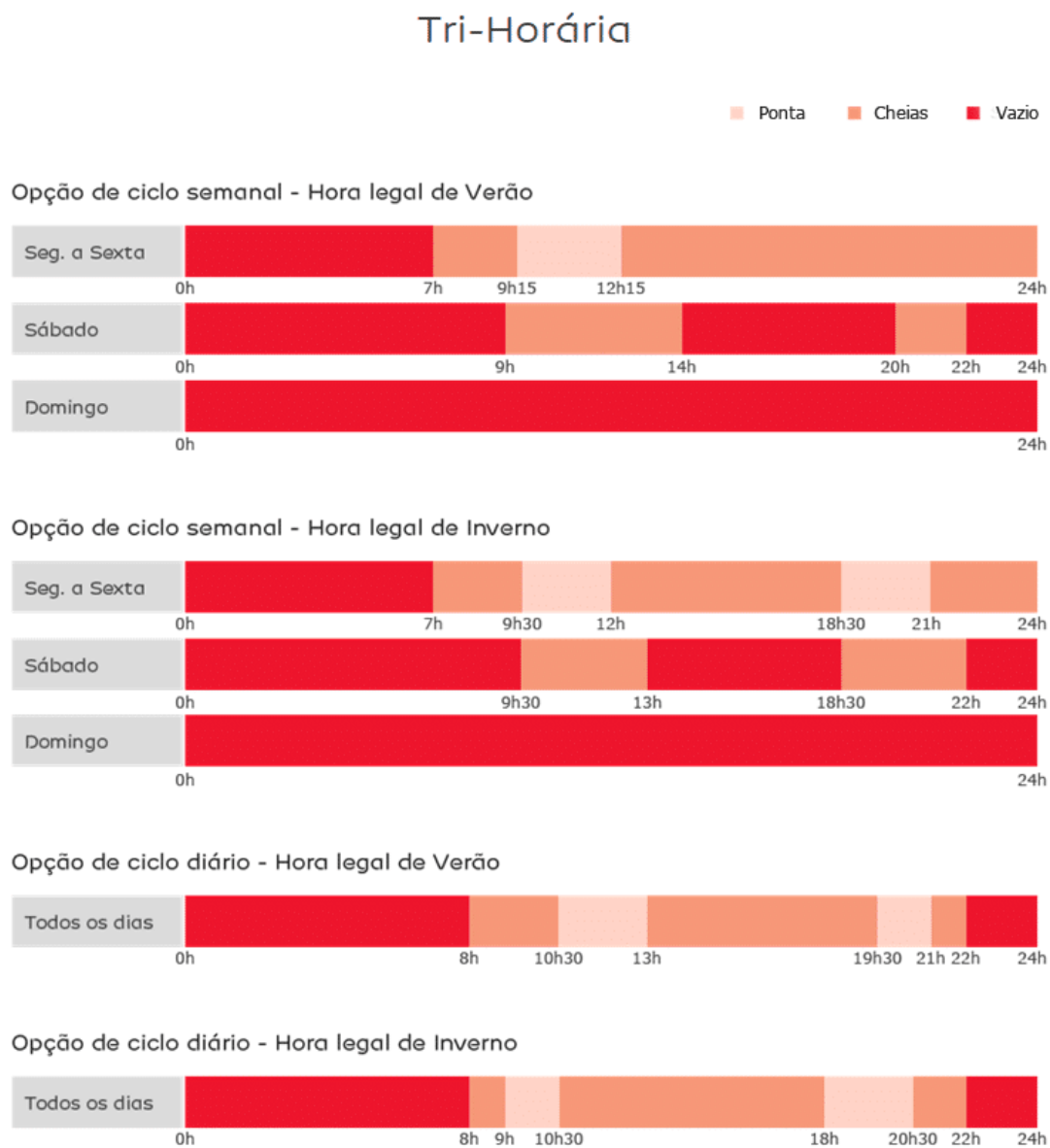


Figura 1 – Tarifa tri-horária – Fonte: EDP