



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Mafalda Mendes dos Santos Maia

OS DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO  
PLANEAMENTO NA INDÚSTRIA DO PAPEL  
FORMATOS DE ESCRITÓRIO

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial  
orientada pelo Professor Doutor Samuel Moniz e apresentada ao  
Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade de Coimbra.

Setembro de 2023



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Os desafios e oportunidades no planeamento na indústria do papel: Formatos de escritório**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

## **The challenges and opportunities in the paper industry planning: Office formats**

**Autor**

**Mafalda Mendes dos Santos Maia**

**Orientador**

**Professor Doutor Samuel Moniz**

**Júri**

**Presidente** Professor Doutor Cristóvão Silva  
Professor Associado da Universidade de Coimbra

**Vogal** Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz  
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu

**Orientador** Professor Doutor Samuel Moniz  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

**Colaboração Institucional**

---



*The Navigator Company*

**Coimbra, setembro, 2023**



“Não sabemos para onde vamos, não sabemos o que vai acontecer,  
mas ninguém te pode tirar aquilo que meteres na cabeça.”

Edith Eger em *A Bailarina de Auschwitz*, 2017

Aos meus pais



## AGRADECIMENTOS

O meu percurso académico tem sido tudo menos um mar de rosas, mas se hoje posso celebrar a conclusão de mais uma fase da minha vida, devo muito a todo o apoio que recebi ao longo destes anos.

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão aos meus pais que sempre estiveram disponíveis para me apoiar e ajudar em tudo o que precisei.

Às minhas irmãs e ao meu namorado, quero dedicar um agradecimento muito especial por me ouvirem e apoiarem em todas as circunstâncias.

Também quero expressar o meu agradecimento a toda a minha família por terem estado sempre presentes, apoiando-me ao longo do caminho.

Aos amigos que Coimbra me proporcionou, quero dizer que foram o meu suporte e que gosto muito de todos, eles sabem quem são.

Não posso deixar de agradecer aos meus colegas planeadores e a todas as colegas da *The Navigator Company* que me ajudaram e apoiaram durante os cinco meses de estágio que aí passei. Agradeço profundamente por toda a colaboração e ensinamentos que me proporcionaram.

Por fim, mas não menos importante, quero agradecer ao Professor Doutor Samuel Moniz e ao Engenheiro Rodrigo Filipe pela orientação que me deram ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Em suma, estou agradecida por todos os que, direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado ao longo deste percurso. O vosso apoio foi essencial para o meu crescimento e sucesso.



## RESUMO

O setor da indústria de pasta e papel desempenha um papel relevante na economia nacional, com a *The Navigator Company* a ser uma das principais produtoras em Portugal. A empresa possui uma ampla gama de produtos, nos quais se inclui o papel UWF, tanto em formatos gráficos como em formatos de escritório. No entanto, a flexibilidade do sistema *make-to-order* (MTO) adotado pela empresa e os desafios enfrentados pelo planeamento da produção podem resultar em atrasos na produção de encomendas, devido a toda a complexidade envolvida.

Assim, o objetivo desta dissertação é analisar os desafios e oportunidades do planeamento da produção e transformação do papel de impressão e escrita, com foco nos formatos de escritório, bem como as dificuldades na definição das datas de expedição das encomendas dos clientes.

Numa primeira fase, foi realizado o acompanhamento dos planeadores de produção de forma a perceber como funciona o processo de produção e de transformação de papel e como são planeadas e sequenciadas as encomendas. Posteriormente, foi realizada uma análise aos dados fornecidos pela empresa, em que foram analisados os tempos de paragem e de *set-up* das cortadoras, assim como, os dados relativos à entrada e expedição das encomendas de formatos de escritório. Por fim, foram retiradas algumas conclusões, nomeadamente, o facto da falta de papel disponível para abastecer as cortadoras ser uma das principais causas de paragem. Adicionalmente, são propostas algumas oportunidades de melhoria que a empresa poderá implementar, nomeadamente, a implementação de um sistema híbrido MTS/MTO.

São, ainda, sugeridos alguns temas para trabalhos futuros que podem levar à melhoria do planeamento da produção na empresa, incluindo a exploração de algoritmos de previsão da procura mais eficientes e a análise de incidentes e imprevistos com o intuito de averiguar o seu impacto no cumprimento das datas das encomendas.

**Palavras-chave:** Planeamento da produção, Sequenciamento da produção, Datas de expedição, Tempos de paragem, Tempos de *set-up*.



## ABSTRACT

The pulp and paper industry plays a relevant role in the national economy, with The Navigator Company being one of the main producers in Portugal. The company has a wide range of products, in which UWF paper is included, both in graphic and office formats. However, the flexibility of the make-to-order (MTO) system adopted by the company and the challenges faced by production planning can result in delays in the production of orders, due to all the complexity involved.

Thus, the aim of this dissertation is to analyze the challenges and opportunities of production planning and transformation of printing and writing paper, focusing on office formats, as well as the difficulties in setting dispatch dates for customer orders.

In a first phase, the production planners were followed up to understand how the paper production and transformation process works and how orders are planned and sequenced. Subsequently, an analysis of the data provided by the company was carried out, in which the downtime and set-up times of the cutters were analyzed, as well as the data related to the entry and dispatch of orders for office formats. Finally, some conclusions were drawn, namely, that the lack of paper available to supply the cutters is one of the main causes of downtime. In addition, some opportunities for improvement are proposed that the company could implement, namely, the implementation of a hybrid MTS/MTO system.

Some topics are also suggested for future work that may lead to the improvement of production planning in the company, including exploring more efficient demand forecasting algorithms and analyzing incidents and unforeseen events to ascertain their impact on meeting order dates.

**Keywords:** Production planning, Production sequencing, Dispatch dates, Downtimes, Set-up times.



---

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
SIGLAS .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.2. Estrutura da dissertação .....	3
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	5
2.1. Sistemas da cadeia de abastecimento .....	5
2.1.1. Sistema <i>make-to-stock</i> versus <i>make-to-order</i> .....	5
2.2. Planeamento da produção .....	6
2.2.1. Sequenciamento .....	9
2.2.2. Regras de prioridade de sequenciamento .....	11
2.2.3. Métodos de otimização .....	12
2.2.4. <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	16
3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....	19
3.1. A <i>The Navigator Company</i> .....	19
3.2. Fábrica de papel do CI Figueira da Foz .....	20
3.2.1. Produção de papel .....	20
3.2.2. Transformação .....	22
3.2.3. Armazém e expedição .....	24
3.3. Planeamento do papel nas PMs para os formatos de escritório .....	25
3.4. Processo de transformação de formatos de escritório .....	26
3.4.1. Formas de apresentação do produto .....	26
3.4.2. Processo de planeamento .....	27
3.4.3. Desafios do planeamento .....	29
3.4.4. Tipos de paragens .....	30
3.4.5. Mudanças de <i>set-up</i> nas cortadoras .....	31
3.4.6. Definição das datas de expedição .....	32
4. ANÁLISE DOS DADOS RECOLHIDOS .....	35
4.1. Paragens .....	35
4.1.1. Falta de condições de produção comerciais .....	39
4.1.2. Tempos de <i>set-up</i> .....	39
4.2. OEE atual das cortadoras .....	42
4.3. Entrada e expedição de encomendas .....	43
5. DESAFIOS E OPORTUNIDADES .....	45
6. CONCLUSÃO .....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
APÊNDICE A – FLUXO DO PAPEL .....	53

---

APÊNDICE B – TEMPOS DE *SET-UP* NAS CORTADORAS EM 2022 ..... 55

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Evolução da produção de papel em Portugal 2012 – 2021. ....	1
Figura 1.2. Evolução da Produção de Papel UWF 2018 – 2022. ....	2
Figura 2.1. Diferenciação entre os sistemas MTS e MTO. ....	6
Figura 2.2. Classificação dos sistemas de produção.....	7
Figura 2.3. Produção em fluxo contínuo. ....	7
Figura 2.4. Produção por lotes.....	8
Figura 2.5. Modelo de otimização por simulação. ....	14
Figura 2.6. Etapas da ferramenta SMED.....	15
Figura 2.7. Ferramenta de medição do OEE. ....	17
Figura 3.1. Máquina de papel e “jumbos”. ....	20
Figura 3.2. Bobinadora. ....	21
Figura 3.3. <i>Layout</i> da fábrica com destaque na área da produção.....	22
Figura 3.4. Saída do papel das cortadoras de formatos de escritório. ....	23
Figura 3.5. <i>Layout</i> da fábrica com destaque na área da transformação.....	24
Figura 3.6. Exemplos dos padrões de bobinas usados no planeamento do papel necessário aos formatos de escritório.....	25
Figura 3.7. Exemplo de <i>finishing order</i> de uma das cortadoras de formatos de escritório (CL1). ....	28
Figura 3.8. Exemplo de um plano de corte da cortadora CL1.....	29
Figura 3.9. Ilustração do conceito de <i>pockets</i> .....	32
Figura 4.1. Análise do impacto das paragens não planeadas nas cortadoras.....	38
Figura 4.2. OEE médio atual das cortadoras. ....	42
Figura 4.3. Distribuição da entrada de encomendas.....	43
Figura 4.4. Distribuição das encomendas por tipo de papel, gramagem e formato.....	44
Figura 4.5. Distribuição da expedição de encomendas. ....	44



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Distribuição dos formatos de escritório mais comuns.....	26
Tabela 4.1. Análise de impacto das paragens não planeadas na CL1. ....	36
Tabela 4.2. Análise de impacto das paragens não planeadas na CL2. ....	36
Tabela 4.3. Análise de impacto das paragens não planeadas na CL3. ....	36
Tabela 4.4. Análise de impacto das paragens não planeadas na CL4. ....	36
Tabela 4.5. Análise de impacto das paragens não planeadas na CL5. ....	37
Tabela 4.6. Análise de impacto das paragens não planeadas na CS1.....	37
Tabela B.1. Tempos totais (min) de <i>set-up</i> da CL1 por tipo e subtipo de <i>set-up</i> . ....	55
Tabela B.2. Tempos totais (min) de <i>set-up</i> da CL2 por tipo e subtipo de <i>set-up</i> . ....	56
Tabela B.3. Tempos totais (min) de <i>set-up</i> da CL3 por tipo e subtipo de <i>set-up</i> . ....	57
Tabela B.4. Tempos totais (min) de <i>set-up</i> da CL4 por tipo e subtipo de <i>set-up</i> . ....	58
Tabela B.5. Tempos totais (min) de <i>set-up</i> da CL5 por tipo e subtipo de <i>set-up</i> . ....	58
Tabela B.6. Tempos totais (min) de <i>set-up</i> da CS1 por tipo e subtipo de <i>set-up</i> . ....	59



---

## SIGLAS

APW – *Automatic pallet warehouse*

BEKP – *Bleached eucalyptus kraft pulp*

CI – *Complexo industrial*

CL – *Cutsizes line*

CR – *Critical ratio*

CS – *Cutsizes special*

CW – *Conventional warehouse*

DD – *Dispatch date*

DL – *Double letter*

EDD – *Earliest due date*

FBCF – *Formação bruta de capital fixo*

FCFS – *First come first serve*

FL – *Fastletter*

FL – *Folio line*

FP – *Fastpack*

FSC – *Forest stewardship council*

GME – *Gestão de materiais de embalagem*

GU – *Guilhotina*

I&D – *Investigação e desenvolvimento*

LG – *Legal*

LT – *Letter*

MTO – *Make-to-order*

MTS – *Make-to-stock*

OEE – *Overall equipment effectiveness*

PEFC – *Programme for the endorsement of forest certification*

PFE – *Papel fora de especificação*

PIB – *Produto interno bruto*

PL – *Programação linear*

PM – *Paper machine*  
PNL – *Programação não linear*  
PRS – *Process reel storage*  
PW – *Pallet wrapper*  
RE – *Rebobinadora*  
RFQ – *Request for quotation*  
RW – *Ream wrapper*  
SMED – *Single-minute exchange of die*  
SPT – *Shortest processing time*  
TPM – *Total productive maintenance*  
UWF – *Uncoated woodfree*  
VAB – *Valor acrescentado bruto*  
WIP – *Work-in-process*  
WN – *Winder*  
WR – *Reel wrapper*

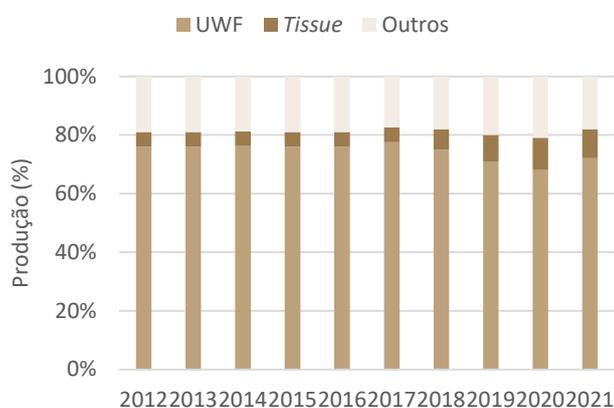
## 1. INTRODUÇÃO

Apesar da crescente popularidade dos dispositivos digitais e da tendência para a redução do uso de papel, acredita-se que este apresenta vantagens cognitivas e de aprendizagem em relação aos dispositivos digitais, tendo assim, ainda, um lugar importante no futuro (The Navigator Company, 2019).

Em 2021, as indústrias de base florestal geraram um volume de negócios de cerca de 10,7 mil milhões de euros, contribuindo, assim, para 4,98% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, nesse ano. Deste valor, 45,3% diz respeito ao volume de negócios da indústria de pasta e papel, tendo esta a maior representação no total das indústrias de base florestal.

Quanto ao Valor Acrescentado Bruto (VAB), a indústria de pasta e papel representava 41,9% dos mais de 2,6 mil milhões do VAB das indústrias de base florestal e foi responsável por 43,7% da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) do mesmo setor (Florestas.pt, 2023).

Segundo os dados da Biond – *Forest Fibers from Portugal* (2022), a produção total de papel em Portugal em 2021 foi de cerca de 2 milhões de toneladas. Nesse ano, os papéis finos não revestidos de impressão e escrita (*Uncoated woodfree – UWF*) representaram 72% da produção de papel e os papéis *Tissue*, 10%. Na categoria “Outros”, englobam-se a produção de cartões e embalagens de papel. A Figura 1.1 representa a evolução da produção de papel em Portugal entre os anos de 2012 e 2021.



**Figura 1.1.** Evolução da produção de papel em Portugal 2012 – 2021.  
Fonte: Biond (2022).

A realização desta dissertação contou com o apoio da *The Navigator Company* e o estágio a esta associado foi realizado no seu Complexo Industrial da Figueira da Foz.

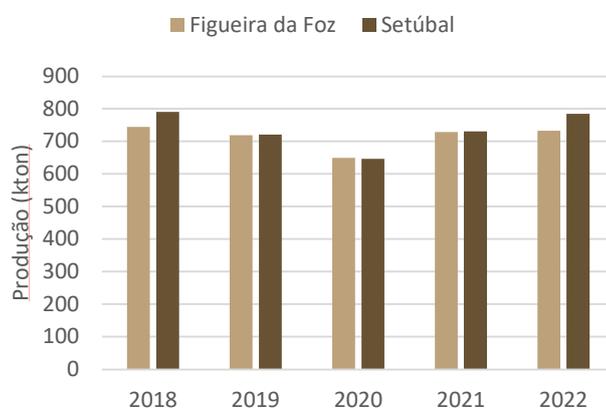
A *The Navigator Company* é uma empresa produtora de floresta, pasta, papel, *tissue*, soluções de embalagem sustentável e bioenergia. É uma empresa que se destaca pela qualidade dos seus produtos e pelo seu compromisso com a sustentabilidade.

Esta possui o seu próprio instituto de pesquisa florestal e é responsável pela plantação de uma extensa área florestal em Portugal. Além disso, a *The Navigator Company* possui uma capacidade significativa de produção e de geração de energia renovável.

A empresa é uma das principais exportadoras de Portugal, representando cerca de 3% das exportações nacionais de bens. Da sua produção, mais de 90% é vendida para fora de Portugal e tem como destino, aproximadamente, 130 países (cerca de 2/3 do total de países do mundo) (The Navigator Company, 2021), contribuindo, deste modo, para a economia nacional e proporcionando emprego a mais de 30 mil pessoas direta ou indiretamente (The Navigator Company, 2022).

A *The Navigator Company* é uma das maiores produtoras de papel em Portugal, sendo a sua área de excelência a produção de papel UWF. Esta tem uma vasta gama de produtos, incluindo formatos de papel gráfico (formatos grandes) e formatos de papel de escritório (ex.: A4 e A3).

A produção de papel UWF da empresa está dividida entre os complexos industriais de Setúbal e da Figueira da Foz. Na Figura 1.2, pode observar-se a evolução da produção de papel UWF nestes dois complexos entre 2018 e 2022. Observa-se que a distribuição da produção pelos mesmos tem tendência a ser equilibrada.



**Figura 1.2.** Evolução da Produção de Papel UWF 2018 – 2022.  
Fonte: The Navigator Company (2022).

## 1.1. Objetivos

Esta dissertação tem por objetivo realizar uma análise abrangente dos desafios e oportunidades que surgem no contexto do planeamento da produção e transformação do papel de impressão e escrita, com foco nos formatos de escritório.

Pretende-se compreender os processos envolvidos no planeamento e sequenciamento de encomendas, bem como as dificuldades na definição das suas datas de expedição.

Neste sentido, a metodologia adotada envolveu o acompanhamento dos planeadores de produção durante um período de cinco meses, permitindo a recolha de informação e dados em tempo real e proporcionando uma compreensão aprofundada dos métodos por estes usados.

A análise dos dados recolhidos foi conduzida tendo por base uma abordagem interpretativa dos mesmos, procurando identificar padrões, tendências e perspetivas relevantes para a discussão dos resultados.

## 1.2. Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo, é feita uma introdução ao mercado de papel referindo alguns dos principais indicadores económicos. É também apresentada de forma sintética a empresa onde foi realizado o estudo de caso.

No segundo capítulo, é dado um enquadramento teórico dos conceitos considerados relevantes para a compreensão do trabalho, nomeadamente, os tipos de produção e sequenciamento mais abordados na literatura.

No terceiro capítulo, procede-se à contextualização do estudo de caso, fazendo uma introdução mais extensa da empresa em questão, do seu processo de produção e transformação de papel. Explica-se, ainda, o seu processo de planeamento e eventuais desafios do mesmo.

No quarto capítulo, realiza-se a análise dos dados recolhidos referentes aos tempos de paragem, de *set-up*, entre outros, com o objetivo de perceber quais os fatores que mais influenciam o planeamento da produção e a definição das datas de expedição.

No quinto capítulo, são abordados alguns desafios da empresa, assim como, oportunidades de melhoria que esta pode implementar num futuro próximo.

Por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões retiradas deste estudo, assim como algumas sugestões para trabalhos futuros.

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo abordar os fundamentos teóricos referentes ao planeamento e sequenciamento da produção e à definição de datas de expedição, que irão servir de base ao estudo de caso abordado nesta dissertação.

### 2.1. Sistemas da cadeia de abastecimento

Aquando do planeamento da sua produção, as empresas necessitam de perceber e decidir que sistema melhor se adequa à sua carteira de produtos, de modo a conseguir proporcionar informações corretas aos seus clientes, nomeadamente sobre as datas de entrega das respetivas encomendas. Os dois sistemas mais abrangidos pela literatura são o sistema *make-to-stock* (MTS) e o sistema *make-to-order* (MTO).

#### 2.1.1. Sistema *make-to-stock* versus *make-to-order*

Num **sistema MTS**, a produção é feita sem existir um cliente, isto é, os produtos regidos por este sistema são considerados *standard* e são produzidos até se atingir um limite máximo de inventário definido pela capacidade da empresa (Adan e van der Wal, 1998). Estes sistemas são, também, conhecidos como sistemas *push*, por terem prazos de entrega curtos, custos de armazenamento elevados e capacidade limitada de personalização (Peeters e van Ooijen, 2020).

As principais preocupações dos sistemas MTS incluem a gestão do inventário, a determinação do tamanho dos lotes e a previsão da procura. O desempenho destes sistemas é avaliado com base em métricas como a disponibilidade de *stock* e os níveis médios de inventário (Soman, et al., 2004).

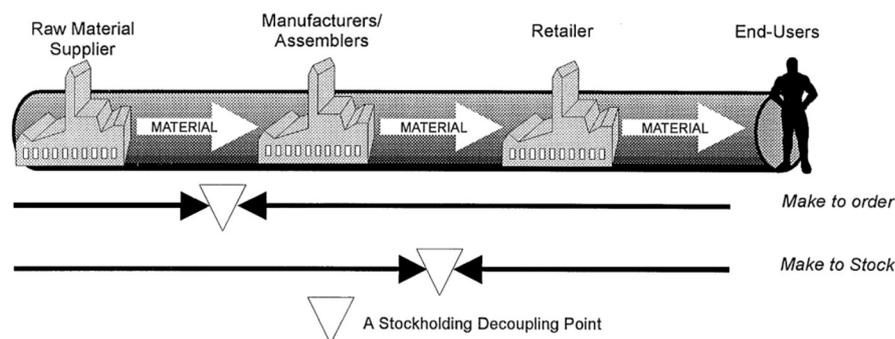
Em contrapartida, nos **sistemas MTO**, os bens só são produzidos quando existe uma encomenda específica do cliente, ou seja, o que é produzido tem capacidade de ser altamente personalizável. Esta personalização é, em si, uma vantagem e uma desvantagem, uma vez que, por vezes, o prazo de entrega pode ser longo, o que conduz a um desinteresse por parte do cliente e leva a perda de mercado para a empresa (Yousefnejad e Esmaeili, 2020). O desempenho deste tipo de sistemas é avaliado com base em fatores como o tempo

de resposta e o atraso das encomendas, sendo a sua principal prioridade a entrega rápida das mesmas.

As principais preocupações do sistema MTO passam pelo planeamento da capacidade, a determinação de que encomendas aceitar/rejeitar e o cumprimento dos prazos de entrega (Kingsman, et al., 1996; Soman, et al., 2004).

Decidir entre o sistema MTS ou o sistema MTO é complexo, uma vez que irá envolver encontrar o equilíbrio entre as características do produto/processo e as exigências do mercado (Soman, et al., 2004; van Donk, 2001), ou seja, é necessário decidir onde colocar o ponto de desacoplamento (ver Figura 2.1).

A empresa em estudo utiliza o sistema MTO na gestão da sua cadeia de abastecimento, em que apenas é produzido e transformado o papel consoante as encomendas dos clientes. No capítulo 3, irá ser realizada a caracterização mais aprofundada do estudo de caso.

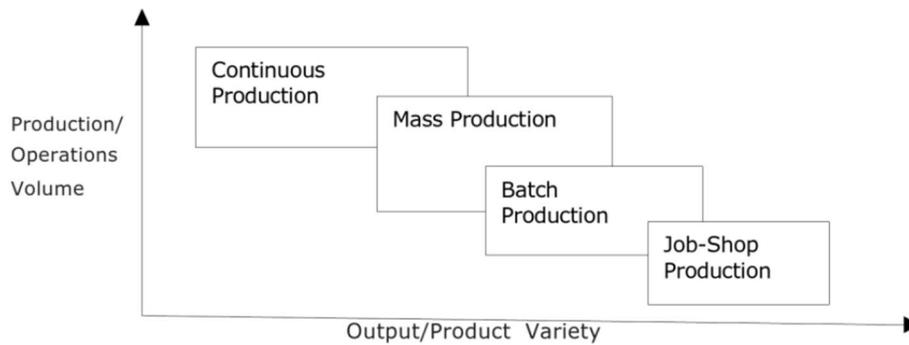


**Figura 2.1.** Diferenciação entre os sistemas MTS e MTO.  
 Fonte: Hoekstra e Romme (1992); Naylor, et al, (1999).

## 2.2. Planeamento da produção

Segundo Thomas e McClain (1993), o planeamento da produção determina um plano que dá a conhecer as quantidades a ser produzidas, os materiais e mão-de-obra necessários, entre outros recursos, para um determinado período temporal chamado “horizonte de planeamento”.

O planeamento da produção depende, ainda, do tipo de sistema de produção implementado na empresa. Este depende do volume produzido e da variedade de produtos. Por conseguinte, estes sistemas podem ser classificados como: fluxo contínuo, produção em massa, produção em lotes e *job-shop* (Kumar e Suresh, 2006). A Figura 2.2 ilustra esta classificação.



**Figura 2.2.** Classificação dos sistemas de produção.  
Fonte: Kumar e Suresh (2006).

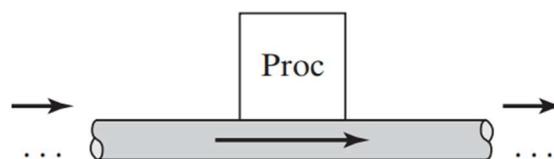
Para sistemas com um elevado volume de produção e uma variabilidade relativamente baixa, tanto a produção em fluxo contínuo como a produção em massa podem ser utilizadas.

Na **produção em fluxo contínuo** (Figura 2.3), o equipamento de produção é exclusivamente dedicado a um produto específico com uma produção ininterrupta (Groover, 2015). As passadeiras rolantes, por exemplo, são frequentemente utilizadas neste tipo de produção, uma vez que facilitam o fluxo dos materiais.

A normalização do processo e do produto, a elevada taxa de produção com tempos de ciclo reduzidos, a melhor utilização da capacidade instalada devido ao balanceamento da linha e a diminuição do custo unitário devido ao elevado volume de produção são algumas das vantagens deste tipo de sistema. Estas traduzem-se num processo de planeamento e sequenciamento relativamente fácil e rotineiro.

Não obstante, existem também algumas limitações a este tipo de produção, como a inexistência de flexibilidade de adaptação do processo a produtos com características diferentes das atuais, a exigência de grandes investimentos na instalação das linhas e a limitação na diferenciação do produto.

Os processos de refinaria, produção de fertilizantes, produtos químicos e o tratamento de águas residuais são exemplos deste tipo de sistema de produção.



**Figura 2.3.** Produção em fluxo contínuo.  
Fonte: Groover (2015).

A **produção em massa** é um sistema em que as peças ou conjuntos de peças são produzidos num processo contínuo. As máquinas encontram-se dispostas numa linha ou num *layout* de produto, fazendo com que a rota dos produtos seja sempre a mesma.

Este tipo de produção caracteriza-se pela normalização dos produtos e das sequências do processo, por máquinas dedicadas com capacidades e taxas de produção mais elevadas, volume elevado de produtos, tempos de ciclo curtos, linhas de produção equilibradas e baixo *Work-in-process* (WIP). Devido a estas características, também neste tipo de sistema, o planeamento e sequenciamento da produção tornam-se relativamente fáceis.

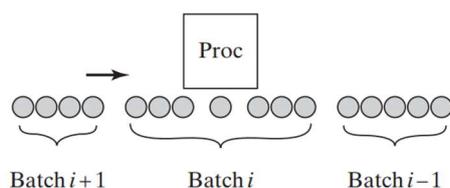
Existem, contudo, algumas limitações. A avaria numa única máquina pode desencadear a paragem completa da linha de produção; quando se muda o produto, é normalmente necessário proceder a mudanças no *layout* e o tempo de ciclo é determinado pela operação mais lenta da linha.

O exemplo mais conhecido de produção em massa é a indústria automóvel.

Para sistemas com volumes de produção menores e com maior variedade, os sistemas que mais se adequam são a produção por lotes e a produção *job-shop*.

Na **produção por lotes** (Figura 2.4), as encomendas são agrupadas por tipo de produto com características iguais, são produzidas em quantidade limitadas e cada lote pode seguir uma rota diferente. É um tipo de produção descontínua, visto que, existem interrupções entre a produção dos diferentes lotes. Neste tipo de produção, as máquinas têm maior flexibilidade, o que leva a uma melhor utilização da sua capacidade. O manuseamento dos materiais torna-se complexo, devido a fluxos irregulares e mais longos, assim como o planeamento e sequenciamento, uma vez que a organização dos lotes a produzir tem de ter em atenção características semelhantes entre os mesmos, de modo a reduzir os custos de *set-up* e a quantidade de inventário intermédio na linha que são, por norma, elevados.

Dos exemplos deste tipo de produção, constam produtos como motores elétricos, embalagens e impressão de livros.



**Figura 2.4.** Produção por lotes.  
Fonte: Groover (2015).

Na **produção *job-shop***, a produção é realizada em pequenas quantidades de produtos especializados e personalizados conforme os pedidos dos clientes, nos prazos que estes definiram e com os custos predefinidos. São produtos tipicamente complexos que envolvem, normalmente, mão-de-obra bastante qualificada capaz de lidar com a singularidade de cada encomenda. As máquinas utilizadas neste tipo de produção são de uso geral e estão dispostas em departamentos; cada encomenda segue uma sequência de processamento específica nas máquinas.

Além disto, a produção *job-shop* necessita de um inventário de materiais, ferramentas e peças elevado, de forma a conseguir acomodar os diversos requisitos de cada encomenda.

O planeamento e sequenciamento deste tipo de produção é bastante complicado e detalhado, uma vez que tem de ter em consideração todos os requisitos das encomendas e as capacidades de cada centro de trabalho, por forma a estabelecer de forma correta as prioridades das encomendas.

Como todos os outros tipos de produção, também este tem as suas limitações. As mudanças frequentes das configurações das máquinas para adaptação às encomendas a produzir refletem-se em custos mais elevados. Os custos de inventário e os requisitos de espaço também são superiores em comparação com os outros sistemas, devido à necessidade de ter níveis de inventário elevados.

Os navios, aviões e comboios são alguns exemplos de produtos elaborados através deste sistema.

A empresa em estudo aplica dois tipos de sistema de produção. Na secção de produção de papel, o sistema utilizado é a produção contínua. Na secção de transformação, o sistema utilizado é a produção por lotes. Estas secções da empresa irão ser abordadas com maior profundidade no capítulo 3 desta dissertação.

### **2.2.1. Sequenciamento**

De acordo com Gelders e Wassenhove (1981), o sequenciamento envolve a ordenação das ordens a serem processadas por cada máquina e a definição do tempo de início de cada ordem individual. É mais detalhado que o planeamento da produção e agrupa os produtos com os respetivos recursos (Thomas e McClain, 1993).

Os tipos de sequenciamento mais conhecidos são: máquina única, máquinas paralelas, *flow-shop* e *job-shop* (Coelho, 2020).

O **sequenciamento de máquina única** é o problema mais simples e mais popular entre os problemas de sequenciamento. Todas as tarefas requerem apenas um procedimento que é efetuado exclusivamente por uma máquina (Graves, 1981). Alguns dos objetivos deste sequenciamento passam por minimizar o tempo médio de fluxo, o atraso máximo e o número de tarefas em atraso (Smith, 1956; Moore, 1968).

O **problema de máquinas paralelas** decorre de uma generalização do problema de máquina única (Graves, 1981) e consiste na atribuição de um número específico de tarefas independentes, com tempos de execução conhecidos, a um conjunto de máquinas paralelas. Após a distribuição das tarefas às máquinas, o objetivo é minimizar a soma dos tempos de execução das tarefas na máquina com a maior carga (*makespan*) (Paz e Júnior, 2019). Este problema pode ser dividido em três subproblemas: idênticas, uniformes e não-relacionadas.

Se as máquinas forem **idênticas**, qualquer máquina disponível pode processar uma determinada tarefa e cada tarefa concluída resulta na libertação de uma máquina, permitindo, assim, que esta seja alocada a outras tarefas. Existe um conjunto fixo de tempos de execução para cada tarefa, independentemente da máquina à qual é atribuída (Paz e Júnior, 2019; Müller et al., 2002).

No caso de serem **uniformes**, existe um conjunto que agrega os períodos de execução das tarefas, contudo, esses períodos são modificados por um fator uniforme, dependendo se a tarefa é atribuída a uma máquina nova ou antiga. Isto acontece quando as empresas adquirem novas máquinas, mas mantêm a funcionar as máquinas mais antigas e mais lentas (Paz e Júnior, 2019; Müller et al., 2002).

Por último, nas **não-relacionadas**, cada tarefa é representada por um subconjunto de  $n$  tempos de execução, onde cada valor corresponde ao tempo necessário para a realização dessa tarefa numa máquina específica. Esses tempos podem variar entre as máquinas e indicam a eficiência de cada uma na execução de uma tarefa específica. Esta situação acontece quando há reorganizações no processo de fabrico ou quando se utilizam células de produção flexíveis, onde várias máquinas são capazes de desempenhar diferentes tarefas, porém, com velocidades distintas para cada uma. Não é possível estabelecer uma relação fixa de velocidade entre as máquinas.

O **sequenciamento *flow-shop*** consiste em sequenciar um número de tarefas em diferentes fases de processo, dispostas em série com um número de máquinas em paralelo em cada fase. Cada tarefa tem de ser processada em cada fase por apenas uma das máquinas, seguindo uma sequência predeterminada e semelhante para todas as tarefas. Este tem como objetivo minimizar o *makespan*, isto é, o tempo que vai do início ao fim da sequência de produção (Pinedo, 2016; Senthilkumar e Narayanan, 2010; Fernandez-Viagas et al., 2017; Graves, 1981).

No **problema de *job-shop*** existe um ambiente de trabalho com várias máquinas e  $n$  tarefas, em que cada tarefa inclui uma série de operações com rotas fixas, não sendo necessário essas rotas serem iguais para todas as tarefas. A cada operação é atribuída uma máquina para ser processada num determinado tempo de processamento. É necessário sequenciar as operações em todas as máquinas, de modo a minimizar o *makespan* (Pinedo, 2016; Xiong, et al., 2022).

Este trabalho focar-se-á no tipo de sequenciamento em máquina única, uma vez que é o utilizado pelos planeadores na transformação dos formatos de escritório.

### **2.2.2. Regras de prioridade de sequenciamento**

As regras de prioridade de sequenciamento fornecem uma abordagem sistemática para determinar a ordem em que as tarefas devem ser executadas. Estas regras têm em conta vários fatores, como a duração da tarefa, as datas de expedição e a disponibilidade de recursos, para estabelecer uma sequência que maximize a eficiência.

De seguida, serão abordadas algumas das regras mais utilizadas no sequenciamento.

Na ***shortest processing time (SPT)*** estabelece-se que, dentro das tarefas que têm de ser sequenciadas, se escolhe a que tiver o tempo de processamento mais curto. Esta regra é conhecida por ser capaz de minimizar o tempo médio de fluxo e a percentagem de tarefas em atraso (Jayamohan e Rajendran, 2000; Barman, 1997; Tay e Ho, 2008).

A regra ***earliest due date (EDD)*** prioriza as tarefas com base na urgência de conclusão das mesmas. As tarefas com datas de expedição mais próximas são as primeiras a ser escolhidas para sequenciar, de modo a minimizar os valores de atraso máximo e da variância do atraso (Jayamohan e Rajendran, 2000; Tay e Ho, 2008; Barman, 1997).

A *first come first serve* (FCFS) é considerada das regras de prioridade mais fáceis de implementar, uma vez que, sequencia as tarefas por ordem de entrada das mesmas (Tay e Ho, 2008; Williams, 2023).

Por fim, a *critical ratio* (CR) determina a prioridade das tarefas ao combinar as informações das datas de expedição e dos tempos de processamento. A tarefa selecionada irá ser a que tiver um valor de CR mais baixo, o qual é calculado da seguinte forma:

$$CR = \frac{\text{tempo restante até a data de expedição programada}}{\text{tempo restante de set – up e de processamento da máquina}} \quad (2.1)$$

Enquanto as regras referidas acima são estáticas, a CR é dinâmica, uma vez que as prioridades das tarefas vão sendo alteradas com o passar do tempo. Assim, é necessário que antes da seleção da tarefa seguinte seja feita uma atualização aos índices de prioridade das mesmas. As tarefas que estão atrasadas são facilmente identificáveis por terem um valor de CR inferior a 1.0 (Barman, 1997; Berry e Rao, 1975).

### **2.2.3. Métodos de otimização**

Os métodos de otimização são usados nas empresas com o objetivo de melhorar processos, tendo em conta as diferentes restrições que estas enfrentam, sejam estas de maquinaria, mão-de-obra, tempo ou orçamento, tirando, assim, o melhor partido possível dos recursos disponíveis. De seguida, são apresentados alguns dos métodos de otimização mais abordados.

#### **2.2.3.1. Otimização matemática**

Este método permite a utilização de ferramentas e algoritmos matemáticos de modo que seja possível encontrar as melhores soluções para problemas reais (Snyman e Wilke, 2018). No domínio da otimização matemática, são utilizadas várias técnicas como a programação linear, a programação não-linear e a otimização heurística e meta-heurística, cada uma adaptada a tipos específicos de problemas.

A **programação linear (PL)** consiste na definição de uma função linear (função objetivo) com múltiplas variáveis de decisão sujeitas a um conjunto de restrições lineares, com o propósito de ser maximizada ou minimizada. A função objetivo serve de medida de desempenho do sistema, as restrições representam os recursos disponíveis ou os requerimentos a cumprir e as variáveis correspondem às quantidades necessárias para

cumprir as restrições (Clímaco, et al., 2003). Nos problemas reais é comum existirem várias funções objetivo contraditórias que precisam de ser equilibradas, pelo que é necessário recorrer à PL multiobjetivo, de forma a encontrar um conjunto de soluções que representem um compromisso entre esses objetivos.

Por outro lado, a **programação não linear (PNL)** envolve a otimização de uma função não necessariamente linear, o que resulta em problemas mais complexos que os abordados na PL (The MathWorks, Inc., 2023). As restrições da PNL podem, também, ser não lineares, o que proporciona maior diversidade no tipo de problemas que podem ser modulados e resolvidos por esta técnica. Contrariamente à PL, a PNL não possui métodos bem estabelecidos para resolver os seus problemas, sendo, assim, mais desafiadora. Existem, contudo, abordagens e algoritmos que ajudam à resolução deste tipo de problemas.

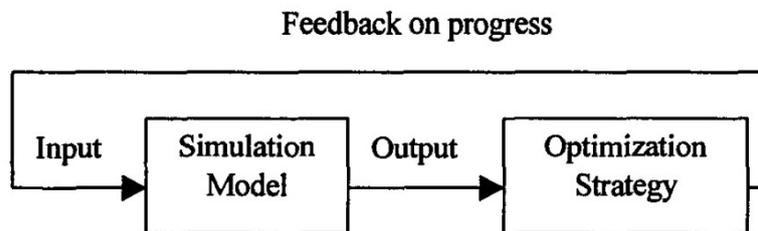
A **otimização heurística e meta-heurística** visa garantir que a solução encontrada para o problema seja melhor que a maioria das alternativas disponíveis, uma vez que não depende de garantias teóricas, nem consegue assegurar a obtenção de uma solução ótima exata num tempo limitado, sendo, assim, baseada em algoritmos aproximados, como: algoritmos genéticos; otimização por enxame de partículas; evolução diferencial; pesquisa tabu e *simulated annealing* (Antunes, 2019).

#### **2.2.3.2. Simulação**

Esta metodologia é utilizada para estudar sistemas complexos e de grande dimensão que seriam difíceis de resolver através da otimização matemática e que na maioria das vezes não podem ser descritos de forma algébrica. Consiste em encontrar as definições de entrada corretas para um determinado objetivo, recorrendo ao processamento de experiências de simulação. Com este método, as empresas conseguem avaliar os potenciais resultados de diferentes decisões sem necessitarem das implementar na vida real, o que conduz a investimentos mais conscientes por parte das mesmas (Amaran, et al., 2015).

O processo de simulação (Figura 2.5) engloba a construção de um modelo experimental que retrate o sistema real a avaliar, com o objetivo de descrever o comportamento do mesmo, de identificar estrangimentos no processo produtivo e de criar teorias e hipóteses baseadas nas observações dos resultados obtidos. Serve, ainda, como ferramenta para prever comportamentos futuros caso sejam feitas alterações ao sistema inicial.

Este método é frequentemente utilizado para otimização de sistemas públicos, como hospitais ou clínicas, redes de comunicações e sistemas logísticos e de transporte (Nogueira, 2010).



**Figura 2.5.** Modelo de otimização por simulação.  
Fonte: (Carson e Maria, 1997).

### **2.2.3.3. Produção *lean***

Esta técnica pretende otimizar o sistema produtivo através de uma filosofia de melhoria contínua, combinando diversas ferramentas de modo a eliminar desperdício, ou seja, a eliminar qualquer atividade que não acrescente valor ao produto, serviço e/ou processo do ponto de vista do cliente (Salinas-Coronado, et al., 2014). A produção *lean* considera, assim, como desperdício: tempos de transporte, de espera e de movimentação; produção e processamento em excesso; quantidade de inventário e de defeitos e a não utilização das capacidades dos trabalhadores (Ferreira, 2022). Algumas das ferramentas mais conhecidas desta metodologia são o 5S, o *Kanban*, o *Single-minute exchange of die* (SMED), a Teoria das restrições e o *Total productive maintenance* (TPM).

A ferramenta **5S** é composta por cinco etapas: selecionar (*sort*), organizar (*set in order*), higienizar (*sanitize*), padronizar (*standardize*) e manter (*sustain*). Ao utilizá-la, as empresas procuram melhorar a limpeza e organização dos postos de trabalho, bem como atingir a sua padronização, de forma a criar ambientes laborais mais seguros e a motivar os seus funcionários. Esta ajuda, ainda, a mudar a abordagem dos funcionários em relação ao seu trabalho e a melhorar a comunicação entre os vários departamentos da empresa. Ao melhorar os postos de trabalho, a empresa irá conseguir aumentar a moral dos seus funcionários, promovendo um sentimento de propriedade e orgulho no trabalho por estes desempenhado (Randhawa e Ahuja, 2017).

A abordagem ***Kanban*** é utilizada para gerir o WIP e garantir uma produção contínua sem sobrecarregar a equipa de produção. O objetivo passa por produzir a

quantidade exata de trabalho que pode ser suportada pelo sistema produtivo, evitando excedentes de inventário desnecessários (Bermejo, 2011, Rahman, et al., 2013).

As atividades de *set-up* são necessárias na preparação dos sistemas de produção. A ferramenta ***Single-minute exchange of die (SMED)*** tem como objetivo diminuir o tempo destas atividades até que este seja de apenas um dígito, isto é, seja inferior a dez minutos. Apesar de não se conseguir este objetivo para todos os tipos de *set-up*, é ainda possível a existência de uma redução significativa nos seus tempos. As atividades de *set-up* são separadas em dois grupos: externas (ocorrem quando as máquinas estão em funcionamento) e internas (ocorrem quando as máquinas estão paradas). O processo de reduzir os tempos de *set-up* é composto por três etapas (Figura 2.6): separar as atividades internas das externas, transformar as atividades internas em atividades externas e reformular as operações do processo de *set-up* (Agustin e Santiago, 1996; da Silva e Godinho Filho, 2019).

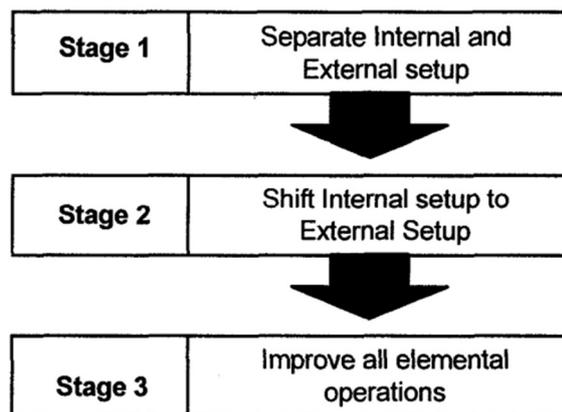


Figura 2.6. Etapas da ferramenta SMED.  
Fonte: (Agustin e Santiago, 1996).

Segundo Goldratt e Cox (2004), a **Teoria das restrições** centra-se na melhoria do desempenho e otimização de todo o sistema produtivo através da identificação e gestão de *bottlenecks*, em vez da otimização isolada de partes do processo. Este é composto por cinco passos:

- **Passo 1 – Identificar o *bottleneck* do sistema:** É necessário compreender qual o ponto do processo produtivo que tem capacidade inferior à procura e que, por esse motivo está a criar atrasos e ineficiências.
- **Passo 2 – Decidir como tirar partido do mesmo:** Uma vez identificado, recomenda-se que se tente tirar o máximo partido do *bottleneck*, ou seja, é importante garantir que o recurso em causa está constantemente a trabalhar em tarefas que contribuam diretamente para o objetivo produtivo.

- **Passo 3 – Subordinar tudo o resto à decisão anterior:** Os recursos que não sejam considerados *bottlenecks* devem trabalhar em tarefas que apoiem a produtividade do *bottleneck*, diminuindo, assim, a quantidade de inventário em excesso e de WIP.
- **Passo 4 – Solucionar o *bottleneck*:** Se a capacidade do *bottleneck* continuar a ser inferior à procura, devem ser consideradas ações para aumentar a mesma, levando à eliminação do *bottleneck*.
- **Passo 5 – Repetir e evitar a inércia:** Assim que um *bottleneck* é resolvido, o processo é repetido identificando o novo *bottleneck*, não deixando que as práticas antigas sejam causadoras de um constrangimento, isto é, desafiando os pressupostos e as práticas tradicionais que podem nem sempre estar alinhadas com os objetivos da empresa.

Finalmente, a abordagem ***Total productive maintenance (TPM)*** é utilizada com o objetivo de promover atividades de manutenção (proativa, preditiva e preventiva), em equipa, que resultem em zero defeitos e avarias no processo produtivo. Para tal, é necessário o envolvimento de todo o ciclo de vida dos equipamentos, dos operadores e da gestão de topo. Ao ser introduzida, esta abordagem permite melhorar o conhecimento e as habilidades dos funcionários com os equipamentos, melhorar a comunicação interna e o trabalho em equipa, reduzir os defeitos, o tempo de inatividade não planeado e a gestão de crises, levando a um aumento da eficácia geral dos equipamentos. A principal métrica para avaliar a implementação do TPM é o *overall equipment effectiveness* (OEE) (Agustiady e Cudney, 2018; Batumalay e Santhapparaj, 2009)

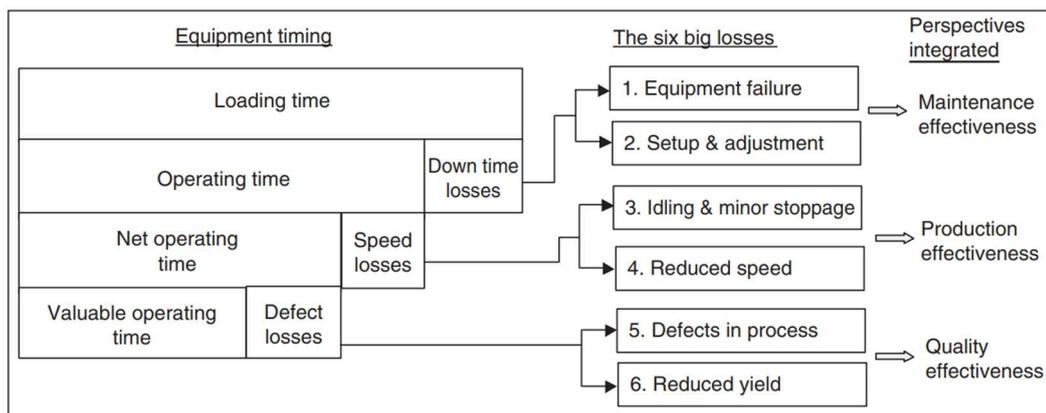
Apesar de existirem muitos métodos de otimização disponíveis, não existe uma abordagem universal para resolver todos os problemas. Os diferentes algoritmos e ferramentas podem ser adaptados a tipos específicos de problemas de otimização, contudo é da responsabilidade de quem otimiza fazer a escolha do algoritmo ou ferramenta mais adequados para uma determinada aplicação (Snyman e Wilke, 2018).

#### **2.2.4. Overall Equipment Effectiveness**

O *overall equipment effectiveness* ou OEE é uma medida de produtividade dos equipamentos individuais numa fábrica. Avalia três perspetivas de perdas de eficiência de produção: disponibilidade, desempenho e qualidade. Cada uma destas perspetivas é

composta por dois tipos de perdas, conhecidas como “*The six big losses*”, como pode ser observado na Figura 2.7 (Muchiri e Pintelon, 2008; Lesshammar, 1999).

- Disponibilidade:
  - Falha nos equipamentos;
  - Ajustes e *set-up*.
- Desempenho:
  - Esperas e pequenas paragens;
  - Velocidade reduzida.
- Qualidade:
  - Defeitos no processo;
  - Rendimento reduzido.



**Figura 2.7.** Ferramenta de medição do OEE.

Fonte: Muchiri e Pintelon (2008).

Segundo, Nakajima (1988), as três perspectivas podem ser calculadas da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{tempo de produção} - \text{tempo de paragem}}{\text{tempo de produção}} * 100 \quad (2.2)$$

$$\text{Desempenho (\%)} = \frac{\text{tempo de ciclo ideal} * \text{quantidade processada total}}{\text{tempo de produção} - \text{tempo de paragem}} * 100 \quad (2.3)$$

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{quantidade processada sem defeitos}}{\text{quantidade processada total}} * 100 \quad (2.4)$$

O OEE irá ser a multiplicação das três perspetivas, ou seja:

$$OEE(\%) = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (2.5)$$

Substituindo, na equação (2.5), as equações (2.2), (2.3) e (2.4) obtém-se que, de forma simplificada, o cálculo do OEE pode ser feito da seguinte forma:

$$OEE(\%) = \frac{\textit{quantidade processada sem defeitos} * \textit{tempo de ciclo ideal}}{\textit{tempo de produção}} * 100 \quad (2.6)$$

O OEE considera-se “perfeito” se for de 100%, “classe mundial” se for de 85%, “típico” se for de 60% e “baixo” se for igual ou inferior a 40%.

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso foi considerada a *The Navigator Company*, produtora portuguesa de pasta e papel. As motivações para este estudo assentam nas dificuldades encontradas no planeamento da produção, nomeadamente na capacidade de definir datas de expedição fiáveis. De modo a compreender melhor o estado atual, este capítulo contém uma descrição do ambiente de trabalho e dos seus elementos.

#### 3.1. A *The Navigator Company*

A *The Navigator Company* é uma das maiores produtoras de papel em Portugal, sendo a sua área de excelência a produção de papéis UWF.

A sua atividade teve início em 1953, em Cacia, sob o nome de Companhia Portuguesa de Celulose, onde o foco era a produção de pasta crua de pinho. Com o passar dos anos a empresa foi-se focando na produção de pasta branqueada de eucalipto, produzida através do processo *kraft* (*Bleached eucalyptus kraft pulp* – BEKP), tornando-se pioneira mundial nesta atividade. Nos anos 70 dá-se início à produção do papel UWF e à sua venda na Europa, facto que veio posicionar a empresa como maior produtor de papel UWF a nível europeu e um dos maiores a nível mundial.

Atualmente, a empresa adota uma estratégia de integração vertical, gerindo o seu negócio desde a investigação e desenvolvimento (I&D) à distribuição. Conta com 110 mil hectares de espaço florestal e uma capacidade instalada de 1,6 milhões de toneladas de papel UWF e 1,6 milhões de toneladas de pasta BEKP. Além destes produtos, a empresa tem ainda uma forte aposta no papel *tissue* (capacidade instalada de 130 mil toneladas) e na produção de energia elétrica proveniente da biomassa (capacidade instalada de 2,5TWh).

A *The Navigator Company* tem quatro complexos industriais (CI) nacionais localizados em Cacia, Setúbal, Vila Velha de Ródão e na Figueira da Foz e um localizado em Espanha, no município de Ejea de los Caballeros, que foi uma aquisição recente da empresa. Os CIs de Cacia, de Vila Velha de Ródão e de Ejea de los Caballeros produzem papel *tissue*. No CI de Cacia, a fábrica de pasta BEKP está integrada com a fábrica de papel *tissue*; no CI de Vila Velha de Ródão, a pasta utilizada é produzida por um produtor externo

e é transportada através de um *pipeline* proveniente do mesmo; no CI de Ejea de los Caballeros a pasta chega à fábrica seca e em fardos, uma vez que não existe uma fábrica integrada nem um produtor suficientemente perto para o envio desta por *pipeline*.

Os CIs da Figueira da Foz e de Setúbal produzem papel UWF, tendo o CI da Figueira da Foz uma fábrica de papel UWF integrada com uma fábrica de pasta BEKP e o de Setúbal, duas fábricas de papel UWF, também estas integradas com uma fábrica de pasta BEKP.

### 3.2. Fábrica de papel do CI Figueira da Foz

O CI da Figueira da Foz é das unidades fabris mais eficientes de pasta e papel da Europa. A fábrica de papel deste CI encontra-se dividida em três secções: produção de papel; transformação; armazém e expedição.

O fluxo do papel desde a sua produção até à sua expedição pode ser observado no APÊNDICE A.

#### 3.2.1. Produção de papel

Na área da produção de papel, a fábrica da Figueira da Foz tem uma capacidade de produção anual de papel bobinado de 840.000 toneladas repartidas por duas máquinas, PM1 e PM2, com 375.000 toneladas e 465.000 toneladas, respetivamente. Do total da capacidade instalada, traduz-se em papel transformado cerca de 790.000 toneladas por ano.

A elevada produtividade das máquinas de papel deve-se à sua dimensão (8600mm de largura útil e comprimento superior a 200m) e velocidades de trabalho (1200m/min na PM1 e 1400m/min na PM2), sendo capazes de produzir bobinas de elevada dimensão, denominadas “jumbos”, exemplificadas na Figura 3.1, as quais têm cerca de 45 toneladas no caso da PM1, e cerca de 60 toneladas no caso da PM2.



**Figura 3.1.** Máquina de papel e “jumbos”.  
Fonte: EDP Portugal (2022).

Integradas com as máquinas de papel, encontram-se três bobinadoras (*Winder – WN*), cuja função é transformar os “jumbos” em bobinas com dimensões mais pequenas (ver Figura 3.2), compatíveis com as rebobinadoras (RE1, ..., RE4) (máquinas semelhantes às bobinadoras, mas de menor dimensão, e que podem produzir bobinas de venda direta aos clientes) ou com a posterior transformação nas cortadoras. As bobinas produzidas pelas bobinadoras e pelas rebobinadoras representam cerca de 90.000 toneladas/ano.



**Figura 3.2.** Bobinadora.

Fonte: The Navigator Company (2018).

Ainda na área da produção de papel, existem duas embaladoras de bobinas (*Reel wrapper 1 e Reel wrapper 2 – WR1 e WR2*), as quais têm como função embalar as bobinas que se destinam à venda direta aos clientes e as que, por terem valores de humidade diferentes dos definidos para os armazéns automáticos de bobinas de processo (*Process reel storage – PRS*), necessitam de uma proteção diferente.

A fábrica tem 2 armazéns automáticos de bobinas de processo – PRS1 e PRS2. O PRS1 tem capacidade para armazenar cerca de 2000 bobinas (aproximadamente 5000 toneladas) e o PRS2 tem capacidade para 3200 bobinas (cerca de 8000 toneladas). As bobinas de venda direta aos clientes não passam pelo PRS, indo diretamente para o armazém de produto acabado.

Na Figura 3.3 encontra-se o *layout* simplificado da fábrica, com destaque para a área da produção de papel.

A produção de papel segue um sistema de produção contínua, em que as máquinas não param entre os ajustes de *set-up* das gramagens de papel, produzindo um papel com gramagem intermédia, o qual é classificado como PFE – Papel fora de especificação. Desta forma, para diminuir o volume de PFE e os tempos de *set-up*, uma vez que acontecem cerca de 35 a 40 mudanças de gramagem por mês, estas transições não podem ser superiores a 20g/m<sup>2</sup>.

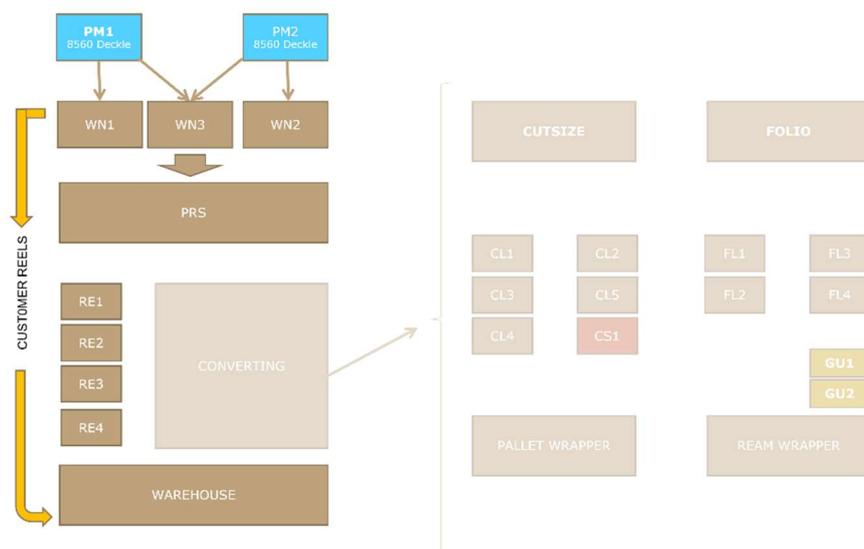


Figura 3.3. Layout da fábrica com destaque na área da produção.

Fonte: Agostinho (2023).

### 3.2.2. Transformação

A área de transformação está dividida em duas áreas: formatos de escritório (*cutsize*) e formatos gráficos (*folio*).

Na área dos formatos gráficos, são cortados os formatos de folhas que se destinam à indústria gráfica. Estes formatos podem ter uma imensidade de tamanhos, desde que os mesmos se compreendam entre os limites mínimos e máximos das cortadoras. Estes formatos podem, ainda, ser apresentados de duas formas diferentes: em resmas embaladas individualmente (*ream*) ou a granel (*bulk*).

Esta área está equipada com quatro cortadoras (*Folio line 1, ...,4 – FL1, ..., FL4*), duas guilhotinas (*GU1 e GU2*), quatro enresmadoras (*Ream wrapper 1, ...,4 – RW1, ..., RW4*) e duas embaladoras de paletes (*Pallet wrapper 2 – PW2 e Pallet wrapper 4 – PW4*) e a sua capacidade de corte é de cerca de 230.000 toneladas por ano.

Na área de formatos de escritório são cortados os formatos de papel *standard* como:

- A4 (210mm x 297mm);
- A3 (297mm x 420mm);
- *Letter* – LT (8,5” x 11”);
- *Double Letter* – DL (11” x 17”);
- *Legal* – LG (8,5” x 14”);

entre outros.

O papel cortado em formato A4 e formato LT pode ser vendido de duas formas diferentes: em caixas enresmado ou em caixas não enresmado. Quando são vendidos em caixas não enresmados, estes formatos são referidos como *Fastpack* – FP, no caso do A4 e *Fastletter* – FL, no caso do LT. Se forem enresmados, os formatos de escritório podem, ainda, conter 150, 250 ou 500 folhas, consoante as especificações da encomenda.

Esta área está equipada com cinco cortadoras (*Cutsize line* 1, ...,5 – CL1, ..., CL5), cuja capacidade total é de cerca de 450.000 toneladas anuais. Existe, ainda, uma sexta cortadora de menores dimensões e capacidade, direcionada para o corte de produtos com particularidades especiais (*Cutsize special* – CS1), cuja capacidade de corte é de cerca de 28.000 toneladas por ano (Figura 3.4).

Integradas em cada CL, existem duas linhas de embalagem dispostas em “U”, onde se efetua o embalamento automático dos produtos. No caso da CS1, existe apenas uma linha de embalagem, sendo esta, também, integrada. A disposição destas linhas permite a alteração do tipo de embalagem numa das linhas, mantendo a produção na outra.



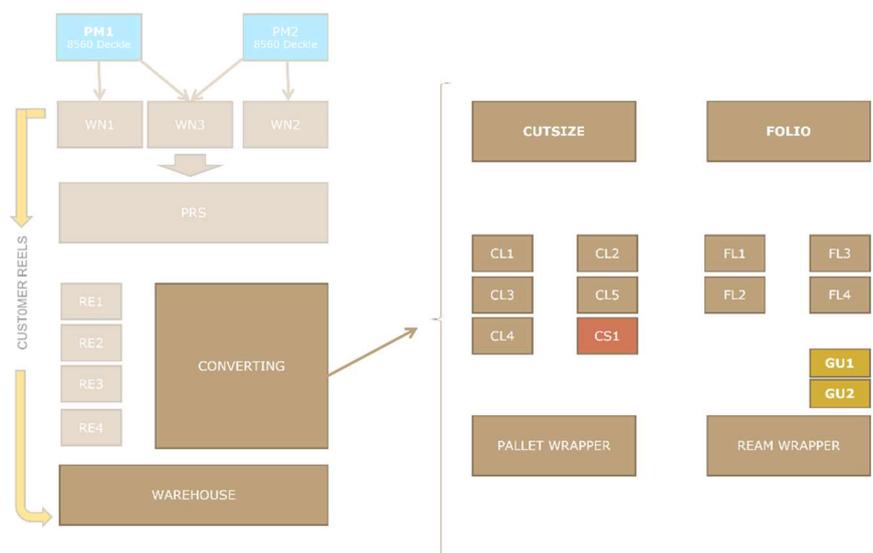
**Figura 3.4.** Saída do papel das cortadoras de formatos de escritório.  
Fonte: The Navigator Company (2018).

No fim desta área, encontram-se quatro embaladoras de paletes (*Pallet wrapper* 1, 3, 5, 7 – PW1, 3, 5, 7), onde se procede ao embalamento das paletes destes formatos.

Na Figura 3.5, encontra-se o *layout* simplificado da fábrica com destaque para a área da transformação.

A transformação segue um sistema de produção por lotes, em que as transições entre produtos e os ajustes de *set-up* ocorrem cerca de 18 vezes por dia, e uma lógica de sequenciamento de máquina única.

Neste caso, pode considerar-se que existem seis problemas de máquina única, uma vez que a área da transformação conta com seis máquinas, em que cada uma corta *grades* e formatos diferentes, ou seja, as ordens de fabrico podem não ser comuns às várias máquinas.



**Figura 3.5.** Layout da fábrica com destaque na área da transformação.  
 Fonte: Agostinho (2023).

### 3.2.3. Armazém e expedição

Na área de armazém são guardadas as encomendas acabadas (*finished goods*), que ficam a aguardar a expedição para o cliente. O CI da Figueira da Foz tem uma área de armazém de 30.000 m<sup>2</sup>, composta por dois armazéns, CW1 e CW2 (*Conventional warehouse* 1 e 2, respetivamente). Adicionalmente, tem um armazém automático para paletes de produto acabado (APW – *Automatic pallet warehouse*) com capacidade para cerca de 5000 paletes.

A entrada do produto acabado nos armazéns é realizada com recurso a transportadores automáticos que identificam a localização de cada paleta dentro do mesmo através do seu código de barras, conseguindo, assim, agrupar todas as paletes de uma encomenda no mesmo local.

Esta área é ainda responsável pela expedição das encomendas, sendo em média, expedidas, diariamente, cerca de 150 cargas (por camião direto ou contentorizadas).

### 3.3. Planeamento do papel nas PMs para os formatos de escritório

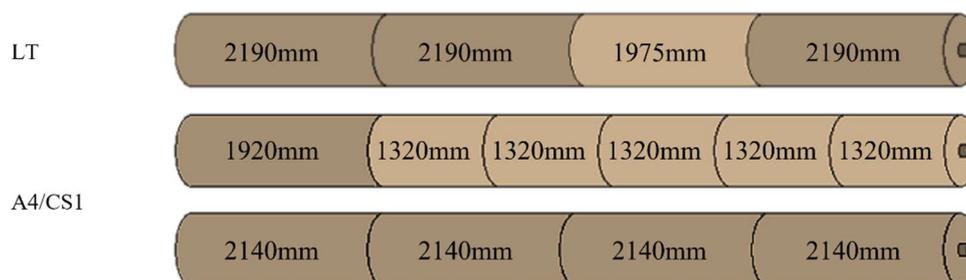
De modo a ter disponível o papel necessário para ser cortado nas cortadoras a fim de satisfazer as encomendas, os planeadores precisam de indicar as suas necessidades na máquina de papel.

Desta forma, é feito um planeamento inicial onde são definidos os tamanhos das bobinas de processo (obtidas através da bobinagem dos “jumbos”) em função do formato em que estas irão ser transformadas.

Ao contrário do que acontece no planeamento dos formatos gráficos, em que existe uma grande variedade de tamanhos e os planeadores têm de adaptar os tamanhos das bobinas e as suas combinações aos pedidos dos clientes, nos formatos de escritório as combinações possíveis de bobinas que se podem fazer são bastante limitadas.

A Figura 3.6 apresenta as combinações possíveis neste tipo de formato. No caso dos formatos europeus, como o A4 e o A3, as bobinas usadas são as de 2140mm ou as de 1920mm, dependendo do número de *pockets* que forem feitos (o conceito de *pocket* irá ser abordado posteriormente) e no caso dos formatos americanos, como o LT e o DL, as bobinas necessárias podem ser de 2190mm ou de 1975mm, pelo mesmo motivo.

Quando se produz uma bobina de 1920mm, é necessário produzir 5 bobinas de 1320mm que apenas podem ser usadas na CS1 por o seu tamanho ser reduzido. Assim, é sempre preferível produzir as bobinas de 2140mm, fazendo com que a produção de bobinas de 1920mm seja bastante rara.



**Figura 3.6.** Exemplos dos padrões de bobinas usados no planeamento do papel necessário aos formatos de escritório.

### 3.4. Processo de transformação de formatos de escritório

Na transformação são usadas bobinas provenientes do PRS ou diretamente da área de produção. As máquinas de corte são carregadas com 4 a 6 bobinas, dependendo da quantidade a ser transformada, da gramagem do papel e da máquina em si. Nas CL1, CL2 e CS1, a quantidade máxima são 5 bobinas. Nas CL3, CL4 e CL5 esta quantidade é de 6 bobinas. Papel com gramagem superior tende a ser cortado com um menor número de bobinas devido à capacidade de corte das facas da cortadora. Os diferentes formatos de escritório também não podem ser cortados em todas as cortadoras, devido às suas especificidades. Assim, na Tabela 3.1 apresenta-se a distribuição dos formatos de escritório mais comuns pelas respetivas cortadoras.

**Tabela 3.1.** Distribuição dos formatos de escritório mais comuns.

		Cortadoras					
		CL1	CL2	CL3	CL4	CL5	CS1
Formatos	A4	x	x	x	x	x	x
	A3	x	x				x
	FP	x	x				x
	LT		x			x	x
	DL		x				x
	FL						x
	LG						x

#### 3.4.1. Formas de apresentação do produto

Os vários tipos de papel estão organizados por *grades*. Cada *grade* contém a informação sobre o produto, nomeadamente:

- a qualidade do papel: *premium*, *standard* ou económico;
- a gramagem: pode ir de 60g/m<sup>2</sup> a 250g/m<sup>2</sup>, sendo que no CI da Figueira da Foz apenas são produzidas as gramagens entre 75g/m<sup>2</sup> e 120g/m<sup>2</sup>. As gramagens superiores a 120g/m<sup>2</sup> são consideradas *heavyweight* e apenas são produzidas no CI de Setúbal;
- o nível de brancura;
- a fábrica e a máquina de papel em que é produzido;

- o formato em que vai ser transformado: *cutsizes*, *folio* ou *reels*. Para além dos formatos já referidos, os produtos *cutsizes* podem, ainda, ser perfurados, com 2, 3 ou 4 furos e ser *long grain* ou *short grain*, consoante a direção das fibras;
- o número da revisão da *grade*.

A apresentação dos produtos depende também do número de folhas por resma, como já mencionado, do número de resmas por caixa, do tipo da palete, da sua etiqueta, da configuração das caixas em cima da mesma, dos certificados usados (Ecolabel, PEFC – *Programme for the Endorsement of Forest Certification* e FSC – *Forest Stewardship Council*) e do tipo de embalagem usado, ou seja, o tipo de papel de embalagem, etiquetas e proteções.

### 3.4.2. Processo de planeamento

Todas as semanas são gerados planos de produção das máquinas de papel que vão definir as quantidades de bobinas de papel, por *grade*, a produzir de forma a satisfazer as encomendas desse período.

Na transformação, são definidos os planos de corte por cortadora, que normalmente são válidos para um dia fabril<sup>1</sup>, constituídos por uma série de ordens de corte (*Finishing Orders*). Uma *finishing order* pode conter apenas uma encomenda de cliente (*Mill Order*) ou agrupar várias *mill orders* de produtos semelhantes, indicando o tipo, quantidade e qualidade de bobinas que deve ser utilizado, a prioridade pela qual devem ser processadas e ainda alguma informação adicional: o cliente, a marca do produto, a data de expedição, entre outras. Na Figura 3.7, é apresentado um exemplo de uma *finishing order* da CL1. Alguns dos parâmetros foram omitidos por razões de confidencialidade.

Os planos de corte são definidos segundo uma determinada sequência de ordens, as quais podem estar em seis estatutos: *Unreleased*, *Matchcheck*, *Mathold*, *Released*, *Inprocess* e *Running*.

Se uma ordem está *Unreleased* significa que ainda não está pronta a ser cortada, mas que já foi preparada para que seja cortada assim que possível.

O estatuto *Matchcheck* é um estatuto intermédio pelo qual todas as ordens passam para se conseguir identificar se existem consumíveis suficientes para produzir a ordem.

---

<sup>1</sup> Um dia fabril começa às 8h da manhã e tem duração de 3 turnos: 8h-16h; 16h-00h; 00h-8h.



**THE NAVIGATOR COMPANY**

PPMS - Paper Mill Management System  
Production Planning - Mill: FIG  
Finishing Order Status

2023/06/16 09:33:42

Finishing Order: 37126.CL1 Grade: CP100 Num. Reels: 14 Status: RELEASED	Intermediate Stock: Usage Code: 000 - Aceite Sem Restrições Diam: 1483 Width: 2140 Meterage: 15150 Core: 180	Priority: 37 Caliper: 117.0 Remarks: A4 100    NAVIG.PRE. FSC 02/06 C7R G10P H1P Remarks GME: Revision Plan: 2023/06/14    Version: 3 Last Change Request: 2023-06-14 16:40    Upd. By:
--	---	--

Seq #	Cst	Mill Order	Customer	Mkt	Side	Sht.Size	Size	DSC	Type	Pallet				Ream		Planned		Made		LWD	Brand	Transition	
										Stk	Lay	Shts	Rms	Cart	Shts	Cart	Weight	Pallets	Weight				Pallets
1	1	3.20274.02			U	210x 297-LG	A4	CART	G39P	14	3	105000	210	42	500	5	6 350	10			2023/06/02	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	
2	2	3.26661.05			U	210x 297-LG	A4	CART	H1P	10	4	100000	200	40	500	5	624	1			2023/06/04	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	
3	3	3.20389.04			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	2 244	3			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
3	4	3.22081.02			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	11 220	15			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
3	5	3.22845.02			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	6 732	9			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
3	6	3.26934.01			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	748	1			2023/06/05	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
3	7	3.27139.03			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	748	1			2023/06/05	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
3	8	3.27760.03			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	748	1			2023/06/05	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
3	9	3.26755.02			U	210x 297-LG	A4	CART	C7R	12	4	120000	240	48	500	5	2 244	3			2023/06/06	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	Yes
4	10	3.21793.04			U	210x 297-LG	A4	CART	G10P	8	4	80000	160	32	500	5	2 994	6			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	
4	11	3.24850.02			U	210x 297-LG	A4	CART	G10P	8	4	80000	160	32	500	5	499	1			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	
4	12	3.25527.01			U	210x 297-LG	A4	CART	G10P	8	4	80000	160	32	500	5	998	2			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	
4	13	3.25969.03			U	210x 297-LG	A4	CART	G10P	8	4	80000	160	32	500	5	2 994	6			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	
4	14	3.27855.04			U	210x 297-LG	A4	CART	G10P	8	4	80000	160	32	500	5	2 994	6			2023/06/03	NAVIGATOR PRE UHD FSC CERTIFIED	

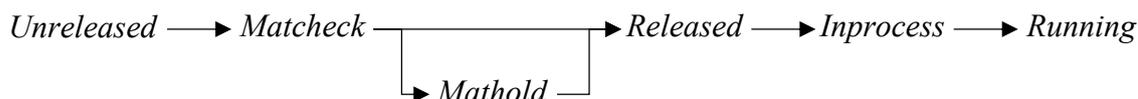
**Figura 3.7.** Exemplo de *finishing order* de uma das cortadoras de formatos de escritório (CL1).  
 Fonte: The Navigator Company.

Se existirem consumíveis, então a ordem passa ao estatuto *Released*; caso isto não se verifique, a ordem fica com o estatuto *Mathold* até estarem disponíveis os consumíveis necessários.

No estatuto *Released* a ordem passa a estar disponibilizada para corte, passando ao estatuto *Inprocess* quando o supervisor do turno a analisa e verifica que não existe nenhum impedimento à sua produção. Uma ordem que tenha o estatuto *Inprocess* não pode ser alterada pelo planeamento.

O último estatuto é o *Running*. Quando uma encomenda está neste estatuto significa que foi iniciado o processamento da ordem de corte e que esta ordem é a que se encontra nesse momento na cortadora.

O estatuto de uma ordem pode, então, evoluir da seguinte forma:



Na Figura 3.8 está representado um exemplo do plano de corte da cortadora CL1, sendo possível observar os diferentes estatutos.

PPMS - Paper Mill Management System  
Production Planning - Mill: FIG  
Grade Run Schedule

Grade Run Sched For Machine: CL1  
Schedule Status: COMPLETE

Fin. Ord.	Int. Stk.	Setup	Grade	Remaining		PRS	Rls	ClcRls	Trim %	Status	Side	Remarks	Remarks GME	EstimDPProd
				Tonn.	Patts									
37234.CL1	0	CS080	8	0	1:03	272	8	0.0	0.00	RUNNING	L	A3 080 4F2 C11 INACOPIAOF PEFC 12/06 CTR G39F		2023/06/16 17:00
37305.CL1	0	CS080	7	0	0:52	272	3	0.0	0.00	INPROC		A3 080 4F2 C11 INACOPIAOF PEFC 24/06 G10F P/ACAB B		2023/06/16 18:00
37091.CL1	40	CP100	20	5	2:30	109	7	0.0	0.00	INPROC		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 27/05 CTR CE800 G10		2023/06/16 21:00
37129.CL1	0	CP100	20	4	2:31	109	7	0.0	0.00	INPROC		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 03/06 CTR CE800 E1P ACAB CONS		2023/06/17 01:00
37158.CL1	0	CP100	1	1	0:04	109	1	0.0	0.00	MATHOLD		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 05/06 CTR	CONS 20/6	2023/06/17 01:00
37178.CL1	0	CP100	2	1	0:15	109	1	0.0	0.00	MATHOLD		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 09/06 G10F	CONS 20/6	2023/06/17 01:00
37201.CL1	0	CP100	2	2	0:17	109	1	0.0	0.00	MATHOLD		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 10/06 CTR G10F	CONS 20/6	2023/06/17 01:00
37225.CL1	0	CP100	2	3	0:18	109	1	0.0	0.00	MATHOLD		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 12/06 CTR E1P	CONS 20/6	2023/06/17 02:00
37296.CL1	0	CP100	4	0	0:31	109	2	0.0	0.00	MATHOLD		A3 100 2F2 C51 NAVIG.PRE. FSC 16/06 VAR	CONS 20/6	2023/06/17 02:00
37328.CL1	0	CP100	2	0	0:19	109	1	0.0	0.00	RELEASED		A4 100 2F2 C51 PIONEER FSC 18/06 G10F P/ACAB B		2023/06/18 21:00
37313.CL1	40	CP120	22	0	2:46	38	7	0.0	0.00	RELEASED		A4 120 2F2 C51 NAVIG.COLO FSC 17/06 CTR CE1000 G1		2023/06/19 01:00
37329.CL1	0	CP120	11	0	1:20	38	4	0.0	0.00	RELEASED		A4 120 2F2 C51 NAVIG.COLO FSC 18/06 VAR P/ACAB B5		2023/06/19 02:00
37321.CL1	220	CS075	6	0	0:42	4	2	0.0	0.00	MATCHCHECK		A3 075 4F2 C51 NEUTRO,A3, 17/06 CTR		2023/06/19 03:00
37331.CL1	190	CS080	8	0	0:00	4	4	0.0	0.00	MATCHCHECK		A4 PFE 080 NEUTRO 20/06 G10F COD 911		2023/06/19 04:00
37332.CL1	10	PF080	13	0	2:15	8	8	0.0	0.00	MATCHCHECK		A4 PFE 080 NEUTRO 20/06 CTR COD 911		2023/06/19 07:00
37333.CL1	10	PF080	6	0	1:05	4	4	0.0	0.00	MATCHCHECK		A4 PFE 080 NEUTRO 20/06 CTR COD 911		2023/06/19 08:00
37334.CL1	10	PP090	16	0	1:00	12	8	0.0	0.00	MATCHCHECK		A4 PFE 080 NEUTRO 20/06 CTR COD 911		2023/06/19 10:00
37330.CL1	0	CS080	4	0	0:29	4	2	0.0	0.00	UNRELEASED		A4 PFE 075 NEUTRO INCOHP 4B 13/06 CTR COD 913		
37335.CL1	0	CS075	10	4	1:16	3	5	0.0	0.00	UNRELEASED		A3 075 4F1 C11 DISCOV.FSC FSC 18/06 CTR		
37336.CL1	0	CS075	2	2	0:17	7	1	0.0	0.00	UNRELEASED		A3 075 4F2 C41 ECOLLIGETC PEFC 18/06 CTR		
37337.CL1	0	CS075	1	1	0:08	4	1	0.0	0.00	UNRELEASED		A3 075 4F2 C51 NEUTRO,A3, PEFC 18/06 CTR		
37338.CL1	0	CS080	4	1	0:27	272	2	0.0	0.00	UNRELEASED		A3 080 4F2 C11 BUSINESSCL PEFC 18/06 CTR		

Figura 3.8. Exemplo de um plano de corte da cortadora CL1.  
Fonte: The Navigator Company.

### 3.4.3. Desafios do planeamento

O correto planeamento e sequenciamento das encomendas tem como objetivo principal reduzir custos e cumprir com o nível de serviço, ou seja, produzir as encomendas no tempo certo. Contudo, é um processo de elevada dificuldade, uma vez que existem bastantes desafios no planeamento. Estes desafios podem ser agrupados em quatro categorias: procura dos clientes, gestão de inventário, produção e expedição.

A **procura dos clientes** constitui um desafio, uma vez que a entrada de encomendas não é constante, o que dificulta a previsão precisa das mesmas e cria uma grande variabilidade no processo de produção. O facto de existirem alguns produtos menos comuns que outros irá fazer com que seja necessário agregar quantidades mínimas de encomenda para proceder à produção dos mesmos, o que resulta em tempos de espera diversificados e pode resultar em atrasos nas encomendas desses produtos.

Uma vez que a procura não é constante, torna-se complexo realizar de forma correta a **gestão do inventário** dos materiais de embalagem, assim como de todas as matérias-primas necessárias à produção, o que influencia diretamente o planeamento das encomendas.

A **produção** e, conseqüentemente, o planeamento dependem das capacidades produtivas das máquinas e das mudanças de produto realizadas. O acontecimento de paragens não planeadas nas máquinas poderá resultar em atrasos na produção das encomendas.

Por último, a disponibilidade de contentores, camiões, navios, entre outros, capazes de realizar a **expedição** das encomendas é outro dos fatores que pode dificultar o planeamento das mesmas, levando a que, caso esta capacidade não exista, estas possam ficar em atraso.

#### **3.4.4. Tipos de paragens**

Dependendo da circunstância em que ocorrem, podem existir diversos tipos de paragens nas cortadoras. As paragens correspondem a momentos onde a produção é interrompida. Quanto maior o tempo de paragem maior a probabilidade da produção atrasar em relação ao planeado, o que pode, eventualmente, conduzir a atrasos na expedição de encomendas. Existem dois tipos de paragens: planeadas e não planeadas.

As **paragens planeadas** podem ser:

- Ensaio industriais: quando são realizados testes para desenvolver novos tipos de papel;
- Paragens anuais: paragens planeadas para a realização de manutenção mais detalhada e profunda;
- Paragens devidas a regime de exploração: são paragens decididas pelos planeadores consoante a carga que têm para as máquinas, por exemplo, a CL2 e a CL5 costumam parar ao fim de semana;
- Paragens planeadas periódicas: paragens para manutenção das máquinas;

As **paragens não planeadas** podem ser:

- Encravamentos: quando o papel fica preso nas máquinas;
- Falta de condições de produção comerciais: quando não existem ordens disponíveis para cortar nas máquinas;
- Falta de condições de produção industriais: quando existe algum tipo de falha na fábrica, desde falta de energia, água, pessoal, ou quando se procede à produção de A3 ou DL;
- Mudanças de carga: quando são mudadas as bobinas na máquina;

- Mudanças de *set-up*: quando são alteradas as configurações de corte da máquina;
- Paragens não planeadas súbitas: quando existe algum motivo de força maior para parar as máquinas como, por exemplo, reparações ou dificuldades de abastecimento;
- Perdas de produção: quando o papel é rejeitado ou quando existem acertos a ser feitos após o arranque das máquinas;
- Rejeição para a eclusa: acontece quando existem defeitos no papel;
- Reposição de materiais de embalagem: quando são trocados os materiais de embalagem, por exemplo, o tipo de papel de embalagem.

Uma vez que o planeamento é ajustado às paragens planeadas, os tempos que estas consomem não irão afetar a produção. Por conseguinte, o estudo desta dissertação irá ser focado nas paragens não planeadas.

### 3.4.5. Mudanças de *set-up* nas cortadoras

Conforme o mencionado anteriormente, um dos tipos de paragens são as mudanças de *set-up*. No caso das cortadoras de formatos de escritório, estes dividem-se em dois grupos, com e sem mudança de *grade* e subdividem-se da seguinte forma:

- **Mudanças do tipo de embalagem:** caixas de cartão; etiqueta de caixa e de resma; insertores; palete; papel de embalagem.
- **Mudanças de formato:** de A3 para A4; de A4 para A3; de A3 para LT; de LT para A3; de A4 para LT; de LT para A4; entre outras.
- **Outras mudanças:** de 10 para 9 *pockets*<sup>2</sup>; de 9 para 10 *pockets*; de 250 para 500 folhas; de 500 para 250 folhas; entre outras.
- **Papel perfurado:** com 2 furos; com 3 furos; com 4 furos.

---

<sup>2</sup> Numa bobina, um *pocket* corresponde à largura de uma folha e, visto que os tamanhos de bobinas usadas podem ser diferentes, é necessário ajustar o número de *pockets* ao tamanho da bobina, como pode ser observado na Figura 3.9.

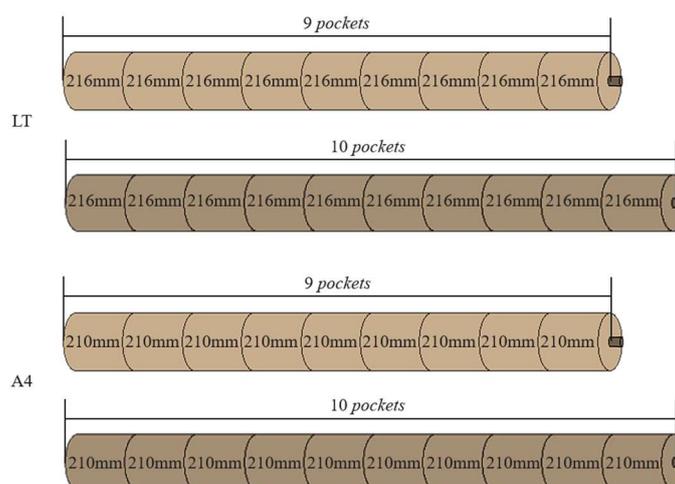


Figura 3.9. Ilustração do conceito de *pockets*.

### 3.4.6. Definição das datas de expedição

A política de expedição da empresa é de duas semanas mais o tempo de transporte, isto é, no limite, a encomenda pode ser pedida pelo cliente 14 dias antes da data de expedição que este deseja e a empresa garante que esta estará pronta a tempo.

As datas requeridas pelo cliente nem sempre conseguem ser viáveis para a empresa, devido a vários fatores como, por exemplo, os ciclos de produção do papel. Assim, existe uma negociação inicial para ajustar esta data de forma que nenhuma das partes fique prejudicada. A data que fica acordada é denominada de *dispatch date* (DD).

Os planeadores recebem as encomendas a produzir com a informação desta data.

Deste modo, estas são ordenadas consoante as que tem a DD mais próxima e, seguidamente, consoante a *grade*, formato, etc.

Num mundo utópico, as encomendas seriam inseridas no sistema e ficariam sempre prontas na data requerida pelo cliente. No entanto, como já foi abordado, existem vários obstáculos desde que uma encomenda é introduzida até que esta esteja pronta.

Quando uma encomenda está em atraso, ou seja, quando a DD foi ultrapassada, é necessário perceber porque está atrasada e dar ao cliente uma nova data em que a mesma estará pronta.

De modo a definir esta nova data, a primeira coisa a perceber é se a encomenda em atraso está ou não planeada.

Caso não esteja planeada, é necessário perceber porque ainda não foi planeada. Normalmente, isto acontece quando uma encomenda se encontra em algum tipo de *hold*:

- *Budget hold*: quando o volume máximo, para um determinado produto, acordado entre a empresa e o cliente, é excedido;
- *Price hold*: quando o preço não corresponde às listas de preço definidas, seja superior ou inferior ao estabelecido;
- *Contribution hold*: quando a margem de uma encomenda não corresponde à meta estabelecida;
- *Credit hold*: sempre que o plafom de crédito do cliente precisa de ser validado.

Estes impedimentos podem ser ultrapassados procedendo a um *Request For Quotation* (RFQ), ou seja, fazendo um pedido especial para que a encomenda seja libertada.

Outra hipótese da encomenda estar em atraso, mas não estar planeada, acontece quando esta não foi feita na totalidade por ter tido paletes rejeitadas. Neste caso, é necessário replanear a encomenda com a quantidade em falta.

Assim, no caso da encomenda **não estar planeada**, é complicado definir uma nova DD. No entanto, para estes casos, assume-se, atualmente, que a nova data em que a encomenda se encontra pronta para expedição corresponde ao fim da semana seguinte.

Por outro lado, se a encomenda se encontrar planeada, a definição da nova DD depende do local ou estatuto em que esta se encontra.

Se estiver **planeada na produção de papel**, isto é, apenas na máquina de papel, a nova DD será calculada da seguinte forma:

$$DD = \text{Data de conclusão do papel na máquina} + n^{\circ} \text{ médio de dias de produção na transformação} \quad (3.1)$$

O nº médio de dias de produção na transformação varia consoante o tipo de produto a ser cortado. No caso dos formatos de escritório, este valor pode ir de 2 a 10 dias, consoante seja um produto comum, como o A4, ou um produto menos comum como os perfurados.

Caso a encomenda esteja **planeada na transformação**, a nova DD vai depender do estatuto em que esta se encontra. Assim se a encomenda estiver:

- **Running** ou **Released** – a data é dada pelo programa de sequenciamento das encomendas, sendo esta data bastante fiável, uma vez que o programa já tem em consideração as capacidades de produção das cortadoras.

- **Mathold** – é requerida uma data à Gestão de materiais de embalagem (GME) para saber quando ficam disponíveis os recursos em falta para a produção da encomenda. A nova DD neste caso irá ser:

$$DD = \text{Data proveniente da GME} \\ + \text{Tempo estabelecido para transformação} \quad (3.2)$$

O tempo estabelecido para transformação é, normalmente, de 3 dias.

- **Matcheck** – a regra de definição da nova DD só é aplicada em exceções, visto que este é um estatuto intermédio e transitório, como referido anteriormente. Contudo, caso a encomenda esteja neste estatuto a nova DD será:

$$DD = \text{Data requerida pelo cliente} \\ + \text{Tempo relativo à política de expedição da empresa} \quad (3.3)$$

- **Unreleased** – assume-se que não está planeada e a definição da nova data é feita de forma similar às encomendas não planeadas.

Por fim, existe ainda a hipótese da encomenda se encontrar **planeada na produção de papel e na transformação**. Neste caso, a nova DD vai corresponder à data mais avançada entre a data proveniente da produção de papel e a data proveniente da transformação.

$$DD = \text{Max}\{DD_{\text{produção de papel}}, DD_{\text{transformação}}\} \quad (3.4)$$

## 4. ANÁLISE DOS DADOS RECOLHIDOS

Quando se pensa em perdas de produtividade e em falhas com datas de expedição, uma das primeiras dúvidas que surge é relativa aos tempos das máquinas: o tempo que estão a produzir *versus* o tempo que estão paradas.

De que modo estes “tempos mortos” afetam a produtividade das cortadoras de formatos de escritório?

Para responder a esta pergunta, foram recolhidos os dados de *downtime* das cortadoras, bem como os dados das perdas de produção e da produção boa referentes ao ano de 2022.

Pretende-se com esta análise perceber se este fator, que tantas vezes é posto como principal culpado, é verdadeiramente impactante na produção ou se afinal o seu impacto não é assim tão relevante.

### 4.1. Paragens

Como já foi explicado, o foco será nas paragens não planeadas. Assim, tendo em conta os diferentes tipos destas paragens, tentou-se perceber qual o impacto das mesmas nos atrasos de encomendas.

O impacto irá ser medido através da multiplicação do tempo médio de cada paragem pelo número de vezes que essa paragem ocorre, ou seja, é uma métrica que irá refletir a quantidade de tempo perdido devido às paragens não planeadas nas cortadoras. Quanto maior for a percentagem desse impacto, relativamente ao tempo total que as cortadoras passam paradas por causa das paragens não planeadas, maior será o impacto nas mesmas.

$$\text{Impacto (\%)} = \frac{\text{tempo médio de cada paragem} * \text{frequência de acontecimento}}{\text{tempo total dispendido em paragens não planeadas}} * 100 \quad (4.1)$$

**Tabela 4.1.** Análise de impacto das paragens não planeadas na CL1.

	Tipos de paragem	Média tempo (min)	Nº paragens	Impacto
CL1	Encravamentos	28,28	297	7%
	Falta de condições de produção comerciais	253,15	86	18%
	Falta de condições de produção industriais	389,00	105	<b>35%</b>
	Mudanças de carga	72,31	347	21%
	Mudanças de <i>set-up</i>	35,67	297	9%
	Paragens não planeadas súbitas	45,72	226	9%
	Perdas de produção	64,02	2	0%
	Rejeição para a eclusa	8,81	7	0%
	Reposição de materiais de embalagem	3,41	158	0%

**Tabela 4.2.** Análise de impacto das paragens não planeadas na CL2.

	Tipos de paragem	Média tempo (min)	Nº paragens	Impacto
CL2	Encravamentos	42,25	234	8%
	Falta de condições de produção comerciais	654,72	85	<b>46%</b>
	Falta de condições de produção industriais	312,45	71	18%
	Mudanças de carga	67,61	273	15%
	Mudanças de <i>set-up</i>	39,62	230	8%
	Paragens não planeadas súbitas	40,71	130	4%
	Perdas de produção	6,66	1	0%
	Rejeição para a eclusa	N/A	N/A	N/A
	Reposição de materiais de embalagem	3,54	111	0%

**Tabela 4.3.** Análise de impacto das paragens não planeadas na CL3.

	Tipos de paragem	Média tempo (min)	Nº paragens	Impacto
CL3	Encravamentos	56,38	344	19%
	Falta de condições de produção comerciais	554,90	51	<b>28%</b>
	Falta de condições de produção industriais	658,76	4	3%
	Mudanças de carga	80,11	351	<b>27%</b>
	Mudanças de <i>set-up</i>	23,05	264	6%
	Paragens não planeadas súbitas	73,03	201	14%
	Perdas de produção	18,96	24	0%
	Rejeição para a eclusa	10,02	1	0%
	Reposição de materiais de embalagem	8,68	330	3%

**Tabela 4.4.** Análise de impacto das paragens não planeadas na CL4.

	Tipos de paragem	Média tempo (min)	Nº paragens	Impacto
CL4	Encravamentos	42,37	275	11%
	Falta de condições de produção comerciais	604,76	79	<b>46%</b>
	Falta de condições de produção industriais	670,49	4	3%
	Mudanças de carga	66,95	314	20%
	Mudanças de <i>set-up</i>	19,19	229	4%
	Paragens não planeadas súbitas	76,58	215	16%
	Perdas de produção	20,38	17	0%
	Rejeição para a eclusa	8,52	17	0%
	Reposição de materiais de embalagem	1,21	53	0%

**Tabela 4.5.** Análise de impacto das paragens não planeadas na CL5.

	Tipos de paragem	Média tempo (min)	Nº paragens	Impacto
CL5	Encravamentos	49,69	259	12%
	Falta de condições de produção comerciais	693,47	71	<b>47%</b>
	Falta de condições de produção industriais	400,40	5	2%
	Mudanças de carga	65,64	279	17%
	Mudanças de <i>set-up</i>	50,81	219	11%
	Paragens não planeadas súbitas	59,88	166	9%
	Perdas de produção	21,44	27	1%
	Rejeição para a eclusa	12,33	19	0%
	Reposição de materiais de embalagem	5,62	247	1%

**Tabela 4.6.** Análise de impacto das paragens não planeadas na CS1.

	Tipos de paragem	Média tempo (min)	Nº paragens	Impacto
CS1	Encravamentos	45,05	311	13%
	Falta de condições de produção comerciais	359,67	9	3%
	Falta de condições de produção industriais	676,25	4	3%
	Mudanças de carga	44,55	350	14%
	Mudanças de <i>set-up</i>	149,31	313	<b>43%</b>
	Paragens não planeadas súbitas	156,00	144	21%
	Perdas de produção	85,02	1	0%
	Rejeição para a eclusa	20,16	18	0%
	Reposição de materiais de embalagem	11,26	250	3%

Analisando os resultados da análise de impacto (Tabelas 4.1 a 4.6), verifica-se que os diversos tipos de paragem têm influências diferentes nas cortadoras, não existindo, assim, um influenciador geral.

A CL3 é a cortadora com maior impacto no que diz respeito aos encravamentos, não sendo, contudo, este o tipo de paragem que mais a impacta ou que mais impacta qualquer uma das outras cortadoras.

O efeito da falta de condições de produção comerciais é bem visível nas CL2, CL4 e CL5, sendo a razão para quase metade do tempo em que estas cortadoras se encontram paradas. Este também afeta a CL3, mas com menos relevância que nas cortadoras mencionadas.

No caso da falta de condições de produção industriais, a CL1 e a CL2 são bastante mais afetadas que as outras cortadoras, sendo a influência nas últimas muito reduzida.

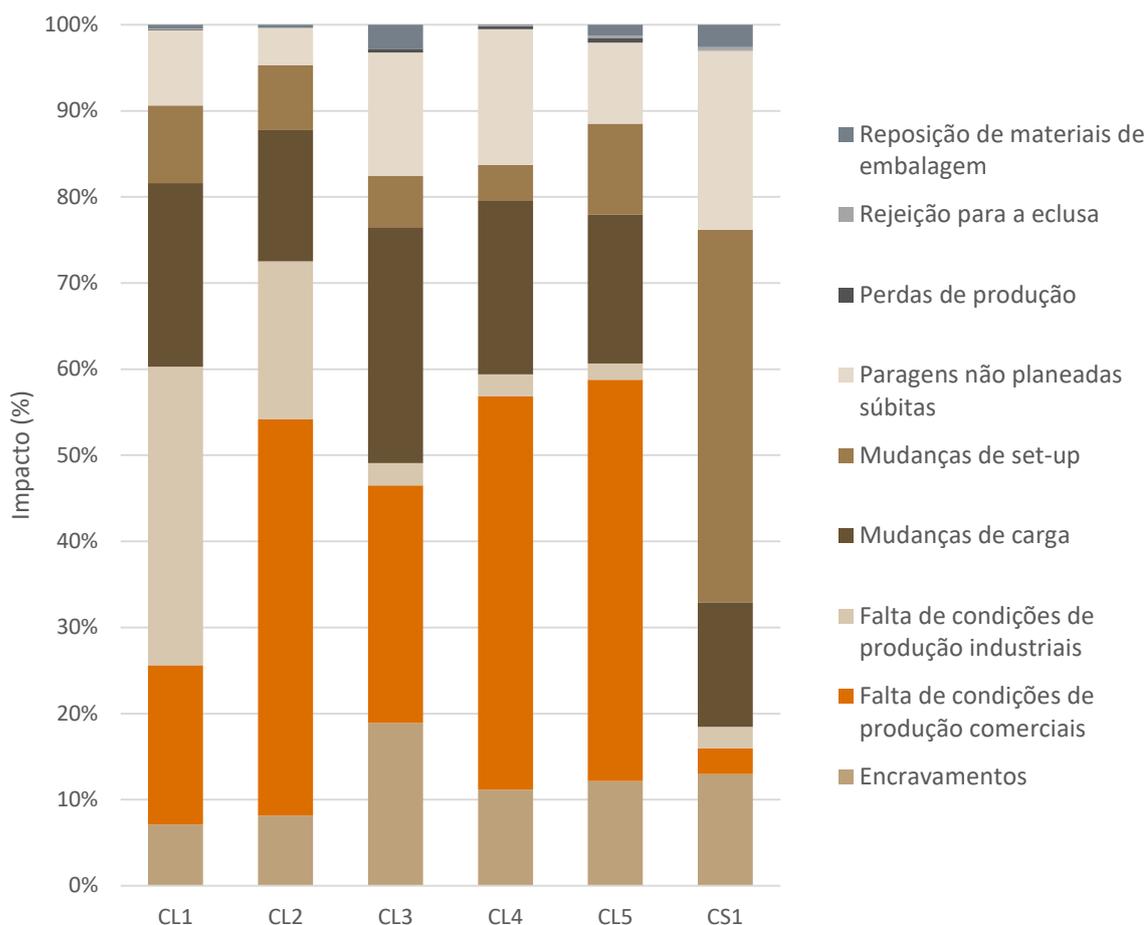
As mudanças de carga têm algum impacto em todas as cortadoras, sendo maior na CL3, tendo praticamente o mesmo nível de impacto da falta de condições comerciais nesta cortadora.

No que diz respeito às mudanças de *set-up*, estas têm um impacto significativamente superior na CS1, em relação às outras cortadoras. Este impacto não é surpreendente, uma vez que esta cortadora é capaz de cortar praticamente todos os tipos de formatos necessários dentro dos formatos de escritório.

As paragens não planeadas súbitas têm algum impacto em todas as cortadoras, sendo este superior na CS1 em comparação com as outras cortadoras.

O resto das paragens não planeadas analisadas (perdas de produção, rejeição para a eclusa e reposição de materiais de embalagem) têm pouco ou nenhum impacto nas cortadoras.

Na Figura 4.1, pode ser observado de forma mais clara as conclusões retiradas acima.



**Figura 4.1.** Análise do impacto das paragens não planeadas nas cortadoras.

#### **4.1.1. Falta de condições de produção comerciais**

O tipo de paragem que revelou maior impacto na maioria das máquinas foi a falta de condições de produção comerciais, isto é, o facto de não existirem ordens disponíveis para cortar nas máquinas, devido maioritariamente à não existência de papel disponível para abastecer as cortadoras.

Este fenómeno acontece, por exemplo, quando o número de encomendas de papel para bobinas é excessivo e é necessário intensificar a produção das mesmas, dando-lhes, assim, prioridade e levando a que as cortadoras só tenham papel enquanto existir PRS.

Esta prioridade é dada, uma vez que as cortadoras têm uma capacidade de recuperação de serviço superior em comparação com as bobinadoras/rebobinadoras.

Quando a falta de papel impede o funcionamento das máquinas, o planeamento da produção é responsabilizado, dado que este tem como função garantir o abastecimento adequado de papel para as diferentes etapas do processo produtivo.

A priorização da produção de bobinas em relação à transformação em formatos de escritório pode gerar atrasos temporários nas encomendas destes formatos. No entanto, como as cortadoras de formatos de escritório são rápidas na recuperação do serviço, esses atrasos são considerados momentâneos.

#### **4.1.2. Tempos de *set-up***

A CS1 foi identificada como sendo a máquina em que os tempos de *set-up* têm mais impacto, visto que é a cortadora mais versátil dos formatos de escritório.

Contudo, apesar da influência não ser tão acentuada, as outras cortadoras também sofrem impacto com os tempos de *set-up*. Foi, então, realizada a análise dos mesmos de forma a perceber qual ou quais os *set-ups* que mais influenciam as cortadoras.

Como referido na secção 3.2.2, as cortadoras CL1 a CL5 são compostas por duas linhas de embalagem (“braços”) e uma parte comum. Desta forma, os dados recolhidos referentes aos tempos de *set-up*, correspondem ao braço esquerdo (*Left – L*) (C1L, C2L, C3L, C4L e C5L), braço direito (*Right – R*) (C1R, C2R, C3R, C4R e C5R) e parte comum (CL1, CL2, CL3, CL4 e CL5) das mesmas. A CS1 tem apenas uma linha de embalagem e os dados disponibilizados consideram-na como um todo.

Nas Tabelas B.1 a B.6 do APÊNDICE B, são apresentados os valores totais em minutos, correspondentes ao ano de 2022, em que as cortadoras estiveram paradas devido aos diversos tipos de *set-up*.

Fazendo a análise destes valores para cada cortadora, pode concluir-se que:

- Na CL1:
  - O “braço” esquerdo da cortadora é, entre os três componentes, aquele que provoca a maior percentagem de tempo de paragem de *set-up* (45%);
  - As paragens com mudança de *grade* consomem mais tempo que as paragens sem mudança de *grade*;
  - Dentro das paragens com mudança de *grade*, o subtipo de *set-up* que consome mais tempo é a mudança do tipo de embalagem, sendo este o que consome mais tempo num panorama geral desta cortadora. Contudo, verifica-se que, nas paragens sem mudança de *grade*, a mudança de formatos é bem mais frequente que nas paragens com mudança de *grade*;
  - Relativamente às mudanças do tipo de embalagem, uma parte substancial do tempo que estas consomem (cerca de 71%) não se encontra caracterizado, pelo que não foi possível averiguar a causa do mesmo.
- Na CL2:
  - A componente desta cortadora que é responsável pela maior percentagem de tempo perdido é o "braço" direito;
  - A percentagem de tempo despendido com mudança de *grade* (cerca de 50%) e sem mudança de *grade* (cerca de 50%) é praticamente a mesma em todos as componentes da cortadora;
  - Nas paragens com mudança de *grade*, tanto as mudanças do tipo de embalagem, como o subtipo "outras mudanças"<sup>3</sup>, representam uma parte substancial do tempo perdido;

---

<sup>3</sup> O subtipo de *set-up* "outras mudanças", dependendo da cortadora, corresponde a mudanças de *pockets*, a mudanças do número de folhas por resma, a arranques após as paragens planeadas de regime de exploração (fins de semana, no caso da CL2 e CL5), a mudança de *backstand* (substituição das bobinas vazias por bobinas novas), a ajustes e afinações.

- Nas paragens sem mudanças de *grade*, assim como no panorama geral desta cortadora, o subtipo "outras mudanças" é o que corresponde à maior parte do tempo parado (perto de 50%).
- Na CL3 e na CL4:
  - Em ambas as cortadoras a componente que resulta em maior percentagem de tempo perdido é o “braço” direito;
  - Também em ambas, as paragens com mudança de *grade* são as que consomem mais tempo;
  - Estas cortadoras apenas cortam formato A4, não sendo uma surpresa o facto da mudança de tipo de embalagem corresponder a praticamente 100% dos *set-ups* nestas cortadoras;
- Na CL5:
  - Ambos os "braços" tem uma representação significativa na percentagem de tempo que esta passa parada;
  - As paragens com mudança de *grade* correspondem, também nesta cortadora, à maior parte do tempo em que esta se encontra parada;
  - Nas paragens com mudança de *grade*, e no panorama geral desta cortadora, a mudança de formato é o que consome mais tempo;
  - Contudo, nas paragens sem mudança de *grade*, a percentagem de tempo utilizada pela mudança de tipo de embalagem é a mais acentuada nos "braços" da cortadora. Neste tipo de paragens e na parte comum da cortadora, o tempo despendido divide-se entre a mudança de formato e o subtipo "outras mudanças".
- Na CS1:
  - Cerca de 3/4 do tempo que está parada é com mudanças de *grade* e, dentro deste tipo de paragens, o tipo de *set-up* que se acentua mais é a mudança de formato (75%), o que seria de esperar, uma vez que esta é a cortadora mais versátil dos formatos de escritório, cortando praticamente todos os formatos.

- No entanto, quando não se altera a *grade*, o tempo de *set-up* mais relevante passa a ser a mudança do tipo de embalagem, representado cerca de metade do tempo deste tipo de paragens.

Em suma, conclui-se que as paragens para alteração da *grade* têm tendência a ser superiores em todas as cortadoras, bem como as mudanças de tipo de embalagem e de formato.

Conclui-se, ainda, que a cortadora com maior tempo de paragem com mudanças de *set-up* é a CS1, o que vai de acordo com o estabelecido anteriormente, seguida da CL5 e da CL1 em segundo lugar.

## 4.2. OEE atual das cortadoras

Em adição à análise realizada aos tempos de paragem e de *set-up*, foi, ainda, calculada a eficiência atual das cortadoras, recorrendo à equação (2.6), explicada no enquadramento teórico, na secção 2.2.4.

Observa-se que apenas a CL2 e a CL5 não estão dentro do que é considerado "classe mundial", como pode ser visto na Figura 4.2, pelo que seriam as primeiras candidatas à possibilidade de melhoria.

Por outro lado, a CS1, apesar de passar por várias mudanças de formato, é a cortadora que apresenta o maior valor de eficiência, alcançando 92%.

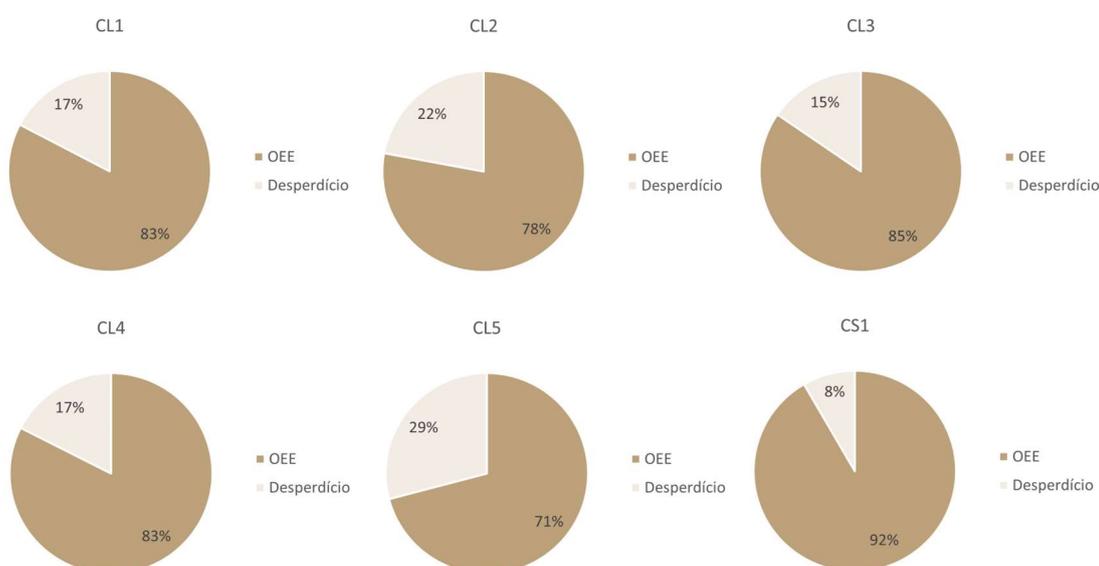


Figura 4.2. OEE médio atual das cortadoras.

### 4.3. Entrada e expedição de encomendas

Analisadas as cortadoras, falta perceber de que modo influenciam as encomendas recebidas pela empresa. Para tal, foram recolhidos dados de inserção de encomendas relativas ao ano de 2022. A distribuição da entrada das mesmas ao longo do ano pode ser observada na Figura 4.3.

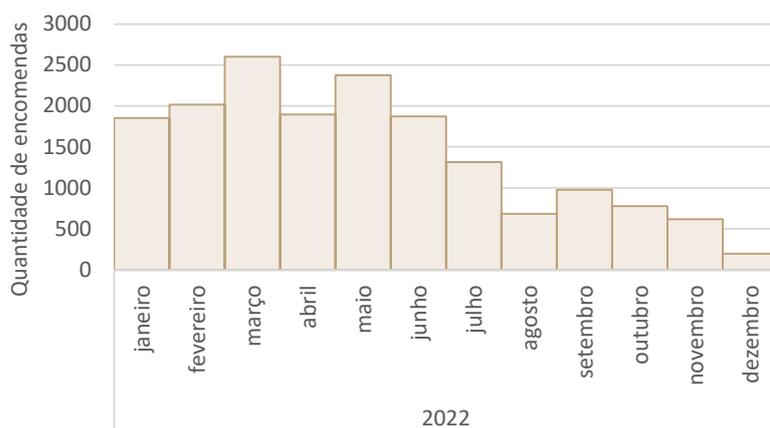


Figura 4.3. Distribuição da entrada de encomendas.

Verifica-se que existe uma maior procura no primeiro semestre do ano com tendência a decrescer no segundo semestre.

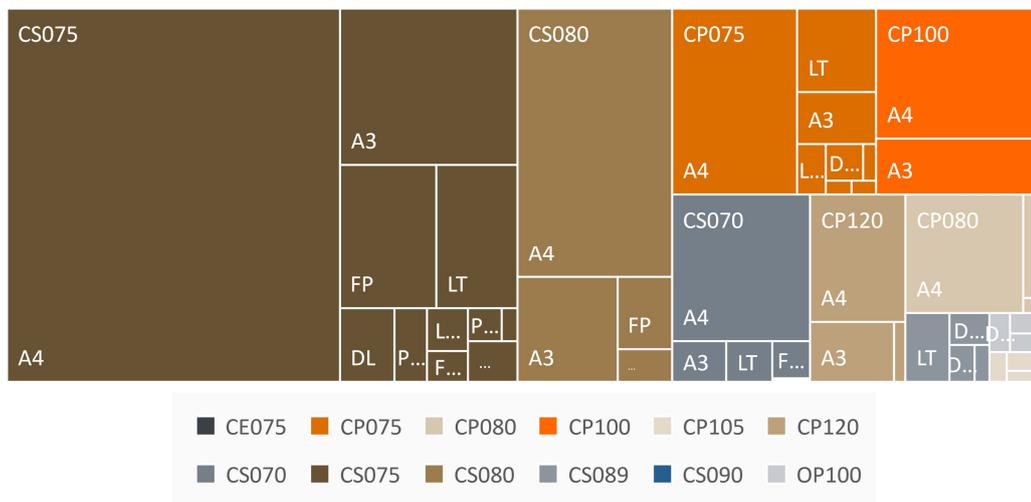
No entanto, esta informação não chega para perceber o impacto das encomendas no planeamento. Deste modo, foi realizada uma análise mais detalhada, onde se agruparam as encomendas por tipo de papel e gramagem e por formato, formando então “famílias” (ex.: CS075 A4 – tipo de papel *standard* de 75g/m<sup>2</sup>, formato A4).

Na Figura 4.4 é possível perceber quais as famílias de produtos que têm mais encomendas. Observa-se que o papel do tipo *standard*, quer de 75g/m<sup>2</sup> quer de 80g/m<sup>2</sup> é o que tem maior volume de encomendas, seguido do papel tipo *premium* de 75g/m<sup>2</sup>. O formato A4 é, visivelmente, aquele que compreende o maior volume de encomendas nos diversos tipos de papel.

Assim, o produto CS075 A4 é considerado um produto comum em que a entrada de encomendas deste tipo de produto não irá causar disrupção no planeamento da produção, por ser um produto bastante produzido.

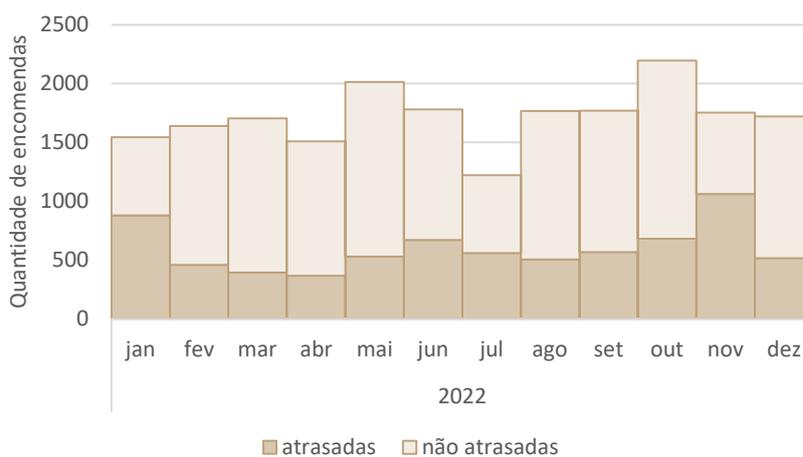
Por outro lado, produtos como papel do tipo *premium* de 80g/m<sup>2</sup> e formato A3 (CP080 A3) têm um volume de encomendas mais reduzido, tornando-os menos comuns de ser produzidos. São, assim, necessárias várias encomendas para permitir que a quantidade mínima de produção deste tipo de produtos seja conseguida. Isto leva a que, se uma

encomenda for colocada antes de existir essa quantidade, esta tenha de esperar, podendo ocorrer um atraso.



**Figura 4.4.** Distribuição das encomendas por tipo de papel, gramagem e formato.

Apesar da entrada de encomendas não ser constante e de existir uma discrepância significativa no que toca ao volume de encomendas entre as diferentes famílias, a expedição das mesmas tende a seguir uma distribuição constante ao longo dos meses, como observado na Figura 4.5, ou seja, a quantidade de encomendas expedidas por mês é sensivelmente a mesma todos os meses, contudo, a quantidade de encomendas em atraso varia de mês para mês, tendo sido mais acentuada nos meses de janeiro e novembro. No entanto, não foi possível perceber o motivo de maior atraso nestes meses em específico.



**Figura 4.5.** Distribuição da expedição de encomendas.

## 5. DESAFIOS E OPORTUNIDADES

A *The Navigator Company* utiliza apenas o sistema MTO como sistema de gestão da sua cadeia de abastecimento. Esta abordagem permite que a empresa tenha capacidade de responder às necessidades específicas dos cliente. Não obstante, essa flexibilidade constitui em si um desafio, uma vez que pode, por vezes, levar a que não se consiga cumprir o prazo de produção das encomendas, resultando na insatisfação dos clientes.

Para responder a este desafio e aumentar a eficiência operacional, considerar a implementação de um modelo híbrido MTS/MTO poderia revelar-se uma decisão benéfica para a empresa, visto que combina a flexibilidade e a capacidade de resposta do sistema MTO com a eficiência e a economia de custos do sistema MTS, permitindo, deste modo, produzir e armazenar produtos que têm padrões de procura consistentes e previsíveis, continuando a ter capacidade de responder de forma célere a encomendas especiais de produtos menos comuns e, assim, proporcionar, pelo menos para os produtos comuns, datas de expedição mais fiáveis, melhorando a sua relação com os clientes (Kusuma, 2022).

Para tal, seria necessário proceder a uma avaliação detalhada dos produtos considerados mais comuns, agrupando-os por características iguais, de modo que o ponto de desacoplamento e que a diferenciação dos mesmos fosse feita o mais tarde possível no processo produtivo.

A nível do sequenciamento das encomendas, a empresa segue uma estratégia bastante própria, como abordado no capítulo 3. Poderia ser uma mais-valia avaliar os tempos de processamento dos diferentes produtos, uma vez que essa informação é inexistente, de modo a ser possível a implementação de regras de sequenciamento como a SPT ou a CR, sendo a última, provavelmente, a mais indicada, visto que é capaz de relacionar as datas de expedição com os tempos de processamento e ainda de destacar facilmente encomendas que se encontrem em atraso.

Além da adoção de um modelo híbrido e da otimização da sequenciação das encomendas, a *The Navigator Company* pode explorar várias metodologias para otimizar os seus processos de produção.

A implementação de ferramentas como a SMED pode reduzir, significativamente os tempos de *set-up* das máquinas o que, por sua vez, minimiza o tempo de inatividade e aumenta a eficiência global da produção.

Por outro lado, a utilização da teoria das restrições pode, também, resultar em melhorias, oferecendo uma abordagem holística para identificar e eliminar *bottlenecks* que possam estar a prejudicar o sistema produtivo. Ao resolver estes constrangimentos, a empresa pode reduzir ainda mais os atrasos no cumprimento das encomendas e melhorar o fluxo global das suas operações.

## 6. CONCLUSÃO

O setor da indústria de pasta e papel desempenha um papel relevante na economia nacional e a *The Navigator Company* é uma das maiores responsáveis por esse papel. A empresa possui uma vasta gama de produtos, incluindo o papel UWF em formato gráfico e de escritório.

Esta adota um sistema MTO, oferecendo a capacidade de responder às necessidades específicas dos clientes. Contudo, essa flexibilidade leva a que, por vezes, o prazo para produção das encomendas não consiga ser cumprido devido à complexidade de todo o processo produtivo.

O planeamento de produção encontra-se encarregue de planear a produção de papel nas PMs e de sequenciar as ordens para transformação nas diferentes cortadoras. Este enfrenta diversos desafios como a incerteza na procura, a gestão da necessidade de papel e materiais de embalagem, as restrições devido à capacidade de produção das máquinas, os tempos perdidos devido a paragens não planeadas e a falta de meios para expedir encomendas. Embora a política de expedição da empresa garanta uma janela de duas semanas mais o tempo de transporte para a entrega dos produtos, a complexidade das operações e todos os desafios que esta enfrenta podem provocar atrasos nas encomendas.

Tendo em consideração este problema, foi realizado um acompanhamento dos planeadores de produção ao longo de cinco meses de forma a tentar compreender como são planeadas e sequenciadas as encomendas da empresa e como é feita a determinação das suas datas de expedição.

Após a análise dos dados fornecidos pela empresa sobre os tempos de paragem, tempos de *set-up*, valores de produção e de entrada de encomendas, foi possível retirar as seguintes conclusões:

- Ao analisar os diferentes tipos de paragem não planeadas, identificou-se que a falta de condições de produção comerciais era o fator que mais impactava a maioria das cortadoras, representando a principal causa de paragem. Isto deve-se, maioritariamente, à não existência de papel disponível para abastecer as cortadoras.

- Outro fator relevante é o tempo de *set-up*, que afeta especialmente a cortadora CS1, que é a cortadora mais versátil das de formatos de escritório. As mudanças de *grade* e a mudança de tipo de embalagem e formato são os principais responsáveis pelas paragens de *set-up* nas cortadoras.
- Quanto à avaliação do OEE, apenas a CL2 e a CL5 não se encontram dentro do considerado "classe mundial", podendo existir necessidade de melhoria nestas cortadoras de modo a aumentar a produtividade geral.
- Por fim, com a análise da entrada e expedição de encomendas foi possível perceber como estas se distribuem ao longo do ano, concluindo-se que a entrada de encomendas é mais acentuada no primeiro semestre. Foi, ainda, possível identificar as "famílias" de produtos que são mais comuns e as que são menos comuns dando a entender quais as que podem causar maior constrangimento no processo de planeamento da produção.

Para trabalhos futuros sugere-se que se tente perceber como é feita a previsão da procura para os diferentes produtos e que se tente desenvolver métodos de previsão mais eficientes a fim de melhorar tanto a gestão de inventário como o planeamento das encomendas para produção.

Outra sugestão seria analisar a possibilidade de redução dos tempos de *set-up* através da implementação de técnicas de melhoria no processo de mudança, tentando reduzir os "tempos mortos" e aumentar a produtividade geral das cortadoras.

Finalmente, a análise de gestão proativa de incidentes e imprevistos é, também, uma sugestão para trabalhos futuros, que tem como objetivo perceber de que forma estes impactam o cumprimento das datas das encomendas e propor estratégias para lidar com estas situações inesperadas, minimizando os atrasos e garantindo uma gestão eficiente dos eventos não planeados.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

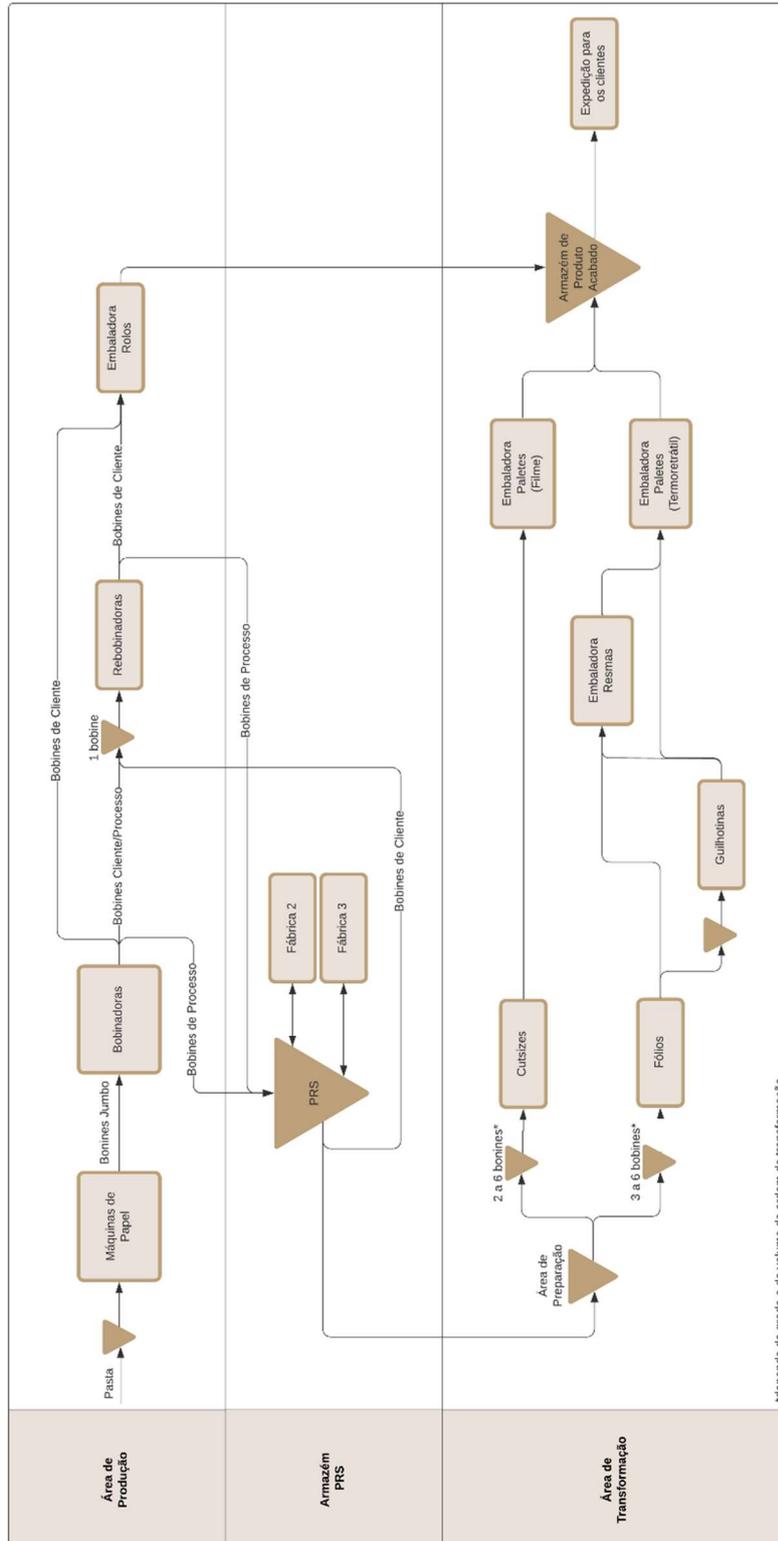
- Adan, I. J., e van der Wal, J. (1998), “Combining make to order and make to stock”, *OR Spektrum*, 20(2), 79-81, <https://doi.org/10.1007/BF01539854>
- Agostinho, B. (2023), “Powerpoint Formação Planeamento de Produção”
- Agustiady, T. K. e Cudney, E. A. (2018), “Total productive maintenance”, *Total Quality Management & Business Excellence*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>
- Agustin, R. O. e Santiago, F. (1996, novembro), “Single-Minute Exchange of Die”, *IEEE/SEMI 1996 Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop. Theme-Innovative Approaches to Growth in the Semiconductor Industry*, pp. 214-217, <https://doi.org/10.1109/ASMC.1996.558001>
- Amaran, S., Sahinidis, N. V., Sharda, B. e Bury, S. J. (2015, 23 de setembro), “Simulation optimization: a review of algorithms and applications”, *Annals of Operations Research*, 240, 351-380, <https://doi.org/10.1007/s10479-015-2019-x>
- Antunes, C. H. (2019), “Metaheuristics Introduction”, DEEC-FCTUC
- Barman, S. (1997), “Simple priority rule combinations: an approach to improve both flow time and tardiness”, *International Journal of Production Research*, 35(10), 2857-2870, <https://doi.org/10.1080/002075497194480>
- Batumalay, K. e Santhapparaj, A. S. (2009), “Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Total Productive Maintenance (TPM) practices — A study across the Malaysian industries”, *2009 International Conference for Technical Postgraduates (TECHPOS)*, pp. 1-5, Kuala Lumpur, Malásia, <https://doi.org/10.1109/TECHPOS.2009.5412049>
- Bermejo, M. (2011), “El Kanban”, Universidade Aberta da Catalunha (UOC), Barcelona, Espanha
- Berry, W. L. e Rao, V. (1975), “Critical Ratio Scheduling: An Experimental Analysis”, *Management Science*, 22(2), 192-201, <https://doi.org/10.1287/mnsc.22.2.192>
- Biond (2022, novembro), “Boletim Estatístico da BIOND 2021”, Lisboa, Acedido a 5 de julho de 2023, em <https://www.biond.pt/publicacoes/boletim-estatistico-2021/>
- Carson, Y. e Maria, A. (1997, 1 de dezembro), “Simulation Optimization: Methods and Applications”, *WSC '97: Proceedings of the 29th conference on Winter simulation*, 118-126, <https://doi.org/10.1145/268437.268460>
- Clímaco, J. N., Antunes, C. H. e Alves, M. J. G. (2003). “Programação Linear Multiobjectivo”, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, <http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0479-4>
- Coelho, P. (2020), “Powerpoint de apoio à unidade curricular de Planeamento e Controlo da Produção”, DEM-FCTUC

- da Silva, I. B. e Godinho Filho, M. (2019), “Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102, 4289-4307, <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- EDP Portugal (2022, 25 de fevereiro), “Caso de Sucesso: The Navigator Company”, Acedido a 11 de julho de 2023, em <https://www.youtube.com/watch?v=0GGwvjnZECO>
- Fernandez-Viagas, V., Ruiz, R. e Framinan, J. M. (2017), “A new vision of approximate methods for the permutation flowshop to minimise makespan: State-of-the-art and computational evaluation”, *European Journal of Operational Research*, 257(3), 707-721, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.09.055>
- Ferreira, L. M. D. F. (2022). “Powerpoint de apoio à unidade curricular de Melhoria Contínua”, DEM-FCTUC
- Florestas.pt (2023, 25 de maio), “Economia da floresta: quanto vale?”, Acedido a 7 de julho de 2023, em [https://florestas.pt/valorizar/economia\\_da\\_floresta\\_valor\\_gerado/#1640097327590-ec9b34bd-f8b5](https://florestas.pt/valorizar/economia_da_floresta_valor_gerado/#1640097327590-ec9b34bd-f8b5)
- Gelders, L. F., e van Wassenhove, L. N. (1981), “Production planning: a review”, *European Journal of Operational Research*, 7(2), 101-110, [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(81\)90271-X](https://doi.org/10.1016/0377-2217(81)90271-X)
- Goldratt, E. M. e Cox, J. (2004), “The Goal: A Process of Ongoing Improvement”. 3ª Ed revista, North River Press, MA
- Graves, S. C. (1981), “A Review of Production Scheduling”, *Operations Research*, 29(4), 646-675, <http://dx.doi.org/10.1287/opre.29.4.646>
- Groover, M. P. (2015), “Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing”, Pearson Higher Education, Inc, NJ, USA
- Hoekstra, S. e Romme, J. (1992), “Integral Logistic Structures: Developing Customer-oriented Goods Flow”, Industrial Press Inc
- Jayamohan, M. S. e Rajendran, C. (2000), “New dispatching rules for shop scheduling: A step forward”, *International Journal of Production Research*, 38(3), 563-586, <https://doi.org/10.1080/002075400189301>
- Kingsman, B., Hendry, L., Mercer, A. e de Souza, A. (1996), “Responding to customer enquiries in make-to-order companies Problems and solutions”, *International Journal of Production Economics*, 46-47, 219-231, [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00199-9](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00199-9)
- Kumar, S. A., e Suresh, N. (2006), “Production And Operations Management”, 2ª Ed., New Age International, New Delhi
- Kusuma, P. D. (2022), “Hybrid Make-to-Stock and Make-to-Order (MTS-MTO) Scheduling Model in Multi-Product Production System”, *International Journal of Integrated Engineering*, 14(4), 188-200, <https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.04.014>
- Lesshammar, P. J. M. (1999), “Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement”, *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), 55-78, <http://dx.doi.org/10.1108/01443579910244223>

- Moore, J. M. (1968), “An n Job, One Machine Sequencing Algorithm for Minimizing the Number of Late Jobs”, *Management Science*, 15(1), 102-109 <https://doi.org/10.1287/mnsc.15.1.102>
- Muchiri, P. e Pintelon, L. (2008), “Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion”, *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535, <http://dx.doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Müller, F. M., Dias, O. B. e Araújo, O. C. B. d. (2002), “Algoritmo para o problema de seqüenciamento em máquinas paralelas não-relacionadas”, *Revista Produção*, 12(2), 6-17
- Nakajima, S. (1988), “Introduction to TPM: Total Productive Maintenance”, Productivity Press, Inc., Portland
- Naylor, J. B., Naim, M. M. e Berry, D. (1999), “Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain”, *International Journal of Production Economics*, 62(1-2), 107-118, [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00223-0)
- Nogueira, J. A. A. (2010, setembro), “Análise e Propostas de Melhoria para o Processo de Embalagem de Formatos Gráficos numa Fábrica de Papel”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra
- Paz, L. C. d. e Júnior, J. E. P. (2019), “Máquinas Paralelas: Revisão Sistemática da Literatura”, IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção
- Peeters, K., e van Ooijen, H. (2020), “Hybrid make-to-stock and make-to-order systems: a taxonomic review”, *International Journal of Production Research*, 58(15), 4659-4688, <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1778204>
- Pinedo, M. L. (2016), “Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems”, 5ª Ed., Springer, Nova Iorque, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26580-3>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M. e Esa, M. M. (2013), “Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation”, *Procedia Economics and Finance*, 7, 174-180, [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Randhawa, J. S. e Ahuja, I. S. (2017). “5s - a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(3), 334-361, <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Salinas-Coronado, J., Aguilar-Duque, J. I., Tlapa-Mendoza, D. A. e Amaya-Parra, G. (2014), “Lean Manufacturing in Production Process in the Automotive Industry”, Em: J. L. García-Alcaraz, A. A. Maldonado-Macías e G. Cortes-Robles (eds.), *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*, Springer Cham, México, 3-26, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9_1)
- Senthilkumar, P. e Narayanan, S (2010), “Literature Review of Single Machine Scheduling Problem with Uniform Parallel Machines”, *Intelligent Information Management*, 2, 457-474, doi:10.4236/iim.2010.28056
- Smith, W. E. (1956), “Various optimizers for single-stage production”, *Naval Research Logistics Quarterly*, 3(1-2), 59-66, <https://doi.org/10.1002/nav.3800030106>

- Snyman, J. A. e Wilke, D. N. (2018), “Practical Mathematical Optimization - Basic Optimization Theory and Gradient-Based Algorithms”, 2ª Ed., Springer Cham, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77586-9>
- Soman, C. A., van Donk, D. P., e Gaalman, G. (2004), “Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system”, *International Journal of Production Economics*, 90(2), 223-235, [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00376-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00376-6)
- Tay, J. C. e Ho, N. B. (2008), “Evolving dispatching rules using genetic programming for solving multi-objective flexible job-shop problems”, *Computers & Industrial Engineering*, 54(3), 453-473, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.08.008>
- The MathWorks, Inc. (2023), “Nonlinear Programming”, acessado a 26 de agosto de 2023 em <https://www.mathworks.com/discovery/nonlinear-programming.html>
- The Navigator Company (2018, 6 de agosto), “The Navigator Company: Reportagem ETV “Como se faz o Papel””, Acessado a 11 de julho de 2023, em <https://www.youtube.com/watch?v=SBDLpidVeas>
- The Navigator Company (2019, 25 de março), “O papel UWF e a humanidade: uma relação profunda”, Acessado a 5 de julho de 2023 em <http://thenewsletter.pt/pt/2019/03/25/o-papel-uwf-e-a-humanidade-uma-relacao-profunda/>
- The Navigator Company (2021), “Uma bioindústria no lado certo do futuro – Relatório & Contas 2021”, [http://thenavigatorcompany.com/external/relatorio-de-contas-2021/docs/the\\_navigator\\_company\\_relatorio\\_contas\\_2021-interactivo.pdf](http://thenavigatorcompany.com/external/relatorio-de-contas-2021/docs/the_navigator_company_relatorio_contas_2021-interactivo.pdf)
- The Navigator Company (2022), “Valorizar faz parte de nós - Relatório & Contas 2022”, [http://thenavigatorcompany.com/external/relatorio-de-contas-2022/docs/RelatContas\\_2022\\_FINAL\\_CMVM\\_Reduzido.pdf](http://thenavigatorcompany.com/external/relatorio-de-contas-2022/docs/RelatContas_2022_FINAL_CMVM_Reduzido.pdf)
- Thomas, L. J., e McClain, J. O. (1993), “Chapter 7 An overview of production planning”, *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 4, 333-370, [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80187-2](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80187-2)
- van Donk, D. P., (2001), “Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries”, *International Journal of Production Economics*, 69(3), 297-306, [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00035-9)
- Williams, L. (2023, 10 de junho), “FCFS Scheduling Algorithm: What is, Example Program”, Acessado a 27 de junho de 2023, em <https://www.guru99.com/fcfs-scheduling.html#5>
- Xiong, H., Shi, S., Ren, D. e Hu, J. (2022), “A survey of job shop scheduling problem: The types and models”, *Computers and Operations Research*, 142, <https://doi.org/10.1016/j.cor.2022.105731>
- Yousefnejad, H. e Esmaeili, M. (2020), “Tactical production planning in a hybrid MTS/MTO system using Stackelberg game”, *Operational Research*, 20(3), 1791-1809, <https://doi.org/10.1007/s12351-018-0385-2>

## APÊNDICE A – FLUXO DO PAPEL





## APÊNDICE B – TEMPOS DE *SET-UP* NAS CORTADORAS EM 2022

**Tabela B.1.** Tempos totais (min) de *set-up* da CL1 por tipo e subtipo de *set-up*.

CL1	C1L	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Caixas cartão	44	
				N/A	5495	
CL1	C1L	Com mudança de grade	Mudanças de formato	Papel de embalagem	324	
				De A3 para A4	292	
				De A4 para A3	264	
			Outras mudanças	De 250 para 500 folhas	64	
				De 500 para 250 folhas	235	
				De 9 para 10 pockets	20	
	C1R	Sem mudança de grade	Outras mudanças	Outras	593	
				Mudança do tipo de embalagem	Caixas cartão	407
					Etiqueta de caixa	7
					Etiqueta de resma	195
					N/A	553
				Mudanças de formato	Papel de embalagem	3657
		De A3 para A4	958			
		C1R	Com mudança de grade	Mudanças de formato	De A4 para A3	991
					De 10 para 9 pockets	12
				Outras mudanças	De 250 para 500 folhas	92
					De 500 para 250 folhas	74
					N/A	5
Outras	243					
C1R	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	4070		
			Papel de embalagem	286		
		Mudanças de formato	De A3 para A4	140		
			De A4 para A3	129		
		Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	26		
			De 250 para 500 folhas	192		
	De 500 para 250 folhas		265			
	De 9 para 10 pockets		20			
	C1R	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Outras	384	
				Etiqueta de resma	83	
				N/A	191	
			Mudanças de formato	Papel de embalagem	1698	
De A3 para A4				373		
De A4 para A3				384		

CL1	CL1R		Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	12
	Sem mudança de grade	Outras mudanças		De 250 para 500 folhas	165
CL1			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A
	Mudanças de formato	De A3 para A4			167
		De A4 para A3		189	
	Outras mudanças	De 10 para 9 pockets		26	
		De 250 para 500 folhas		182	
		De 500 para 250 folhas		240	
	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		N/A	502
			Mudanças de formato	De A3 para A4	518
		De A4 para A3		449	
		Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	12	
			De 250 para 500 folhas	112	
	De 500 para 250 folhas		84		
	Outras	115			

Tabela B.2. Tempos totais (min) de set-up da CL2 por tipo e subtipo de set-up.

CL2	C2L		Mudança do tipo de embalagem	Caixas cartão	90
	Com mudança de grade	Mudanças de formato		N/A	1575
CL2			Com mudança de grade	Mudanças de formato	Papel de embalagem
	Outras	286			
	Outras mudanças	De 10 para 9 pockets		564	
		De 9 para 10 pockets		1109	
		Outras		237	
	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		Etiqueta de resma	8
				N/A	100
		Mudanças de formato	Papel de embalagem	630	
			Outras	735	
		Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	936	
			De 9 para 10 pockets	581	
			Outras	802	
		C2R	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Caixas cartão
	N/A				1982
	Mudanças de formato		Papel de embalagem	348	
Outras			886		
Outras mudanças	De 10 para 9 pockets		544		
	De 9 para 10 pockets		1104		
Outras	311				

CL2	C2R		Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Etiqueta de resma	7
	CL2	Com mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	N/A
Papel de embalagem			986			
CL2	Sem mudança de grade	Mudanças de formato	Outras mudanças	Outras	2334	
				De 10 para 9 pockets	941	
CL2	Com mudança de grade	Outras mudanças	Mudança do tipo de embalagem	De 9 para 10 pockets	566	
				Outras	1251	
CL2	Sem mudança de grade	Mudanças de formato	Mudança do tipo de embalagem	N/A	2017	
				De A3 para Letter	10	
CL2	Com mudança de grade	Outras mudanças	Mudanças de formato	Outras	477	
				De 10 para 9 pockets	564	
CL2	Sem mudança de grade	Outras mudanças	Mudanças de formato	De 9 para 10 pockets	1084	
				Outras	132	
CL2	Com mudança de grade	Mudanças de formato	Mudança do tipo de embalagem	N/A	137	
				Outras	995	
CL2	Sem mudança de grade	Outras mudanças	Mudanças de formato	De 10 para 9 pockets	936	
				De 9 para 10 pockets	581	
CL2	Com mudança de grade	Outras mudanças	Mudanças de formato	Outras	876	

**Tabela B.3.** Tempos totais (min) de *set-up* da CL3 por tipo e subtipo de *set-up*.

CL3	C3L		Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	3497
	CL3	C3L			Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	Etiqueta de resma
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		N/A
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	Papel de embalagem
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		Inseriores
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	N/A
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		Papel de embalagem
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	Etiqueta de resma
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		Inseriores
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	N/A
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		Papel de embalagem
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	N/A
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		Outras mudanças
	C3R	Sem mudança de grade			Mudança do tipo de embalagem	Outras
C3R			Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem		N/A

CL3	CL3	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	107
-----	-----	----------------------	------------------------------	-----	-----

**Tabela B.4.** Tempos totais (min) de *set-up* da CL4 por tipo e subtipo de *set-up*.

CL4	C4L	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	2523	
				Papel de embalagem	274	
			Mudanças de formato	N/A	16	
			Outras mudanças	Outras	170	
		Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Etiqueta de resma	36	
				N/A	254	
				Palete	4	
				Papel de embalagem	1387	
			Mudanças de formato	N/A	20	
	Outras mudanças		Outras	215		
	C4R	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	2517	
				Papel de embalagem	175	
			Mudanças de formato	N/A	16	
			Outras mudanças	Outras	170	
		Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Etiqueta de resma	27	
				N/A	284	
				Papel de embalagem	1925	
			Mudanças de formato	N/A	20	
			Outras mudanças	Outras	215	
	CL4		Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	2473
				Mudanças de formato	N/A	16
				Outras mudanças	Outras	170
		Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	219	
					Mudanças de formato	N/A
				Outras mudanças	Outras	215

**Tabela B.5.** Tempos totais (min) de *set-up* da CL5 por tipo e subtipo de *set-up*.

CL5	C5L	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	1641
				Papel de embalagem	830
			Mudanças de formato	De A4 para Letter	2195
				De Letter para A4	3835
				Outras mudanças	De 10 para 9 pockets
			De 9 para 10 pockets		243
			N/A		42
			Outras		409

CL5		C5L		C5R		CL5										
		Sem mudança de grade		Com mudança de grade		Sem mudança de grade										
Mudança do tipo de embalagem	C5L	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	Etiqueta de resma	59	C5R	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	190	CL5	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	1640	
				Papel de embalagem	847				Papel de embalagem	951						
				Mudanças de formato	De A4 para Letter				480	Mudanças de formato				De A4 para Letter	2195	
	Outras mudanças	C5L	Sem mudança de grade	Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	152	C5R	Com mudança de grade	Outras mudanças	De Letter para A4	3835	CL5	Sem mudança de grade	Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	150
					De 9 para 10 pockets	67				De 9 para 10 pockets	243					
					Outras	348				Outras	482					
	Mudanças de formato	C5L	Sem mudança de grade	Mudanças de formato	De A4 para Letter	520	C5R	Sem mudança de grade	Mudanças de formato	Etiqueta de resma	26	CL5	Com mudança de grade	Mudanças de formato	Etiqueta de resma	26
					De 10 para 9 pockets	152				N/A	264				N/A	264
					De 9 para 10 pockets	67				Papel de embalagem	1226				Papel de embalagem	1226
	Outras mudanças	C5L	Sem mudança de grade	Outras mudanças	N/A	12	C5R	Com mudança de grade	Outras mudanças	De A4 para Letter	520	CL5	Sem mudança de grade	Outras mudanças	De 10 para 9 pockets	152
					Outras	573				De 10 para 9 pockets	152				De 9 para 10 pockets	67
					Outras	573				De 9 para 10 pockets	67				N/A	12
Mudanças de formato	C5L	Com mudança de grade	Mudanças de formato	De A4 para Letter	2195	C5R	Sem mudança de grade	Mudanças de formato	De 10 para 9 pockets	152	CL5	Com mudança de grade	Mudanças de formato	De A4 para Letter	2195	
				De Letter para A4	3835				De Letter para A4	3835				De Letter para A4	3835	
				De 10 para 9 pockets	150				De 10 para 9 pockets	150				De 10 para 9 pockets	150	
Outras mudanças	C5L	Com mudança de grade	Outras mudanças	De 9 para 10 pockets	243	C5R	Com mudança de grade	Outras mudanças	De 9 para 10 pockets	243	CL5	Com mudança de grade	Outras mudanças	De 9 para 10 pockets	243	
				Outras	339				Outras	339				Outras	339	
				Outras	339				Outras	339				Outras	339	
Mudança do tipo de embalagem	C5L	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	67	C5R	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	67	CL5	Sem mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	N/A	67	
				De A4 para Letter	480				De A4 para Letter	480				De A4 para Letter	480	
				De 10 para 9 pockets	152				De 10 para 9 pockets	152				De 10 para 9 pockets	152	
Outras mudanças	C5L	Sem mudança de grade	Outras mudanças	De 9 para 10 pockets	67	C5R	Com mudança de grade	Outras mudanças	De 9 para 10 pockets	67	CL5	Com mudança de grade	Outras mudanças	De 9 para 10 pockets	67	
				Outras	280				Outras	280				Outras	280	
				Outras	280				Outras	280				Outras	280	

**Tabela B.6.** Tempos totais (min) de *set-up* da CS1 por tipo e subtipo de *set-up*.

CS1	Com mudança de grade	Mudança do tipo de embalagem	
		N/A	5322
Mudanças de formato	Com mudança de grade	De A3 para A4	35
		De A3 para Letter	194
		De A4 para Letter	979
		De Letter para A3	149
		De Letter para A4	797
		Outras	24568

CS1	Com mudança de <i>grade</i>	Outras mudanças	De 250 para 500 folhas	215
			De 500 para 250 folhas	112
			Outras	2696
		Papel perfurado	2 furos	375
			3 furos	150
			4 furos	92
	Sem mudança de <i>grade</i>	Mudança do tipo de embalagem	N/A	5259
		Mudanças de formato	De A3 para A4	40
			De A4 para A3	90
			Outras	3986
		Outras mudanças	De 250 para 500 folhas	20
			Outras	962
		Papel perfurado	2 furos	435
			3 furos	300
			4 furos	60