

Análise e melhoria de processos na área de logística de uma indústria de semicondutores

Gabriel do Vale Correia

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2021/07/23

Resumo

A indústria de semicondutores está inserida atualmente num mercado muito competitivo, onde a eficiência de processos é cada vez mais importante para ter uma estrutura de custos competitiva e alcançar a escalabilidade necessária para responder ao grande aumento da procura destes componentes que se tem verificado ao longo dos últimos meses.

A presente Dissertação tem como objetivo a análise e melhoria de processos na área de expedição da ATEP, área onde se reconhecia a existência de diversas atividades com potencial de melhoria.

Para a análise de processos, foram utilizadas metodologias como o estudo dos tempos e métodos que permitiram dar visibilidade às tarefas que representavam maior fonte de desperdício no processo de expedição de encomendas e medir o impacto que as melhorias implementadas e propostas teriam no mesmo.

Foram melhoradas diversas tarefas que consituem a criação de documentos, eliminada a atividade de pesagem de lotes em balança e alterado o *layout* do armazém de expedição com a introdução de novos espaços de armazenamento para uma melhor organização do mesmo. Estas melhorias permitirão eliminar 139 horas de mão de obra necessárias para realizar estas atividades no ano de 2022.

Propuseram-se ainda melhorias para as atividades de aplicação de filme estirável em caixas de cartão e verificação de embalagem através da leitura de códigos de barras, melhorias estas que poderão ter impacto através da redução de 152 horas de mão de obra anuais necessárias no processo de expedição.

Por fim, foi feita uma análise de dados sobre as peças suplentes em stock que permitiu identificar peças obsoletas e com baixa rotação de *stock*. Deste modo, é possível haver uma tomada de decisão informada de forma a melhorar a gestão de inventário de peças suplentes.

Abstract

The semiconductor industry is currently associated to a very competitive market, where process efficiency is increasingly important to have a competitive cost structure and achieve the scalability necessary to respond to the large increase in demand for these components that has been verified throughout the last months.

This thesis aims to analyze and improve processes in ATEP's shipping area, an area where the existence of several activities with potential for improvement was recognized.

For the analysis of processes, methodologies such as the time and motion study were used to give visibility to the tasks that represented the greatest source of waste in the shipping process and measure the impact that the implemented improvements and proposals would have on it.

Several tasks involving the creation of documents were improved, the activity of measuring the weight of lots on a scale was eliminated and the layout of the shipping warehouse was changed with the introduction of new storage spaces to improve the organization of this area. These improvements will make it possible to eliminate 139 hours of labor required to carry out these activities in the year of 2022.

There were also proposals made for the activities of applying stretch film in cardboard boxes and packing control by reading bar codes, improvements that could have an impact by reducing 152 hours of annual labor required in the shipping process.

Finally, a data analysis regarding the spare parts in stock was made, which allowed the identification of obsolete parts with low *stock* rotation. In this way, it is possible to have an informed decision making in order to improve the spare parts inventory management.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador acadêmico, professor Eduardo Gil da Costa, por toda a atenção e ajuda que me deu.

A todos os colaboradores da ATEP que tive oportunidade de conhecer, obrigado pelo tratamento sempre afável.

Ao Daniel, Filipe, Hugo e Viegas da área de expedição, obrigado pela ajuda incansável ao longo de todo o projeto.

Ao Sérgio, obrigado por toda a dedicação, simpatia e vontade de ajudar.

A todos os membros da Logística, obrigado pelo apoio e acompanhamento diário.

Ao Daniel Fernandes, um especial obrigado por toda a disponibilidade, paciência e por tudo o que me ensinou ao longo de todo o projeto.

Aos meus amigos e à Sara, obrigado por todas as memórias criadas e pela felicidade que acrescentam à minha vida.

E por fim, à minha família e especialmente aos meus pais, obrigado por fazerem de mim o que sou hoje.

"The journey is never ending. There's always gonna be growth, improvement, adversity; you just gotta take it all in and do what's right, continue to grow, continue to live in the moment."

Antonio Brown

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Mercado de semicondutores	2
1.3	O Grupo Amkor Technology, Inc	4
1.4	ATEP - Amkor Technology Portugal, S.A.	5
1.5	Objetivos do projeto	5
1.6	Método seguido no projeto	6
1.7	Estrutura da dissertação	6
2	Revisão de literatura	7
2.1	Estudo dos tempos e métodos	7
2.1.1	Medição de tempos	10
2.1.2	Dimensão da amostra	12
2.2	Filosofia Lean	13
2.2.1	Filosofia <i>Lean</i> na indústria de semicondutores	15
2.2.2	Metodologia 5S	15
3	Situação inicial	17
3.1	Contextualização	17
3.1.1	Características do produto	17
3.1.2	Clientes e produtos	18
3.1.3	Departamento de Logística	19
3.1.4	Processo de expedição	19
3.1.5	Cliente XFI	24
3.1.6	Cliente VSN	24
3.1.7	Cliente DNQ	26
3.1.8	Sistemas de informação - SAP	27
3.2	Descrição do problema	28
3.2.1	Melhoria do processo de expedição	28
3.2.2	Análise de peças suplentes	28
3.3	Situação inicial	29
4	Resultados	37
4.1	Melhorias implementadas	37
4.1.1	Pesagem	37
4.1.2	Criação de documentos	39
4.2	Melhorias a implementar	43
4.2.1	Embalagem	43
4.2.2	Aplicação de filme	44

4.3	Análise de peças suplentes	47
5	Considerações finais e trabalho futuro	49
5.1	Melhorias na área de expedição	49
5.2	Análise de dados sobre peças suplentes	50
5.3	Trabalho futuro	50

Siglas e Acrónimos

ATEP	Amkor Technology Portugal
CE	Conformidade Europeia
e.g.	exempli gratia
ERP	Entreprise Resource Planning
EUA	Estados Unidos da América
FOSB	Front Opening Shipping Box
HU	Handling Unit
HWS	Horizontal Wafer Shipper
ID	Identification
IDM	Integrated Device Manufacturers
i.e.	id est
IT	Informação e Tecnologia
MBB	Moisture Barrier Bag
MTO	Make to Order
OSAT	Outsourced Semiconductor Assembly and Test
PL	Planeamento e Logística
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TR	Tape and Reel
VAR	Variação
WLFO	Wafer Level Fan-Out

Lista de Figuras

1.1	Previsão de crescimento dos mercados finais de semicondutores entre 2019 e 2024 (Alsop, 2021)	3
1.2	Cadeia de abastecimento do mercado de semicondutores (Amkor Technology, 2021)	3
1.3	Localização das unidades industriais e centros de desenvolvimento da Amkor (Amkor Technology, 2021)	5
1.4	Cronograma representativo da ordem temporal das atividades do projeto	6
2.1	Cronómetro mecânico	11
2.2	Cronómetro em aplicação para telemóvel	11
2.3	4M - Desperdício dividido de acordo com a sua origem (Chiarini, 2013)	14
2.4	Metodologia 5S	16
3.1	Exemplo de <i>Horizontal Wafer Shipper</i> e de <i>Tape & Reel</i>	18
3.2	Exemplo de FOSB e de <i>Tray</i>	18
3.3	Etapas principais do processo de expedição	20
3.4	Exemplo de armazém vertical automático	21
3.5	Exemplo de caixa fechada com fita adesiva e selo de segurança	23
3.6	Exemplo de caixa cintada e envolvida com filme	23
3.7	Exemplo de lote constituído por 6 caixas	25
3.8	Caixas contendo <i>reels</i> de 7 e 13 polegadas de diâmetro	26
3.9	Exemplo de caixas externas cheias com 10 <i>reels</i> de 7 e 13 polegadas de diâmetro	26
3.10	Exemplo de introdução de pesos e embalagem em SAP	32
4.1	Exemplo de um equipamento automático e de um equipamento semiautomático de aplicação de filme	45

Lista de Tabelas

1.1	Top 10 de empresas de montagem e teste de semicondutores por receita (valores em milhões de dólares) (<i>OSAT</i>) (TrendForce, 2020)	4
2.1	Métodos de esquematização e representação de processos (AEP, 2003)	10
2.2	Dimensão da amostra recomendada por tempo de ciclo (Kanawaty, 1992)	13
3.1	Resumo das características dos vários produtos estudados para os diversos clientes	27
3.2	Tempos de ciclo, média e desvio padrão amostral e dimensão da amostra necessária para a atividade de cintagem de caixas para o cliente XFI	29
3.3	Número de horas despendidas na pesagem manual de lotes	31
3.4	Número de horas despendidas na introdução de pesos e embalagem em SAP	32
3.5	Número de horas anuais associadas a tempos de espera na criação de documentos	33
3.6	Número de horas despendidas na introdução de ID de selos no documento	34
3.7	Número de horas despendidas na leitura de códigos de barras para verificação de embalagem	35
3.8	Número de horas despendidas na aplicação de filme	35
4.1	Número de horas despendidas na pesagem manual de lotes antes e depois de implementadas melhorias	38
4.2	Número de horas despendidas na introdução de pesos e embalagem em SAP antes e depois de implementadas melhorias	40
4.3	Número de horas anuais associadas a tempos de espera na criação de documentos antes e depois de serem implementadas melhorias	41
4.4	Número de horas despendidas na introdução de ID de selos no documento antes e depois de implementadas melhorias	42
4.5	Número de horas despendidas na leitura de códigos de barras para verificação de embalagem	44
4.6	Número de horas despendidas na aplicação de filme	46

Capítulo 1

Introdução

A presente Dissertação foi realizada no âmbito da unidade curricular Dissertação que conclui o Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Para tal, foi proposto um projeto na ATEP (Amkor Technology Portugal) com o objetivo de melhorar processos logísticos desta indústria, nomeadamente na área de expedição.

A indústria de semicondutores, à qual a ATEP pertence, insere-se num mercado muito competitivo e em constante mudança, onde o sucesso das empresas se define pela maximização da capacidade dos equipamentos de produção, pelo investimento em desenvolvimento tecnológico e pela sua eficiência logística. Dada a situação geográfica particular da ATEP face aos seus clientes e fornecedores (maioritariamente no sudeste asiático), o desempenho logístico afirma-se como um fator essencial para o sucesso da organização.

Ao crescimento da indústria de semicondutores, provocado pelo aumento da procura, está associado um aumento do portfólio de clientes e produtos na ATEP, resultando num aumento de referências e subprocessos de controlo (divisão de lotes, etiquetagem e registo de dados), aumentando a pressão no processo logístico e levando à necessidade de o melhorar.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Este projeto de melhoria do processo logístico da ATEP insere-se no departamento de Planeamento e Logística (PL) que se divide exatamente nestas duas áreas: uma área que engloba todo o planeamento, desde a compra de matérias-primas e contacto com os fornecedores até ao planeamento da produção; e uma outra área ligada diretamente ao planeamento logístico que abrange as necessidades para a entrada de matérias-primas e produtos necessários ao funcionamento da empresa, a gestão interna de armazéns e peças suplentes e o processo logístico de expedição do produto final da empresa.

Dentro do departamento PL, a área envolvida neste projeto é a área de expedição, na qual se reconhece a existência de diversas ineficiências e a necessidade de se estudarem alternativas que possam constituir uma melhoria do processo atual, verificando os riscos, custos e benefícios de

implementação associados a cada proposta para posterior deliberação por parte dos responsáveis pela tomada de decisão.

Adicionalmente, a ATEP está atualmente a fazer uma mudança no portfólio de produtos e clientes e este projeto surge como necessário também para prever o efeito que esta mudança irá ter nas necessidades de mão de obra na área de expedição (a diferentes produtos de diferentes clientes estão associados processos de expedição diferentes).

A área de expedição da ATEP é vista como uma área crítica para empresa no que diz respeito à relação com os clientes e à imagem da organização, uma vez que qualquer erro ocorrido nesta secção da cadeia de abastecimento terá repercussões diretas no cliente. Qualquer anomalia que aconteça ao longo do processo produtivo é detetada nas inspeções das fases seguintes do processo, no entanto, o processo de expedição do produto constitui a última etapa controlada nas instalações da ATEP antes do produto final chegar ao cliente. Como tal, é nesta área que se tem de garantir que todos os requisitos do cliente são cumpridos.

Dadas as exigências neste departamento, é fundamental que os processos estejam bem definidos e automatizados de forma a evitar o erro humano e a atingir uma eficiência elevada que permita flexibilidade no aumento da quantidade de produto expedido e do portfólio de produtos.

1.2 Mercado de semicondutores

Um semicondutor é um material com uma condutividade elétrica entre a que apresenta um material condutor (ouro, prata e outros metais) e a que apresenta um material isolante (e.g. vidro e borracha). É um material usado na produção de dispositivos eletrónicos como díodos, transístores e circuitos integrados.

Os semicondutores são o cerne da eletrónica atualmente, permitindo a produção de equipamentos avançados nas mais diversas áreas, tais como a saúde, comunicações, computação e transporte. O volume de negócios nesta indústria, a nível mundial, aumentou 6,5% em 2020 para um valor de 439 mil milhões de dólares (Semiconductor Industry Association, 2021), refletindo um crescimento na procura de circuitos integrados no último ano.

No setor automóvel, os semicondutores têm tornado os carros cada vez mais autónomos, seguros e eficientes mas no último ano verificou-se uma escassez global de certos *chips* que levaram à desaceleração da produção de alguns automóveis. Esta escassez deve-se em grande parte a oscilações repentinas da procura destes produtos causadas pela pandemia de *Covid-19* (devido ao aumento do teletrabalho, ensino à distância e aumento de produção de equipamentos para a área da saúde) e pelo aumento do uso de semicondutores na indústria automóvel (Yinug, 2021).

Esta situação anormal está já a tentar ser compensada com um aumento da produção de semicondutores, no entanto, este aumento de produção demora a refletir-se no mercado final, uma vez que o processo de fabrico de um semicondutor é muito complexo e tem um *lead time* atualmente a rondar as 26 semanas (desde a produção das wafers – *front-end* - até à montagem e teste – *back-end*) (Yinug, 2021) .

Prevê-se que o mercado de semicondutores continue a crescer nos próximos anos devido ao aumento do uso de semicondutores nas indústrias de produção de diversos equipamentos, tais como *smartphones*, servidores, computadores, automóveis, entre outros. Na Figura 1.1 observa-se que é esperado um crescimento generalizado dos vários mercados que integram semicondutores, sendo o mercado de *smartphones* aquele que se prevê que tenha maior crescimento absoluto com um aumento de vendas de 50 mil milhões de dólares. Quanto ao crescimento relativo, o mercado de servidores e centros de armazenamento de dados é o que apresenta maior perspectiva de crescimento, com uma variação prevista de 67% até 2024.

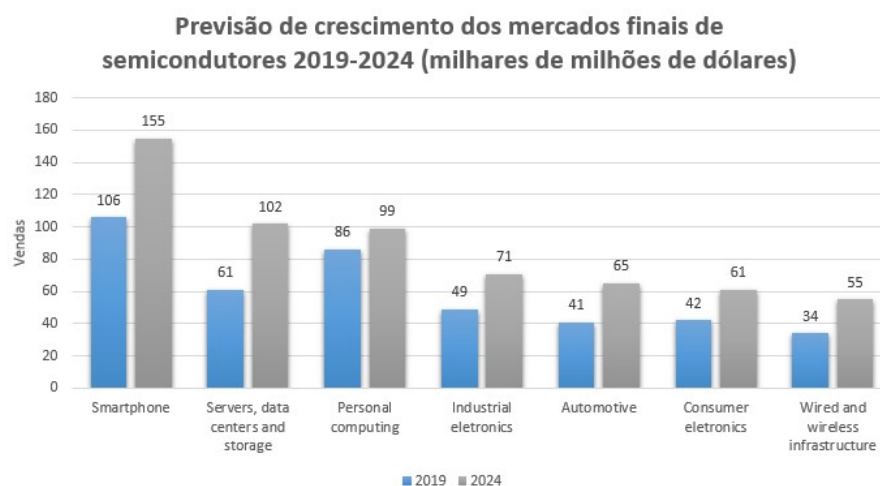


Figura 1.1: Previsão de crescimento dos mercados finais de semicondutores entre 2019 e 2024 (Alsop, 2021)

Tal como ilustrado na Figura 1.2, a cadeia de abastecimento do mercado de semicondutores começa pelo *design* do produto, passando de seguida pelo fabrico das *Wafers*, montagem e teste dos circuitos integrados e por fim a sua integração nos mais variados dispositivos. As empresas que atuam neste mercado podem integrar mais do que uma posição na cadeia de abastecimento, havendo quatro grandes tipologias mais frequentes: empresas *Fabless* que apenas se focam no design de semicondutores; empresas de fabrico de *Wafers* (*Wafer Foundries*); empresas de montagem e teste (*OSAT - Outsourced Semiconductor Assembly and Test*) e empresas que integram estes três elementos (*IDM - Integrated Device Manufacturers*).



Figura 1.2: Cadeia de abastecimento do mercado de semicondutores (Amkor Technology, 2021)

Entre as empresas de montagem e teste de semicondutores, destaca-se a ASE, líder mundial que apresentou uma cota de mercado de 22,5% no fim do terceiro trimestre de 2020, como se pode observar na Tabela 1.1. Na mesma tabela destaca-se ainda a Amkor e a JCET que completam o pódio neste segmento com 20,0% e 14,5% de cota de mercado no mesmo período, respetivamente. A Amkor Technology destaca-se particularmente por apresentar o maior crescimento anual (25%) quando comparadas as receitas obtidas no terceiro trimestre de 2019 e 2020.

Tabela 1.1: Top 10 de empresas de montagem e teste de semicondutores por receita (valores em milhões de dólares) (OSAT) (TrendForce, 2020)

Posição	Empresa	3Q19 Receita	3Q20 Receita	Cota de mercado	3Q Variação 19-20
1	ASE	1 321	1 520	22,5%	15,1%
2	Amkor	1 084	1 354	20,0%	24,9%
3	JCET	1 084	982	14,5%	-2,3%
4	SPIL	763	897	13,3%	17,5%
5	PTI	566	647	9,6%	14,2%
6	TFME	352	398	5,9%	13,0%
7	Hua Tian	324	319	4,7%	-1,5%
8	KYEC	225	251	3,7%	11,6%
9	Chipbond	174	197	2,9%	13,1%
10	ChipMOS	173	194	2,9%	12,4%

1.3 O Grupo Amkor Technology, Inc

A Amkor Technology é uma multinacional com sede nos EUA fornecedora de serviços de montagem e teste de semicondutores. Fundada em 1968 e pioneira no mercado de OSAT (*Outsourced Semiconductor Assembly and Test*), a Amkor ocupa a posição de segundo maior *player* a nível mundial (primeiro no ramo de circuitos integrados para automóveis), tendo apresentado um volume de negócios de 5,1 mil milhões de dólares em 2020 e uma cota de mercado de 20% no fim do terceiro trimestre de 2020 .

A base operacional da Amkor inclui instalações de produção, centros de desenvolvimento de produto e escritórios de vendas e suporte localizados nas principais regiões de fabrico de semicondutores na Ásia, Europa e EUA (Figura 1.3) empregando atualmente mais de 30 000 pessoas.

A Amkor diferencia-se pela sua cultura *QualityFIRST* que confere elevada fiabilidade aos seus produtos, tendo como missão ser o fornecedor global de montagem e serviços de manufatura de teste e soluções inovadoras para empresas de semicondutores e microeletrónica, usando tecnologia avançada desenvolvida através da estreita colaboração com os clientes e outros parceiros da cadeia de abastecimento..

A constante mudança e competitividade na indústria dos semicondutores leva a que seja fundamental um grande investimento em desenvolvimento tecnológico constante para criar soluções inovadoras com custos cada vez mais baixos, tendo a Amkor atualmente mais de 650 funcionários na área de *R&D*.



Figura 1.3: Localização das unidades industriais e centros de desenvolvimento da Amkor (Amkor Technology, 2021)

1.4 ATEP - Amkor Technology Portugal, S.A.

A Amkor Technology Portugal – ATEP – surgiu em 2017 pela aquisição da NANIUM S.A., visto na altura como um dos líderes mundiais na manufatura de semicondutores com recurso à tecnologia WLFO (*Wafer Level Fan-Out*) (Business Wire, 2017). Esta aquisição permitiu à Amkor fortalecer a sua posição no mercado, aumentar o volume de produção e diminuir custos com economias de escala com este método de produção de alto rendimento desenvolvido pela NANIUM.

As instalações da ATEP em Mindelo, Vila do Conde, foram originalmente criadas pela Siemens Semiconductors em 1996, tendo a empresa alemã, 3 anos mais tarde em 1999, feito um *spin-off* da sua unidade de semicondutores, dando origem à Infineon. Em 2006, a Infineon por sua vez dá origem à empresa Qimonda e em 2010 foi transformada na NANIUM após a Qimonda entrar em insolvência.

Devido ao trabalho minucioso e à fragilidade do produto desta indústria, a produção obedece a diversos requisitos de segurança e condições de temperatura, humidade e número de partículas em suspensão específicos. Para tal, a produção é toda feita dentro de salas limpas (*Cleanrooms*), nas quais o ar é filtrado para manter níveis de partículas em suspensão baixos, temperatura e humidade constantes e é também obrigatório usar vestuário específico para entrar nestas salas.

Atualmente a ATEP conta com mais de 600 colaboradores, 20.600 m² de *Cleanroom* e 36.900 m² de áreas técnicas e sociais.

1.5 Objetivos do projeto

Os objetivos a atingir no fim do projeto prendem-se com a apresentação de uma lista de medidas propostas que levem à eliminação de atividades sem valor acrescentado, à redução de tempos de execução de tarefas e à automatização de processos de forma a melhorar o desempenho logístico da área de expedição da ATEP. Estas medidas podem envolver a compra de novos equipamentos, mudanças de layout e alterações ao nível dos sistemas de informação da empresa, sendo que a

cada medida está associada uma análise do impacto na organização a nível de custos, riscos, benefícios e dificuldades de implementação. Demais, com este estudo pretende-se prever o impacto da mudança do portfólio de produtos e clientes nas necessidades de mão de obra na área de expedição.

1.6 Método seguido no projeto

Este projeto seguiu uma ordem de trabalhos que se pode observar na Figura 1.4. A evolução das diferentes etapas foi sendo controlada através de reuniões quinzenais com o orientador responsável na empresa.

As primeiras duas semanas foram de integração na organização e após as mesmas desenvolveu-se o projeto em si. As fases 3 e 4 terminam após ter as várias ineficiências identificadas e respetivos tempos de processo cronometrados, sendo que de seguida o desenvolvimento das propostas de melhoria é feito até ao fim do projeto e termina com o resumo e exposição das mesmas.

As etapas 6 e 7 são referentes a uma parte do projeto que não está relacionada com a área de expedição mas que surgiu como necessária e por representar um número de horas dedicadas relevante é incluído como Sub-capítulo nos Capítulos 3 e 4. O fim destas duas etapas é marcado pela apresentação da análise de dados em *MS-Excel* à direção do Departamento de Logística para tomada de decisões com base na mesma.

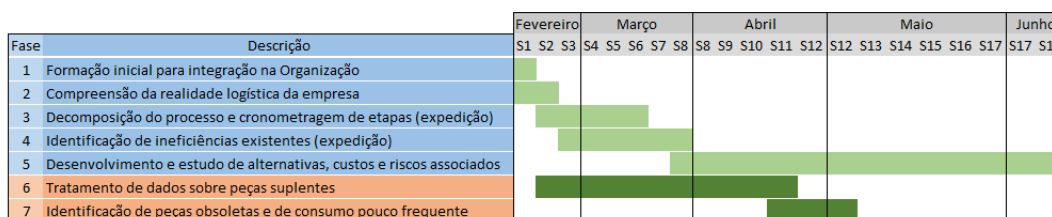


Figura 1.4: Cronograma representativo da ordem temporal das atividades do projeto

1.7 Estrutura da dissertação

Esta dissertação começou com o presente primeiro Capítulo introdutório onde foi apresentada a empresa onde o projeto foi desenvolvido e a indústria em que está inserida. Segue-se o Capítulo 2 onde é feita uma revisão dos conceitos teóricos que sustentam o projeto, o Capítulo 3 onde o mesmo é apresentado detalhadamente e é analisada a situação inicial. De seguida surge o Capítulo 4 com a exposição dos resultados e propostas de melhoria e por fim o Capítulo 5 onde são resumidas as principais conclusões deste projeto.

Capítulo 2

Revisão de literatura

Neste Capítulo é feita uma apresentação dos conceitos teóricos que estão na base deste projeto, nomeadamente a filosofia *Lean* e o estudo dos tempos e métodos, revendo diferentes definições e abordagens já existentes na literatura sobre os mesmos.

2.1 Estudo dos tempos e métodos

Tal como referido no Capítulo 1, o foco no desempenho logístico na área de expedição da ATEP tem-se tornado cada vez mais uma prioridade, dado o aumento de produção e complexidade de operações. Para identificar ineficiências e eliminar desperdícios de tempo e recursos, o estudo do trabalho revela-se uma ferramenta fundamental para atingir o objetivo de aumentar a produtividade e eficiência do processo.

No final do século XIX e início do século XX, o estudo do trabalho começou a ganhar relevância com o objetivo de identificar ineficiências e desperdícios em processos industriais (Lopetegui et al., 2014). Frederick Taylor foi um dos pioneiros neste estudo, referindo que as maiores perdas relativas a ineficiências não estavam relacionadas com desperdício de materiais, mas com desperdício de recursos humanos (mão de obra). Taylor introduziu a técnica de dividir uma tarefa em componentes, cronometrar o tempo de cada um e determinar o processo mais eficiente para cada tarefa.

Frank e Lilian Gilbreth, contemporâneos de Taylor, dedicaram-se também ao estudo do trabalho com foco no estudo de movimentos, procurando tornar os processos mais eficientes reduzindo os movimentos envolvidos (Lopetegui et al., 2014). Kanawaty (1992) descreve também o estudo do trabalho como sendo a sistematização dos métodos de execução das tarefas de forma a usar os recursos de forma eficiente e estabelecer padrões de desempenho para os diferentes processos.

Atualmente, influenciado pelo trabalho de Taylor e de Frank e Lilian Gilbreth, o estudo do trabalho é abordado através do estudo dos tempos e métodos. O primeiro, tal como Hendry (1947) define, consiste numa técnica para medir os tempos de execução de uma tarefa específica realizada sob determinadas condições e para analisar os dados de forma a obter o tempo médio necessário para um operador executar a mesma. O último - estudos dos métodos - é descrito por Kanawaty

(1992) como sendo o registo sistemático e a análise crítica dos diferentes processos com o objetivo de os melhorar.

Kanawaty (1992) descreve o estudo do trabalho como sendo uma ferramenta fundamental para a gestão de uma unidade produtiva ou de operações, com características vantajosas que levam à sua prática, tais como:

- é um meio de aumentar a produtividade de uma unidade de operações pela reorganização do trabalho, um método que normalmente envolve o uso de poucos recursos financeiros em instalações e equipamentos;
- é sistemático, logo garante que nenhum fator que afete a eficiência de uma operação seja esquecido, seja na análise das práticas originais ou no desenvolvimento de novas;
- pode contribuir para a melhoria da segurança e das condições de trabalho, identificando operações perigosas e desenvolvendo métodos mais seguros de execução das mesmas.

Meyers and Stewart (2002) referem ainda que o estudo dos tempos é o método mais eficaz na redução de custos de produção numa unidade industrial e que a simples mudança de um processo ou máquina pode eliminar diversas etapas e automatizar as tarefas. No entanto, o mesmo autor menciona que existe controvérsia associada ao estudo dos tempos e métodos, uma vez que este estudo pode levar por vezes à desumanização do trabalho ao tentar diminuir os movimentos e melhorar os processos ao extremo. Como tal, Meyers and Stewart (2002) referem que é necessário aplicar o método de forma correta e sempre tendo em conta o bem estar dos trabalhadores.

Este projeto nasceu após serem identificadas ineficiências na área de expedição e o estudo dos tempos e métodos revela-se necessário para medir o impacto das propostas de melhoria no processo logístico. A necessidade de se estudar um determinado processo advém geralmente de uma ou mais razões, tal como Kanawaty (1992) descreve:

- introdução de uma nova atividade, nunca antes executada na organização (derivado da introdução de um novo produto ou operação);
- ocorrência de uma mudança nos materiais ou métodos envolvidos num processo e é necessário estabelecer um novo tempo padrão;
- receção de uma queixa por parte de um operário quanto ao tempo requerido para uma determinada tarefa;
- identificação de uma tarefa como sendo *bottleneck* num determinado processo que limita outras atividades (a montante ou a jusante);
- necessidade de estabelecer um tempo padrão para um processo de forma a introduzir um sistema de incentivos;
- necessidade de uma análise e mapeamento preliminar de um processo para serem estudados os métodos e comparar o impacto de eventuais mudanças dos mesmos;

- identificação de atividade cujo custo é considerado excessivo e precisa de ser estudado.

Para realizar um estudo dos tempos, há diferentes métodos que se podem usar para a obtenção do tempo de cada atividade. Meyers and Stewart (2002) referem cinco métodos como sendo os principais: cronometragem, o métodos dos tempos preestabelecidos, o método da amostragem do trabalho, uso de dados standard e estimativa (por opinião de pessoa experiente ou dados históricos).

O primeiro e mais popular trata-se da cronometragem junto de um operador enquanto este realiza a tarefa que se pretende estudar. Quanto ao método dos tempos preestabelecidos, este parte de tabelas de tempos e movimentos anteriormente estabelecidos para determinar o tempo total do processo (Cardoso, 1963). O método da amostragem ou das observações instantâneas, por outro lado, permite medir os tempos de operações que ocorrem em intervalos irregulares e diferentes condições. O uso de tempos standard permite calcular o tempo de cada operação com base nos tempos standard de cada elemento (o tempo de uma deslocação entre dois pontos é diretamente proporcional ao tempo de cada passo). Por fim, podem usar-se também dados históricos ou a opinião de uma pessoa experiente para determinar o tempo de uma operação. Este método é utilizado frequentemente mas pode ser subjetivo e ter associada uma grande incerteza quando se baseia na opinião de uma pessoa.

O estudo dos tempos através da cronometragem deve ser segmentado e seguir um conjunto de procedimentos pré determinados. Segundo Kanawaty (1992), este pode ser dividido em oito etapas:

1. obtenção de toda a informação acerca do processo a ser estudado e dos fatores que o afetam;
2. descrição detalhada do processo e divisão do mesmo em elementos;
3. análise detalhada dos vários elementos para verificar se os métodos e movimentos associados a cada um são os mais eficientes e determinar a dimensão da amostra;
4. medição dos tempos de cada elemento através do uso de um cronómetro e registo dos dados;
5. em simultâneo com a etapa anterior, aferição do ritmo de trabalho do operador em relação ao considerado normal;
6. conversão dos tempos observados em *basic times* (tempo multiplicado por um fator consoante o ritmo do operador é considerado abaixo, acima ou dentro do normal esperado);
7. determinação das tolerâncias permitidas para os tempos estarem acima ou abaixo dos *basic times*;
8. determinação do tempo padrão para cada elemento.

As primeiras duas etapas são importantes para perceber bem o processo antes de se iniciar a cronometragem e definir exatamente aquilo que se vai cronometrar. Para além disso, é importante informar as pessoas que vão estar envolvidas acerca do que irá ser estudado e do porquê de ser

alvo de análise (Cardoso, 1963) para fomentar o espírito de colaboração com o estudo e evitar que os operadores se sintam de alguma forma desconfortáveis e com desconfiança para com o projeto.

Para a descrição detalhada do processo, é importante registrar toda a informação acerca do mesmo. Para este efeito, existem várias ferramentas que ajudam na esquematização e representação gráfica das diferentes etapas para tornar a análise mais expedita, tais como os fluxogramas, gráficos de processo e gráficos de movimentos. Na Tabela 2.1 pode observar-se a aplicação recomendada de diferentes métodos de esquematização, segundo AEP (2003).

Tabela 2.1: Métodos de esquematização e representação de processos (AEP, 2003)

Tipo de gráfico	Área de aplicação	Exemplos de utilização
Fluxograma	Processo de fabrico	Apresentação de todo o processo de fabrico de um produto
	Parte específica de um método	Analisar as movimentações dos produtos dentro das secções
Gráfico de processo	Parte específica de um método	Análise das operações realizadas
	Operação	Análise das tarefas e movimentações no posto de trabalho e para avaliar a eficiência do mesmo
Gráfico de movimentos	Movimentos	Análise das movimentações dos operadores para rever o <i>lay-out</i>

Quanto ao número de observações a efetuar para cada elemento, é necessário calcular qual o número mínimo que garanta que a média dos valores medidos está próxima da média da população total, uma vez que a cronometragem é um processo moroso e muitas vezes dispendioso. No Subcapítulo 2.1.2 são apresentados métodos para calcular a dimensão da amostra necessária para cada estudo.

2.1.1 Medição de tempos

Para a medição dos tempos das tarefas, dois métodos podem ser usados: medição contínua ou medição unitária. No método contínuo, o cronómetro é iniciado quando começa o primeiro elemento do processo e só é parado no fim do último elemento, sendo que o tempo em que cada elemento termina vai sendo apontado para no fim se fazer a subtração e determinação do tempo individual de cada um (Cardoso, 1963). No método unitário, por outro lado, o cronómetro é reiniciado no fim de cada elemento, registando-se sempre diretamente os tempos unitários.

O método da medição contínua é segundo diversos autores como Meyers and Stewart (2002) e Cardoso (1963) o método preferencial que traz mais confiança ao estudo efetuado, uma vez que todos os tempos são tidos em conta e tudo o que acontece durante o estudo é analisado, incluindo os elementos "estranhos".

Segundo Meyers and Stewart (2002), os elementos estranhos são todos os elementos que acontecem inesperadamente e que podem não ocorrer em todos os ciclos nem ocorrer sempre da mesma forma. Estes tempos podem ser divididos em tempos produtivos (e.g. mudanças de ferramenta,

limpeza do espaço de trabalho ou máquina, entre outros) e não produtivos (paragem para atender telefone, falar com outro operador, atar sapato, etc). A inclusão destes tempos no cálculo dos tempos médios de cada atividade é um ponto a ser discutido para cada elemento estranho individualmente.

Atualmente, com o uso de cronómetros digitais ou de aplicações para *smartphone*, é possível aplicar um método de cronometragem que reúne os benefícios de ambos os métodos apresentados. Estes dispositivos têm memória interna e consegue-se no fim de cada elemento guardar o tempo parcial em paralelo com o tempo total que se mantém a decorrer. Por um lado não é necessário subtrair valores para obter os tempos de cada elemento como no método contínuo convencional e por outro lado o cronómetro nunca para entre o início e o fim do processo, contabilizando todos os fenómenos que ocorrem durante a operação.

Na Figura 2.1 pode observar-se um exemplo de um cronómetro mecânico em contraste com uma aplicação de cronómetro para telemóvel apresentada na Figura 2.2. O primeiro era usado antes de aparecerem os cronómetros digitais e tornava a medição dos tempos mais difícil e sujeita a erros. O segundo permite guardar os tempos individuais (Tempo da volta) de cada elemento enquanto o tempo total continua em contagem (Tempo geral).



Figura 2.1: Cronómetro mecânico

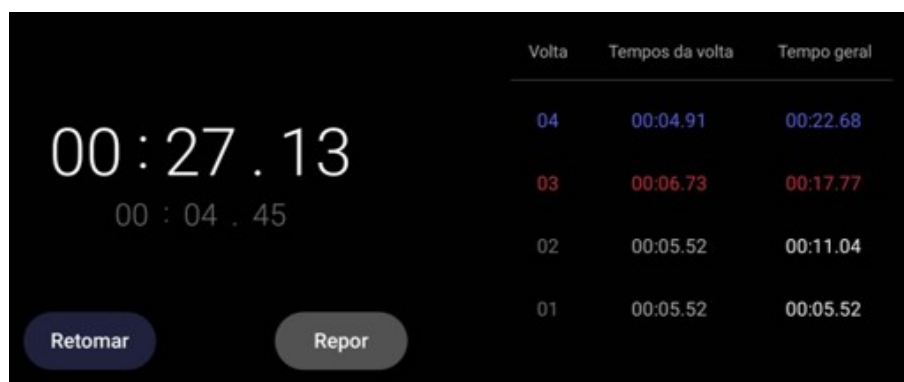


Figura 2.2: Cronómetro em aplicação para telemóvel

Segundo Meyers and Stewart (2002), quando o tempo dos elementos que se estão a analisar excede os 15 minutos e há uma sequência inconstante dos mesmos, estamos perante o estudo de tempos de ciclos longos.

Neste tipo de estudos é normal estarem presentes vários elementos estranhos. Este aspeto aliado à sequência de elementos variável pode levar à obtenção de maus resultados no estudo e dificuldade na execução do mesmo.

2.1.2 Dimensão da amostra

A exatidão de um estudo de tempos depende do número de observações efetuadas, isto é, da dimensão da amostra. Dada a natureza dos processos a estudar, por vezes não é possível efetuar um grande número de observações, seja pelo fenómeno ocorrer com pouca frequência ou por ser muito dispendiosa cada observação. O importante, contudo, é saber a confiança e a exatidão associadas ao estudo, isto é, se a média dos valores medidos está suficientemente perto da verdadeira média da população (Cardoso, 1963).

A exatidão geralmente usada e aceite neste tipo de estudos, tal como Meyers and Stewart (2002) referem, é de 5% com um nível de confiança de 95%. Isto significa que se pretende afirmar que o tempo médio de um elemento obtido pela amostra tem uma probabilidade de 95% de estar 5% acima ou abaixo da média da população.

Para se determinar o número de observações mínimo necessário para obter cada nível de exatidão e confiança são efetuados cálculos baseados na teoria estatística. Cardoso (1963) apresenta a Equação 2.1 para se obter a dimensão da amostra necessário (com 95% de confiança e 5% de exatidão) a partir do cálculo do desvio padrão e média amostrais de uma primeira amostra de 10 a 15 observações. Após o cálculo, caso o resultado seja superior à dimensão da amostra previamente calculado, devem medir-se mais tempos até obter o número calculado e voltar a fazer o cálculo com base na nova amostra total e assim sucessivamente até o número calculado ser inferior à dimensão da amostra existente.

$$N_a = (40 \times \frac{\sigma_a}{\bar{X}_a})^2 \quad (2.1)$$

onde: N_a = número de observações mínimo

σ_a = desvio padrão amostral

$\bar{X}_a$ = média amostral

No entanto, na prática utilizam-se geralmente tabelas e gráficos que facilitam a obtenção destes dados de forma mais expedita (Cardoso, 1963). Na Tabela 2.2 pode observar-se um método de obter a dimensão da amostra recomendada com base no tempo dos ciclos alvos de estudo, apresentado por Kanawaty (1992) como sendo utilizado por diversos autores e empresas.

Tabela 2.2: Dimensão da amostra recomendada por tempo de ciclo (Kanawaty, 1992)

Minutos por ciclo	Dimensão da amostra
< 0,10	200
< 0,25	100
< 0,50	60
< 0,75	40
< 1,00	30
< 2,00	20
< 5,00	15
< 10,0	10
< 20,0	8
< 40,0	5
> 40,0	3

2.2 Filosofia Lean

A filosofia ou pensamento *Lean* foi descrito primeiramente por John Krafcic em 1988 (Chiarini et al., 2016) mas este conceito foi popularizado mais tarde por James Womack e Daniel Jones em 1996 na sua obra *Lean Thinking*. Womack and Jones (2003) referem a importância de se conhecer a palavra japonesa *Muda* (desperdício), que neste âmbito significa todas as atividades humanas que envolvem recursos e não criam valor, cujo "antídoto" é o pensamento *Lean* que permite fazer mais com menos. Usando menos recursos como equipamentos, tempo, mão de obra e espaço é possível chegar ao que o cliente realmente pretende. Os mesmos autores definiram os cinco princípios deste conceito como sendo:

1. definir valor;
2. mapear a cadeia de valor;
3. criar fluxo;
4. implementar sistema *pull*;
5. almejar a perfeição.

O primeiro princípio, como Womack and Jones (2003) descreve, é o ponto de partida crítico para o pensamento *lean* e o mesmo é definido pelo cliente, é o que o cliente está disposto a pagar e que satisfaz as suas necessidades. Após definir o o valor, é necessário mapear a cadeia de valor, isto é, todas as atividades que contribuem para a criação do valor que se pretende obter e reduzir e eliminar as etapas do processo que não contribuem para o mesmo. De seguida, tem de se garantir que há um fluxo regular das atividades que criam valor, com o mínimo de paragens e tempos de espera. O sistema *pull* tem como objetivo diminuir inventário excessivo e desnecessário, sendo neste sistema as matérias primas adquiridas na altura e na quantidade necessárias. Por fim, deve haver uma mentalidade de procura constante da perfeição por parte de todos os envolvidos no processo e fazer parte da cultura da organização esta vontade de criar valor e diminuir o desperdício.

Pinto (2009), por outro lado, critica a aplicação destes princípios referindo que estes têm limitações e que podem levar as organizações a entrarem num ciclo repetitivo de eliminação de desperdício e a perder o foco na criação de valor através da inovação de produtos e processos, algo que considera ser uma das atividades mais importantes de uma empresa. O mesmo autor refere ainda que não se deve ter em conta apenas a criação de valor para o cliente mas também para os restantes *stakeholders*.

A Toyota pioneira na aplicação destes conceitos na indústria, sendo hoje popular o seu sistema de produção – TPS (*Toyota Production System*) – uma vez que é um dos sistemas mais bem documentados e com provas de sucesso (Wilson, 2010). Este sistema foi criado por Taiichi Ohno que descreve a base do TPS, citado por Wilson (2010), como sendo a absoluta eliminação do desperdício e cujo objetivo é a redução dos custos. O mesmo autor caracteriza o TPS como sendo um método que:

1. tem o foco no controlo da quantidade para reduzir o custo através da eliminação de desperdício;
2. baseia-se fortemente na qualidade de processos e produto;
3. está em constante evolução e desenvolvimento;
4. integra todas as áreas da organização;
5. é marcado por uma cultura de gestão saudável, consciente e consistente.

Na aplicação da Filosofia *Lean* é necessária a identificação das várias fontes de desperdício que podem haver numa organização. Chiarini (2013) apresenta vários métodos de classificar os tipos de desperdício, entre ele o "4M" que divide as ineficiências de acordo com a sua origem: Mão de obra, Máquina, Material e Método. Na Figura 2.3 pode observar-se um diagrama de causa-efeito que apresenta este conceito de acordo com Chiarini (2013).

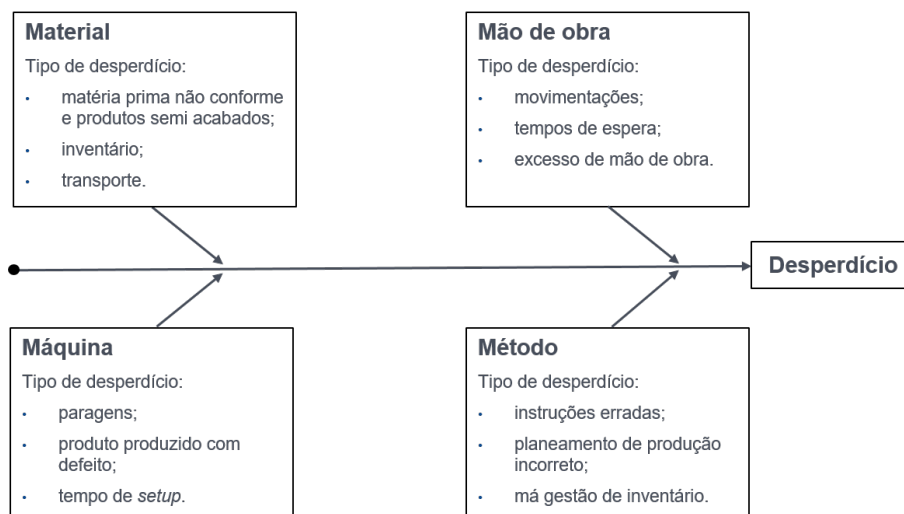


Figura 2.3: 4M - Desperdício dividido de acordo com a sua origem (Chiarini, 2013)

Meyers and Stewart (2002) relacionam os conceitos do estudo dos tempos e métodos com o pensamento *lean*, referindo que o primeiro é uma ferramenta importante para alcançar e manter um ambiente *lean* numa organização, uma vez que tem um papel importante na identificação de ineficiências e permite posteriormente eliminar essas fontes de *muda* (desperdício em japonês).

2.2.1 Filosofia *Lean* na indústria de semicondutores

A Filosofia *Lean* é uma estratégia de gestão assente na organização dos princípios de valor para o cliente, redução de desperdício, fluxo de produção sem paragens e melhoria contínua (Dopp, 2010). Dopp (2010) refere que várias ferramentas *Lean* têm sido implementadas com sucesso na indústria de semicondutores, tais como o 5S e TPM (*Total Productive Maintenance*). No entanto, o mesmo autor refere que esta indústria tem um histórico de ser dominada por um paradigma "anti-*Lean*", onde a rápida inovação tecnológica e de produto era suficiente para manter as empresas competitivas. Atualmente, ter um sistema de gestão assente em princípios *Lean* revela-se cada vez mais como um fator fundamental para o sucesso nesta indústria.

A dificuldade na mudança de paradigma pode dever-se, segundo Wildeman (2005), ao facto de haver por vezes alguma relutância quanto à implementação de metodologias *Lean* por parte dos órgãos de gestão, devido à incapacidade destas gerarem resultados visíveis a curto prazo. O mesmo autor refere ainda que a mudança da forma de pensar numa organização é uma tarefa difícil que exige persistência e uma forte capacidade de liderança por parte dos gestores. Tal como refere (Dopp, 2010), esta mudança na forma de pensar tem de ser feita por todas as pessoas envolvidas na organização e estas devem melhorar continuamente para alcançar o sucesso da empresa.

No passado, as empresas de semicondutores definiam o preço dos seus produtos aplicando aos custos a margem de lucro necessária para a empresa se manter lucrativa. À medida que a competitividade nesta indústria foi aumentando, a chave para o sucesso começou a passar por ter uma estrutura de custos competitiva e em melhoria contínua (Holly, 2006). É neste âmbito que a aplicação de metodologias *Lean* para reduzir o desperdício se revela fundamental.

2.2.2 Metodologia 5S

O sistema 5S é uma ferramenta usada para alcançar uma filosofia de trabalho caracterizada pela disciplina, eficiência e preocupação com todos os detalhes (Carreira, 2005). Na Figura 2.4 pode ver-se o significado resumido das 5 palavras japonesas que constituem a metodologia 5S.

O primeiro S, *Seiri*, está relacionado com a seleção das ferramentas necessárias a cada espaço de trabalho e remoção das restantes. O segundo, *Seiton*, está associado à organização do espaço de trabalho e passa por rotular e organizar todas as ferramentas e equipamentos, definindo locais de armazenagem específicos para cada um. *Seiso* consiste em manter a área de trabalho sempre limpa para uma melhor imagem e bem-estar na mesma. O quarto S, *Seiketsu*, implica a implementação de padrões em todos os processos. Esta criação de rotinas é importante para o cumprimento dos pontos anteriores. Por fim, *Shitsuke* é o elo de ligação dos vários pontos desta metodologia, uma

vez que visa a disciplina de todos os colaboradores e o compromisso para com a organização que resulta numa maior qualidade e eficiência dos processos.

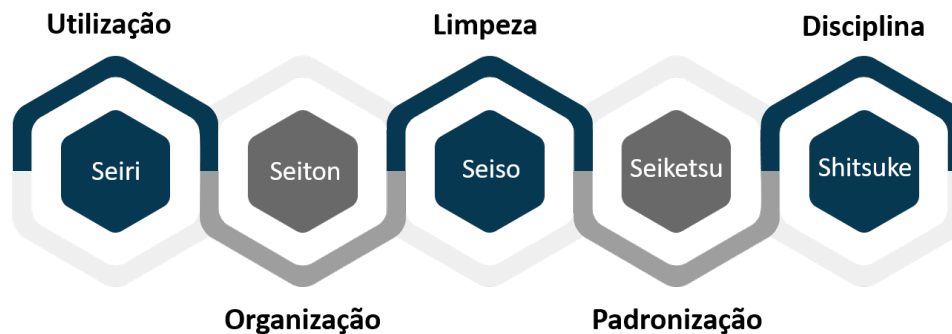


Figura 2.4: Metodologia 5S

A implementação deste tipo de metodologias é importante em qualquer unidade de produção para a redução de ineficiências. Carreira (2005) refere que se o ambiente numa empresa é desorganizado, sujo, inseguro e sem processos bem definidos isso resultará numa baixa e inconsistente qualidade na produção e um desempenho muito aquém do potencial. Estas características numa organização representam custos desnecessários e impactam a imagem para o cliente, revelando falta de profissionalismo, como descreve o mesmo autor. Por outro lado, Carreira (2005) refere que uma empresa que lidera um determinado mercado se caracteriza por um ambiente de trabalho limpo, organizado e com atenção a todos os detalhes.

Capítulo 3

Situação inicial

Neste Capítulo é feita uma contextualização inicial acerca da empresa, clientes, produtos e processos envolvidos, seguida de uma apresentação do problema e situação inicial.

3.1 Contextualização

3.1.1 Características do produto

Tal como referido no Capítulo 1, os semicondutores são materiais com propriedades únicas e que requerem diversos cuidados no seu manuseamento e transporte. A linha de produção situa-se dentro de salas limpas com um rigoroso controlo do número de partículas por metro cúbico, da humidade relativa do ar e controlo de descargas de eletricidade estática.

O processo produtivo parte de *Wafers* que chegam das fábricas de *front-end* já com um número específico de circuitos integrados ou *dies* e que ao longo da linha de produção são alvo de diversas operações que permitem chegar ao fim com *chips* prontos a ser usados em dispositivos desde telemóveis a automóveis.

Ao longo do processo produtivo, os *chips* são alvo de diversas inspeções e verificações de qualidade para garantir que o produto final chega ao cliente sem defeitos. Esta garantia é especialmente importante nos produtos destinados ao setor automóvel, onde uma falha de um circuito integrado, dependendo da aplicação, pode causar a perda de vidas humanas.

Os circuitos integrados atualmente produzidos na ATEP são expedidos em 4 suportes distintos: Transportador de Wafers Horizontal (*Horizontal Wafer Shipper*), *Tape & Reel*, FOSB (*Front Opening Shipping Box*) e *Trays*. No primeiro - Figura 3.1, do lado esquerdo - os circuitos integrados são expedidos em *Wafer* e cada HWS pode levar até 25. Ainda na Figura 3.1, do lado direito, está um exemplo do tipo de embalagem em *reel*, onde os *chips* são expedidos já na forma individualizada.

Na Figura 3.2 é possível observar os restantes suportes. Do lado esquerdo, um exemplo de FOSB, onde o produto é também expedido em *Wafer* e do lado direito um exemplo de *tray* onde as unidades são colocadas individualmente em cada ranhura da mesma.



Figura 3.1: Exemplo de *Horizontal Wafer Shipper* e de *Tape & Reel*



Figura 3.2: Exemplo de FOSB e de *Tray*

Independentemente do formato em que os *chips* são expedidos, há sempre necessidade de proteger o produto contra vibrações, humidade e eletricidade estática. Alguma desta proteção é assegurada numa primeira embalagem ainda na linha de produção, onde no caso da expedição em *trays*, os *chips* são embalados em sacos que isolam contra a humidade e descargas eletroestáticas (*Moisture Barrier Bags*) fechados a vácuo junto com dessecantes (substâncias com capacidade de absorção de humidade). Para além destas proteções, outras são adicionadas na embalagem final na área de expedição.

Toda a produção na ATEP é feita por encomenda (*MTO - Make to Order*), sendo o número de clientes bastante limitado uma vez que a produção para cada um difere muito em características e requisitos. Os requisitos abrangem não só a conceção e fabrico do produto mas também a forma como ele é armazenado e expedido.

3.1.2 Clientes e produtos

Neste projeto foram apenas estudados os processos de expedição de encomendas para três dos clientes da ATEP, aqueles que atualmente representam maior volume de encomendas e têm previsto um aumento de produção durante os meses seguintes, tendo assim uma prioridade superior para serem estudados e melhorados.

Ao longo desta dissertação, estes clientes vão ser denominados de cliente XFI, DNQ e VSN¹.

¹por questões de confidencialidade, os nomes verdadeiros dos clientes e produtos não serão referidos

Para o cliente XFI, foram alvo de estudo apenas os produtos expedidos em HWS, que ao longo desta dissertação são referidos como produtos do tipo HWS. Para o cliente DNQ, foram estudadas as expedições de produtos em *Tape & Reel* de 7 e 13 polegadas de diâmetro, denominados neste projeto de produtos do tipo TR, e também produtos do tipo HWS. Para o cliente VSN foram estudados dois tipos de produtos, denominados nesta dissertação de S e D, expedidos em *trays* - produtos do tipo T.

3.1.3 Departamento de Logística

O departamento de logística é responsável por todas as movimentações de materiais na empresa, desde a entrada de matérias-primas adquiridas por importação até à expedição e exportação do produto final, passando pela gestão de armazéns, peças suplentes e fornecimento de materiais à produção.

A execução logística na ATEP é subcontratada a um dos líderes mundiais no mercado de fornecimento de serviços de logística. Esta empresa tem funcionários dedicados apenas à ATEP, responsáveis por dar resposta aos desafios logísticos diários que surgem nesta unidade industrial.

É o departamento de logística que gere a área de expedição, uma zona de acesso restrito com videovigilância e controlo de entradas e saídas onde é feita a embalagem final e preparação da expedição das encomendas para os clientes por três operadores. Esta área constitui o objeto de estudo principal deste projeto, onde os vários procedimentos e atividades foram observados e estudados.

3.1.4 Processo de expedição

Na ATEP, 100% da produção tem como destino a exportação para países como Taiwan, Malásia, Singapura, Alemanha, entre outros. Como tal, entre a ATEP e o cliente final o produto passa por diversos transportadores, sejam eles aéreos ou terrestres. Nestas deslocações e trocas entre transportadores o produto pode estar sujeito a quedas e ser exposto a condições climáticas adversas (e.g. ser deixado no aeroporto à chuva). São por isso necessários procedimentos na embalagem que ajudem a prevenir danos durante o transporte das encomendas.

Demais, cada cliente tem exigências próprias para o processo de embalagem e expedição, sendo por isso estes processos na ATEP uma junção entre o que o cliente exige e o que a empresa define como necessário.

O controlo do cumprimento de encomendas é feito pelo departamento de planeamento de produção e controlo, que semanalmente elabora um plano sobre os produtos e quantidades a expedir para cada cliente, sendo que o processo de expedição para cada cliente tem atribuído um operador específico responsável por assegurar o cumprimento do plano. No entanto, os três operadores da área de expedição estão preparados para fazer o envio de encomendas para qualquer cliente, já que por vezes têm necessidade de o fazer (sistema de *backup*). Há ainda um quarto operador nesta área cujas tarefas diárias não são de expedição de encomendas mas que, quando necessário, também faz o envio para qualquer cliente.

O processo de expedição de produto para os vários clientes segue, de forma geral, as mesmas etapas ainda que por vezes numa ordem diferente, sendo que para cada cliente existem alguns procedimentos próprios, escrutinados de seguida no Sub-capítulo respetivo a cada cliente.

Este processo é constituído por uma parte interna executada nas instalações da ATEP e uma parte externa executada fora por outros agentes. A parte externa engloba todo o processo de transporte até ao cliente, envolvendo despachante, transitário, alfândega, entre outros agentes.

A parte interna começa com a análise diária do estado de execução do plano semanal e a verificação em sistema (SAP) dos lotes que já se encontram prontos a expedir. Após se decidir o que vai ser expedido, é necessário recolher os lotes em questão e fazer a pesagem dos mesmos.

Tendo toda a informação sobre os lotes e respetivos pesos, é feito o documento em SAP que irá acompanhar a encomenda e permitirá que esta passe pelos vários transportadores e fronteiras até chegar ao cliente. É então preparado o material para embalagem (montagem de caixas de cartão, espumas de proteção, etc) e são empacotados os diversos lotes nas caixas de cartão de acordo com os procedimentos definidos e com o que está discriminado nos documentos.

Com os lotes empacotados e as caixas de cartão seladas, é feita a cintagem das caixas individualmente e a aplicação de filme estirável para conferir robustez e impermeabilizar a caixa, respetivamente. A encomenda fica pronta a expedir após estas duas etapas e resta só enviar emails ao cliente, transitário e transportadora com a informação sobre a expedição e tratar de alguma documentação adicional.

Na Figura 3.3 é apresentado um esquema simplificado destas etapas:

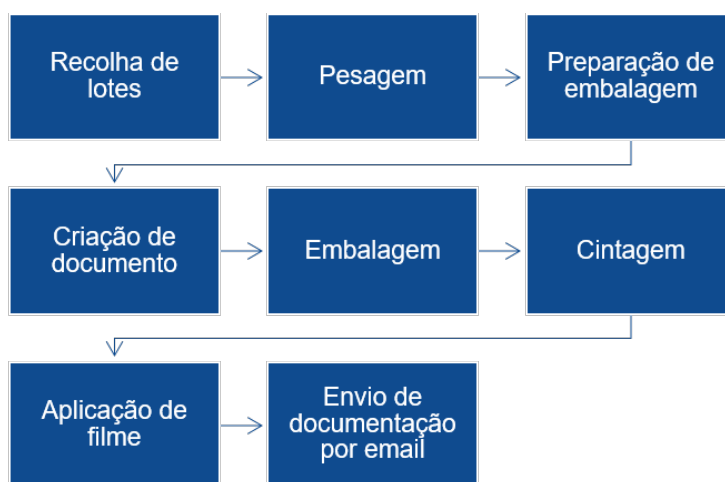


Figura 3.3: Etapas principais do processo de expedição

Recolha de lotes

Os lotes que saem da linha de produção são colocados em armazéns automáticos verticais constituídos por diversas prateleiras, cada uma destinada a um ou mais produtos. Estes armazéns permitem que as prateleiras sejam alimentadas na linha de produção no nível superior do armazém

vertical e no nível inferior as mesmas sejam acedidas para se recolher o produto para expedir. Na Figura 3.4 pode observar-se um exemplo de um armazém automático deste tipo.



Figura 3.4: Exemplo de armazém vertical automático

A recolha de lotes para expedição é feita em dois momentos: há uma primeira recolha em que um operador da área de expedição vai até aos armazéns verticais esvaziar as diferentes prateleiras e leva a totalidade de produto que está pronto nesse momento, independentemente do cliente de destino; e uma segunda quando o operador efetivamente está a recolher os lotes específicos que quer expedir e procura os mesmos nas várias prateleiras da área de expedição.

A primeira recolha de ida aos armazéns automáticos é feita normalmente uma ou duas vezes por dia: de manhã quando um dos operadores chega, quando há necessidade de esvaziar prateleiras para a linha de produção ter espaço para introduzir mais lotes e quando há algum atraso na disponibilização do lote no armazém e é necessário ir recolhê-lo mais tarde para ser expedido.

Pesagem

Numa expedição de encomendas tem sempre de ser discriminado o peso líquido, bruto e tara de cada caixa. Quanto ao peso líquido, este é em alguns casos obtido através da pesagem manual em balança de cada lote individualmente. Noutros casos, o peso por lote é standard e conhecido pelos operadores e não é necessário aferir o mesmo.

A pesagem manual de lotes é um processo moroso e que envolve esforço físico considerável quando uma encomenda é constituída por muitos lotes de peso elevado.

Preparação de embalagem

Esta etapa do processo consiste em reunir todos os materiais necessários à embalagem dos produtos para expedição, tais como plástico de bolhas protetor, sacos de plástico, abraçadeiras de plástico, paletes e caixas de cartão.

Dentro desta atividade destaca-se a formação de caixas de cartão, isto é, abrir as caixas espalmadas e fechar uma das aberturas com fita adesiva para poderem ser embalados produtos no seu

interior. No momento da expedição, cada operador vê o número de caixas de cartão necessárias e forma o número respetivo.

Criação de documentos

Para a expedição de encomendas, é necessário criar em SAP o documento *Outbound Delivery Order* que tem como funções: gerir todas as movimentações de materiais em sistema, isto é, dar baixa do inventário dos materiais de embalagem consumidos na expedição tais como caixas de cartão e espumas de proteção e sinalizar os lotes de produto como expedidos; e despoletar a criação de documentos necessários à expedição. Estes documentos descrevem as características de cada encomenda tais como o número de volumes, peso, meio de transporte (terrestre, aéreo ou marítimo), referências dos produtos, entre outras, e acompanham-na até ao cliente final, permitindo que esta passe pelos vários transportadores e fronteiras. Para alguns clientes, a criação deste documento despoleta também o processo de faturação, tendo por isso uma importância adicional.

As principais etapas na criação deste documento são:

1. seleção de cliente e *sales order*;
2. seleção das referências a enviar;
3. seleção dos lotes e quantidades a enviar de cada referência (*batch split*);
4. embalagem em sistema, isto é, discriminar o lote, quantidade, peso e materiais auxiliares de embalagem como selos de segurança e espumas de proteção que são embalados fisicamente em cada tipo de caixa de cartão;
5. introdução de informações sobre o transporte: número de carta de porte, nome da transportadora, data e hora de expedição, entre outras.

Embalagem

Tendo os documentos criados e os materiais para a embalagem preparados, resta fazer a embalagem dos lotes tal como consta nos documentos e de acordo com os procedimentos requeridos pelos clientes.

Nesta etapa, cada operador coloca um ou mais lotes dentro de uma caixa de cartão junto com os materiais de proteção necessários, é colada uma etiqueta na parte de fora da caixa de cartão, é feita uma verificação de que o produto presente na caixa é rigorosamente o que está descrito na etiqueta - *Packing Control* - e por fim a caixa é selada com fita adesiva. Em alguns casos, são também colocados selos de segurança por cima da fita adesiva em cada uma das aberturas da caixa. Na Figura 3.5 pode observar-se uma caixa selada com fita adesiva e um retângulo amarelo a representar o selo de segurança que é colocado em cada abertura.



Figura 3.5: Exemplo de caixa fechada com fita adesiva e selo de segurança

O controlo da embalagem é feito através da leitura do código de barras da etiqueta presente no lote e do código presente na etiqueta colada na caixa de cartão. Após ambas as leituras serem efetuadas, é verificado em SAP se a informação é coerente e em caso afirmativo, uma luz verde é apresentada na linha de leitura, caso contrário é mostrado um aviso com a diferença que existe entre as duas informações (lote incorreto, quantidade embalada superior ou inferior ao suposto, etc).

Cintagem e aplicação de filme

A cintagem e a aplicação de filme estirável nas caixas de cartão são procedimentos efetuados com o objetivo de dar robustez à caixa e de a proteger contra a humidade, respetivamente. No primeiro, cada caixa é colocada individualmente numa máquina de cintar e são aplicadas duas cintas cruzadas perpendicularmente. Na aplicação de filme, são usados rolos de filme estirável e este é aplicado manualmente a cada uma das caixas, envolvendo todas as faces das mesmas com duas ou três camadas de filme. Na Figura 3.6 pode observar-se uma caixa cintada e envolvida com filme estirável. Quando a carga é expedida em palete, esta é também cintada e é aplicado filme estirável numa máquina apropriada para paletes.



Figura 3.6: Exemplo de caixa cintada e envolvida com filme

Envio de documentação por email

A parte interna do processo de expedição termina com a saída da encomenda das instalações da ATEP através da transportadora responsável mas antes é necessário o envio por email dos documentos que descrevem a mesma para o cliente, transportadora, transitário e despachante.

3.1.5 Cliente XFI

Para o cliente XFI, os produtos do tipo HWS são considerados produto seguro e têm exigências de segurança e restrições de armazenamento e acesso específicas: os produtos são armazenados num local distinto de todos os outros, com acesso permitido apenas às pessoas competentes e videovigilância permanente. O produto só é removido deste local na hora de ser expedido, sendo que as caixas de cartão onde é inserido têm de ter um selo de segurança em cada uma das aberturas com uma referência única que tem de ser associada a cada lote nos documentos que acompanham a encomenda.

O peso dos produtos do tipo HWS expedidos para o cliente XFI varia apenas consoante o número de *wafers* que contém, sendo que este número varia pouco. O normal é ter o máximo que esta embalagem suporta. Quando a embalagem não está completa, é necessário fazer a pesagem manual em balança para aferir o peso do lote.

Na preparação da embalagem para este cliente é necessário cortar tiras de plástico de bolhas que é posteriormente inserido na embalagem para proteger o lote contra impactos.

Quanto à criação do documento, apesar de alguns pesos serem conhecidos, estes são sempre inseridos manualmente lote a lote em SAP e posteriormente é feita a embalagem em sistema também manual e individualmente. Para este cliente, é necessário ainda que ao fazer a embalagem em SAP seja especificado em cada caixa o número de identificação único dos dois selos que vão ser associados à mesma.

A embalagem destes produtos consiste em envolver o produto dentro da caixa com 2 tiras de plástico de bolhas, fazer a leitura dos códigos de barras do lote e da caixa para verificação em SAP, selar a caixa com fita adesiva e colocar um selo no topo de cada abertura.

De salientar que para o cliente XFI, embala-se sempre apenas 1 lote por caixa e é usado sempre o mesmo tipo de caixa de cartão (com dimensões e peso constantes).

As restantes etapas do processo de expedição são feitas consoante o procedimento geral anteriormente descrito, sendo que atualmente são feitas 3 expedições por semana para este cliente.

3.1.6 Cliente VSN

Para o cliente VSN, atualmente os produtos são sempre expedidos em *trays*, havendo 2 tipos de produto que não podem ser misturados nas mesmas caixas nem nos mesmos documentos: produtos S e D.

Um lote destes produtos pode ser constituído por 1 a 6 caixas de *trays*, sendo o normal cada lote ter entre 5 a 6 caixas internas como é apresentado na Figura 3.7. Dentro destas, a maioria são

caixas cheias, isto é, levam o número máximo suportado de *trays* e peças em cada *tray* mas cada lote tem sempre uma caixa incompleta com um número inferior destes componentes.



Figura 3.7: Exemplo de lote constituído por 6 caixas

O peso de cada lote dos produtos do cliente VSN depende se é um produto S ou D, do número de caixas de *trays* que o constituem e do número de unidades que a caixa incompleta do lote contém. Atualmente, o peso dos lotes é aferido através da pesagem manual e individual de cada lote em balança, sendo que todos sem exceção são pesados.

Quanto à embalagem, para este cliente é possível juntar diferentes lotes na mesma caixa desde que a referência do produto seja a mesma. Para juntar lotes na mesma caixa, é necessário também que o número de caixas de *trays* dos vários lotes somados não exceda a capacidade máxima das caixas de cartão.

Para este cliente são usadas 3 caixas externas de cartão diferentes: C1, C2 e C3, com capacidade para 2, 4 e 6 caixas de *trays*, respetivamente. Se um lote é constituído por 5 caixas internas, então é usada uma caixa externa C3 e é adicionada uma caixa de *trays* vazia para completar o espaço em falta. No entanto, se houver um lote do mesmo produto com apenas uma caixa de *trays* então estes dois lotes são expedidos na mesma caixa.

Ainda no processo de embalagem, este cliente exige que as caixas de *trays* sejam colocadas dentro de um saco de plástico fechado posteriormente com uma abraçadeira de plástico, de modo a ter uma proteção adicional contra a humidade.

Os produtos da VSN, à semelhança da XFI, têm também de ter selos de segurança específicos em cada uma das aberturas das caixas de cartão, selos estes que são colocados por cima da fita adesiva que sela a caixa e que se forem removidos deixam uma impressão no cartão e não podem ser reutilizados. O número de identificação único dos selos tem também de constar nos documentos que descrevem a encomenda associado a cada caixa (e.g. se no documento está descrito que a caixa 1 tem os selos com o ID 123, fisicamente a caixa 1 terá de ter exatamente esses selos).

As restantes etapas do processo de expedição são feitas consoante o procedimento geral anteriormente descrito, sendo que atualmente são feitas entre 4 a 5 expedições por semana para este cliente.

3.1.7 Cliente DNQ

Quanto ao cliente DNQ, são expedidos produtos em *Tape and Reel* (TR) de 7 e 13 polegadas de diâmetro e em HWS.

Os produtos do tipo TR são expedidos em "*pizza boxes*", nome dado vulgarmente às caixas internas de cartão de base quadrada e altura reduzida, como se pode observar na Figura 3.8. Cada caixa interna destas contém uma *reel*, sendo que cada reel de 7 polegadas transporta sempre 2000 *chips* (reel 7"2k) enquanto as *reels* de 13 polegadas podem ter 2000 ou 4000 unidades cada (reel 13"2k e reel 13"4k). Os pesos destes produtos são portanto constantes, dependendo apenas do tipo de *reel* e do número de peças que contém.



Figura 3.8: Caixas contendo *reels* de 7 e 13 polegadas de diâmetro

Quanto à criação de documentos, há determinados grupos de produtos que podem constar no mesmo documento e ser agregados na mesma caixa, sendo que por semana são criados cerca de 8 documentos para produtos expedidos em HWS e 14 para produtos do tipo TR.

No processo de embalagem de produtos TR são usados 4 tipos de caixas externas diferentes, 2 para *reels* de 7 polegadas e 2 para as de 13". Duas das caixas têm uma capacidade máxima para 10 *reels* e as outras duas para 5, sendo as de 10 as usadas regularmente. Na Figura 3.9 podem observar-se duas caixas cheias com 10 *reels* de 7 polegadas (lado esquerdo da foto) e 13 polegadas (lado direito). As caixas externas com capacidade máxima de 5 *reels* servem apenas para quando a quantidade restante a expedir é igual ou inferior a esse valor.



Figura 3.9: Exemplo de caixas externas cheias com 10 *reels* de 7 e 13 polegadas de diâmetro

As restantes etapas do processo de expedição são feitas consoante o procedimento geral anteriormente descrito, sendo que atualmente são feitas apenas 2 expedições por semana para este cliente.

Na Tabela 3.1 encontra-se resumida a informação principal a reter acerca dos diferentes produtos analisados para os vários clientes.

Tabela 3.1: Resumo das características dos vários produtos estudados para os diversos clientes

Cliente	Produtos	Suporte	Selos (S/N)	Embalagem
XFI	HWS	Horizontal Wafer Shipper	S	1 lote p/ caixa
VSN	D	Tray	S	Variável
	S	Tray	S	Variável
DNQ	HWS	Horizontal Wafer Shipper	N	1 lote p/ caixa
	Reel 2k 7"	Tape & Reel	N	10 reels p/ caixa
	Reel 2k 13"	Tape & Reel	N	10 reels p/ caixa
	Reel 4k 13"	Tape & Reel	N	10 reels p/ caixa

3.1.8 Sistemas de informação - SAP

Um dos sistemas usados para a gestão de informação na ATEP é o SAP. O SAP é um sistema integrado de gestão empresarial (*Enterprise Resource Planning - ERP*) que permite reunir a informação de diversas áreas de uma organização num só local. Este *software* está dividido por módulos tais como Gestão de Materiais, Gestão de Recursos Humanos, Gestão da Qualidade, Planeamento de Produção, Vendas e Distribuição, entre outros.

No departamento de logística, o módulo de Gestão de Materiais e o de Vendas e Distribuição têm um papel fundamental, uma vez que é nestes que é feita a gestão de toda a informação acerca das matérias-primas, peças suplentes, inventário de produto acabado pronto a expedir e acerca da expedição em concreto.

No processo de expedição, é necessária a criação de documentos que descrevem cada encomenda a nível de número de volumes que a constituem, peso, produtos que a integram, transportadora envolvida, número de carta de porte, entre outros requisitos. Estes documentos acompanham as encomendas e são enviados para o cliente, transitário e transportadora, pelo que é fundamental que nenhum erro ocorra na criação dos mesmos, uma vez que isso pode implicar o produto ficar retido em alfândegas, atrasar-se na chegada ao cliente ou criar desconfiança para com o mesmo (se os documentos não estiverem coerentes com o que foi expedido). Uma parte deste projeto prende-se com o mapeamento do processo de criação destes documentos em SAP e identificação de processos manuais e repetitivos que possam ser automatizados, reduzindo assim o tempo despendido nesta atividade.

3.2 Descrição do problema

3.2.1 Melhoria do processo de expedição

Dada esta contextualização acerca das atividades na área de expedição, passa-se agora à descrição do problema em si.

Este projeto nasceu da identificação de ineficiências e potencial de melhoria de processos na área de expedição de produto da ATEP. O objetivo passa por observar e mapear todos os processos executados nesta área de forma a poder identificar o que poderia ser melhorado.

Na análise dos processos, o objetivo era identificar processos com as seguintes características:

- processos manuais e repetitivos com possibilidade de automatização;
- processos críticos para a imagem para o cliente sem verificação e com probabilidade de erro humano significativa;
- processos que contribuam para o aumento da entropia na área de expedição;
- processos morosos que não acrescentam valor;
- processos que envolvam esforço físico significativo.

Resumidamente, pretende-se eliminar processos manuais e repetitivos, diminuir o risco de erro humano, melhorar a organização da área de trabalho e diminuir o esforço físico dos operadores, tornando assim o processo de expedição mais eficiente como um todo.

Esta necessidade de tornar o processo mais eficiente de forma geral advém do aumento do número de clientes, produtos e volume de produção que se prevê para breve. Estes aumentos vão exigir mais horas de mão de obra na área de expedição, sendo por isso importante ter um processo globalmente eficiente.

Com o mapeamento e cronometragem dos processos pretende-se ainda que seja possível prever o impacto que este aumento de produção terá nas necessidades de mão de obra alocada à expedição de produto.

3.2.2 Análise de peças suplentes

Para além da necessidade de melhorar o processo de expedição, foi também apresentado o problema do número crescente de peças suplentes, tanto a nível da quantidade de referências como inventário total. Como tal, foi colocado o desafio de extrair os dados necessários dos sistemas de informação da ATEP para poder analisar as existências atuais, tentando identificar peças suplentes obsoletas e com rotação de *stock* baixa ou inexistente.

Este problema surge da dificuldade crescente em gerir e organizar fisicamente um número tão elevado de peças suplentes, que pode levar também a que peças com elevada rotação tenham de ser armazenadas em locais mais distantes por falta de espaço, havendo um desperdício de tempo associado às deslocações para acesso a estas peças.

3.3 Situação inicial

As diversas atividades do processo de expedição foram observadas e cronometradas de modo a identificar quais as tarefas que têm maior impacto nas operações diárias na área de expedição e identificar ineficiências e possibilidades de melhoria.

Na Tabela 3.2 são apresentados os tempos recolhidos para a atividade de cintagem de caixas para o cliente XFI e respetiva média, desvio padrão amostral e dimensão da amostra necessária calculada conforme a fórmula apresentada no Capítulo 2. Esta Tabela é um exemplo do processo de registo de dados e cálculo dos tempos médios para cada atividade. Foram registados 17 tempos de ciclo diferentes para esta atividade, valor superior à dimensão da amostra necessária que seria de 15 observações, tendo uma confiança de 95% que o tempo médio real desta atividade está no máximo 5% acima ou abaixo dos 14,9 segundos obtidos como média amostral.

Tabela 3.2: Tempos de ciclo, média e desvio padrão amostral e dimensão da amostra necessária para a atividade de cintagem de caixas para o cliente XFI

Minutos por ciclo	Tempo (s)
1 min	14 s
2 min	16 s
3 min	16 s
4 min	15 s
5 min	15 s
6 min	13 s
7 min	17 s
8 min	14 s
9 min	17 s
10 min	15 s
11 min	16 s
12 min	12 s
13 min	15 s
14 min	14 s
15 min	16 s
16 min	14 s
17 min	15 s
$\bar{X}_a$	14,9 s
σ_a	1,4 s
Dim. da amostra necessária	14,3 obs.

As várias ineficiências e processos a melhorar identificados são apresentados de seguida com o número de horas anual despendido em cada atividade. Estes números de horas de mão de obra foram calculados usando os tempos médios por caixa obtidos através da cronometragem para cada tarefa relativa a cada produto e o número de caixas expedidas para cada cliente anualmente².

²por questões de confidencialidade, os tempos médios de cada atividade e os volumes de produção não são apresentados, sendo apenas apresentado o total de horas que cada atividade ou tarefa representa anualmente

Os dados relativos a 2020 foram obtidos através do histórico de encomendas retirado de SAP para esse ano. Para 2021 e 2022 os mesmos foram obtidos através da previsão existente do volume de produção de cada produto e para cada cliente.

Ineficiências e atividades a melhorar

A identificação de ineficiências na área de expedição da ATEP começou por uma conversa com cada operador desta área acerca dos processos que, na opinião deles, lhes require mais tempo, esforço físico e com elevado risco de erro associado. Para além disso, questionou-se ainda aos mesmos que melhorias sugeriam para os problemas apresentados e respetivos custos e benefícios.

As atividades onde se identificou haver mais ineficiências com possibilidade de melhoria foram a pesagem, a criação de documentos, a embalagem e a aplicação de filme. Algumas destas atividades são constituídas por diferentes tarefas que foram analisadas individualmente para uma melhor medição do impacto das melhorias.

Pesagem

Após a análise da atividade de pesagem manual de lotes em balança, foi identificado que vários produtos tinham pesos constantes ou possíveis de serem calculados com a exatidão necessária, podendo esta atividade ser eliminada do processo através do desenvolvimento de ferramentas para o cálculo dos pesos ou da introdução direta destes valores no sistema de informação SAP.

No caso dos clientes XFI e DNQ em HWS, o peso dos lotes varia apenas com o número de *wafers* contidas no HWS, sendo por isso de cálculo fácil. No processo diário de expedição deste produto, apenas uma quantidade reduzida de lotes é pesado em balança, uma vez que a maioria tem o mesmo número de *wafers* e portanto o peso é constante e conhecido pelo operador, tendo este apenas de o introduzir posteriormente na criação do documento.

Os produtos expedidos para o cliente DNQ em *reel*, por outro lado, variam linearmente com o número de unidades contidas, havendo potencial para introduzir este peso por unidade diretamente em SAP de forma a automatizar o processo de criação de documentos.

Para o cliente VSN esta questão tem maior relevância, uma vez que todos os lotes são pesados manual e individualmente em balança, atividade que consome tempo e esforço físico. No entanto, o cálculo dos pesos para este cliente não é tão simples como no caso anterior, dado que o peso de um lote depende do número de *trays*, *chips* e até placas de cartão (usadas para preencher espaços) que cada caixa contém.

Apesar do peso do lote depender de diferentes variáveis, um lote de D ou S é sempre constituído por um determinado número de caixas cheias e uma caixa incompleta. As caixas cheias apresentam um peso aproximadamente constante, como tal, é apenas necessário prever para cada lote o peso da caixa incompleta.

Na Tabela 3.3 é apresentado o número de horas despendido em 2020 e que se prevê despendido em 2021 e 2022 com nesta atividade. O número de horas dedicado à pesagem de produtos para o

cliente DNQ não foi tido em conta por se considerar pouco relevante. O aumento do número de horas necessárias em 2021 e 2022 está relacionado com o aumento de produção previsto para os anos considerados. O cliente VSN é o que exige mais mão de obra nesta atividade visto que todos os lotes têm de ser pesados.

Prevê-se que em 2022 sejam necessárias 37 horas de mão de obra para realizar a atividade de pesagem de lotes para expedição, número considerado relevante para ser alvo de melhoria.

Tabela 3.3: Número de horas despendidas na pesagem manual de lotes

Cliente	Produto	2020	2021	2022
XFI	HWS	2 h	4 h	6 h
VSN	D/S	3 h	20 h	31 h
Total		5 h	24 h	37 h

Criação de documentos

Foram identificadas diversas ineficiências nesta atividade para os diversos clientes, nomeadamente tarefas manuais e repetitivas com possibilidade de automatização.

Introdução de pesos e embalagem em SAP

A primeira ineficiência identificada, relacionada com o peso dos lotes, consistia na introdução manual do peso de cada caixa (peso bruto e líquido) no documento, ou seja, após se obter o peso do lote (por pesagem em balança ou por conhecimento prévio), era sempre necessário introduzi-lo posteriormente em SAP para constar da documentação. Esta tarefa era feita para todos os produtos de todos os clientes.

Na mesma janela de SAP onde se introduz o peso de cada lote, é também necessário executar a embalagem em SAP, isto é, associar cada lote ou conjunto de lotes à caixa de cartão respetiva. Na Figura 3.10 pode observar-se um exemplo desta tarefa, onde, na secção superior da janela, as caixas de cartão (*Handling Units*) são criadas. De seguida é associado um dos lotes da secção inferior - *Material to be packed* - e introduzido o peso novamente na secção superior.

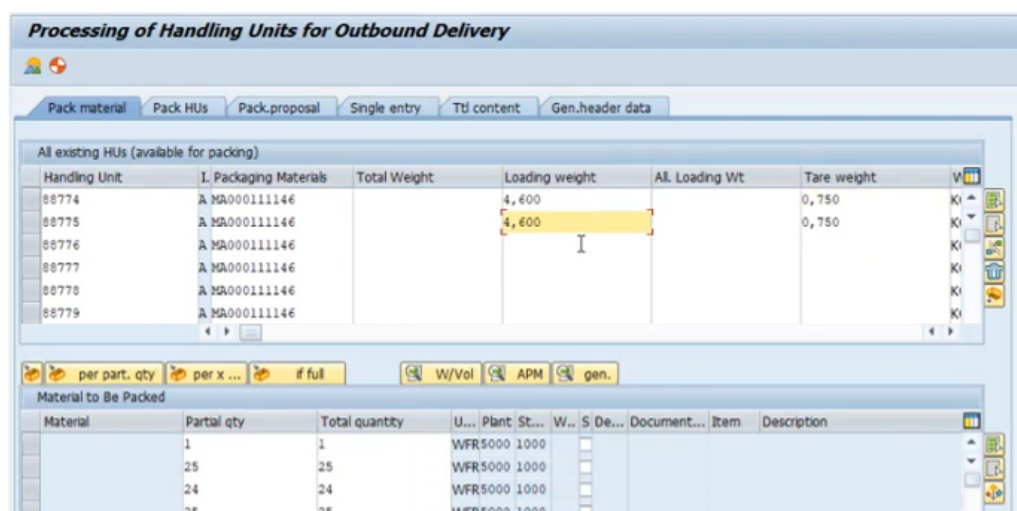


Figura 3.10: Exemplo de introdução de pesos e embalagem em SAP

Estas duas tarefas foram agregadas e cronometradas em conjunto, sendo que os valores apresentados na Tabela 3.4 representam o número de horas anual necessário para executar ambas. Prevê-se que em 2022 sejam necessárias pelo menos 72 horas para executar este conjunto de tarefas, sendo os produtos expedidos em *reel* para o cliente DNQ responsáveis por 47% do tempo despendido nesta atividade e portanto adquirem maior relevância para serem alvo de melhoria.

Tabela 3.4: Número de horas despendidas na introdução de pesos e embalagem em SAP

Cliente	Produto	2020	2021	2022
XFI	HWS	7 h	12 h	20 h
VSN	D	1 h	2 h	4 h
	S	1 h	5 h	8 h
DNQ	HWS	7 h	3 h	6 h
	Reel 7"	32 h	31 h	28 h
	Reel 13" ^a	7 h	6 h	6 h
Total		55 h	59 h	72 h

^aOs dois tipos de produtos expedidos em reels de 13 polegadas de diâmetro foram agrupados nesta análise

Tempos de espera

Foi também identificada uma ineficiência na criação de documentos para o cliente XFI que consistia em tempos de espera prolongados na interface com o sistema SAP. Ao longo da criação do documento é necessário ir guardando a informação que se vai introduzindo (clique no símbolo de guardar), para no caso de haver algum erro durante o processo ser possível recomeçar o documento a partir de um ponto intermédio já guardado e não ter de começar do início.

Esta necessidade advém do tempo que um documento por vezes pode demorar a criar (cerca de uma hora). Também ao iniciar a criação deste, o operador tinha de esperar que o sistema carregasse toda a informação necessária para a tarefa. Esta demora deve-se ao facto de haver para este cliente

um número de referências elevado, sendo que é o volume total de informação associado o que provoca os tempos de espera referidos.

Normalmente, em cada documento verificam-se cerca de 4 tempos de espera associados ao início de criação de documento e guardar informação, sendo que o primeiro é constante e em média cerca de 3 minutos mas o tempo de espera para guardar o documento varia com o número de caixas que constituem o mesmo.

Com base no número de documentos feitos por semana e na quantidade de caixas que em média fazem parte de um documento, apresenta-se na Tabela 3.5 a previsão do total de desperdício que esta tarefa sem valor acrescentado originou em 2020 e originaria em 2021 e 2022. Apesar de em 2020 o volume de produção ser muito inferior a 2021 e 2022, nesse ano expedia-se em média 4 vezes por semana produto para o cliente XFI quando atualmente se fazem 3 expedições semanais, resultando num total de 20 horas despendidas, perto das 27 previstas para 2021.

Tabela 3.5: Número de horas anuais associadas a tempos de espera na criação de documentos

Cliente	Produto	2020	2021	2022
XFI	HWS	21 h	27 h	31 h

Sistema de selos de segurança

Tal como apresentado anteriormente neste capítulo, os selos de segurança são colocados por cima da fita adesiva em ambas as aberturas das caixas de cartão para os produtos dos clientes XFI e VSN. Estes selos têm um código de barras com um ID único que tem de ser associado a cada caixa nos documentos que descrevem a encomenda.

Atualmente, o ID dos selos é associado a cada caixa aquando da embalagem em SAP, ou seja, quando o operador está a criar o documento e a associar cada lote a uma caixa tem também de lhe associar dois selos.

Este procedimento foi identificado como problemático devido aos seguintes aspetos:

- risco de erro ao introduzir manualmente o ID dos selos no documento;
- risco de erro a colar posteriormente os selos na caixas certas de acordo com o que foi definido nos documentos;
- risco dos selos se estragarem no processo de embalagem e ser necessário refazer documentos.

Da forma que esta tarefa estava estruturada, caso acontecesse algum erro na introdução manual do ID, fosse colado um selo errado numa caixa ou um selo se estragasse no processo de embalagem (acontecimentos estes com probabilidade de ocorrência significativa) o documento teria de ser refeito. Isto representaria uma perda de tempo elevada que poderia, no pior dos casos, levar a que a carga não fosse expedida ou fosse expedida com a informação incorreta, duas situações muito prejudiciais para a imagem da empresa face aos clientes.

Para além de todo o risco associado, a introdução manual do ID dos selos no documento representa ainda tempo de mão de obra considerável que pode ser reduzido, como se pode observar na Tabela 3.6. Esta tarefa torna-se tão mais crítica de ser melhorada quão maior for o volume de produção. Com o aumento previsto da produção para estes clientes, o número de horas despendidas nesta tarefa em 2022 seria de cerca de 60 horas, sendo que 82% deste tempo está associado aos produtos expedidos para o cliente XFI.

O tempo perdido na correção do documento em caso de erro não é apresentado uma vez que este é muito variável, consoante o tempo que demora a ser detetado e o número de caixas fazem parte da encomenda.

Tabela 3.6: Número de horas despendidas na introdução de ID de selos no documento

Cliente	Produto	2020	2021	2022
XFI	HWS	17 h	30 h	49 h
VSN	D/S	1 h	7 h	11 h
Total		18 h	37 h	60 h

Embalagem

Na atividade de embalagem dos lotes nas caixas de cartão para expedição, uma das tarefas mais importantes é a verificação de que cada lote é embalado na caixa certa, com a etiqueta correta, estritamente de acordo com o que foi definido anteriormente na criação do documento. Esta verificação, tal como descrita previamente neste Capítulo, consiste na leitura dos vários códigos de barras da caixa e lote para a coerência da informação ser verificada em SAP.

Para os clientes VSN e DNQ expedido em TR, os códigos lidos são códigos 2D, isto é, codificam dados em 2 dimensões: horizontal e verticalmente. Este tipo de códigos são usados devido à maior quantidade de dados que conseguem codificar. No entanto, esta maior quantidade de informação leva a que a leitura e introdução de dados em SAP seja mais demorada. A leitura de códigos 2D foi apenas implementada nos últimos meses de 2020, como tal, a análise foi feita apenas para os anos de 2021 e 2022.

Foi identificado que esta verificação era um fator de demora no processo e portanto foi também cronometrado e medido o impacto anual que esta tarefa tem no processo de expedição. Verificou-se que para o cliente DNQ é particularmente importante melhorar o processo, já que se estima que em 2021 sejam necessárias 107 horas para verificações de produtos expedidos em *Tape and Reel*.

Para o cliente VSN, o aumento de produção até 2022 leva a que também seja relevante melhorar esta tarefa, já que a previsão é que sejam necessárias 47 horas de mão de obra para executar esta tarefa nesse ano. Na Tabela 3.7 é apresentado o número de horas necessárias anualmente para executar esta tarefa.

A leitura de códigos 2D é a que exige maior tempo de execução, tendo sido previsto que em 2021 requeira um total de 137 horas de mão de obra.

Tabela 3.7: Número de horas despendidas na leitura de códigos de barras para verificação de embalagem

Cliente	Produto	2021	2022
XFI	HWS	6 h	10 h
VSN	D	9 h	16 h
	S	21 h	31 h
DNQ	HWS	2 h	3 h
	Reel 7"	86 h	78 h
	Reel 13" ^a	21 h	18 h
Total		145 h	156 h

^aOs dois tipos de produtos expedidos em reels de 13 polegadas de diâmetro foram agrupados nesta análise

Aplicação de filme

A atividade de aplicação de filme para proteção das caixas de cartão contra a humidade e danos não é requisito de nenhum cliente, é sim um procedimento definido pela ATEP que exige esforço físico (movimento repetitivo de rotação de caixas com peso até 15 kg), horas de mão de obra e requereu em 2020 o consumo de 706 rolos de filme estirável.

Tal como apresentado na Tabela 3.8, esta tarefa exigiu em 2020 cerca de 151 horas de mão de obra e prevê-se que este número aumente para 241 em 2022 devido ao aumento do número de caixas expedidas. Os clientes XFI e DNQ expedido em *reels* de 7" de diâmetro são os que requerem mais mão de obra nesta tarefa devido a um maior número de caixas que são expedidas semanalmente para os mesmos.

Tabela 3.8: Número de horas despendidas na aplicação de filme

Cliente	Produto	2020	2021	2022
XFI	HWS	29 h	53 h	87 h
VSN	D	4 h	11 h	19 h
	S	2 h	25 h	37 h
DNQ	HWS	35 h	13 h	28 h
	Reel 7"	68 h	65 h	59 h
	Reel 13" ^a	13 h	12 h	11 h
Total		151 h	179 h	241 h

^aOs dois tipos de produtos expedidos em reels de 13 polegadas de diâmetro foram agrupados nesta análise

Organização do armazém

Outro aspeto que se identificou necessitar de melhoria está relacionado com o espaço de trabalho do operador atualmente responsável por expedir os produtos para o cliente DNQ.

A quantidade de lotes expedidos semanalmente para este cliente é bastante elevada e verificou-se não haver nenhum espaço de armazenamento dedicado a estes produtos na área de expedição, existindo estantes que eram usadas para armazenar produtos dos diferentes clientes que não se

situavam perto da área de trabalho deste operador, levando a que este tivesse de fazer diversas deslocações dentro da área de expedição.

A ATEP já tinha em prática a metodologia 5S que tinha um grande impacto na organização e limpeza do espaço de trabalho através da identificação e organização das várias ferramentas e equipamentos de trabalho, com espaços de armazenamento específicos definidos para cada uma e rotinas de limpeza do espaço frequentes e bem definidas.

Verificou-se então que esta questão da falta de armazenamento dedicado aos produtos expedidos para o cliente DNQ necessitava de ser resolvida para ir ao encontro da manutenção da prática da metodologia 5S na área de expedição.

Capítulo 4

Resultados

Face às ineficiências identificadas, foram propostas e implementadas melhorias para as reduzir e até eliminar. Neste Capítulo são apresentadas as várias propostas e respetivos custos, benefícios, riscos e dificuldades de implementação.

4.1 Melhorias implementadas

Algumas das propostas de melhoria conseguiram ser implementadas dentro do tempo de duração do projeto. As ineficiências que conseguiram ser reduzidas ou eliminadas foram a pesagem manual de lotes, tempos de espera na criação de documento para o cliente XFI, espaço de armazenamento dedicado aos produtos expedidos para o cliente DNQ e introdução de pesos e embalagem em SAP. Uma melhoria do sistema de selos foi também estruturada e deverá ser implementada uma ou duas semanas após a finalização do projeto, pelo que foi também considerada como pertencente à categoria de melhorias implementadas. Quanto às melhorias do sistema de verificação de embalagem e da aplicação de filme, estas constituem duas melhorias a implementar, sendo apenas referidas as propostas apresentadas.

4.1.1 Pesagem

Para eliminar a atividade de pesagem, foram criadas duas ferramentas em MS Excel: uma para o cálculo de pesos para o cliente XFI e outra para o cliente VSN. Estas ferramentas permitem que o operador apenas tenha de introduzir na folha de cálculo uma coluna com as quantidades que constituem cada lote e seja calculado instantaneamente o peso dos mesmos sem ser necessário recorrer à pesagem em balança.

Para o cliente XFI, foi necessário recolher informação acerca do peso de lotes com diferentes quantidades de *wafers* para determinar o peso de cada uma e o peso da embalagem vazia. O cálculo feito para a determinação do peso de cada lote consiste na multiplicação da quantidade de *wafers* pelo peso unitário e a adição do peso da embalagem vazia. Adicionalmente, é também somada a tara (peso da caixa de cartão, plástico de bolhas, cinta e filme estirável) para obter o peso bruto.

Quanto ao cliente VSN, o cálculo do peso dos lotes revela-se mais complexo, uma vez que o peso total do lote é igual ao peso total das caixas internas completas mais o peso da caixa incompleta.

Para a determinação do peso de caixas completas, foram recolhidos os pesos de diversas caixas internas para os produtos D e S, tendo-se verificado que este peso era constante para o produto D mas para o produto S foi detetada uma variação de ± 35 gramas que não deveria existir, visto que o conteúdo de cada caixa teria de ser necessariamente sempre o mesmo, de acordo com os procedimentos definidos. Após uma visita à linha de produção e uma inspeção de lotes com peso diferente do considerado normal, verificou-se que no processo de embalagem das caixas internas na linha de produção, por vezes colocava-se um cartão de enchimento a menos, resultando na variação de peso detetada. O procedimento está a ser corrigido e o peso de cada caixa interna cheia deverá estabilizar e tornar-se constante.

Para o cálculo do peso da caixa interna incompleta que integra cada lote, foi necessário pesar diversas caixas de cada produto com diferentes quantidades e verificou-se que o peso variava linearmente com o número de unidades contidas, pelo que se aplicou uma regressão linear simples e o cálculo destes pesos passou a ser possível através de uma equação. Tendo o peso das caixas completas e da caixa incompleta, o peso total do lote é obtido através da soma dos dois valores.

Custos

O único custo envolvido nesta melhoria foi o tempo despendido no desenvolvimento das ferramentas em MS Excel e na recolha e tratamento dos dados necessários ao seu funcionamento, sendo por isso desprezáveis.

Benefícios

Com a eliminação desta atividade, o número de horas gastas anualmente na mesma será insignificante, sendo a melhoria percentual face ao que existia de 100%, tal como se pode observar na Tabela 4.1, onde nas colunas "2021 M" e "2022 M" é apresentado o tempo que será despendido nesses anos com as melhorias implementadas e a coluna "VAR (%)" indica a melhoria percentual do processo.

Esta melhoria vai permitir eliminar cerca de 37 horas de mão de obra associadas a esta atividade em 2022 assim como todo o esforço físico associado à pesagem de lotes para o cliente VSN

Tabela 4.1: Número de horas despendidas na pesagem manual de lotes antes e depois de implementadas melhorias

Cliente	Produto	2020	2021	2022	2021 M	2022 M	VAR(%)
XFI	HWS	2 h	4 h	6 h	0 h	0 h	100%
VSN	D/S	3 h	20 h	31 h	0 h	0 h	100%
Total		5 h	24 h	37 h	0 h	0 h	100%

Riscos e dificuldades de implementação

No caso do peso destes produtos se alterar por alguma razão no futuro, há o risco de não ser detetado e ser incorretamente inserido nos documentos que descrevem as encomendas, visto que os operadores deixam de pesar os lotes em balança e passam a confiar nas ferramentas criadas.

Será por isso criada uma rotina para se verificar semanal ou mensalmente se o peso de cada produto se mantém igual e fazer as correções necessárias.

4.1.2 Criação de documentos

Introdução de pesos e embalagem em SAP

As melhorias das tarefas de introdução de pesos e embalagem em SAP foram analisadas em conjunto uma vez que são tarefas feitas em simultâneo na mesma janela e não é possível medir o impacto das melhorias em separado.

Após a implementação das ferramentas de cálculo de pesos, a introdução dos mesmos em SAP passou também a ser mais fácil, uma vez que os operadores copiam para a folha de cálculo a totalidade das quantidades a expedir e depois copiam todos os pesos em simultâneo para o documento em SAP, não sendo necessário escrever manual e individualmente os mesmos.

Para o cliente DNQ, apesar de anteriormente não se pesarem os produtos dado que os pesos são constantes e conhecidos, a introdução dos mesmos em SAP era feita manual e individualmente. Para eliminar esta tarefa, foi introduzido diretamente em SAP nas características de cada produto deste cliente o peso por peça, permitindo que independentemente do número de unidades que se embalam em SAP, o peso seja sempre calculado e introduzido no documento automaticamente. Esta introdução de pesos em SAP só foi possível para os produtos deste cliente por se tratarem de peças individualizadas e não de *wafers* e pelo facto de que cada *reel* contém sempre o mesmo número de unidades.

Quanto à embalagem dos lotes em SAP, após alguma pesquisa acerca das funcionalidades que o SAP já possui de origem, verificou-se que seria possível criar instruções de embalagem para vários produtos que permitiriam, com o pressionar de um botão, fazer a associação de lotes a caixas de cartão e material de embalagem instantaneamente. Estas instruções de embalagem consistem em criar regras onde se define que um determinado produto deve ser embalado numa caixa específica com a quantidade de peças por caixa que se pretende.

Foram então criadas instruções de embalagem para todos os produtos relativos ao cliente DNQ e ao cliente XFI. Para o cliente VSN não foi possível criar estas regras uma vez que a embalagem em SAP é mais complexa para este cliente.

Custos

À semelhança da melhoria feita na atividade de pesagem, o único custo envolvido na implementação destas melhorias foram as horas dependidas a introduzir o peso de cada produto nas suas características em SAP, a criar as instruções para embalagem e respetivos testes na versão de

SAP para desenvolvimento¹, para que pudessem ser aprovadas e implementadas no SAP produtivo com sucesso. Nesta melhoria foram também empregues uma a duas horas de mão de obra do departamento de IT (Informação e Tecnologia) no auxílio à implementação.

Benefícios

As melhorias implementadas vão permitir eliminar, em 2022, 43 horas de mão de obra dedicadas a esta atividade, resultando em melhorias percentuais desde 50% no processo relativo ao cliente XFI até 86% para o cliente DNQ. Para o cliente VSN não foi possível criar instruções de embalagem para automatizar o processo, não havendo por isso melhoria desta tarefa no processo relativo a este cliente. A previsão do número de horas despendidas nesta tarefa após a implementação destas melhorias é apresentado na Tabela 4.2.

Para além da redução nos tempos de execução, diminui também o risco de erro humano na introdução de pesos nos documentos, algo difícil de mensurar.

Tabela 4.2: Número de horas despendidas na introdução de pesos e embalagem em SAP antes e depois de implementadas melhorias

Cliente	Produto	2020	2021	2022	2021 M	2022 M	VAR(%)
XFI	HWS	7 h	12 h	20 h	6 h	10 h	50%
VSN	D	1 h	2 h	4 h	2 h	4 h	0%
	S	1 h	5 h	8 h	5 h	8 h	0%
DNQ	HWS	7 h	2 h	3 h	1 h	2 h	63%
	Reel 7"	32 h	31 h	28 h	4 h	4 h	86%
	Reel 13" ^a	7 h	6 h	6 h	1 h	1 h	86%
Total		55 h	59 h	72 h	20 h	29 h	67%

^aOs dois tipos de produtos expedidos em reels de 13 polegadas de diâmetro foram agrupados nesta análise

Riscos e dificuldades de implementação

Os únicos riscos associados a estas melhorias estão uma vez mais relacionados com a automação do processo que por vezes pode diminuir o sentido crítico dos operadores numa situação em que se tenha de fazer uma embalagem em SAP diferente do normal ou os pesos mudem por algum motivo.

Quanto à implementação, foi necessário realizar uma formação em sala com os vários operadores da área de expedição para comunicar as várias alterações feitas ao processo e os cuidados a ter no uso das novas funcionalidades implementadas para que as mesmas sejam executadas da forma correta.

¹réplica da conta de SAP para serem testadas melhorias e outras alterações sem comprometer o funcionamento normal do sistema de informação

Tempos de espera

Os tempos de espera verificados na criação de documentos para o cliente XFI foram reportados ao departamento de IT para se determinarem as causas e tentar reduzir ou eliminar esta fonte de desperdício.

Verificou-se que os tempos de espera estavam relacionados com a forma como a informação era acedida na base de dados em SAP e com a criação de índices foi possível reduzir consideravelmente o tempo que esta tarefa representava.

A criação de índices permite aceder e localizar informação na base de dados sem ter de ler todas as linhas da mesma cada vez que é feita uma pesquisa, tornando esta tarefa mais eficiente.

Custos

A implementação desta melhoria não representou quaisquer custos relevantes para a organização, tendo a solução sido encontrada e implementada pelo departamento de IT num curto espaço de tempo.

Benefícios

Como se observa na Tabela 4.3, a criação de índices na base de dados permitiu reduzir em 97% os tempos verificados na criação de documentos para o cliente XFI, permitindo em 2022 uma redução de cerca de 30 horas associadas a esta ineficiência.

Tabela 4.3: Número de horas anuais associadas a tempos de espera na criação de documentos antes e depois de serem implementadas melhorias

Cliente	Produto	2020	2021	2022	2021 M	2022 M	VAR(%)
XFI	HWS	21 h	27 h	31 h	1 h	1 h	97%

Riscos e dificuldades de implementação

A redução destes tempos de espera com a criação de índices na base de dados não contempla quaisquer riscos, segundo o departamento de IT. No processo de implementação foram apenas necessários alguns testes para assegurar que esta alteração não afetava nenhuma outra parte do sistema.

Sistema de selos de segurança

Para fazer face aos vários problemas associados ao sistema de selos de segurança existente anteriormente, este foi alvo de uma reestruturação completa.

O ID dos selos que anteriormente era introduzido aquando da criação dos documentos, num processo manual e repetitivo que não garantia que posteriormente os selos colados em cada caixa eram os certos, passará agora a ser obtido através da leitura do código de barras.

No novo sistema definido, o documento é criado sem nenhuma associação de selos de segurança nesta fase. Posteriormente, durante a atividade de embalagem dos lotes nas caixas de cartão e no momento em que é feita a verificação de embalagem com leitura de códigos de barras, passará também a ser feita a leitura do ID dos selos que são nesse momento associados à caixa que se está a embalar.

Os ID dos selos é registado no processo de verificação de embalagem e gravado numa tabela criada em SAP para o efeito. Os documentos que descrevem a encomenda passam agora a ir buscar a esta tabela a informação acerca dos selos associados a cada caixa.

Custos

A reestruturação do sistema de selos de segurança exigiu várias horas do departamento de IT para fazer as alterações necessárias em SAP. Demais, o tempo despendido a fazer testes na versão de SAP para desenvolvimento foi também significativo, constituindo estes tempos o único custo envolvido nesta melhoria.

Benefícios

O principal objetivo da reestruturação do sistema de selos era a redução da probabilidade de ocorrência de erro humano que se considerava ser elevada. Com o novo sistema implementado, é assegurado que os selos que são colados fisicamente em cada caixa são rigorosamente os mesmos que vão constar no documento que descreve a encomenda.

Para além da redução do risco de erro humano, esta melhoria permitirá ainda melhorar em 60% a tarefa de introdução do ID de selos nos documentos para o cliente XFI, permitindo reduzir em 29 horas o número total de horas despendidas em 2022 nesta tarefa, tal como é apresentado na Tabela 4.4

Tabela 4.4: Número de horas despendidas na introdução de ID de selos no documento antes e depois de implementadas melhorias

Cliente	Produto	2020	2021	2022	2021 M	2022 M	VAR(%)
XFI	HWS	17 h	30 h	49 h	12 h	20 h	60%
VSN	D/S	1 h	7 h	11 h	7 h	11 h	0%
Total		18 h	37 h	60 h	19 h	31 h	49%

Riscos e dificuldades de implementação

O sistema de selos de segurança é um requisito dos clientes XFI e VSN, pelo que qualquer alteração no mesmo tem de ser feita de forma irrepreensível e tem de ser assegurado que a reestruturação não vai ter impacto no cliente.

Quanto à implementação, foi um processo iterativo em que o departamento de IT desenvolveu a solução, esta foi testada diversas vezes, encontrados erros, reportados e corrigidos novamente até se conseguir chegar a um sistema fiável que não comprometa outras operações em SAP.

4.2 Melhorias a implementar

4.2.1 Embalagem

A ineficiência relacionada com a demora na leitura de códigos de barras foi identificada já na fase final do projeto, pelo que não houve tempo de haver desenvolvimento de soluções.

No entanto, foram analisadas as causas da demora na leitura de códigos 2D e propostas possíveis melhorias. A leitura destes códigos constitui um processo moroso pela quantidade de códigos que se lêem (10 códigos 2D por cada caixa exterior de *reels* para o cliente DNQ e 6 códigos para o cliente VSN) e pela demora na leitura dos dados, ou seja, quando o operador faz a leitura de um código, há um tempo de espera até que todos os caracteres da leitura sejam introduzidos em SAP.

As melhorias propostas foram as seguintes:

1. verificar se é possível alterar algum parâmetro em SAP para aumentar a velocidade de introdução de caracteres nas caixas de texto;
2. adquirir um equipamento que leia os 6 ou 10 códigos de uma só vez e reestruturar o sistema para ser compatível com o mesmo.

Custos

A primeira melhoria proposta tem um custo associado pouco relevante, dado que depende apenas da investigação deste assunto por parte do departamento de IT.

A segunda melhoria proposta envolve a aquisição de um leitor e software de processamento de imagem para decodificar os vários códigos contidos em cada leitura. Não chegou a ser feito um levantamento de orçamentos para a aquisição de um sistema deste tipo, pelo que o custo desta solução terá de ser determinado no futuro.

Benefícios

Os benefícios associados à melhoria desta tarefa estão relacionados com a redução do número de horas necessárias para executar a mesma, sendo que se pressupôs que a primeira melhoria proposta permitisse uma redução de pelo menos 10% nos tempos de execução e a segunda (aquisição de leitor) permitisse uma melhoria superior a 50%.

Na Tabela 4.5 é apresentado o número de horas despendido nesta atividade caso houvesse uma melhoria de 50% na leitura de códigos 2D através da aquisição de um novo leitor. Esta melhoria permitiria eliminar 71 horas necessárias à execução desta tarefa em 2022, constituindo uma melhoria global nesta tarefa de 47%.

Os tempos de execução para os clientes XFI e DNQ expedido em HWS não sofreriam alterações dado que os códigos lidos são de apenas uma dimensão e o processo de leitura é diferente e mais eficiente.

Tabela 4.5: Número de horas despendidas na leitura de códigos de barras para verificação de embalagem

Cliente	Produto	2021	2022	2021 M	2022 M	VAR(%)
XFI	HWS	6 h	10 h	6 h	10 h	0%
VSN	D	9 h	16 h	4 h	8 h	50%
	S	21 h	31 h	11 h	16 h	50%
DNQ	HWS	2 h	3 h	2 h	3 h	0%
	Reel 7"	86 h	78 h	43 h	39 h	50%
	Reel 13" ^a	21 h	18 h	10 h	9 h	50%
Total		145 h	156 h	76 h	85 h	47%

^aOs dois tipos de produtos expedidos em reels de 13 polegadas de diâmetro foram agrupados nesta análise

Riscos e dificuldades de implementação

Os riscos associados à melhoria desta tarefa estão relacionados uma vez mais com a fiabilidade do sistema, visto que a verificação de embalagem é uma parte crucial do processo para assegurar que nenhum erro foi cometido durante a atividade de embalagem e que há coerência total de informação entre etiquetas de caixas externas e produtos contidos nas mesmas.

Quanto às dificuldades de implementação, não há garantia que a primeira solução proposta se consiga alcançar, visto que o departamento de IT pode não conseguir melhorar a velocidade de introdução de dados. A segunda melhoria, por outro lado, deverá ser possível ser alcançada mas a reestruturação necessária a todo o processo é considerável e pode ser um entrave à sua implementação.

4.2.2 Aplicação de filme

Quando foi analisado o processo de aplicação de filme, uma das questões levantadas foi a razão pela qual as caixas eram envolvidas individualmente e não colocadas numa paleta que seria envolvida posteriormente no equipamento de envolvimento de paletes existente no armazém. Esta solução não é possível por ser exigência dos vários clientes que as caixas sejam expedidas individualizadas e portanto não podem ser agregadas em paleta.

A melhoria mais pertinente seria a aquisição de um equipamento que realizasse esta tarefa de forma automática ou semiautomática e desta forma reduzisse o tempo de execução e esforço físico associados.

Neste sentido, foi feito um levantamento junto de diferentes fornecedores nacionais e internacionais dos equipamentos disponíveis que pudessem satisfazer os requisitos da empresa, recolhidos orçamentos dos mesmos e agregada a informação que foi apresentada e entregue aos responsáveis pela tomada de decisão. Dois exemplos de equipamentos possíveis e dos quais se obteve orçamento podem observar-se na Figura 4.1. À esquerda é apresentado um equipamento automático no qual as caixas são introduzidas num alimentador frontal e são recolhidas noutra à

saída já com o filme (retrátil neste caso) aplicado e à direita um equipamento semiautomático com funcionamento semelhante aos equipamentos de envolver bagagens nos aeroportos, onde a caixa é colocada entre duas mandíbulas e o prato onde a caixa está assente gira sob ação manual de um pedal.

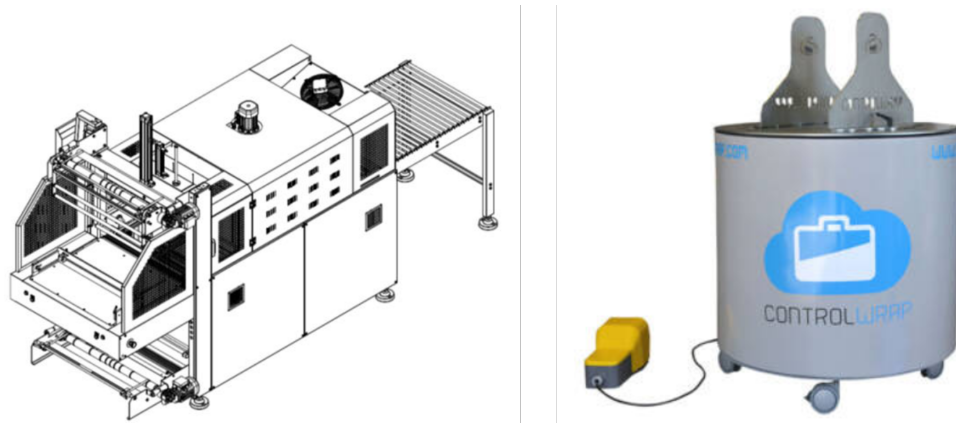


Figura 4.1: Exemplo de um equipamento automático e de um equipamento semiautomático de aplicação de filme

Por último, questionou-se se este procedimento de proteção das caixas poderia ser abandonado, uma vez que os vários materiais que chegam à ATEP por importação (muitos deles têm como origem alguns dos destinos para onde os produtos são expedidos) são enviados em caixas de cartão sem filme estirável protetor e estas, na sua maioria, chegam o destino num estado satisfatório.

No entanto, a eliminação deste procedimento é visto como uma redução na qualidade do produto a nível da aparência das caixas à chegada ao cliente, tornando mais difícil uma tomada de decisão neste sentido.

Custos

A aquisição de um equipamento para a aplicação de filme estirável tem um custo tanto maior quanto o grau de automatização, sendo que um equipamento automático como o apresentado na Figura 4.1 custa aproximadamente 16500€, enquanto o equipamento semiautomático mostrado na mesma Figura custa cerca de 2000€.

Benefícios

Qualquer um dos equipamentos apresentados reduziria o esforço físico associado à atividade de aplicação de filme estirável, uma vez que o operador não teria de executar o movimento de rotação repetitivo das caixas que efetua atualmente.

Quanto à redução nos tempos de execução, não se conseguiu determinar o tempo que cada equipamento demoraria nesta atividade, tendo-se considerado que seria alcançável um tempo de execução de 30 segundos por caixa. Os valores previstos de mão de obra despendidas anualmente

nesta atividade após a aquisição de um equipamento são apresentados na Tabela 4.6 e foram calculados com base neste pressuposto. A melhoria global desta atividade seria de cerca de 33%, sendo que o número de horas necessárias à mesma no ano de 2022 seria reduzido em 81 horas.

Tendo o custo de cada hora de mão de obra, é possível também obter-se o período de recuperação do investimento associado à aquisição de cada um dos equipamentos analisados.

Tabela 4.6: Número de horas despendidas na aplicação de filme

Cliente	Produto	2020	2021	2022	2021 M	2022 M	VAR(%)
XFI	HWS	29 h	53 h	87 h	36 h	59 h	32%
VSN	D	4 h	11 h	19 h	6 h	11 h	43%
	S	2 h	25 h	37 h	14 h	21 h	43%
DNQ	HWS	35 h	13 h	28 h	10 h	21 h	27%
	Reel 7"	68 h	65 h	59 h	45 h	40 h	32%
	Reel 13" ^a	13 h	12 h	11 h	9 h	8 h	25%
Total		151 h	179 h	241 h	120 h	160 h	33%

^aOs dois tipos de produtos expedidos em reels de 13 polegadas de diâmetro foram agrupados nesta análise

Riscos e dificuldades de implementação

A aquisição de um equipamento com investimento avultado associado é o principal entrave à implementação deste tipo de soluções. Demais, é necessário assegurar que o equipamento tem certificação CE e ser estudado o risco de acidente trabalho que o mesmo representa.

Seria ainda necessário dar formação aos operadores para manusearem o novo equipamento corretamente, cumprindo as várias normas de segurança.

Organização do armazém

Para resolver a questão da falta de espaço de armazenamento dedicado aos produtos respetivos ao cliente DNQ, foi feita uma alteração do *layout* da área de expedição de forma a se poderem introduzir duas novas estantes ao lado do espaço de trabalho do operador em questão.

Foram montadas as duas estantes e colocaram-se também identificadores magnéticos nas mesmas a descrever o cliente a que correspondem os produtos que são lá armazenados.

Benefícios

A introdução de um espaço de armazenamento dedicado aos produtos para o cliente DNQ e respetiva identificação vai ao encontro de um dos 5S, *Seiton*, que se caracteriza por rotular todas as ferramentas e ter locais de armazenagem específicos e bem identificados para cada elemento da área de trabalho.

Demais, esta melhoria diminui também a quantidade de deslocações necessárias ao transporte e recolha de lotes, deslocações estas que não acrescentam valor e são uma das causas mais frequentes de desperdício.

Custos

Os custos envolvidos nesta melhoria estão relacionados com a aquisição dos identificadores magnéticos. Quanto às estantes, foram usadas duas que se encontravam sem uso noutra área da empresa.

Riscos e dificuldades de implementação

Esta melhoria não comporta quaisquer riscos para a organização e as únicas dificuldades de implementação consistiram no transporte e montagem das estantes na área de expedição.

4.3 Análise de peças suplentes

Um dos pontos focados neste projeto foi a análise de dados acerca das peças suplentes existentes em inventário. A pessoa responsável por esta área concluiu que deveria ser feita esta análise dado o elevado número de peças suplentes em inventário, o valor monetário associado elevado e a dificuldade em fazer a gestão e armazenamento de tantas referências.

Foi fornecida uma folha de cálculo inicial em MS Excel com dados sobre as peças suplentes armazenadas no armazém dedicado a estas e respetivos consumos entre janeiro de 2010 e fevereiro de 2021. Estes dados incluíam a localização física (*Storage bin*), ID, descrição, *stock*, classe e data do último consumo de cada peça.

No entanto, esta informação não era suficiente para a análise que se pretendia fazer e, através de diferentes transações em SAP, foram agregadas outras informações, tais como:

- informação acerca de outras peças suplentes armazenadas num armazém diferente (armazém central);
- valor monetário de cada peça;
- centro de custo associado por defeito²;
- fornecedor mais recente.

Ao analisar a data do último consumo de cada peça suplente foram identificados diversos valores em falta. O motivo por detrás desta ausência é o facto de algumas peças suplentes nunca terem tido qualquer consumo. Na mesma análise, foram também identificadas peças suplentes cujo último consumo ocorreu há vários anos.

Uma das informações fornecidas acerca de cada peça é a classe, um atributo que descreve a área da empresa onde a peça suplente é utilizada. Uma das classes existentes tem a designação de *Obsolete_spp*, classe esta que é atribuída às peças quando estas são identificadas como obsoletas.

²A divisão em centros de custo é um sistema que permite atribuir cada custo da empresa a uma área específica da mesma. Quando uma peça suplente é adquirida e criado o registo em SAP, é-lhe atribuído um centro de custo.

Tendo identificado estes três tipos de peças (obsoletas, peças que nunca tiveram qualquer consumo e peças que não são usadas há vários anos) e apresentado às pessoas responsáveis, foi decidido que a análise deveria então ser segmentada nestes três tipos de peças e deveria ser feita uma apresentação com a informação acerca destas dividida por centro de custo, para posteriormente ser enviada ao respetivo responsável para deliberação.

Esta apresentação foi criada em *MS PowerPoint* e enviada à diretora do departamento responsável para serem decididos os próximos passos.

Capítulo 5

Considerações finais e trabalho futuro

Este projeto, desenvolvido em ambiente empresarial na ATEP, tinha como objetivo a melhoria de processos na área de logística desta indústria de modo a mantê-la competitiva num mercado que cada vez mais se define pela eficiência logística, maximização de equipamentos de produção e investimento em desenvolvimento tecnológico.

A ATEP compete diariamente com outras empresas de semicondutores, maioritariamente situadas no sudeste asiático, onde o custo associado à mão de obra é muito inferior a Portugal. Para além disso, a crescente procura por semicondutores que se tem verificado ao longo dos últimos meses e se prevê que continue, acrescenta também uma pressão adicional nesta indústria para aumentar o volume de produção. Estes são dois dos fatores que aumentam a necessidade e importância de ter processos eficientes para manter uma estrutura de custos competitiva e permitir a escalabilidade da organização.

Com a aplicação de metodologias como o estudo dos tempos e métodos, foi possível dar visibilidade das atividades que representam maior fonte de ineficiências e desperdício de recursos na área de expedição aos órgãos de gestão.

Foram cronometradas diferentes atividades e tarefas constituintes do processo de expedição de produto e calculados os respetivos tempos médios de execução com a confiança estatística necessária, de acordo com a literatura existente.

Através do pensamento *Lean* aplicado e presente ao longo de todo o projeto, foi possível identificar diferentes atividades que não acrescentam valor para o cliente final e eliminar fontes de *muda*.

5.1 Melhorias na área de expedição

Verificou-se que a criação de documentos era uma das principais fontes de desperdício com possibilidade de melhoria, tendo tarefas manuais e repetitivas com possibilidade de automatização como a introdução de pesos, embalagem em SAP, sistema de selos e tempos de espera. Previa-se que estas tarefas representassem uma necessidade anual de 163 horas de mão de obra, valor que após as melhorias implementadas espera-se que seja reduzido em 102 horas anuais.

Eliminou-se também a atividade de pesagem manual de lotes que se previa que representasse 37 horas de mão de obra em 2022 e envolvia esforço físico considerável por parte dos operadores.

Ainda dentro das melhorias implementadas, foi criado um espaço de armazenamento dedicado aos produtos relativos ao cliente DNQ que permite melhorar a organização do armazém, diminuir as deslocamentos do operador (fonte de desperdício) e deste modo manter a prática da metodologia 5S já presente na empresa.

Propuseram-se ainda melhorias para as atividades de aplicação de filme e verificação de códigos de barras, atividades estas com potencial de melhoria elevado nas quais se poderá reduzir até 152 horas de mão de obra.

Cada melhoria, individualmente, tem pouco impacto no processo de expedição de encomendas e esta característica é o que por vezes causa alguma relutância na implementação de metodologias *Lean* e de melhoria contínua, pela dificuldade em apresentar resultados visíveis e significativos a curto prazo. No entanto, o conjunto das várias melhorias implementadas e propostas poderá eliminar mais de 290 horas de mão de obra necessárias anualmente neste processo, valor já considerado relevante para a organização.

Para além da redução dos tempos de execução das várias tarefas, foi ainda possível reduzir o risco de erro humano e o esforço físico associado ao processo de expedição, aspetos considerados importantes para o bem estar no trabalho dos operadores desta área.

Todas as alterações efetuadas ao processo de expedição foram construídas em constante comunicação com os operadores que o realizam diariamente, cuja contribuição é muito importante para alcançar soluções fiáveis e exequíveis de serem praticadas.

5.2 Análise de dados sobre peças suplentes

A análise de dados sobre as peças suplentes em *stock* permitiu identificar peças obsoletas, peças sem consumo e peças cujo último consumo teria ocorrido há mais de 6 anos. Com esta informação, os órgãos de gestão têm agora visibilidade do *stock* de peças suplentes existente e conseguem tomar decisões de forma mais sustentada quanto às peças suplentes prioritárias a dar atenção.

5.3 Trabalho futuro

O trabalho de identificação de ineficiências e melhorias de processos deve ser contínuo, procurando diariamente atingir a excelência operacional nas várias áreas da empresa.

Como tal, é importante que a organização mantenha o pensamento *Lean* e espírito de melhoria contínua, não só na área de expedição como em outras áreas.

A maioria das melhorias implementadas neste projeto estão relacionadas com a automatização de tarefas em SAP. Foram apenas observadas as tarefas executadas neste sistema no processo de expedição de produto mas há conhecimento de que existem outros processos executados em SAP

que poderiam ser melhorados e reduzir ainda mais o número de horas despendidas anualmente em tarefas deste tipo.

Bibliografia

AEP (2003). *Métodos e Tempos*. Associação Empresarial de Portugal.

Alsop, T. (2021). Semiconductor industry worldwide by application 2024. <https://www.statista.com/statistics/498265/cagr-main-semiconductor-target-markets/>.

Amkor Technology (2021). Amkor Technology Investor Presentation - March 2021. <https://ir.amkor.com/static-files/d5ba6238-a21f-4427-85ca-2a6836d48f01>.

Business Wire (2017). Amkor technology completes acquisition of nanium. <https://www.businesswire.com/news/home/20170522006261/en/Amkor-Technology-Completes-Acquisition-of-NANIUM>.

Cardoso, M. (1963). *Métodos, movimentos e tempos de trabalho*. Instituto Nacional de Investigação Industrial.

Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that Works: powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*. AMACOM.

Chiarini, A. (2013). *Lean organization: from the tools of the toyota production system to lean office*. Springer.

Chiarini, A., Found, P., and Rich, N. (2016). *Understanding the Lean Enterprise*. Springer.

Dopp, D. (2010). Lean implementation in a gaas semiconductor factory. In *2010 IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC)*.

Hendry, J. W. (1947). *A Manual of Time and Motion Study*. Sir Isaac Pitman and Sons, 2 edition.

Holly, S. M. (2006). Lean manufacturing in a semiconductor environment: Use of variation analysis to focus continuous improvement efforts. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Kanawaty, G. (1992). *Introduction to Work Study*. International Labour Organization, 4 edition.

Lopetegui, M., Yen, P.-Y., Lai, A., Jeffries, J., Embi, P., and Payne, P. (2014). Time motion studies in healthcare: What are we talking about? *Journal of Biomedical Informatics*, 49.

Meyers, F. E. and Stewart, J. R. (2002). *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*. Prentice Hall.

Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Lidel, 5. edition.

- Semiconductor Industry Association (2021). Global Semiconductor Sales Increase 6.5% to \$439 billion in 2020. <https://www.semiconductors.org/global-semiconductor-sales-increase-6-5-to-439-billion-in-2020/>.
- TrendForce (2020). Top 10 osats ranking 2020: Amkor scores highest yoy growth. <https://www.eetasia.com/top-10-osats-ranking-2020-amkor-scores-highest-yoy-growth/>.
- Wildeman, R. (2005). An application of lean principles within a semiconductor manufacturing environment. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill.
- Womack, J. P. and Jones, D. T. (2003). *Lean thinking banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.
- Yinug, F. (2021). Semiconductor Shortage Highlights Need to Strengthen U.S. Chip Manufacturing, Research. <https://www.semiconductors.org/semiconductor-shortage-highlights-need-to-strengthen-u-s-chip-manufacturing-research/>.