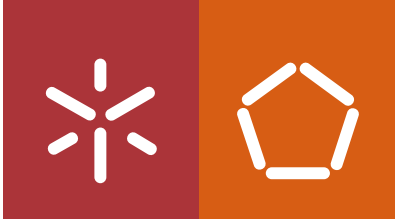


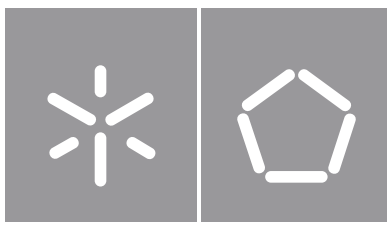


Diogo Rafael Costa Silva

Melhoria de Processos para a
Implementação de um Sistema de Execução
da Produção

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Diogo Rafael Costa Silva

**Melhoria de Processos para a
Implementação de um Sistema de Execução
da Produção**

Dissertação de Mestrado

Mestardo Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Rui Manuel Lima

Professor Doutor Cristiano de Jesus

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Primeiramente tenho de agradecer à minha família, não só por todo o apoio ao longo da vida mas também por todos valores que me inculcaram. Queria agradecer ao meu pai, pelo sentido de responsabilidade e conquista que sempre vi nele e tentei espelhar com orgulho em mim, agradecer à minha mãe, por toda a preocupação, afeto, paciência, teimosia que caracterizam tão bem o amor maternal que parece ser infinito. Por fim agradecer à minha irmã, por ser a "fiel escudeiro" que sempre me acompanhou e me acompanhará para a vida, afinal viemos encarar isto juntos. Grande parte do meu sucesso académico/profissional devo a vocês, à família, que para além das palmadinhas nas costas também souberam colocar pressão e cobrar resultados. Escreveria mil e uma páginas de agradecimento para vocês, porém, tenho uma dissertação para expor.

De seguida, agradeço à minha namorada pelo papel transformador que teve em mim, fazendo de mim uma melhor pessoa e um melhor profissional e pela base diária de bem estar e carinho. Obrigado também por toda a paciência e ajuda ao longo do meu percurso académico.

De seguida tenho de deixar uma palavra de gratidão a toda a estrutura da Universidade do Minho pelas condições que me deram para atingir o grau de mestre.

Agradeço também aos "Putos Casados", companheiros de trabalhos e borgas que deram o máximo nas duas vertentes, vão ficar na memória todas as horas dispendidas a nível profissional e todas as outras horas boémias com conversas sem fim. Neste registo agradeço também ao meu colega de quarto pelas mil e uma histórias que colecionamos nestes 5 anos. Agradeço também a todos os meus colegas de praxe pelas horas de diversão e companheirismo que trouxeram uma luz diferente ao meu percurso académico. Por fim, deixo o meu sincero agradecimento à empresa DST, pela confiança demonstrada em mim ao longo destes 5 anos, que culminaram na presente dissertação. Sendo assim, um obrigado ao engenheiro José Teixeira, à engenheira Cláudia Duarte, ao engenheiro Ricardo Portela, ao engenheiro Flávio Cardoso e a toda a equipa da *Bysteel FS*.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Melhoria de processos para a implementação de um sistema de execução da produção

A presente dissertação é fruto do projeto desenvolvido no 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, representando um percurso académico de cinco anos. Este projeto tem como objetivo a melhoria de processos para a implementação de um sistema de execução da produção com vista a captura de dados no processo fabril, possibilitando a transação de dados com o sistema integrado de gestão da empresa *Bysteel FS*, o SAP.

Esta fluidez na troca de informação nos diferentes processos tem de ser apoiada por processos que sejam simples e contribuam para a rápida adaptação do quotidiano da empresa a esta nova realidade.

A metodologia usada neste projeto foi a investigação-ação que promove a participação ativa do autor e dos restantes intervenientes, num ambiente colaborativo de aprendizagem contínua. Com isto, a primeira fase do projeto passou pela análise do estado atual dos processos da empresa, recorrendo à modelação de processos, em BPMN, para ilustrar as interações intra e inter departamentais de forma a demonstrar qual o papel destes intervenientes na execução das tarefas. Esta modelação serviu também para identificar onde estavam os pontos críticos dos processos que geravam entropia e atrasos de tempo, com recurso a análises de valor e diagramas de sequência.

De seguida foi projetado o estado futuro, com a implementação do sistema de execução da produção, através novamente da modelação de processos. Esta modelação visou a melhoria de vários processos com a eliminação ou simplificação das atividades, procurando projetar o sistema com vista a Indústria 4.0, aliando ideologias *Lean* de forma a minimizar os desperdícios nos processos, procurando a fluidez na execução das atividades.

Após esta projeção do estado futuro foi realizada uma análise comparativa entre estados de forma a realçar a redução dos tempos das atividades, a integração dos dados em tempo real e a redução no consumo de papel. Com isto foi possível realizar uma análise financeira de forma a perceber o retorno financeiro esperado com a implementação do sistema MES que se mostrou positivo com um Valor Atual Líquido de 292 681, 54 €, uma Taxa Interna de Retorno de 26 %, um *Payback* atualizado de 3,77 anos e um *Return Over Investment* de aproximadamente 160 %.

Palavras-Chave : *Enterprise Resource Planning*, Indústria 4.0, *Lean*, *Manufacturing Execution System*, Modelação de processos.

Abstract

Process Improvement for the Implementation of a Manufacturing Execution System

This dissertation is the result of a project developed in the second year of the Master Degree in Industrial Engineering and Management, representing an academic path of five years. This project aims to improve administrative and manufacturing processes for the implementation of a solution able to capture and send data (MES) between *Bysteel FS'* integrated management system, SAP, and the work centers, enabling the real-time data integration and preventing data redundancy. This fluidity in the exchange of information in different processes must be supported by processes that are simple and contribute to the rapid adaptation of the company's daily life to this new reality.

The methodology used in this project was action-research that promotes the active participation of the author and other stakeholders, in a collaborative environment of continuous learning. So, the first phase of the project involved the analysis of the current state of the company's processes, using process modeling, in BPMN, to illustrate the intra and inter-departmental interactions in order to demonstrate the role of these actors in the execution of the tasks. This process modeling helped to identify where the critical points of the processes were using value analysis and sequence diagrams. This critical points generated entropy and time delays in the process.

Then the future state was projected, with the implementation of the MES, through process modelling in BPMN. This process modeling aimed to improve several processes with the elimination or simplification of activities, trying to design the system with a view to Industry 4.0, combining lean ideologies to minimize waste in the processes, seeking fluidity in the execution of activities

After the projection of the future state, a comparative analysis was carried out between states in order to highlight the reduction of activity times, the integration of data in real time and the reduction in the paper consumption.

With this, it was possible to carry out a financial analysis in order to understand the expected financial return with the implementation of the MES system, which proved to be positive, with a Net Present Value of 292 681, 54 € an Internal Rate of Return of 26% , an updated payback of 3,77 years and a Return Over Investment of approximately 160% .

KeyWords : Enterprise Resource Planning, Industry 4.0, Lean, Manufacturing Execution System, Process Modelling.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia de investigação	4
1.4	Estrutura da dissertação	5
2	Revisão da Literatura	7
2.1	Indústria 4.0	7
2.1.1	<i>Smart Factory</i>	8
2.1.2	Cyber-Physical Systems	11
2.1.3	Big data	13
2.1.4	Cloud Computing	13
2.2	Sistemas e Tecnologias de informação	14
2.2.1	Enterprise Resource Planning	15
2.2.2	Manufacturing Execution Systems (MES)	17
2.3	Lean Manufacturing	19
2.3.1	Princípios Lean Thinking	20
2.3.2	Tipos de desperdício	22
2.3.3	Lean Office	24
2.4	Gestão de processos de Negócio (BPM)	25
2.4.1	Modelação de Processos de Negócio	26
2.4.2	BPMN	27
2.5	<i>Outline Process Chart</i>	28
3	Apresentação da Empresa	30
3.1	Grupo DST	30

3.2	Bysteel	31
3.2.1	Bysteel FS	31
3.2.2	Produtos Bysteel	32
3.2.3	Visão, Missão e Valores	33
3.3	Estrutura Organizacional	34
4	Descrição e Análise Crítica da situação atual	35
4.1	Matérias-primas e produtos finais	35
4.2	Sistema Produtivo	35
4.2.1	Layout e fluxo de materiais	36
4.2.2	Centro de Logística de receção	37
4.2.3	Centro de Operações Principais	37
4.2.4	Centro de Operações Secundárias (COS)	40
4.2.5	Centro de Caixilharia e fachadas	41
4.2.6	Centro de preparação para a expedição	41
4.2.7	Centro de logística de expedição	41
4.3	Modelação de processos (<i>as is</i>)	42
4.3.1	Requisição de matérias-primas e acessórios	42
4.3.2	Receção de matérias-primas e acessórios	44
4.3.3	Planeamento da Produção e Abastecimento de materiais	47
4.3.4	Expedição de cargas	52
4.4	Análise de Resultados	55
4.4.1	Requisição e Receção de Matéria Prima	56
4.4.2	Produção e Abastecimento de Materiais	61
4.4.3	Expedição de materiais	65
4.4.4	Consumo de Papel	69
5	Propostas de Melhoria	72
5.1	<i>Abaco Shopfloor, o Manufacturing Execution System</i>	72
5.1.1	Equipamento de captura de dados	72
5.1.2	Equipamento portátil	74
5.1.3	Equipamento de interface homem-sistema	74
5.1.4	Equipamento de impressão de etiquetas	76

5.2	Modelação de processos (<i>To be</i>) e funcionamento do MES	78
5.2.1	Requisição de matéria-prima	79
5.2.2	Receção de matéria-prima	80
5.2.3	Planeamento da produção e Abastecimento de materiais	82
5.2.4	Expedição de cargas	88
5.3	Análise de Resultados	90
5.3.1	Requisição e Receção de Matéria-Prima	90
5.3.2	Planeamento da produção e Abastecimento de materiais	93
5.3.3	Expedição de materiais	95
5.3.4	Consumo de papel	98
6	Resultados	101
6.1	Requisição e receção de material	101
6.2	Produção e Abastecimento da Produção	102
6.3	Embalamento e Expedição de materiais	103
6.4	Análise financeira	104
6.4.1	<i>Cash Flow Anual</i>	106
6.4.2	Valor Atual Líquido	106
6.4.3	Taxa Interna de Rentabilidade	107
6.4.4	Payback Simples e Atualizado	108
6.4.5	<i>Return Over Investment</i>	110
7	conclusao	112
7.1	Considerações Finais	112
7.2	Considerações Futuras	113
	Bibliografia	115
	Anexo I - BPMNs	120
	Anexo II - Estudo dos tempos	127
	Anexo III -Shopfloor	127
	Anexo IV - Taxa de juro considerada	135

Lista de Figuras

<i>Smart Factory</i> Fonte: Adaptado de Lin et al. (2019)	11
<i>Cyber-Physical Systems</i> . Fonte : Adaptado de Oks et al (2017)	13
Arquitetura ERP-MES Fonte : Adaptado de Khedher et al. (2011)	18
Casa TPS Fonte: Liker & Morgan (2006)	19
Representação elementos BPMN Fonte: Autor	28
Organograma das empresas do grupo Fonte : Documentos internos da empresa	30
Distribuição geográfica da Bysteel Fonte : Documentos internos da empresa	32
Produtos Bysteel	33
Organograma Bysteel FS	34
Fluxo de materiais na Bysteel Fs Fonte : Documentos internos da empresa	36
Combi	37
Comet T6	38
Satelite XT	39
Quadra L2	39
Compact	40
Viradeira	40
Elaboração de FNC Fonte : Autor	43
Requisição de materiais Fonte : Autor	44
Layout armazém matérias-primas	45
Descarga e Armazenagem de matéria prima Fonte : Autor	46
Controlo de materiais Fonte : Autor	47
Elaboração do Planeamento geral Fonte : Autor	48
Elaboração do Planeamento Interno Fonte : Autor	49
Preparação do fabrico Fonte : Autor	51
Início do fabrico Fonte : Autor	52
Preparação Expedição Fonte : Autor	53

Encargos dos operadores logísticos Fonte : Autor	54
Encargos do departamento de logística no dia da carga Fonte : Autor	55
Análise de valor para a atividade de receção de material	60
Análise de valor para a atividade de produção e abastecimento de materiais	64
Análise de valor para o processo de expedição	68
Leitor de código de barras	73
Tablet de mobilidade	74
Monitores táteis no chão de fábrica	75
Impressora de etiquetas	76
Requisição de materiais - <i>To be</i>	79
Consulta de Stock em SAP - <i>To be</i>	80
Estado futuro da receção de materiais pelos operadores logísticos	81
Picking no <i>tablet</i>	81
Preparação dos planos de fabrico : <i>To be</i>	83
Exemplo de criação e carregamento de listas técnicas em SAP	83
Processos de apoio à produção: <i>To be</i>	84
Distribuição de OP's: Encarregado da Produção	85
Interface do sistema de picking de material	86
Interface para consumos de matéria-prima nos centros de trabalho	87
Interface das ordens de produção nos centros de trabalho	88
Estado futuro dos processos de expedição	88
Interface de criação de <i>Handling Units</i>	89
Análise de valor ao processo de Requisição e Receção de material- Estado Futuro	92
Análise de valor ao processo de Produção e abastecimento de materiais - Estado Futuro	95
Análise de valor - processo de expedição, Estado Futuro	98
Bpmn - Requisição e Receção de Matéria-Prima no Estado Atual	121
Bpmn - Produção e abastecimento de materiais no Estado Atual	122
Bpmn - Expedição de material no Estado Atual	123
Bpmn - Requisição e Receção de Matéria-Prima no estado futuro	124
Bpmn - Produção e Abastecimento de material no estado futuro	125
Bpmn - Expedição de material no estado futuro	126
Estudo dos tempos - Requisição e Receção de matéria prima	127

Estudo dos tempos - Requisição e Receção de matéria prima	127
Estudo dos tempos - Requisição e Receção de matéria prima	127
Exemplo de Lista Técnica	128
Interface de Login	129
Menu Mobilidade	130
Interface Picking	131
Etiqueta de Matéria-Prima	132
Interface Encarregado - diferentes Cts	133
Ordem de Produção	133
Menu Mobilidade	134
Leitura de HU	135
Taxa de juro sobre novos empréstimos - Consulta PorData	136

Índice de Tabelas

Exemplos de defeitos nas filosofias <i>Lean Manufacturing</i> e <i>Lean Office</i> (Womack & Jones, 1996).	25
Símbolos: <i>Outline Process Chart</i>	29
Tempos médios e número mínimo de observações - Receção de material	57
Tempos médios e número mínimo de observações das sub-atividades com $N' > 10$	57
Diagrama de sequência da atividade de receção de matéria-prima	58
Tempos médios e número mínimo de observações para a atividade de passagem de material	61
Tempos médios e número mínimo de observações das sub-atividades com $N' > 10$	62
Diagrama de sequência da atividade de abastecimento de material	62
Tempos médios e número mínimo de observações para a atividade de expedição de materiais	66
Diagrama de sequência da atividade de embalamento e expedição de cargas	66
Consumo de papel impresso por departamento para cada artigo/carga	70
Consumo de papel impresso durante um ano no Estado Atual	70
Custo de pistolas de leitura de código de barras	73
Investimento em equipamento portátil	74
Custo de implementação de monitores	75
Custo de implementação de impressoras	77
Custo de implementação do <i>Hardware</i>	77
Custos totais de implementação da Solução {Shopfloor} proposta pela Abaco	78
Diagrama de sequência para a requisição e receção de materiais - Estado Futuro	90
Diagrama de sequência de operações para a produção e abastecimento de materiais - Estado Futuro	93
Diagrama de sequência para o processo de Expedição <i>to be</i> - Estado Futuro	96
Consumo de papel por departamento para cada artigo no estado futuro	99
Consumo de papel impresso durante um ano no Estado Futuro	100
Requisição e Receção - Redução anual do tempo de execução da atividade e do uso de papel	101
Produção e abastecimento - Redução do tempo de execução da atividade e do uso de papel	102
Expedição de materiais - Redução do tempo de execução da atividade e do uso de papel	103

Poupança total relativa à redução do tempo de execução das atividades entre estados.	105
CF atualizado	106
<i>Payback</i> Atualizado	109
Somatório dos Fluxos de Caixa para $t = 10$	110

Lista de Abreviaturas

APS - *Advance Planning and Scheduling*

BI - *Business Intelligence*

BPMN - *Business Process Model and Notation*

CEO – *Chief Executive Officer*

CF - *Cash Flow*

CMR - *Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road*

CNC - *Computer Numeric Control*

CT - *Centro de Trabalho*

COP - *Centro de Operações Principais*

COS - *Centro de Operações Secundárias*

CPS - *Cyber-Physical Systems*

CRM - *Customer Relationship Management*

EERP - *Extended Enterprise Resource Planning*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

EPC - *Event-driven Process Chains*

FNC - *Folha de Necessidades de Compra*

IDEF - *Integration Definition*

JIT - *Just-In-Time*

KPI - *Key Performance Indicator*

MCRAE - *Mapa de controlo de requisições e análise de desempenho*

MES - *Manufacturing Execution System*

MRP - *Material Requirements Planning*

OP - *Ordem de Produção*

PEP - *Referência da Obra*

PF - *Plano de Fabrico*

RC - *Requisição de Compra*

ROI - *Return Over Investment*

RPC - *Requisição de Pedido de Compra*

SCM - *Supply Chain Management*

SI - *Sistema de Informação*

TIR - *Taxa Interna de Retorno*

TPS - *Toyota Production System*

VAL - Valor Atual Líquido

1 Introdução

Este capítulo inicial debruça-se sobre o enquadramento, os objetivos, a metodologia de investigação e a estrutura de todo o projeto de investigação, incluído no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, cujo tema é a “Melhoria de processos para a implementação de *Manufacturing Execution System*”.

1.1 Enquadramento

Nos últimos anos, o tecido empresarial tem vindo a reconhecer as vantagens e oportunidades da digitalização dos processos, de forma a ter a informação registada e ser possível criar valor a partir dos dados recolhidos. Esta visão digital impulsiona o paradigma da Indústria 4.0 que promove a integração entre os sistemas físicos da fábrica com os digitais, procurando aliar a tecnologia à cultura de inovação das empresas.

Um estudo realizado pela McKinsey & Company com o World Economic Forum em 2020 demonstrou que existe um potencial de criação de valor em 2025 de 3,7 trilhões de dólares (USD) para fabricantes e fornecedores que implementam com sucesso a Indústria 4.0 nas suas operações. Este estudo de manufatura global revela ainda que 68% das empresas categorizam a Indústria 4.0 como uma prioridade estratégica de topo nos dias de hoje e que 70% das empresas já começaram projetos piloto da Indústria 4.0, sendo que apenas 29% destas estão realmente a criar valor com estas soluções em escala. A restante percentagem representa empresas que estão presas na fase piloto por diferentes motivos como a falta de clareza no valor a ser gerado, os recursos limitados, os altos custos para escalar ou o número avassalador de potenciais casos de uso das novas tecnologias.

A Quarta Revolução Industrial traz diferentes soluções para as empresas e mune-as de ferramentas para se adaptarem às rápidas mudanças nos mercados e na procura que cada vez mais é influenciada pelo aparecimento de novas tecnologias.

O presente projeto de dissertação será realizado na empresa Bysteel FS que recentemente tem apostado na transição digital e na digitalização dos seus processos. Esta empresa pertence ao grupo DST e o seu negócio principal é centrado na criação sustentável de valor, para a projeção, conceção, fabrico e montagem de sistemas de fachadas. A Bysteel FS tem várias sucursais e obras da empresa mãe que se distribuem nomeadamente por Inglaterra, França, Holanda, Mónaco e Angola, o que se reflete numa complexa rede de pedidos que se traduzem em necessidades de fabrico duma grande quantidade de produtos com características específicas e únicas.

Este projeto de dissertação tentará apresentar soluções que visem a recolha, análise e troca de informação eficiente de dados entre o chão de fábrica e o sistema integrado de gestão já usado na empresa, o SAP, de modo reestruturar os procedimentos já usados pela mesma, adaptando-os à nova realidade e facilitando a transição para o digital.

Os dados a ser recolhidos traduzirão informação importante sobre a receção e o consumo de matérias primas; o fluxo e consumo dos produtos semi-acabados; o consumo de componentes; a emissão de ordens de produção; as paragens no fabrico; os tempos de preparação das máquinas; a rastreabilidade completa dos materiais e *Key Performance Indicators* (KPI) relevantes para a produção como por exemplo o tempo gasto por ordem de produção; o tempo de atravessamento dos materiais; o tempo de ciclo das máquinas; a quantidade produzida; a percentagem de conformidades; a identificação de *bottlenecks*, etc. Para suportar esta recolha eficiente de dados a empresa investiu no desenvolvimento de um *Manufacturing Execution System* (MES), denominado de *Abaco Shopfloor*.

Estes sistemas MES funcionam como aplicações de sistemas de informação (SI) que fazem a interligação entre os SI de alto nível, os ERP, e os SI de baixo nível do chão de fábrica. Os MES recebem informação (*inputs*) tanto do *Enterprise Resource Planning* (ERP) como do chão de fábrica, e possibilitam a transmissão de informação entre o operador/máquina e o ERP da empresa ou vice-versa.

Os sistemas ERP são sistemas baseados em software integrados, personalizados e em pacotes que apresentam soluções para lidar com a grande quantidade de dados dos requisitos de todas as áreas funcionais de um negócio, como as finanças, a logística, a produção, vendas e marketing (Katu, 2020). Estes sistemas englobam todos os processos de uma organização numa única base de dados (Goldston, 2020). Esta base de dados é partilhada por toda a organização de forma a evitar redundância nos dados e fornece acesso atualizado aos diferentes tipos de dados fulcrais à organização.

Assim, os sistemas ERP-MES, reduzem o risco de quebra de *stock*, aumentam a fluidez do registo dos materiais recebidos/expedidos, facilitam a troca de informação e consequentemente aumentam a margem de lucro. Goldston, 2020). Estes sistemas apresentam ainda a grande vantagem de serem personalizáveis e se adaptarem às diferentes realidades dos processos produtivos (Katu, 2020).

Atualmente, os fluxos de informação e gestão da logística interna da empresa são baseados em papel, o que dificulta a obtenção de informação precisa e atualizada sobre o estado e progresso das ordens de trabalho, o fluxo e consumo de materiais, a localização dos diferentes materiais em fábrica e até mesmo a sequenciação das ordens de produção. Esta gestão com recurso a papel proporciona ainda um atraso na passagem de informação para os trabalhadores quando há mudanças nas características/engenharia dos produtos, levando a erros e atrasos nos processos que têm de ser compensados com retrabalho e

atrasos no tempo de entrega dos produtos, trazendo prejuízos à empresa (De Boer et al., 2020).

Como a recolha de informações baseadas em papel é uma tarefa demorada e monótona, a empresa apresenta uma baixa capacidade de análise de desempenho quer dos processos quer dos trabalhadores. A recolha em papel faz com que a captura de dados para análise de melhoria do processo seja muitas vezes limitada e a análise de desempenho em tempo real é impossível devido a atrasos de tempo através do processamento.

1.2 Objetivos

Este projeto surge numa altura em que a empresa está a implementar um MES, o *ShopFloor*, que permitirá alocar as ordens de produção aos diferentes postos de trabalho e tirar indicadores valiosos para posteriormente fazer a ponte com o seu ERP, o SAP, que permitirá planear a produção consoante as necessidades dos clientes, os materiais disponíveis e a capacidade da fábrica.

O objetivo da dissertação visa a correta implementação do *ShopFloor* e a integração deste com o SAP, ERP já usado pela empresa de modo a gerar valor com os dados recolhidos para automatizar e normalizar processos. Para além disso, o projeto visará também a projeção e redefinição de processos e procedimentos da empresa de forma a facilitar a implementação deste MES, emagrecendo os processos a nível de tempo e recursos consumidos, reduzindo assim a entropia dos mesmos de forma a torná-los mais simples e normalizados.

No decorrer do projeto procura-se atingir os seguintes objetivos:

- Análise e diagnóstico do estado atual;
- Modelação dos processos a estudar (*as is*);
- Análise de indicadores;
- Modelação dos processos no estado futuro (*to be*);
- Testes e parametrização em SAP (ERP) e *ShopFloor* (MES);
- Análise de melhorias.

Como resultados deste projeto pretende-se a integração total dos dados produtivos na base de dados da empresa por meio da implementação de um MES que permitirá rastrear os diferentes processos que ocorrem em tempo real, registando as diferentes ordens de produção e materiais consumidos/produzidos.

Isto impulsionará a eliminação de desperdícios e ineficiências e a obtenção de indicadores chave dos processos, melhorando a integração dos sistemas informáticos com as tecnologias presentes no chão de fábrica. Esta integração do sistema MES com o chão de fábrica procurará a criação de um sistema ciber-físico, ligadas por meio da modelação de processos.

1.3 Metodologia de investigação

Este projeto de investigação será realizado em empresa, sendo que o objetivo é sugerir, analisar e avaliar propostas de inovação, assumindo uma postura pró-ativa na relação com os colaboradores da Bysteel FS.

Nesta investigação será usado o pragmatismo como filosofia de modo a considerar diferentes perspetivas para a recolha e análise de dados relevantes, recorrendo a diferentes formas de avaliar a realidade evitando a avaliação por apenas um ponto de vista.

Quanto à abordagem, esta será dedutiva, pois ao longo do projeto de investigação serão recolhidos dados de forma a testar uma hipótese para comprovar a teoria existente. Sendo assim, como o intuito deste projeto é inovar e propor mudanças na empresa, a metodologia de investigação que mais se adequa é a Investigação-Ação, que alia os conhecimentos e hipóteses teóricas à prática diária de forma a comprovar as mesmas num ciclo iterativo-incremental.

Esta metodologia pode ser encarada como “*learning by doing*” que é uma abordagem educacional que fomenta a educação com atividades envolventes (Abuzandah, 2014). Esta abordagem é eficaz na estimulação da curiosidade natural, porque tarefas práticas e autênticas possibilitam a transformação de ideias abstratas em realidade (Abuzandah, 2014).

Este método divide-se em cinco fases progressivas (O'brien et al., 2022):

- Diagnóstico;
- Planeamento de ações;
- Implementação das ações;
- Avaliação dos resultados;
- Especificação da aprendizagem.

Sendo assim, a primeira fase consiste no diagnóstico do estado atual dos processos da empresa, onde é feito um levantamento de informação relativa ao sistema produtivo de modo a identificar ineficiências

e redundâncias nos processos e procedimentos estabelecidos na empresa. É nesta fase que se documentam os procedimentos recorrendo à modelação de processos para ilustrar graficamente o panorama atual e as práticas atualmente existente e se procura envolver os trabalhadores na identificação de problemas e propostas de melhoria, recorrendo a atividades de *brainstorming*.

A fase de planeamento de ações é o espaço temporal onde se procuram soluções para os problemas identificados na fase anterior, procurando alternativas e desenvolvendo planos de melhoria que sejam realistas para o problema identificado.

Após o desenvolvimento dos planos de melhoria, na fase de implementação das soluções desenvolvidas, procurar-se-á pôr em prática as melhores soluções encontradas para cada problema recorrendo às técnicas e ferramentas selecionadas. De salientar que é nesta fase que se deve investir na formação dos operadores orientada às soluções desenvolvidas de forma a haver uma correta passagem de informação relativa aos benefícios da melhoria apresentada, bem como o fornecimento de instruções claras e objetivas para reduzir a resistência à mudança dos operadores. De seguida, após a implementação é necessário entrar na fase de avaliação e discussão de resultados. Nesta fase procura-se analisar o sucesso da implementação das melhorias, analisando os indicadores-chave definidos de forma a compará-los com os indicadores registados antes da implementação. Estes indicadores devem ilustrar o problema a ser avaliado, sendo fundamental a discussão e decisão de quais os indicadores importantes e relevantes para caracterizar o problema. Por fim, é ainda realizada uma reflexão sobre o resultado obtido com as melhorias propostas e mede-se o sucesso da implementação, pode-se ainda documentar as alterações feitas e os resultados de forma a ser possível passar essa informação para os colaboradores, procurando a normalização de procedimentos e estabelecimento de KPI's relevantes para manter o processo em conformidade.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos que refletirão a investigação e o trabalho realizado em prol do projeto desenvolvido em contexto empresarial na empresa *Bysteel/ FS*.

No capítulo 1 é realizada a apresentação do projeto que vai ser documentado, procurando a contextualização sobre os temas e conteúdos que serão abordados ao longo do corpo da dissertação. Para além disso são definidos os objetivos do projeto e a metodologia de investigação que será usada ao longo do mesmo .

O capítulo 2 aborda a revisão da literatura sobre os temas e conceitos a explorar na dissertação como a

Indústria 4.0, os sistemas e tecnologias de informação, o *Lean Manufacturing*, a gestão de processos de negócio e a ferramenta *Outline Process Chart*.

O capítulo 3 debruça-se sobre a apresentação da empresa, procurando ilustrar a sua cultura organizacional, os mercados em que está presente e os produtos que fabrica. Por fim, são apresentados também a visão, missão e valores do grupo bem como a sua estrutura organizacional.

O capítulo 4 aborda a situação atual da empresa e dos processos a estudar. Primeiramente explora o sistema produtivo da *Bysteel FS* e os diferentes centros de trabalho. De seguida está presente a modelação dos processos no estado atual (*as is*) relativa aos processos de requisição e receção de material, a produção e o abastecimento de materiais e a expedição do produto final. Neste capítulo está presente ainda a análise dos tempos e valor das atividades, procurando quantificar o tempo dispendido em cada atividade de forma a quantificar quais as atividades que realmente agregam valor ao processo. É ainda quantificada, neste capítulo, a necessidade de impressão de documentos para a execução dos processos nesta fase.

O capítulo 5 aborda as principais melhorias que surgiram da análise realizada no capítulo anterior. Primeiramente é apresentado o MES e o *hardware* necessário ao funcionamento do sistema, realizando-se ainda uma análise do investimento necessário para esta solução. Neste capítulo está presente também a modelação de processos para o estado futuro (após implementação) bem como a apresentação das funcionalidades do sistema e como este vai funcionar dentro da modelação de processos desenvolvida. De seguida, é realizada uma análise de resultados recorrendo aos mesmos indicadores usados na análise do estado atual, de forma a comparar as diferenças entre os dois estados a nível da redução da entropia dos processos, do tempo dispendido nas atividades, do valor das atividades para o processo e também ao nível do consumo de papel impresso. Assim, recorrendo a estes indicadores, é feita uma análise comparativa entre os dois estados de forma a quantificar as melhorias propostas, sendo realizada por fim uma análise financeira à solução para avaliar o investimento feito na solução.

O capítulo 6 apresenta as conclusões finais do projeto, procurando avaliar as mais valias do projeto a nível da Indústria 4.0 e delineando oportunidades futuras para o projeto. Por fim, apresenta-se a bibliografia e os anexos da dissertação.

2 Revisão da Literatura

Este capítulo apresenta a revisão exaustiva da literatura existente para apoiar a investigação realizada ao longo de todo o projeto. Sendo assim, estão presentes neste capítulo temas chave como a Indústria 4.0, os sistemas e tecnologias de informação, o *Lean Manufacturing*, a gestão de processos de negócio e a ferramenta *Outline Process Chart*.

2.1 Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0 surgiu na feira de Hannover em 2011 pela mão de Kagermann, Wahlster e Helbig e reflete uma fusão conceptual das tecnologias de informação e comunicação com os sistemas produtivos industriais (Gopalakrishnan et al., 2021) possibilitando um fluxo de informação contínuo entre o chão de fábrica e a gerência, permitindo assim, a redução dos custos de produção, a rastreabilidade dos produtos e um controlo de qualidade contínuo, reduzindo a taxa de defeitos e consequentemente o número de produtos não conformes ao longo de toda a cadeia de valor para além de possibilitar uma integração vertical e horizontal dos agentes do processo produtivo, perspetivando uma nova era industrial baseada na comunicação (Hozdic, 2015).

A Indústria 4.0 caracteriza-se pelo aparecimento de termos como a *Internet of Things* (IoT), que possibilita a comunicação entre máquinas, produtos, computadores e pessoas (Hermann et al., 2015), projetando no mundo digital a existência destas “coisas” inteligentes.

A Internet das coisas possibilita a disponibilização de dados em tempo real das máquinas/produtos, aliando a inteligência artificial aos processos, permitindo que os *softwares* aprendam a ser mais eficientes ao longo do tempo.

A Indústria 4.0 pode ser entendida como a presença de “coisas” como sensores e atuadores, máquinas, dispositivos móveis, computadores que são capazes de interagir e comunicar uns com os outros com vista ao alcance de objetivos comuns no dia a dia de uma empresa. (Atzori et al, 2010). Estas “coisas” representam participantes ativos nos sistemas produtivos das empresas, fomentando uma troca de dados entre elas e também com o meio envolvente, através da Internet. Estes dados são recolhidos em tempo real e traduzem informação sobre o ambiente produtivo e o estado dos processos, partilhando informações sobre os produtos que estão em produção, a qualidade destes e os indicadores chave a ser controlados. Na Indústria 4.0, esta recolha e troca de informação é transversal a toda a cadeia de abastecimento e acompanha os produtos desde a sua entrada na empresa até à sua saída, fornecendo transparência no controlo dos processos quer logísticos quer produtivos o que promove a integração vertical dentro da

empresa, contribuindo para a evolução do paradigma na gestão empresarial baseada nos sistemas de controlo centralizados, que passa a ser baseada na inteligência descentralizada da fábrica, em que cada máquina/produto funcionam como entidades (Shrouf et al, 2014).

Estas “coisas” reagem autonomamente aos eventos/processos do mundo físico, influenciando-os através de processos que despoletam ações e criam serviços sem a necessidade de intervenção humana, recorrendo à inteligência artificial (Hozdic, 2015).

Existem ainda tecnologias que impulsionam esta revolução industrial como os dispositivos móveis, o armazenamento em nuvem, *Big Data Analytics*, tecnologia máquina para máquina, MES, ERP, impressão 3D, robótica, etc. Estes conceitos permitem a criação de interfaces humano-máquina, materiais, produtos, linhas de produção e processos que podem ou não existir no mundo físico, criando uma nova perceção de inteligência ligada à otimização da cadeia de valor das empresas (Abdul-Hamid et al., 2022).

Este novo paradigma facilita a personalização em massa de modo corresponder às exigências dos clientes sem comprometer a produtividade e a qualidade do produto acabado. Para além disto, as cadeias de abastecimento da Indústria 4.0 são altamente transparentes e integradas, pois os fluxos físicos e de informação são constantemente mapeados em plataformas digitais em tempo real. Segundo um estudo da McKinsey & Company de 2020 é aqui que assenta uma das principais vantagens da Indústria 4.0, a rastreabilidade. A implementação da rastreabilidade de componentes e produtos em toda a cadeia de abastecimento permite transparência, desde a receção, processamento e refinamento de matérias-primas até ao produto final. A rastreabilidade facilita ainda o controlo de qualidade dos produtos, pois permite que a empresa se concentre no lote de componentes e na etapa do processo que levou a um defeito específico. Essa rastreabilidade também é um facilitador essencial de uma economia circular. Além disso, a rastreabilidade ajuda a controlar o processo produtivo, estabelecendo a ligação entre eventuais falhas do produto e o conjunto de parâmetros usados no processo de fabrico.

2.1.1 Smart Factory

Esta quarta revolução industrial traz à luz um novo conceito de fábricas inteligentes ou *Smart Factories* que caracteriza as fábricas que trabalham e tiram proveito das tecnologias da quarta revolução industrial, possibilitando que os produtos semi-acabados, componentes e máquinas partilhem informação sobre si mesmo e o meio envolvente em tempo real. Com recurso à inteligência artificial é ainda possível que as máquinas e chão de fábrica se adaptem a novas mudanças, adaptando o seu comportamento, mudando ordens e condições de operação com a auto-reconfiguração e otimização (Shrouf et al, 2014). Estas novas

fábricas tecnológicas conseguem fornecer produtos e serviços que continuarão ligados à Internet, o que permite à empresa prestar um serviço pós-venda personalizado, após a análise dos dados transmitidos pelo produto. Esta recolha de dados permite às empresas definir os padrões de comportamento dos clientes e quais as suas necessidades, facilitando assim o *design* de processos de produção que serão orientados às especificações dos clientes, podendo estes ter um papel decisivo nas especificações dos produtos/serviços a continuar a produzir pela empresa (Shrouf et al, 2014).

Segundo o ex-presidente executivo e CEO da SAP Henry Kagermann, na Indústria 4.0, uma fábrica inteligente é composta por várias outras “coisas” inteligentes:

- **Máquinas Inteligentes**

Máquinas presentes no processo produtivo que têm a capacidade de comunicar entre si, através da *internet das coisas (machine 2 machine)*, e comunicar com outros dispositivos e humanos. Estas máquinas enviam informação sobre si mesmas e sobre os produtos que trabalhar, permitindo o rastreamento de materiais, e obter informação em tempo real sobre as suas condições e paragens, dados importantes para o planeamento de manutenções.

- **Processos de manufatura inteligentes**

Estes processos possibilitam uma comunicação em tempo real dinâmica e totalmente autónoma em ambientes vastamente complexos e dinâmicos com recurso à *internet das coisas*.

- **Aparelhos Inteligentes**

São todos os aparelhos portáteis que são usados no processo produtivo para o auxílio na consulta dos processos e no registo de informações acerca dos produtos que estão a ser trabalhados. Estes aparelhos vão desde telemóveis e tablets a monitores de controlo de fabrico e possibilitam a conectividade necessária para a troca de informações necessária entre o chão de fábrica e os sistemas de informação da empresa.

- **Engenharia Inteligente**

Reflete a transformação e adaptação dos processos de engenharia tradicionais à nova realidade de gestão orientada por dados. Os dados recolhidos no chão de fábrica e no serviço pós-venda permitem aos engenheiros tomar decisões e solucionar problemas em diferentes áreas como o design e desenvolvimento de novos produtos, o planeamento e controlo da produção, o controlo de qualidade, a otimização do chão de fábrica, etc.

- **Tecnologias de informação de manufatura**

As tecnologias de informação apresentam-se como um dos pilares das empresas inteligentes pois apresentam pacotes de *software* que sustentam a troca e o armazenamento de informação dentro da empresa, permitindo ainda o monitoramento e controlo da produção através de sensores e atuadores, medidores inteligentes e dispositivos móveis. Sendo esta temática fundamental à Indústria 4.0 será explorada com mais detalhe adiante.

- **Logística Inteligente**

A logística inteligente mune as empresas de ferramentas logísticas que facilitam e automatizam os processos logísticos realizados antigamente. Presta serviços a nível do planeamento de materiais e de capacidade, do planeamento de cargas, da gestão de *stocks*, etc. Uma das características da logística inteligente é a capacidade de reagir autonomamente a mudanças repentinas na produção como *bottlenecks* ou ruturas no *stock* de material.

- **Análise inteligente de dados e melhoria contínua**

Com a complexa rede de troca de informação e registo de dados é fundamental que as empresas 4.0 tenham capacidade para a análise inteligente de grandes quantidades de dados não organizados. A análise inteligente de grande quantidade de dados (*Big Data*) só é possível recorrendo a algoritmos de inteligência artificial e *Machine Learning* que procuram padrões nas séries temporais mais antigas de forma a conseguir prever acontecimentos como a paragem de certa máquina ou a incapacidade de produzir a quantidade necessária por alguma eventualidade.

Estas coisas inteligentes, representadas na Figura 1, coexistem num sistema ciber-físico que as capacita desta habilidade de conectar o mundo real ao digital.

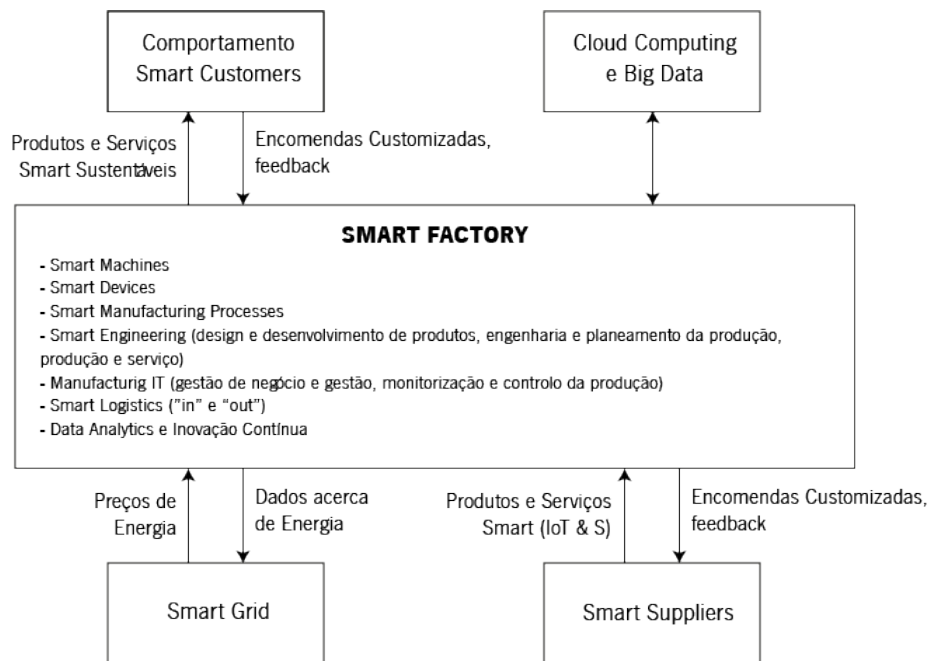


Figura 1: *Smart Factory*

Fonte: Adaptado de Lin et al. (2019)

2.1.2 Cyber-Physical Systems

O termo *Cyber-Physical Systems* (CPS), ou sistemas ciber-físicos em português, foi introduzido por Edward Ashford Lee em 2006 e definido na altura como “referência à integração da computação com processos físicos” (Lee et. al, 2015). Estes sistemas podem ser descritos como sistemas inteligentes que englobam *hardware*, *software*, componentes físicos e de computação, perfeitamente integrados e interligados de forma a sentir e controlar o estado do mundo físico em tempo real, possibilitando o controlo dos sistemas e processos, a manutenção preventiva dos equipamentos e o monitoramento em tempo real originando assim melhorias na eficiência e eficácia dos processos industriais (Colombo et al, 2017).

Estes sistemas vão muito além da ideia comum de que são sistemas incorporados em rede que interligam o mundo físico com o digital, pois podem ser caracterizados como *softwares* intensivos de sistemas inteligentes com a capacidade de colaboração, adaptação e evolução. Num ambiente ciber-físico, cada objeto real tem uma ou mais representações digitais e por outro lado um componente digital ou *cyber* pode ser ligado apenas ao seu representante físico (Colombo et al, 2017). Um sistema ciber-físico é constituído por um conjunto de dispositivos que formam uma rede heterogénea sensível capaz de obter informações sobre o ambiente que os rodeiam. Estes dispositivos podem ser por exemplo dispositivos móveis e *displays* que possibilitam a troca de informação entre o sistema e o

usuário. Ao nível do processo industrial alguns exemplos são os atuadores que interferem no processo como motores, válvulas e inversores e também os sensores como câmaras, acelerómetro, giroscópio, compasso digital e sensores de proximidade que servem de “sentidos” do sistema *cyber* permitindo-lhe capturar informações sobre os produtos presentes no posto, recolhendo informação vital para a deteção de erros e antecipação dos mesmos (Leitão et al, 2016).

Estes sistemas são encarados como um dos pilares da indústria 4.0, funcionando como facilitadores da digitalização das cadeias de valor das diferentes indústrias (Lee et al. ,2015). Num sistema ciber-físico industrial existem duas realidades em harmonia. A primeira denomina-se de esfera física e engloba todo o sistema produtivo, os materiais, operadores, máquinas, processos, etc. Esta esfera é constituída pelos agentes físicos que intervêm no quotidiano fabril. Nesta esfera também estão presentes dispositivos sensíveis no chão de fábrica que possibilitam a conceção de materiais e componentes inteligentes (apresentam capacidade de avaliação das suas condições e do meio e comunicam à rede) que irão originar produtos inteligentes capazes de comunicarem com o sistema, transmitindo informações relativas aos materiais consumidos, a percentagem de conclusão de fabrico, a rota a percorrer e a sua localização no sistema produtivo (Alur, 2015). Na sua essência, nestes sistemas, existe uma troca de informação contínua e iterativa entre a esfera física e a esfera *cyber*, cenário ilustrado na Figura 2. Estes dados relevantes sobre os produtos e o meio envolvente são gravados e podem ser usados no espaço *cyber* para o monitoramento e controlo em tempo real do estado dos processos, através de algoritmos que recebem informação dos sensores e posteriormente emitem ações a ser executadas pelos dispositivos atuadores ou pelos operadores (através de *displays*) do processo de fabrico respeitando a lógica pré-definida do sistema (Jiang et al, 2018). No espaço *cyber* é ainda possível processar a informação recolhida para a análise inteligente de dados e para a criação de gêmeos digitais das entidades do processo, através de modelos virtuais, o *Digital twin*, que permite a criação de uma imagem digital do processo produtivo permitindo a simulação de cenários a longo prazo ou o teste de hipóteses que podem solucionar problemas no chão de fábrica na esfera física (Biesinger et al., 2019).

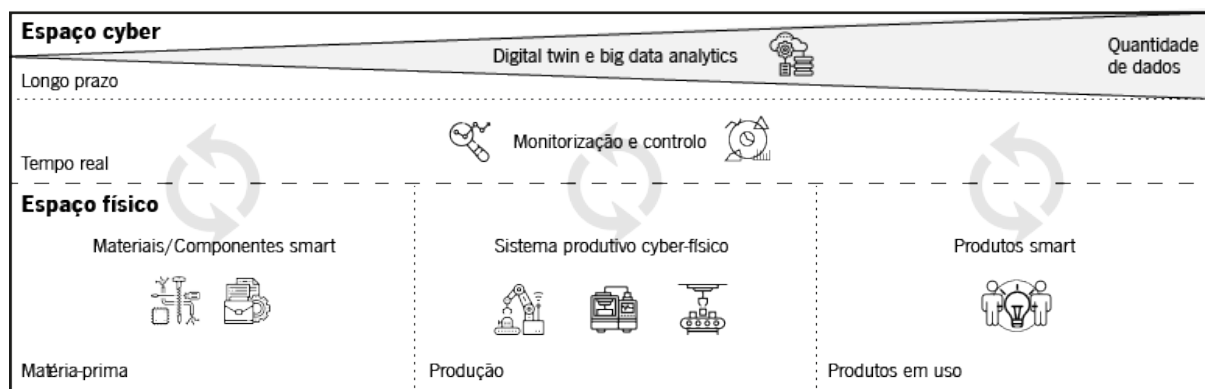


Figura 2: *Cyber-Physical Systems*.

Fonte : Adaptado de Oks et al (2017)

2.1.3 Big data

Um dos grandes desafios dos sistemas *cyber* da indústria 4.0 é a armazenagem e tratamento da enorme quantidade de dados gerada diariamente nestes sistemas. Estes blocos gigantes de dados são diversificados e variados e incluem dados estruturados, semi-estruturados e desordenados. Existem cinco características associadas ao termo *Big Data* (Riahi, Y et al, 2018):

- **Volume:** representa o acumulado dos dados gerados e armazenados no sistema;
- **Variedade:** representa a multiplicação dos tipos de dados processados e geridos pelos sistemas de informação, criando uma rede complexa de ligações entre os dados;
- **Velocidade:** Representa a frequência à qual os dados são gerados, capturados e partilhados;
- **Veracidade:** Nivel de qualidade, precisão e incerteza dos dados e das fontes dos mesmos.

2.1.4 Cloud Computing

Cloud Computing refere-se a uma rede de computadores, normalmente ligados à internet que partilham um conjunto de recursos escaláveis (Koehler, 2011). Esta tecnologia permite o armazenamento de grandes quantidades de dados. Estes dados podem vir de diferentes fontes e intervenientes e podem ser gerados no processo produtivo, por máquinas e sensores (Velasquez, 2020).

O instituto nacional dos Estados Unidos da América de tecnologias e standards define *cloud computing* como sendo “um modelo que possibilita o acesso conveniente, atempado e omnipresente a um conjunto partilhado de recursos computacionais como por exemplo: redes, servidores, armazenamento,

aplicações e serviços que podem ser rapidamente fornecidos e libertados com o mínimo de esforço de gestão do provedor de serviços”. Segundo um relatório da RGBSI (*Rapid Global Business Solutions*), este armazenamento de dados em nuvem é vital para todas as outras tecnologias da Indústria 4.0 pois a *internet* das coisas existe neste meio, substituindo processos entre pessoas por intercomunicação máquina-dispositivo. O armazenamento em nuvem reduz o investimento em recursos tecnológicos como servidores, licenças e pessoal especializado, e possibilita a contratação da capacidade de armazenamento disponível que melhor se enquadram aos objetivos da empresa, podendo esta expandir a sua capacidade sempre que precisar. (Thames et al, 2016). A segurança dos dados é um dos aspetos a considerar visto que há a troca de uma gigante corrente de dados que em muitos casos são confidenciais ou exclusivos da empresa. Esta confiança nos dados é garantida por modelos e standards desenvolvidos pelo comité ISO/IEC JTC 1/SC 38, com vista a standardização dos dados na *Cloud* (Velasquez et al, 2020).

2.2 Sistemas e Tecnologias de informação

Segundo o autor Ackoff (1989), os sistemas de informação são sistemas que geram, guardam e processam dados, sendo possível inferir informação após o processamento dos dados obtidos, servindo como ponte de ligação entre a tecnologia, as pessoas e os processos da organização, debruçando-se sobre questões relativas a fluxos de informação, trabalho e recursos humanos.

As tecnologias de informação apresentam-se como um subconjunto dos sistemas de informação, referindo-se concretamente à tecnologia que possibilita o funcionamento dos sistemas de informação modernos, sendo constituídos por cinco componentes segundo Gregersen (2018): o *hardware* que se entende pelo conjunto de tecnologia física integrante do SI; o *software* que se entende pelo conjunto de instruções, programas e aplicações que serão utilizadas pelos humanos com recurso ao *hardware*; as telecomunicações que se mostram fundamentais na conexão do *hardware* com a rede (por exemplo Wi-fi); os dados e as bases de dados e as pessoas e processos.

As tecnologias de informação podem ainda ser definidas como a aquisição, armazenamento, processamento e distribuição da informação a partir de meios eletrónicos e digitais como por exemplo o rádio, o telefone e computadores (Garutti & Ferreira, 2015). Estas tecnologias têm ganho cada vez mais relevância no tecido empresarial desde a terceira revolução industrial que, ao longo dos anos, têm vindo a empregar estas tecnologias como instrumentos precisos para o acompanhamento real da velocidade das diferentes transformações, proporcionando o aumento da cadência produtiva e o aumento da

qualidade dos produtos podendo ainda ter um papel relevante no suporte à análise de mercados (Garutti & Ferreira, 2015).

Paulo Sabbag, no seu livro “Espirais do conhecimento”, refere que o termo “Tecnologia de informação e Comunicação”, ganhou relevância a partir dos anos noventa, num processo de rutura e transição, em que o conhecimento humano passou a ser considerado o principal ativo das organizações, sendo a tecnologia que a suporta, a ferramenta necessária para a gestão do conhecimento adquirido.

Vanderlei (2016) afirma que as tecnologias de informação agilizaram e tornaram mais palpável o conteúdo das comunicações, recorrendo à digitalização e à comunicação em redes para captar, transmitir e distribuir informações que podem assumir diversas formas como ficheiros diversos de texto, imagens, vídeos e som. Estas tecnologias são de uma enorme valia para as empresas pois mune-as da capacidade de gerar e usar informação usando todo e qualquer dispositivo que tenha capacidade para a recolha e tratamento de dados ou informações.

Assim, fica claro que o maior benefício do uso de tecnologias de informação no contexto empresarial é a capacidade de criação de um fluxo de trabalho e informação contínuos, que permite a automatização das organizações, aproximando-as do paradigma da indústria 4.0, e facilitando a transição das fábricas convencionais para as fábricas inteligentes (Lee, et al, 2015). O recurso a estas tecnologias facilita a análise de dados relevantes à organização e auxilia os gestores na tomada de decisões, que passam a ser sustentadas por dados empíricos recolhidos diariamente pela organização.

2.2.1 Enterprise Resource Planning

Por volta dos anos 70, com a informatização dos ambientes industriais e das organizações, de forma a obterem uma visão geral do stock, auxiliar a produção e o processo de encomenda de materiais, surgiram os primeiros sistemas *Material Requirements Planning* (MRP) e contemplavam três elementos básicos: programa mestre de produção, listas de materiais e quantidades de materiais em *stock*. Nesta lógica, a procura de produtos finais era definida como independente, pois era determinada pelas necessidades dos clientes num ambiente externo ao sistema produtivo, e a procura de matérias-primas e componentes era definida como dependente pelo facto de ser determinada pela programação da produção e pelos lead-time dos fornecedores (Laurindo e Mesquita, 2000).

Como os MRP's foram um sucesso no meio industrial, rapidamente se procuraram novas funcionalidades que poderiam ser incluídas neste sistema de gestão fabril. Com isto, por volta da década de 1980, surgiu o *Manufacturing Resource Planning* (MRP II) (Santos, 2016). Este sistema aprimorado já incluía funcionalidades que prestavam auxílio em áreas como a gestão financeira, comercial, logística e recursos

humanos.

O termo ERP surgiu pela primeira vez num artigo denominado “*CIM: The integrated Manufacturing Enterprise*”, de 1992 que o caracterizava como uma versão aprimorada dos MRPII que representam uma solução integradora entre departamentos, fornecedores e clientes (Santos, 2016). Estes sistemas podem ser definidos como sistemas de gestão empresarial que contemplam um conjunto de packages de *software*/sistemas de informação que possibilitam a integração e gestão de todas as funções empresariais de uma organização, e é transversal a todos os departamentos como o de produção, o financeiro e contabilístico, os recursos humanos, vendas e distribuição, gestão de projetos, gestão de materiais, gestão da cadeia de abastecimento, gestão da qualidade, etc (Ullah et al, 2018).

Estes sistemas são orientados para a centralização da informação numa base de dados única que é usada pelos diferentes módulos do ERP, criando um fluxo de informação entre as áreas fulcrais da empresa e a base de dados. Esta base de dados única evita a redundância de dados como a duplicação da informação e facilita o acesso a informação precisa e instantânea. Estes sistemas visam o aumento da produtividade pois melhoram a capacidade de gestão da organização, munindo-a de informação precisa e atempada que reflete o estado de toda a cadeia de abastecimento, ficando automaticamente disponível para toda a organização em tempo real (Beheshti, 2010).

Por volta do ano 2000, uma nova versão do ERP é desenvolvida e recebe o nome de *Extended Enterprise Resource Planning* (EERP) ou ERP II. Este sistema foi então definido pela *Gartner Group* como um *software* com ligação à internet que provia os utilizadores de capacidade de aceder à solução ERP em tempo real (Santos, 2016). Em relação à primeira geração de ERPs, o ERP II apresentou melhorias na gestão estratégica e na integração de novos módulos e funcionalidades como: *Supply Chain Management* (SCM), *Customer Relationship Management* (CRM), *Business Intelligence* (BI), *Advance Planning and Scheduling* (APS), entre outros. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, voltou-se a propor melhorias nestes sistemas e surge então o conceito de ERP III, que surge por volta do ano 2010 e é o modelo usado ainda em utilização nos dias de hoje e está em constante evolução (Santos, 2016).

Este novo modelo de ERP é baseado em tecnologias da Indústria 4.0 como a inteligência artificial, a internet das coisas, *machine learning*, realidade virtual, *big data*, *cloud*, entre outras. Estas novas tecnologias munem os ERPs mais modernos com a capacidade de ligar e unificar recursos remotos e diversificados, possibilitando a aproximação e integração das empresas com os seus clientes (*business-2-business* ou *business-2-client*). Com isto, através da análise das transações comerciais atuais é possível projetar e prever a evolução das vendas futuras da empresa, facilitando a tomada de decisão em situações estratégicas de negócio (Vasilev, 2014).

2.2.2 Manufacturing Execution Systems (MES)

O termo sistemas de gestão e execução da produção (MES) surgiu por volta da década de 90 sendo atribuída pela *Advanced Manufacturing Research*, e representa os sistemas que possibilitam a execução do processo produtivo através da interligação de sistemas de controlo e planeamento da organização (Garrido, 2021).

Os sistemas MES são sistemas de gestão e execução da produção que como o nome indica são sistemas de informação que facilitam o registo e mapeam a execução dos processos produtivos, possibilitando a ligação das máquinas/operadores no chão de fábrica (baixo nível) com os sistemas de controlo e planeamento da organização (alto nível), servindo de interface aos operadores para a execução das ordens de trabalho (Govindaraju & Putra, 2016). Estes sistemas recebem ainda inputs dos sistemas de alto nível ERP para o lançamento das ordens de produção e é neste sistema que o operador consulta a ordem a executar bem como a lista de material necessário à produção.

Para além disso, é neste sistema que o operador insere os dados relativos ao processo produtivo como por exemplo o registo das matérias-primas consumidas e o início/fim da ordem de produção. Esta passagem de informação para o MES pode ser feita pelo operador ou pela máquina (caso contemple tecnologia de inteligência artificial). Estes sistemas MES devem apresentar uma interface simples e intuitiva para reduzir o esforço dos operadores na interação com o sistema evitando que este seja um fator de atraso na produção em vez de um facilitador (Garrido, 2021).

Para além disso, estes sistemas registam o fluxo de materiais, indicadores estatísticos e informação ao longo da fábrica como *bottlenecks* (Gopalakrishnan et al., 2021), desde a entrada de matérias-primas até à expedição do produto acabado. Estas informações são registadas no MES e posteriormente transferidas para o ERP da organização de forma a ficarem registados na base de dados única da empresa para ter uma contagem real e atualizada de *stock* e ser possível gerar relatórios para futura análise dos indicadores relevantes.

Segundo Shojaeinasab et al (2020), os MES são ferramentas valiosas para alcançar a excelência organizacional, tendo como principais vantagens:

- **Indicadores de produção:** Os MES permitem um monitoramento em tempo real dos indicadores relevantes à organização como: os tempos de ciclo, a eficiência, a eficácia, a disponibilidade, a capacidade, a produtividade entre outros, permitindo a identificação de desperdícios como *bottlenecks*;
- **Aumento da qualidade dos produtos:** Estes sistemas permitem um controlo total da

qualidade em todas as fases do processo, recorrendo a mecanismos de verificação dos materiais e componentes, permitindo ainda a verificação de *check-lists* de controlo qualitativo;

- **Rastreabilidade:** Através da recolha de dados em tempo real, os sistemas MES, têm a capacidade de transmissão dessa informação instantaneamente bem como o armazenamento do histórico de produção, permitindo uma visão geral e em tempo real de tudo que está a ser produzido e o que já foi permitindo uma atualização de *stock* instantânea dos diferentes produtos correspondentes a matéria-prima, semiacabados e produto final e saber a localização de cada um no chão de fábrica;
- **Planeamento:** Através de análises dos indicadores e informação disponibilizada pelo MES é possível otimizar o planeamento tendo em atenção aspetos como a capacidade de produção, o ritmo produtivo, o stock de materiais e acessórios, a percentagem de defeitos por centro de trabalho, a utilização dos equipamentos/máquinas etc.

Outra vantagem assinalável destes sistemas de execução da produção é a redução significativa do uso de papel no chão de fábrica, que servia como principal fonte de transmissão de informações entre a gestão e os operadores (ordens de produção, registo de materiais, registo de horas, desenhos de fabrico, listas de materiais, entre outros).

Como defende Santos (2021), para obter uma visão holística de toda a organização, recorrendo a dados reais e flexíveis, todos os sistemas da empresa (ERP, MES, etc) devem obrigatoriamente estar em sincronização plena, completamente integrados, proporcionando uma comunicação bidirecional entre todos os sistemas.

Na Figura 3, pode ver-se uma representação da interação dos sistemas MES com os sistemas ERP e o chão de fábrica.



Figura 3: Arquitetura ERP-MES

Fonte : Adaptado de Khedher et al. (2011)

2.3 Lean Manufacturing

Lean Production é uma metodologia que teve a sua origem na indústria automóvel por volta da década de 1970, na fábrica da Toyota Motor Company localizada no Japão e surge como um dos pilares do *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido por Taiichi Ohno, chefe da produção da Toyota.

O TPS assenta na ideologia da eliminação absoluta dos desperdícios e pode ser representado pela casa TPS, esquematizada por Liker e Morgan em 2006 que ilustra a teoria por trás do sistema produtivo já referido e é apresentada na Figura 4

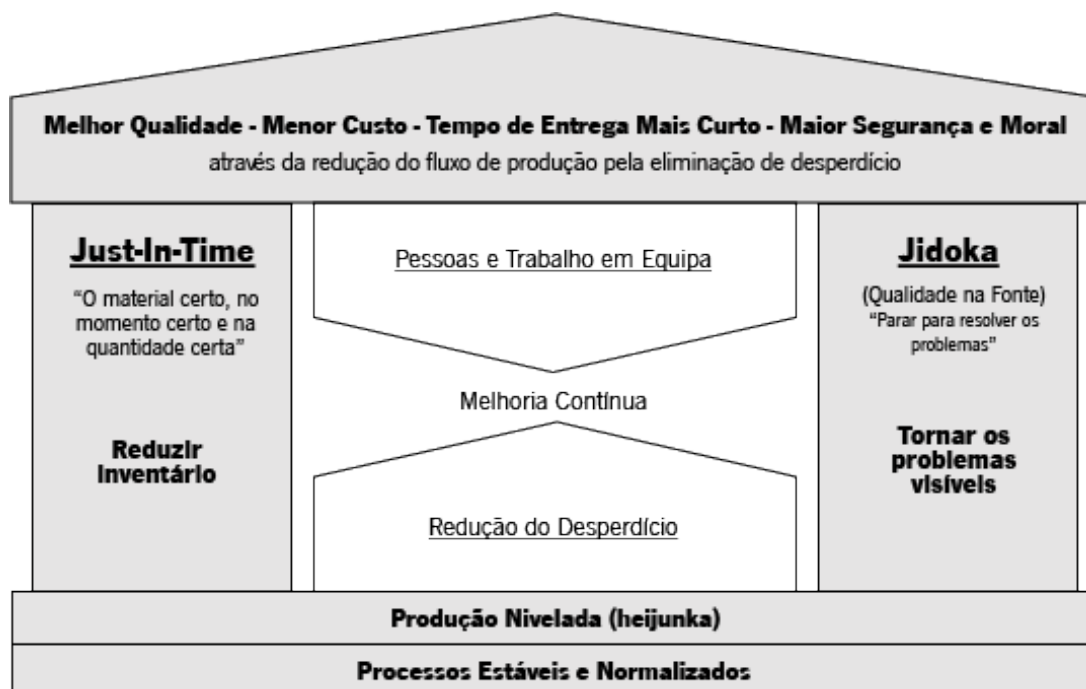


Figura 4: Casa TPS

Fonte: Liker & Morgan (2006)

Como se pode observar na figura, a casa TPS assenta em dois pilares fulcrais que sustentam a produção magra.

O primeiro pilar denomina-se "*Just-in-Time*" (JIT) e é uma filosofia orientada para a máxima eficiência dos processos, procurando ter sempre o nível de inventário desejado pelo cliente no tempo certo, evitando quebras de *stock* e a sobreprodução. Este conceito também pode ser aplicado ao longo do processo produtivo, procurando ter sempre os produtos com qualidade, no sítio certo e no tempo certo, evitando desperdícios de material e mantendo o *stock* a zero. (Liker & Morgan, 2006). Assim, o ritmo produtivo do sistema é ditado pelo cliente que determina a quantidade a ser produzida e a data de entrega.

O outro pilar denomina-se "*Jidoka*", um termo japonês que se traduz como "automatização com um

toque humano” e pode ser entendido como a automação de máquinas que contemplam a capacidade de parar o processo produtivo caso identifiquem alguma anomalia no processo, possibilitando a intervenção humana para a resolução do problema. (Ohno, 1988). Estas paragens autónomas evitam a produção excessiva de produtos com defeito pois o processo é interrompido aquando da identificação do primeiro. Esta automação das máquinas possibilita um melhor entendimento do processo e dos diferentes defeitos associados pois permitirá a identificação das causas raiz das anomalias do processo que serão analisadas enquanto a máquina está parada, evitando a propagação daquele tipo de defeito. (Silva, 2019). Esta metodologia chamou a atenção da comunidade científica e industrial pois verificou-se um aumento significativo na qualidade e fiabilidade dos carros produzidos pela Toyota, que duravam mais tempo e exigiam menos intervenções de reparação. (Silva, 2019) Para além disso, a Toyota aumentou a sua cadência produtiva significativamente, sem prejudicar os seus custos de produção, o que permitiu que a empresa aumentasse as suas vendas pois conseguiu manter um preço competitivo, apresentando carros mais fiáveis e em maior quantidade.

O termo “*Lean Production*” ou produção magra foi popularizado por Womach, Jones e Roos (2017) no livro “*The machine that changed the world*” e é usado como analogia entre a redução sistemática de desperdícios nos processos produtivos e a redução de gordura corporal para uma pessoa se tornar mais magra (Pereira et al., 2019). Esta analogia reflete assim a ideologia da eliminação absoluta de resíduos, onde o desperdício é qualquer coisa que impeça o fluxo de valor agregado do material desde a matéria-prima até ao produto acabado.

2.3.1 Princípios Lean Thinking

Womack e Jones (1996) definiram ainda cinco princípios inerentes à filosofia *Lean* que servem de orientação para a produção magra e incluem:

- **Definição de valor (Value)**

O conceito “valor” pode ser entendido como a quantia líquida que o cliente está disposto a pagar e reflete as necessidades reais ou latentes do cliente. Esta definição de valor pode ser feita recorrendo a técnicas quantitativas e qualitativas como entrevistas, pesquisas, estudos de mercado, etc. (Freitas et al., 2021). O valor pode ainda ser entendido como tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, excluindo assim o desperdício.

- **Fluxo de valor (Value Stream)**

Segundo Womack e Jones (1996), o fluxo de valor entende-se como o “o conjunto de todas as ações específicas necessárias para um produto específico passar pelas três fases de gerência crítica em qualquer negócio: a tarefa de solução de problemas que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela reengenharia, a tarefa de gestão da informação, que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma, e a tarefa de transformação física, que vai da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente (Womack & Jones, 1996). O mapeamento do fluxo de valor é fundamental pois permite às organizações identificarem os processos de concepção, produção e entrega, procurando analisar a criação de valor em cada etapa, possibilitando a sinalização de etapas do processo que não agregam valor ao produto final (Freitas et al., 2021).

- **Fluxo**

No cotidiano empresarial existem diversos fluxos que possibilitam o funcionamento diário das organizações. Estes fluxos podem ser de pessoas, de informação, de materiais, ferramentas, capital, etc. Este princípio tem como foco a organização do processo produtivo (Silva, 2019). O fluxo percorre toda a cadeia de valor e deve ser contínuo, evitando a ocorrência de pontos de estrangulamento (*bottlenecks*) que atrasam o processo, aumentando assim o tempo de atravessamento dos produtos. Um fluxo de produção contínuo é aquele em que o produto flui pelos processos sem interrupções, de forma simples e otimizada, a fim de equilibrar as etapas de produção, permitindo a eliminação de atividades não produtivas e a redução do tempo de atravessamento (Gomes, 2016).

- **Sistema Puxado**

Este princípio é orientado para o sistema produtivo e foi definido por Womack e Jones como “ninguém deve produzir um bem ou serviço até que o cliente solicite” ou seja, o planejamento da produção deve sempre ser realizado tendo em vista os requisitos do cliente, de forma a produzir a quantidade certa no momento certo, orientando as necessidades de fabrico consoante as necessidades do posto a jusante no sistema (Bell & Orzen, 2016). Este princípio sustenta a filosofia JIT e possibilita a redução de desperdícios como a sobreprodução ou a acumulação de stock entre postos.

- **Perseguir a perfeição**

O último princípio defende a constante busca pela perfeição, exatamente o que o cliente deseja, quando o deseja, a um preço mínimo, com zero desperdício. (Freitas et al, 2021). Esta busca

diária da perfeição apenas pode ser alcançada procurando a melhoria contínua dos processos e do sistema de fabrico. A melhoria contínua é uma parte da cultura onde os indivíduos e departamentos estão alinhados por um mesmo objetivo, a satisfação do cliente. Segundo Emiliani (1998), esta busca pela perfeição é sustentada pela implementação dos quatro princípios anteriores e será procurada à medida que as atividades em um fluxo de valor se tornam mais transparentes do que antes.

2.3.2 Tipos de desperdício

Durante o desenvolvimento do Sistema Produtivo da Toyota, Taiichi Ohno e o Dr. Shigeo Shingo identificaram sete tipos diferentes de desperdícios que estão presentes no dia a dia operacional das organizações.

- **Inventário**

Taiichi Ohno sempre procurou falar com clareza para os seus trabalhadores, simplificando as suas ideias. Para explicar a problemática do inventário recorria ao exemplo de um rio: O inventário é como o caudal de um rio que ao longo do seu percurso pela planta da fábrica vai escondendo problemas e desperdícios. Sendo assim, Ohno recomendava uma redução sistemática do inventário de forma a “baixar o caudal do rio”, expondo assim os problemas do sistema. O excesso de inventário representa dinheiro “parado” e cria outros desperdícios em várias formas (Bell, 2005).

- **Esperas**

Segundo Shingo (1989) um dos desperdícios que mais impacto tem nos processos é o tempo desnecessário de espera que ocorre em diferentes etapas do processo produtivo. Estes tempos de espera podem ser causados por diferentes motivos como planeamento da produção ou dos materiais mal-executado, entregas tardias, problemas de qualidade, procura de informação/instruções ou controlos desnecessários.

- **Movimentações**

Este desperdício representa as movimentações de humanos e máquinas que são desnecessários, e não agregam valor ao produto, o que implica gastos de tempos, energia e recursos (Womack & Jones, 1996) . Estas movimentações excessivas podem contribuir para o aparecimento de lesões e para o desgaste precoce das máquinas, sendo necessária uma

manutenção mais frequente, aumentando os custos de manutenção, custos de energia, podendo ainda comprometer a qualidade do produto (Bell & Orzen, 2016).

- **Transporte**

Para Mele (2008), este desperdício representa o movimento desnecessário de materiais, componentes e recursos ao longo do processo produtivo. Defende ainda que enquanto os produtos estão em movimento, nenhum valor está a ser acrescentado ao mesmo.

- **Sobreprodução**

A sobreprodução acontece quando se fabrica algum produto numa quantidade superior à encomendada pelo cliente ou a produção de um produto que não é necessário no momento (Mele, 2008). Para além disso, a sobreprodução gera congestionamento no processo de fabrico e um excesso de inventário.

- **Sobreprocessamento**

Este desperdício representa a realização de trabalho/operações desnecessárias ao produto em questão e pode ser causado pelo: uso inadequado de ferramentas, instruções de trabalho impróprias, falha na comunicação entre departamentos. Este desperdício também pode representar a duplicação de tarefas administrativas e pode ser causado por sistemas de informação mal projetados que não consigam lidar com os dados capturados, podendo gerar transações desnecessárias ou duplicação de informação, aquando da recolha de dados manualmente (Tapping & Shuker, 2010)

- **Defeitos**

Este desperdício é resultado direto da fraca qualidade que pode advir da projeção e desenvolvimento dos produtos. Estes defeitos ocorrem ao longo do processo produtivo e podem ser originados por um fraco controlo do processo, uma manutenção deficiente dos equipamentos, má formação dos trabalhadores, fraca qualidade da matéria-prima. Estes defeitos trazem custos avultados, pois, para os mitigar é necessário retrabalho nos produtos, sendo necessárias horas de mão de obra adicionais, novos materiais e uso de equipamentos (Womack & Jones, 1996).

2.3.3 Lean Office

O termo *Lean Office* representa a aplicação da filosofia “*Lean Thinking*” aos processos administrativos das organizações ou ao fornecimento de serviços. Segundo Tapping e Schuker (2003), os gastos com processos administrativos representam entre 60% e 80% do custo envolvido a atender os requisitos dos clientes. O *Lean Office* diferencia-se do *Lean Manufacturing* por ser aplicável à gestão de processos e informação, sendo que o fluxo de valor não está vinculado a materiais, mas sim a informações e conhecimento (McManus, 2005). Tapping e Shuker (2003) definem o *Lean Office* como o ambiente de trabalho em que os processos possuem apenas as unidades de trabalho necessárias e nas quantidades necessárias, onde as pessoas procuram eliminar atividades que não adicionam valor, originando desperdícios.

Segundo McManus (2005), para facilitar a transição da ideologia *Lean* aos processos administrativos é necessário adaptar o cinco princípios *Lean* já explorados, sendo que o valor passa a ser relativo e varia consoante os objetivos; o fluxo de valor passa a ser baseado na informação e no conhecimento ao invés dos materiais e componentes; no fluxo procura-se o valor na eficiência das interações planeadas, quando estas interações são consideradas desperdícios no pensamento *Lean Manufacturing* e a busca pela perfeição é guiada pelos processos que potencializarão a melhoria contínua dos processos e dos materiais (Melara et al., 2017).

A filosofia *Lean Office* tem como base a procura de valor ao longo dos processos bem como a redução de desperdícios e ineficiências dos mesmos. Tapping e Schuker (2010) procuraram adaptar os sete desperdícios já mencionados aos processos digitais e serviços:

- **Inventário:** Pode ser entendido como o acumular de ficheiros de dados que não são necessários ou estão duplicados;
- **Esperas:** Esperas relativas a formalização de processos ou autorizações como por exemplo: e-mails de confirmação, assinaturas, preenchimento de documentos, etc.;
- **Movimentações:** Movimentações desnecessárias relativas à passagem de informação, podem representar movimentos no chão de fábrica e movimentos dentro do escritório (impressões, recolha de assinaturas, etc.);
- **Transporte:** Refere-se ao transporte em excesso de arquivos físicos de estante para estante, ou entre departamentos que pode originar a perda de documentos e gastos de tempo, pode ainda referir-se ao trânsito excessivo de documentos administrativos;

- **Sobreprodução:** Inclui atividades redundantes como a verificação de um documento realizada por mais que uma pessoa, realização duplicada de documentos, uso de documentos diferentes para o mesmo registo, etc;
- **Defeitos ou retrabalho:** Realização de um trabalho deficiente que necessite de mão de obra para ser refeito, gastando assim tempo e recursos para a realização de uma tarefa que já deveria estar concluída.

Tabela 1: Exemplos de defeitos nas filosofias *Lean Manufacturing* e *Lean Office* (Womack & Jones, 1996).

Desperdício	Lean Manufacturing	Lean Office
Inventário	Acumulação de materiais obsoletos, stock de produto acabado	Acumulação de ficheiros duplicados ou obsoletos
Esperas	Tempo gasto à espera de material, informações e pessoas	Tempo gasto à espera de formalizações, autorizações e respostas
Movimentações	Movimentação de pessoas, produtos e ferramentas que não agregam valor ao produto	Movimentação excessiva de e-mails, ficheiros e informação em geral
Transporte	Transportes desnecessários de materiais e informações	Transporte desnecessário de arquivos físicos ou de ficheiros entre pastas/pessoas
Sobreprodução	Produção de quantidades superiores às necessárias	Atividades redundantes como duplicação de documentos ou produção de relatórios em excesso
Defeitos	Produtos defeituosos ou que necessitam retrabalho	Ficheiros incompletos ou mal preenchidos

Segundo Melara et al. (2017), o *Lean Office* é considerado um método excelente para aumentar a eficiência nos processos administrativos, com a identificação de desperdícios e eliminação da variação nos processos existentes, fazendo com que o *flow* seja mais ágil, aumentando a competitividade das organizações.

2.4 Gestão de processos de Negócio (BPM)

Nos dias de hoje, acentua-se uma tendência na gestão de topo das organizações que cada vez mais são orientadas aos processos, permitindo que as organizações girem o seu dia-a-dia como um conjunto de processos de negócio inter-actantes, avaliando-os através de sistemas de indicadores (Besteiro, 2010). Silva e Pereira (2016) definem a gestão de processos de negócio como o conjunto de competências e métodos que através da simbiose da gestão com as tecnologias de informação almeja a seleção e definição dos processos de negócio mais adequados à organização, bem como a otimização dos mesmos.

A gestão de processos de negócio pode ainda ser definida como uma forma estruturada, coerente e consistente de entender, documentar, modelar, analisar, simular, executar e continuamente alterar os processos de negócio e todos os recursos envolvidos para aumentar a performance dos processos (Rosemann et al, 2006).

A gestão de processos de negócio tem um ciclo de vida compreendido em cinco fases, segundo Devillers (2011):

- **Conceção:** Nesta fase procura-se identificar os processos já existentes na organização (*as is*) e idealiza-se ou projeta-se os processos futuros (*to be*). Nesta fase procede-se ao levantamento e registo de tarefas, de recursos e de responsabilidades;
- **Modelação:** Nesta fase, com recurso a linguagens e ferramentas de modelação de processos, é possível projetar os modelos de negócio observados na fase anterior;
- **Execução:** É nesta fase que as soluções informáticas que possibilitam a automatização dos processos de negócio são implementadas. O objetivo principal desta fase é a integração e sincronização entre as várias aplicações informáticas usadas na execução dos processos que anteriormente funcionavam de forma não integrada, individualmente;
- **Controlo:** Nesta fase é fundamental medir o desempenho dos processos que pode ser feito recorrendo às diferentes tecnologias presentes, possibilitando análises a nível macro, analisando indicadores globais ou micro, focando-se em processos específicos;
- **Otimização:** Baseando-se nos resultados da etapa anterior, nesta fase a organização deverá proceder à otimização dos processos para ir de encontro aos indicadores medidos. Estas otimizações podem ser identificação, projeção e modelação de novos processos ou remodelação dos já existentes.

2.4.1 Modelação de Processos de Negócio

A modelação de processos é encarada como a fase principal da gestão de processos de negócio, pois qualquer erro na projeção e análise do modelo irá ter consequências graves nas fases seguintes. Para um processo de negócio ser gerido, primeiramente tem de ser modelado, de forma a capturá-lo e caracterizá-lo de alguma forma. Um dos primeiros autores a explorar o tema foi Ortiz (1999) e introduz o conceito de ferramenta de modelação como “ferramenta abrangente de gestão de processos de negócio

que mune as pessoas de poder para projetar, documentar, analisar, refinar e melhorar continuamente os seus processos”.

A modelação de processos pode ser encarada como uma notação gráfica que permite descrever a forma como um processo se comporta, ilustrando como este processo irá cumprir os requisitos estabelecidos e tarefas ao qual é inerente. (Padilla, 2014). Pode ainda ser encarada como o conjunto de conceitos, métodos e tecnologias que permite modelar, analisar, configurar, otimizar e administrar os processos de negócio de uma empresa (Weske, 2007).

Existem várias notações de modelação de processos propostas nos últimos anos que apresentam técnicas de representação de modelos de negócio como o BPMN, *Event-driven Process Chains* (EPC), IDEF, entre outros.

2.4.2 BPMN

A *Business Process Model and Notation* (BPMN), foi desenvolvido com o intuito de ser a notação standard para a modelação de processos de negócio. Este projeto foi desenvolvido pela *Business Process Management Initiative* que tinha o intuito de desenvolver uma notação gráfica capaz de representar processos de negócio, baseando o desenvolvimento da ferramenta em diagramas de atividade. (Besteiro, 2010). O objetivo de ser notação standard foi atingido quando a *Object Management Group* (OMG) adotou a notação como um dos seus padrões, uma organização composta por um consórcio de empresas (Hewlett-Packard, IBM, Apple Computer e American Airlines) que aprova standards abertos para aplicações orientadas a objetos, sendo que a versão mais recente usada desta notação standard é o BPMN 2.0 (Chinosi & Trombetta 2012).

A BPMN permite a criação de processos de negócio end-to-end e foi projetado para cobrir vários tipos de modelação. Os elementos de estrutura do BPMN permitem, à pessoa que está a analisar o modelo, diferenciar as secções do modelo, nomeadamente grupos, piscinas e pistas. (Aagesen & Krogstie, 2010). Esta notação agrega vários elementos simbólicos para a representação de processos que podem ser agrupados em quatro grupos: objetos de conexão, objetos de fluxo, *swimlanes* ou raias e os artefactos. Dentro das categorias podemos encontrar elementos que representam eventos, atividades, fluxos, envio de mensagens, papeis, etc (Chiarello et al., 2014). Os objetos de conexão garantem a integridade dos fluxos, ligando os outros elementos de representação e são compostos por três tipos de conexão: fluxo de sequência tradicional (representado por uma linha continua), fluxo de mensagens (representado por uma linha a tracejado) e associação de elementos.

Os objetos de fluxo contêm elementos capazes de ilustrar ações ao longo de um processo de negócio e o

seu estado comportamental através de elementos como eventos, atividades que podem ser divididas em processos e subprocessos e *gateways* (elementos de convergência e divergência dos fluxos).

As *swimlanes* são um conjunto de simbologias que representam os participantes do processo, estes símbolos permitem a dividir o modelo em sub-seções que agrupam todas as tarefas que estão ao encargo da pessoa/departamento/secção responsável numa só *swimlane* representativa dessa entidade. Existem dois tipos de swimlane, as piscinas (*pools*) e as pistas (*lanes*) que definem o escopo do modelo de negócio em questão (Silva & Pereira, 2015).

Os últimos elementos são os artefactos que servem para fornecer informações adicionais aos processos, não interferindo diretamente com o mesmo, os artefactos podem ser anotações, objetos de dados e grupos (Chinosi & Trombetta 2012). Na Figura 5 pode-se observar um esquema que representa os diferentes objetos usados na notação BPMN 2.0, onde estão representados diversos tipos de eventos como eventos de início, de temporizador e de mensagem. Existem também tarefas (tradicional, de recebimento, manual, de envio), *gateways* (condicional exclusivo, incondicional paralelo, condicionado por evento entre outros não representados), fluxos tradicionais e de mensagem, eventos intermediários (simples, temporal, de mensagem), artefactos e eventos de fim. Para além disso na notação BPMN existem subprocessos que servem para integrar um modelo no outro.

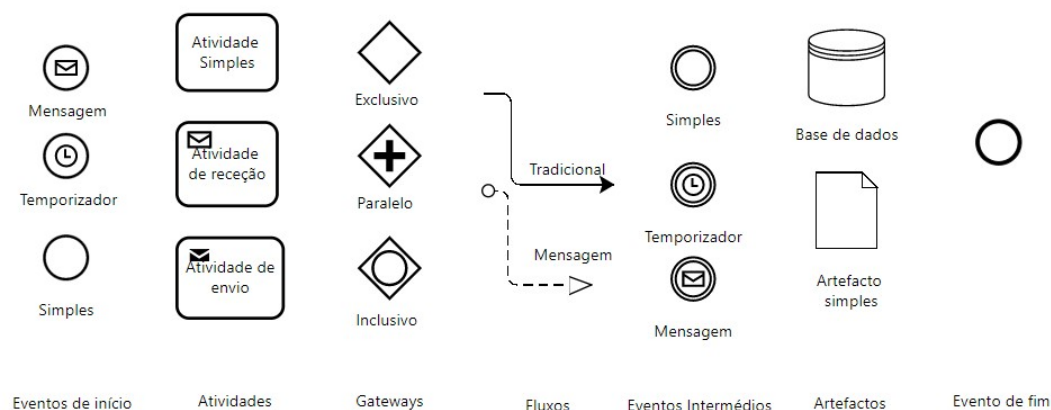


Figura 5: Representação elementos BPMN

Fonte: Autor

2.5 Outline Process Chart

Os gráficos de processo têm como principal objetivo mapear o fluxo de materiais, de equipamentos ou de humanos, listando todos os eventos inerentes à atividade em estudo, permitindo ao analista uma

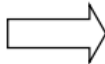
visão *high-level* dos processos, através da representação com símbolos das atividades inerentes ao processo a estudar. Estes gráficos representam a forma e as fazes que levam à conceção do produto final, representando a sequência lógica das atividades. Além disso, a categorização de atividades como transportes ou controlos permitem perceber as necessidades que o processo produtivo tem, permitindo um planeamento do controlo de qualidade e dos equipamentos necessários (Kiran, 2019).

Nestes gráficos também se regista o tempo de cada atividade bem como as deslocações realizadas pelos operadores na sequência de atividades. Estes dois indicadores permitem quantificar o tempo gasto nas diferentes operações bem como o tempo despendido em situações de espera, transporte e inspeção, tempos que serão alvos de análise para a redução dos mesmos no âmbito de tornar a atividade mais eficiente, minimizando os desperdícios de tempo/deslocações (Kiran, 2020).

Esta ferramenta também pode ser usada para análises de nível micro, para registar, por exemplo, sequências de movimentos específicos de uma atividade. Um exemplo do uso da ferramenta para análises micro é a análise de processos de duas mãos que consiste num gráfico que guarda todos os movimentos realizados por ambas as mãos do operador durante uma operação (Babu, 2012).

Os diferentes tipos de gráficos do processo partilham um conjunto de símbolos que foram promulgados pela Sociedade Americana de Engenharia Mecânica na Tabela 2:

Tabela 2: Símbolos: *Outline Process Chart*

Categoria	Descrição	Símbolo
Operação	Qualquer operação para fazer alterações ou modificações no produto/material/parte.	
Inspeção	Refere-se à necessidade de inspeção qualitativa / quantitativa do produto/material/parte.	
Transporte	Refere-se ao movimento realizado por operadores, materiais ou equipamento.	
Armazenamento	Armazenamento controlado no qual o material é recebido ou enviado do armazém.	
Espera	Representa uma qualquer espera no processo ou um objeto deixado de lado até ser necessário.	

3 Apresentação da Empresa

Neste capítulo é apresentada a empresa onde este projeto de dissertação foi desenvolvido. Primeiramente será apresentado o grupo e posteriormente a empresa que alocou o projeto. Por fim, serão expostas a missão, a visão e os valores do grupo DST.

3.1 Grupo DST

O grupo DST foi fundado nos anos 40 pela família Domingos Silva Teixeira, cujas iniciais deram origem ao nome da empresa. Nestes primeiros anos de vida, a empresa iniciou a sua atividade na exploração de inertes para abastecimento de materiais para o mercado da construção. Nos primeiros anos forneceu pedra para diferentes obras como a construção do estádio 1.º de maio em Braga e a pavimentação do hotel Turismo (agora Mercure Hotel) e Centro comercial Gold Center, 2 edifícios marcantes do centro de Braga. Com o passar dos anos a empresa foi cimentando a sua presença na área de engenharia e construção, sendo atualmente uma das empresas de referência do setor. Para responder às exigências do mercado a empresa alargou a sua ação para diferentes áreas de negócio que apoiam o setor principal como a carpintaria (tmodular), instalações elétricas (DTE), produção de betão (tbetão), produção de estruturas metálicas (Bysteel), etc. Para além disto a empresa expandiu ainda mais a sua atividade para áreas de negócio em expansão como o ambiente, energias renováveis, telecomunicações, Real State e Ventures.

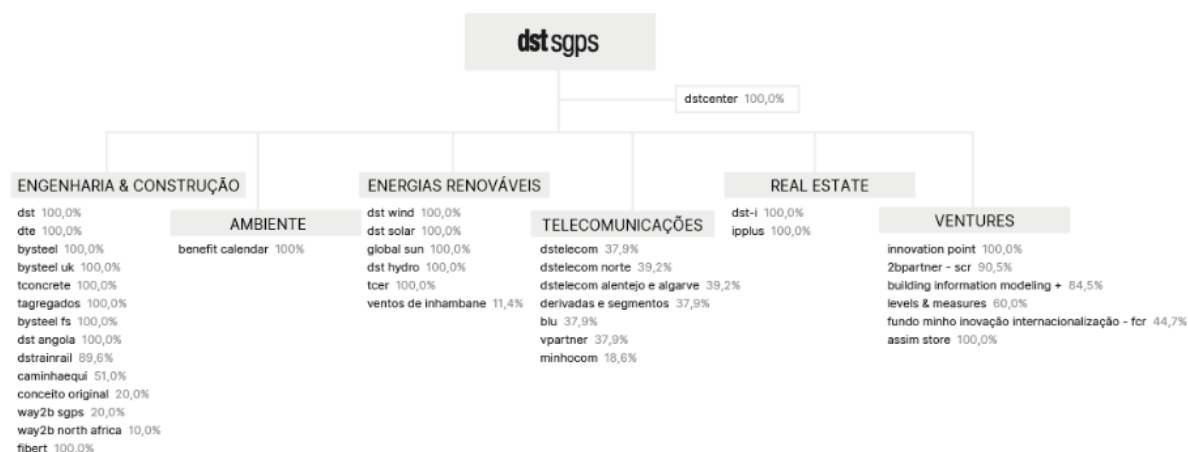


Figura 6: Organograma das empresas do grupo

Fonte : Documentos internos da empresa

3.2 Bysteel

A Bysteel tem sede em Palmeira, Braga e tornou-se autónoma no ano 2008, derivando de uma empresa já existente do grupo, a DST Metalomecânica. Esta empresa foi criada para suprir as necessidades e expandir a área de negócio da empresa Domingos da Silva Teixeira (DST) para as áreas de estruturas metálicas e revestimentos de edifícios. Desde aí, a empresa foi dotada de 60 000 m² de área de implementação, sendo que a superfície industrial e produtiva cobre 20 000 m² da área total, sendo relevante ainda o imenso parque exterior que possui para o armazenamento de materiais e gestão de cargas e descargas. A empresa é dotada ainda de uma unidade de escritórios destinada à gestão de projetos e preparação/conceção que conta com mais de 40 colaboradores especializados na área e têm ao seu dispor um departamento com equipamentos e tecnologias de última geração, permitindo à empresa continuar na vanguarda tecnológica da construção em estruturas metálicas.

3.2.1 Bysteel FS

A Bysteel FS foi criada em 2016 e surge como solução para a conceção, engenharia e execução de fachadas e envelopes arquitetónicos para edifícios de forma a complementar a oferta da Bysteel. Esta empresa é dotada de uma unidade fabril com uma área de cerca de 8000 m² e foi equipada com equipamentos de última geração de forma a suprir as necessidades do mercado na área das fachadas de luxo, apresentando soluções que otimizam a resolução de problemas energéticos, acústicos, térmicos e impermeabilização. Esta empresa é recente e representa um investimento de cerca de 16 milhões de euros, tendo capacidade para albergar 200 postos de trabalho, trabalhando maioritariamente para mercados internacionais, que representam cerca de 90% do seu volume de negócios, representados na Figura 7. Citando o seu administrador Rodrigo Crespo de Araújo em declarações ao jornal económico em 2016, a Bysteel Fs quer “vestir as obras de grandes arquitetos e ser a Gucci da engenharia de revestimentos de fachadas de edifícios”.



Figura 7: Distribuição geográfica da Bysteel

Fonte : Documentos internos da empresa

3.2.2 Produtos Bysteel

Como já referido, a Bysteel é especializada na conceção e fabrico de estruturas metálicas e sistemas de fachadas de elevada qualidade, tendo um peso crescente na área da construção civil, usando o aço, o alumínio e o vidro como materiais de eleição. Os produtos por ela fabricados são concebidos por encomenda de um cliente ou pela realização de projetos internos de obras da DST. O produto final serão por exemplo edifícios industriais ou administrativos, edifícios complexos como aeroportos (Lyon,Dundo,Barcarena,Faro,Saurimo) e estádios (Leixões, Delort); pontes (Carpinteira, Chaves, Tânger); reabilitação de edifícios, viadutos, entre outros. Na Figura 8, encontram-se alguns exemplos destes edifícios onde se podem observar diferentes estruturas metálicas e sistemas de fachadas.



Figura 8: Produtos Bysteel

3.2.3 Visão, Missão e Valores

A Bysteel possui desde início uma visão muito clara sobre a sua identidade, absorvendo a cultura organizacional do grupo DST. Esta visão consiste na cimentação da empresa na área de construção metálica e sistemas de fachadas, procurando tornar-se uma empresa de referência e confiança nestas áreas. A Bysteel procura também ser reconhecida como o parceiro preferido dos projetos mais exigentes e das ideias mais inovadoras, buscando a excelência através da eficiência e eficácia dos processos. Esta visão é partilhada por todo o grupo e ambiciona a construção de projetos empresariais sustentáveis que acrescentem valor para a comunidade, procurando, com o auxílio da arte e do engenho, ficar na história como empreendedores "renascentistas" do séc. XXI.

A missão diária da Bysteel pode ser definida como a criação, produção e construção de estruturas metálicas e sistemas de fachadas que cumpram os mais elevados padrões do mercado, a um preço competitivo. Esta estratégia passa por atrair, reter e motivar os melhores talentos enquadrados pela paixão da construção metálica, pelo rigor e eficiência organizativas, valorizando todos os ativos da marca DST de forma a obter o máximo retorno para os *stakeholders*, procurando agregar valor em todas as fases da cadeia de abastecimento.

Com isto, é possível definir os valores que servem de alicerce ao dia-a-dia da Bysteel: ambição, bom gosto, coragem, lealdade, paixão, respeito, responsabilidade, rigor e solidariedade.

3.3 Estrutura Organizacional

Atualmente, a Bysteel FS conta com 105 colaboradores no total, distribuídos pelas diferentes áreas da empresa, desde o chão de fábrica até aos escritórios. No que diz respeito à sua unidade fabril, esta conta com 49 funcionários, sendo que 36 são operadores fabris e 13 funcionários administrativos. Destes 49, 16 funcionários são do sexo feminino e 33 do sexo masculino, perfazendo uma percentagem de 32,65% de mulheres e 67,35% de homens.

A empresa tem uma estrutura bem definida, dividida por departamentos que se dividem em: departamento comercial, direção de obra, produção industrial, departamento de qualidade e segurança, departamento financeiro, departamento projeto/preparação. Esta estrutura está representada no organigrama estrutural da organização presente na Figura 9.

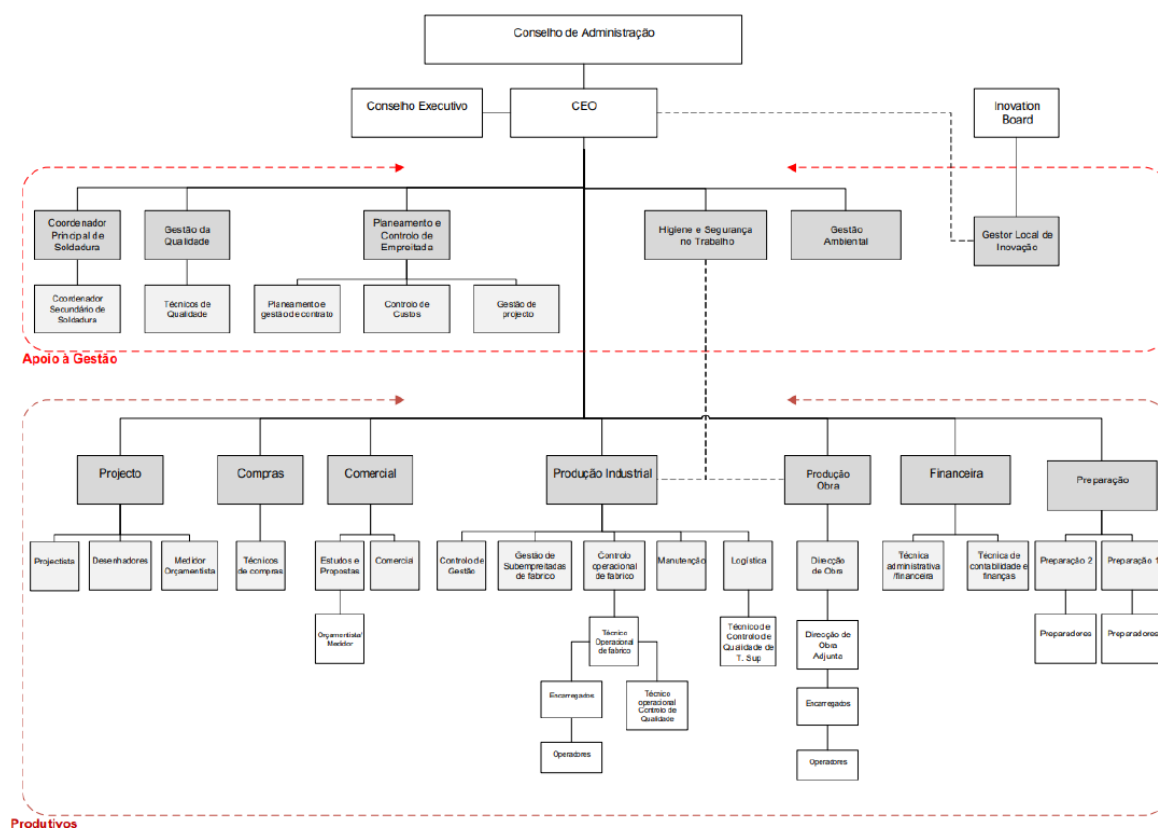


Figura 9: Organigrama Bysteel FS

De salientar que existem outros departamentos fundamentais ao dia a dia da empresa que são partilhados pelas várias empresas do grupo, de forma a centralizar a gestão. São exemplo departamentos como a contabilidade, o administrativo, gestão de tesouraria, recursos humanos, sistemas de informação, marketing, ambiente, saúde, entre outros.

4 Descrição e Análise Crítica da situação atual

Neste capítulo será ilustrada a situação atual da Bysteel FS através da análise da matéria-prima usada, os produtos acabados, o *layout*, os processos internos e os fluxos de material e informação. Posteriormente será efetuada a modelação de processos relativa a esta fase bem como a análise de resultados passando por uma análise crítica do estado atual.

4.1 Matérias-primas e produtos finais

A maioria dos projetos da empresa usa como matéria-prima perfis ou chapa de alumínio que podem ser trabalhados nas diferentes secções para apresentar todo o tipo de soluções de fachadas. A empresa também recorre a chapas de compósito de alumínio para fabricar os acabamentos visto que o compósito é facilmente trabalhado e apresenta soluções com grande fiabilidade para o revestimento de edifícios. Estas matérias-primas são compradas a diferentes fornecedores e é necessário garantir a sua qualidade para evitar não conformidades que se podem refletir a jusante no processo produtivo e refletir gastos acrescidos pois o produto já sofreu transformações. Para evitar isto, a empresa procura realizar o controlo de qualidade aquando da receção dos materiais. Este controlo de qualidade é realizado ao lote e posteriormente à unidade, caso sejam perfis de alumínio, inspecionando-se a conformidade das dimensões, a existência de inclusões, escórias, lâminas, fissuras, etc. A Bysteel Fs também tem necessidade de comprar uma série de componentes como parafusos, porcas, silicone, calços, etc. que serão incorporados no fabrico dos produtos dos diferentes projetos. Toda a matéria-prima e acessórios são comprados especificamente para cada projeto evitando assim o excesso de stock, mas comprometendo a flexibilidade da empresa em suprir as necessidades do processo produtivo caso haja rutura de stock, o que acontece com alguma regularidade com alguns parafusos

Os produtos desenvolvidos na Bysteel FS são nomeadamente caixilhos que posteriormente são transformados em quadros fixos ou em janelas e portas batentes/oscilo-batentes. A Bysteel aposta também na concessão de fachadas *stick* ou modulares, chapas de remate (acabamento) e *cladding* de forma a apresentar soluções polivalentes para o revestimento de edifícios.

4.2 Sistema Produtivo

Esta secção serve para ilustrar e descrever o sistema produtivo atual e o fluxo de materiais/informação da Bysteel Fs, bem como descrever alguns processos dos departamentos da empresa e como estes

se relacionam e dependem uns dos outros. Será também descrito e ilustrado o fluxo de informação interdepartamental e também entre o chão de fábrica e os departamentos.

4.2.1 Layout e fluxo de materiais

O chão de fábrica da Bysteel Fs encontra-se dividido em sete centros diferentes que conferem flexibilidade à empresa para produzir diferentes produtos visto que o seu fabrico é orientado para a encomenda de produtos distintos que devem cumprir os requisitos e especificações do cliente. Sendo assim o fluxo de produção divide-se pelos centros: centro de logística, centro de operações principais, centro de operações secundárias, centro de caixilharia, centro de fachadas, centro de preparação para a expedição e centro de logística.

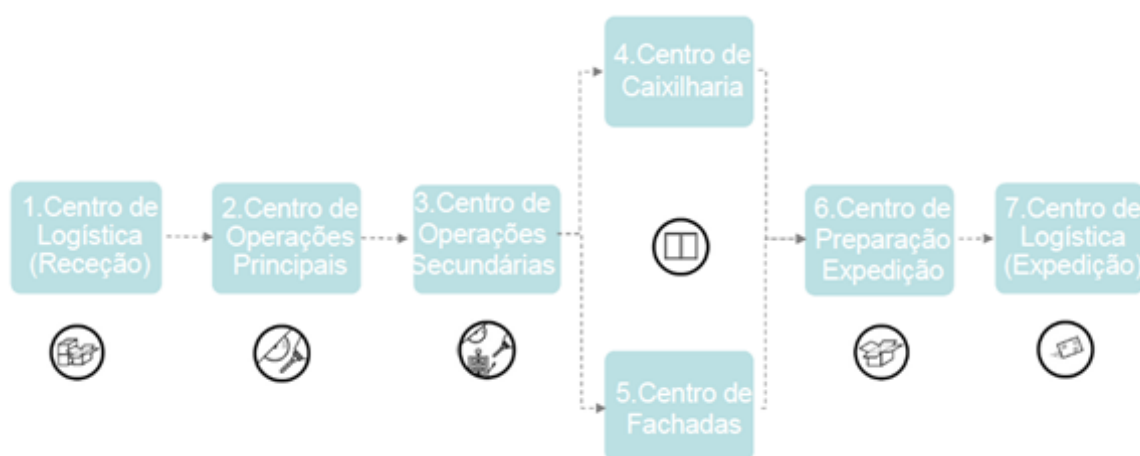


Figura 10: Fluxo de materiais na Bysteel Fs

Fonte : Documentos internos da empresa

A Figura 10 representa o fluxo de produção dos sete centros presentes no chão de fábrica. O fluxo inicia-se no centro de logística onde se receciona e inspeciona as matérias-primas encomendadas, nomeadamente: perfis de alumínio, chapas de alumínio, acessórios, consumíveis, etc.

Aquando do início da produção de certo projeto são enviados os materiais necessários ao seu fabrico para o centro de operações principais, onde os perfis e as chapas de alumínio irão sofrer a primeira transformação como o corte e a maquinação no caso dos perfis e o corte e quinagem no caso de chapas. De seguida, os perfis maquinados que necessitem operações manuais ou mais delicadas seguem para o centro de operações secundárias onde serão trabalhados. Neste centro também se realizam operações de cravação, no caso de caixilharia, corte automático e colocação de vedantes e calços. Após a primeira transformação o fluxo de materiais pode seguir duas direções distintas, a caixilharia vai para o centro de

caixilharia e o material de concessão de fachada para o centro de fachadas. Nestes centros realizam-se operações de montagem final, colocação de ferragens, siliconagem, acabamento superficial, entre outros. Terminados estes processos, os produtos seguem para o centro de preparação de expedição onde serão embalados e cintados e posteriormente são transferidos para o centro de expedição, que tratará do acondicionamento da carga no caminhão.

4.2.2 Centro de Logística de recepção

Este centro é responsável pela recepção e inspeção dos materiais encomendados pela empresa, tendo como principais objetivos a recepção do material, controle visual do estado da carga, confirmação da guia de remessa, verificação de pedidos de compra e documentação de qualidade associada ao material em questão. É ainda responsável pelo armazenamento do material pelas diferentes boxes.

4.2.3 Centro de Operações Principais

O centro de operações principais é o primeiro centro de transformação de matéria-prima da empresa, onde se efetuam as operações de corte e maquinação de perfis de alumínio, operações de corte, fresagem e quinagem de chapa. Este centro é constituído por 6 máquinas, 4 dedicadas à transformação dos perfis: Combi, Comet T6, Satellite XT e Quadra e 2 dedicadas à transformação das chapas: Compact e Viradeira. Segue em baixo um resumo de cada equipamento presente no centro de operações principais.

Máquina de corte eletrónico

- Emmegi Combi

A combi é uma máquina de corte com dupla cabeça e 5 eixos para cortes compostos, possui rotação motorizada e é controlada eletronicamente pelo eixo horizontal.



Figura 11: Combi

Maquinagem CNC

- Emmegi Comet T6

A comet é um centro de trabalho com quatro eixos controlados para a maquinação de barras ou perfis de alumínio, PVC, ligas leves, etc. Este equipamento possui duas modalidades de funcionamento: uma área de trabalho para barras até sete metros de comprimento ou duas áreas de trabalho independente simultâneas à operação. Esta máquina é capaz de alojar duas unidades angulares e uma fresa a disco para efetuar trabalhos nas 5 faces da peça, possuiu ainda uma superfície de trabalho móvel que possibilita a operação de carga e descarga de peças.

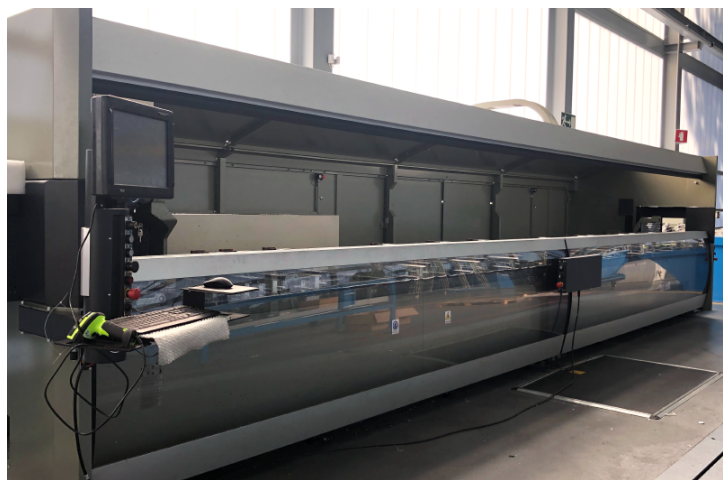


Figura 12: Comet T6

- Satellite XT

A satélite XT é um equipamento com 5 eixos CNC que permite a fresagem, furação, roscagem e corte em barras de grandes dimensões de alumínio, PVC e ligas leves. A parte móvel da máquina é constituída por um portal equipado com motorização por meio de cremalheira de precisão. Este equipamento possui o magazine de ferramentas com 16 posições, podendo chegar às 32 e pode vir equipada com um permutador de ferramentas para reduzir os tempos de preparação da máquina.



Figura 13: Satellite XT

- Quadra L2

A Quadra L2 é um centro de trabalho que possui 18 eixos CNC que permitem as operações de fresagem, perfuração e corte em barras de alumínio. Esta máquina possui um sistema de alimentação com impulso para barras até sete metros e meio. No módulo de fresagem com 4 eixos CNC estão instalados 4 mandis elétricos que permitem trabalhar o perfil em todo o seu contorno. Possui ainda um módulo de corte com uma lâmina de 600 mm com movimentos descendentes em três eixos CNC. Este equipamento possui ainda descarga automática das peças trabalhadas através de um extrator automático.



Figura 14: Quadra L2

Centro de corte, maquinação e quinagem de chapa

- Compact

Este equipamento possibilita o corte e maquinação de chapa e composto e foi concebida com tecnologia CNC possibilitando a maquinação automática das chapas. Pode trabalhar chapas de até 6 metros de comprimento e 2 de largura.

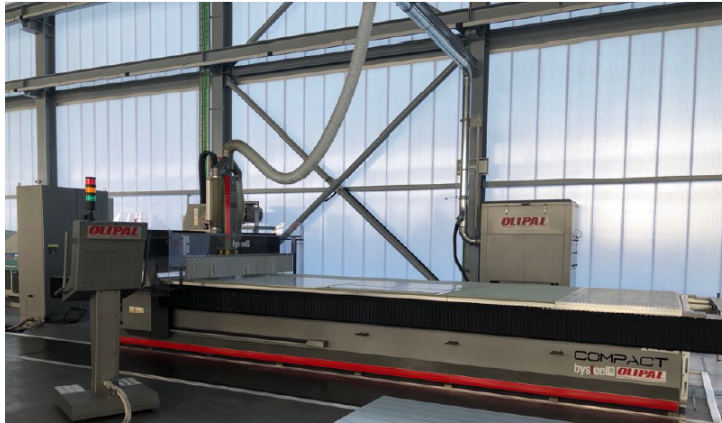


Figura 15: Compact

- Viradeira

É um equipamento que possibilita o corte e quinagem de chapa, podendo trabalhar chapas de até 6 metros de comprimento

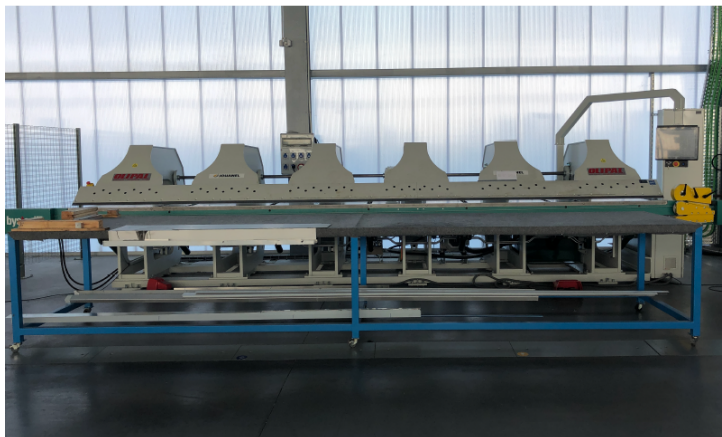


Figura 16: Viradeira

4.2.4 Centro de Operações Secundárias (COS)

O centro de operações secundárias é foi projetado para pequenas operações que sejam necessárias à transformação do produto que podem ir desde a maquinação, cravação e corte até operações de colocação de vedante. Este centro está dividido em quatro secções onde se dão diferentes transformações do perfis/chapas de alumínio:

- Operações secundárias de maquinação
- Operações secundárias de cravação

- Operações secundárias de corte
- Operações secundárias de colocação de vedante

Neste centro efetuam-se todas as transformações mais simples que não compensam ser realizadas pelas máquinas do COP ou que são tão minuciosas que a mão humana é mais eficaz. Neste centro existem vários equipamentos à disposição dos colaboradores como: prensas, fresadora, fresadora copiadora, furadora e máquinas de corte.

4.2.5 Centro de Caixilharia e fachadas

Neste centro, como o nome indica, existem 2 grandes secções de montagem, uma dedicada à montagem de caixilharia e outra dedicada à montagem de fachadas. Este centro de operações recebe os perfis e chapas transformadas nos postos anteriores e monta o produto final, incorporando os diferentes componentes/acessórios nos produtos semi-acabados transformados no centro de operações principais. Neste centro existem doze a quatorze bancadas de trabalho e duas mesas de ensaio para a testagem de protótipos. Este centro caracteriza-se por um trabalho bastante manual e tem como recurso uma ponte de elevação para possibilitar a movimentação dos produtos de centro para centro.

4.2.6 Centro de preparação para a expedição

Este centro de operações é responsável pelo *picking* do material necessário para as cargas bem como a inspeção da qualidade dos elementos a enviar. Neste posto recorre-se à inspeção visual dos produtos e à medição de parâmetros de qualidade como a percentagem de empeno ou a existência de riscos por exemplo. Realizada a inspeção, confirmam-se os materiais a enviar na lista de expedição e estes são devidamente identificados e enviados para o centro de logística de expedição.

4.2.7 Centro de logística de expedição

Este centro é o último antes da saída do material para obra. Sendo assim, é neste centro onde se montam as paletes e se embalam os materiais, respeitando as condições exigidas de isolamento e segurança. Este centro também é responsável pela carga dos camiões a expedir, tratando do acondicionamento dos materiais nos mesmos com recurso a dois empilhadores industriais.

4.3 Modelação de processos (as is)

Nesta secção, procurou-se obter uma imagem dos processos que ocorrem no dia-a-dia da empresa, que já tem alguns procedimentos normalizados ou formalizados. Esta análise irá abranger estes processos mas também processos que não estão formalizados nem normalizados de forma a refletir sobre a eficiência e necessidade dos mesmos. Esta modelação procura estudar 4 processos fundamentais ao *modus operandi* dos diferentes departamentos da empresa:

- Requisição e receção de matéria-prima;
- Abastecimento de material ao chão de fábrica;
- Planeamento e execução da produção;
- Expedição do produto acabado.

A linguagem escolhida para a modelação dos processos foi a BPMN por ser a notação *standard* de modelação de processos de negócio e pela versatilidade desta ferramenta na transição e integração dos processos com os sistemas de informação das empresas. As figuras encontradas ao longo deste capítulo representam secções dos BPMNS desenvolvidos, podendo as versões completas destes serem consultadas nos anexos da dissertação.

4.3.1 Requisição de matérias-primas e acessórios

O processo de requisição de materiais e acessórios começa no departamento de preparação que consoante os requisitos da obra, elabora uma folha de necessidades de compra (FNC em Excel) dos materiais que são necessários para fabricar o plano de fabrico, Figura 17. Nesta folha de necessidades de compra estão enumerados os materiais e informação sobre a obra (PEP), o responsável, a data, o PF, a referência, as características físicas dos materiais e respetivos custos. Depois de devidamente preenchida, a folha de necessidades de compras é enviada para o departamento de gestão de projetos que verifica a conformidade do pedido e se os materiais estão de acordo com as especificações necessárias.

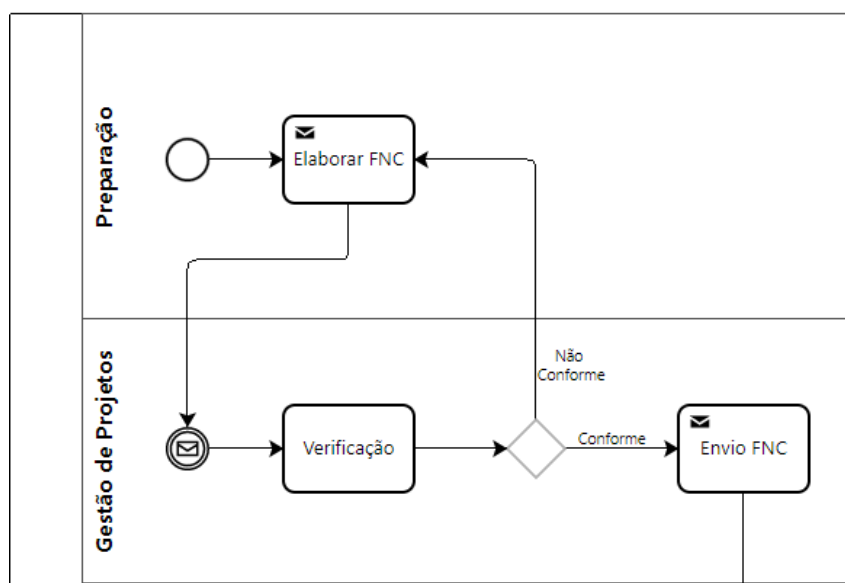


Figura 17: Elaboração de FNC

Fonte : Autor

Caso seja aprovado pelo departamento de gestão de projetos, este documento segue para o departamento de logística, nomeadamente a logística de receção que vai verificar se possui os materiais em *stock* ou se é necessário encomendá-los. Havendo *stock* dos materiais pedidos, é feita uma reserva desses materiais para a respetiva obra, associando a esta reserva um número sequencial denominado de RPC que posteriormente é registado num mapa de controlo em *Excel* designado por MCRAE que é um mapa de controlo usado internamente pela logística para rastrear os materiais e atualizar o estado de cada necessidade de compra. Neste documento registam-se todas as necessidades de compra e quando se efetua uma reserva regista-se o número de reserva (RPC) e a quantidade encomendada. Este documento Excel tem ainda *stock* e a quantidade reservada de modo a apresentar a quantidade que ficará disponível em fábrica após a reserva de cada material. Caso não haja *stock* dos materiais pedidos na FNC, é necessário fazer uma encomenda dos materiais em falta. A logística de receção é responsável por fazer uma requisição de compra (RC) em SAP dos materiais ao departamento das compras que vão analisar o pedido e fazer uma consulta de mercado, de modo a obter pelo menos 3 orçamentos distintos. Posteriormente, faz-se a seleção do orçamento que melhor se enquadra com o orçamento da empresa e emite-se um pedido de compra ao fornecedor, formalizando também em SAP este pedido, alocando-o ao respetivo centro de custos. Após isto, a logística de receção recebe a confirmação do pedido de compra e a respetiva data de entrega acordada com o fornecedor. Por fim, o departamento de logística de receção tem de voltar a atualizar esta informação no MCRAE, alocando o nº de pedido de compra e a data de entrega aos diferentes materiais presentes na FNC de modo a

controlar quais materiais foram encomendados e qual a data prevista de chegada dos mesmo às instalações da empresa, como observado na Figura 18.

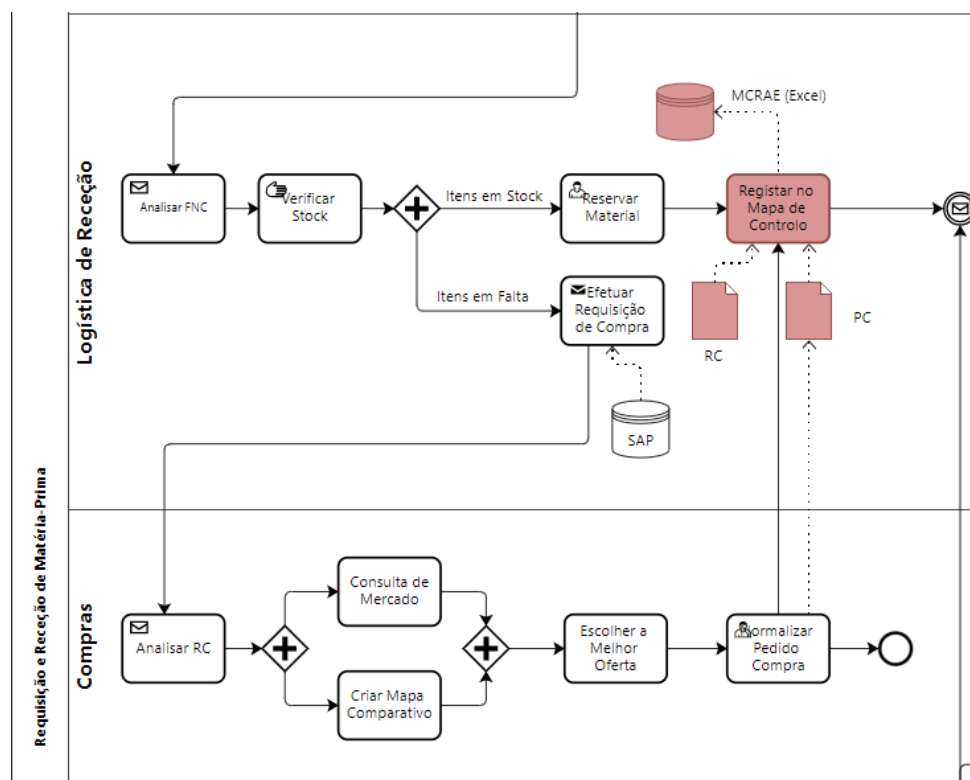


Figura 18: Requisição de materiais

Fonte : Autor

4.3.2 Receção de matérias-primas e acessórios

Aquando da receção de matéria-prima e acessórios, os operadores do armazém de matéria-prima são responsáveis por diversas funções da logística fabril como a descarga do camião, a verificação aparente da carga (inclui verificação do acondicionamento da carga, medição, análise de cor, observação de amolgadelas, etc.) e a receção dos certificados de segurança juntamente com os documentos de qualidade. Estes operadores são responsáveis ainda pela verificação quantitativa dos materiais que chegaram do fornecedor, fazendo o *picking* dos produtos consoante a guia de remessa e o pedido de compra. A informação do *picking* dos materiais é passada em papel ao departamento de logística de receção, juntamente com a fatura para verificar se o material recebido coincide com o encomendado. Esta verificação é feita recorrendo ao pedido de compra formalizado em SAP, comparando os materiais que chegaram efetivamente às instalações com os materiais e acessórios enumerados no pedido de compra enviado ao fornecedor e é realizada pelo departamento de logística de receção. Caso o material

rececionado esteja em conformidade com o pedido de compra, é dada autorização aos operadores logísticos para a separação do material por tipologia/obra e alocação dos diferentes acessórios pelas boxes da obra a que são destinados.

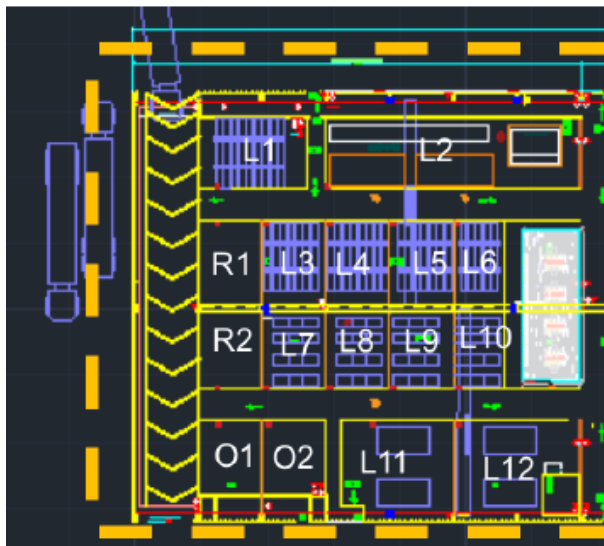


Figura 19: Layout armazém matérias-primas

Como se pode ver em cima na Figura 19, o armazém de matéria-prima foi dividido em 16 zonas, sendo a zona R1 destinada à receção de perfis de alumínio que serão posteriormente inspecionados e plastificados; a zona R2, destinada ao armazenamento de perfis secundários e acessórios. No que diz respeito às zonas L, a L1 é a *box* onde se realiza a inspeção dos perfis rececionados, procurando identificar amolgadelas ou outras não conformidades como riscos e amolgadelas. Esta inspeção é feita a uma amostra correspondente a 20% da carga rececionada, sendo realizada pelo departamento de qualidade que analisará também os respetivos certificados de qualidade e segurança. Posteriormente, os perfis seguem para a L2 onde serão plastificados, reduzindo assim a probabilidade de danificar algum perfil ao longo do sistema produtivo, riscando-o. Neste posto é feita outra inspeção, desta vez pelos operadores logísticos, a todos os perfis antes da plastificação, analisando-os unitariamente antes da colocação da película protetora. Após este processo, os operadores logísticos procedem à alocação dos perfis às boxes destinadas à obra que os vai consumir. Tudo isto pode observado na Figura 20.

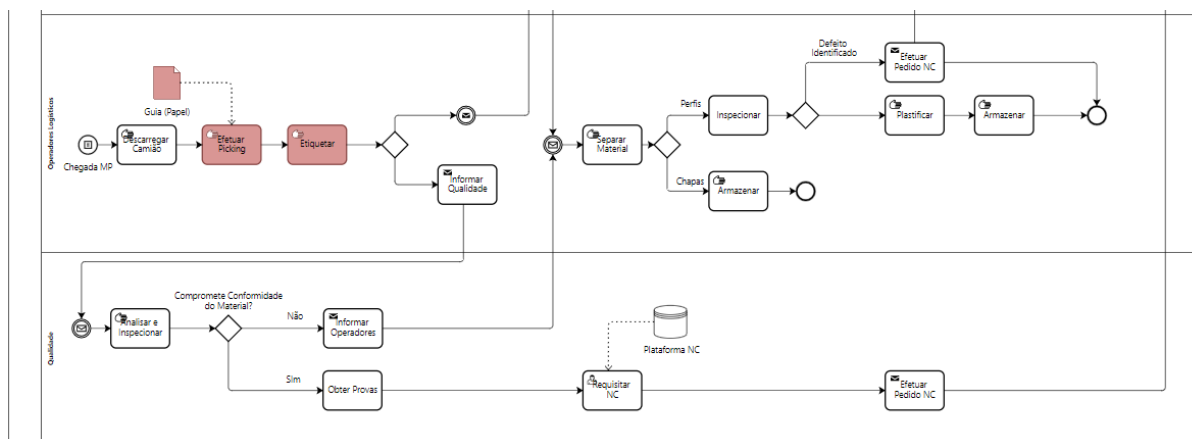


Figura 20: Descarga e Armazenagem de matéria prima

Fonte : Autor

Simultaneamente ao processo de armazenamento, o departamento de logística de receção tem a responsabilidade de dar entrada dos materiais em SAP, atualizando o stock dos diferentes materiais e acessórios. Além do registo em SAP, é também atualizado o mapa de controlo (em Excel) onde se regista os materiais que chegaram à fábrica, a quantidade, o número da guia e a qual FNC pertencem para facilitar a consulta dos restantes departamentos. Neste documento é possível verificar se chegaram todos os materiais encomendados ou ver a quantidade em falta caso o fornecedor não envie o material todo previsto no pedido de compra. Caso o material rececionado não esteja em conformidade com o pedido de compra, faltando material ou estando danificado, o departamento de qualidade é responsável pela análise e inspeção dos materiais e dos certificados de segurança e qualidade de modo a apurar se o defeito identificado compromete a conformidade do material ao ponto de o excluir do processo produtivo. Se comprometer, o departamento de qualidade procede à obtenção de provas do defeito, como por exemplo fotografias, e envia o processo para o departamento de logística de receção para se abrir uma não-conformidade que é enviada diretamente ao fornecedor com as devidas provas, acordando com ele uma nova data de entregue dos materiais de substituição ou a retoma do valor destes. Este processo pode ser observado na Figura 21.

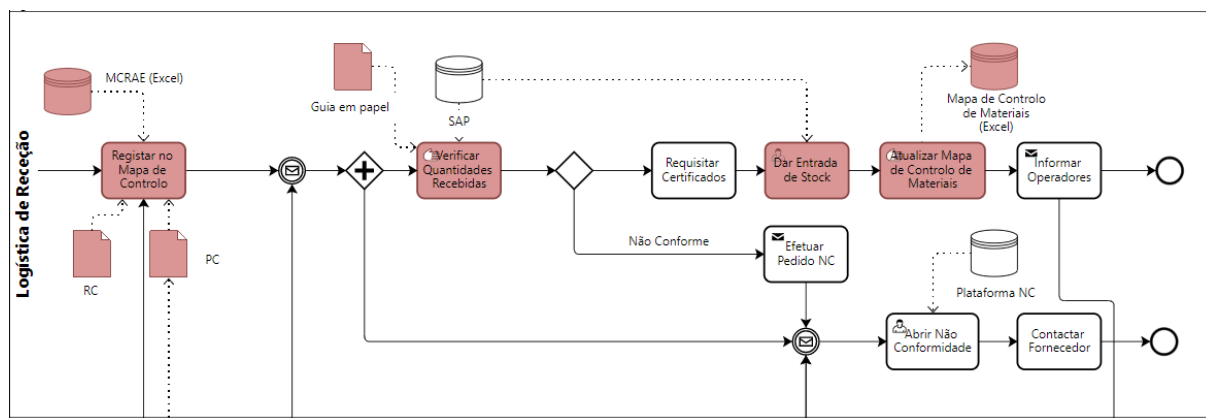


Figura 21: Controlo de materiais

Fonte : Autor

Verifica-se então uma entropia acentuada intra e inter departamentos como se pode verificar na modelação de processos da receção de matéria prima presente nas Figuras 18, 20, 21, onde se sinalizaram a vermelho todas as atividades que podem ser eliminadas ou simplificadas. Esta simplificação deverá implicar:

- uma redução no número de documentos em trânsito como as requisições de compra e pedidos;
- uma redução no uso de papel no quotidiano das operações (guias em papel e etiquetagem manual);
- uma redução/ eliminação de atualizações manuais de stock (MCRAE e o mapa de controlo de materiais).

4.3.3 Planeamento da Produção e Abastecimento de materiais

O processo inicia-se no departamento de gestão de projetos que preenche um documento *Excel* denominado GP PROD que contém todos os materiais/acessórios que devem ser enviados para obra. Nesse documento estão também registados os planos de fabrico de cada material/acessório e a data em que estes serão enviados para os departamentos de produção e logística bem como previsões do início e fim da produção de cada plano de fabrico e as datas para envio do material para os diferentes subempreiteiros, caso os materiais necessitem de sofrer transformações que não são possíveis em fábrica. Com isto, o gestor da produção analisa os planos de fabrico presentes no documento da gestão de projetos de forma a planear a produção. Isto é feito com recurso a um documento Microsoft Project,

onde são imputados os PFs a fabricar bem como estimativas de datas de início e fim da produção dos mesmos, criando um diagrama de Gantt que facilita a visualização dos PFs que vão entrar em fabrico. Semanalmente, no primeiro dia da semana, é realizada uma reunião que engloba os departamentos de produção, gestão de projetos e a preparação. Esta reunião tem o intuito de avaliar o estado das obras e delinear objetivos para o resto da semana no que concerne aos planos de fabrico a fabricar, podendo estes sofrer alterações na sequenciação de acordo com as prioridades definidas na reunião. Este processo pode ser observado na Figura 22

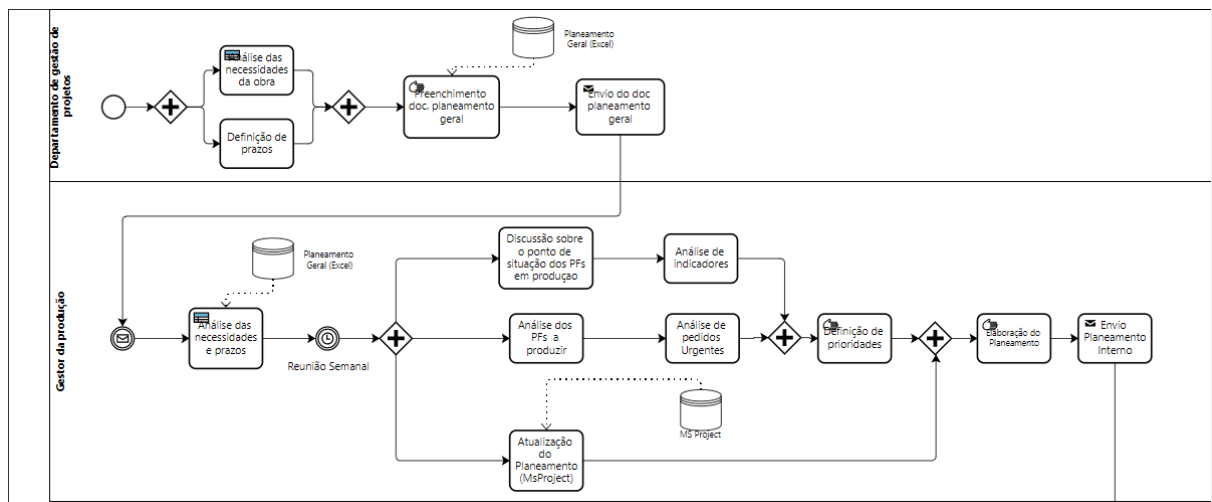


Figura 22: Elaboração do Planeamento geral

Fonte : Autor

Após esta reunião, o departamento de produção está apto para fazer a alocação dos PFs aos centros de trabalho. Para isso, é usado um documento *Excel* denominado de planeamento da produção onde se imputam os PFs já lançados pela preparação com informações relativas à obra a que são destinados, a tipologia, as características físicas, o peso total e a data de abertura. Este documento é usado como base para o controlo diário dos PFs em produção bem como a gestão de quais PFs estão prontos a ser produzidos e quais estão incompletos. O departamento de produção é responsável por preencher neste documento as informações relativas às transformações que o PF vai sofrer e o estado do PF (aguarda fabrico, aguarda material, em fabrico, enviado para a bysteel SA, subempreitada aberta, subempreitada fechada, standby e PF fechado). Aquando do início da produção de um PF é preenchida a data de início e quando esta termina é preenchida a data de fecho. Preenche-se ainda, a coluna de observações caso o PF não se encontre fechado e seja necessário especificar o porquê. Para além disto, é usado um esquema de cores, sendo que os PFs a verde representam os planos de fabrico que já foram fechados, a branco os que ainda não estão concluídos e a vermelho os processos críticos que precisam ter algum

aspecto revisto. É usado ainda outro documento Excel para fazer a análise de capacidade dos centros de trabalho do chão de fábrica. Conforme o planeamento definido, são imputados para este documento os Pfs a ser fabricados em cada centro de trabalho/máquina. Ao atribuir um PF a um centro de trabalho, preenchem-se as datas de início e fim da produção do mesmo, de modo ao programa construir um diagrama de Gantt com as durações dos diferentes PF, facilitando assim a gestão visual da capacidade de cada centro de trabalho e possibilitando ao utilizador a gestão de alocação de tarefas aos centros de trabalho para determinada janela temporal. Pela análise destes dois documentos (documento *Excel* de planeamento e diagrama de *Gantt* da capacidade das máquinas) é possível saber quais PFs vão entrar em fabrico diariamente. Com isto, são impressas as folhas de rosto dos PF a fabricar e distribuem-se pelos centros de trabalho respetivos antes do início da produção para o operador desse CT ter tempo de analisar as operações e materiais necessários ao processo de fabrico. Este processo pode ser observado na Figura 23

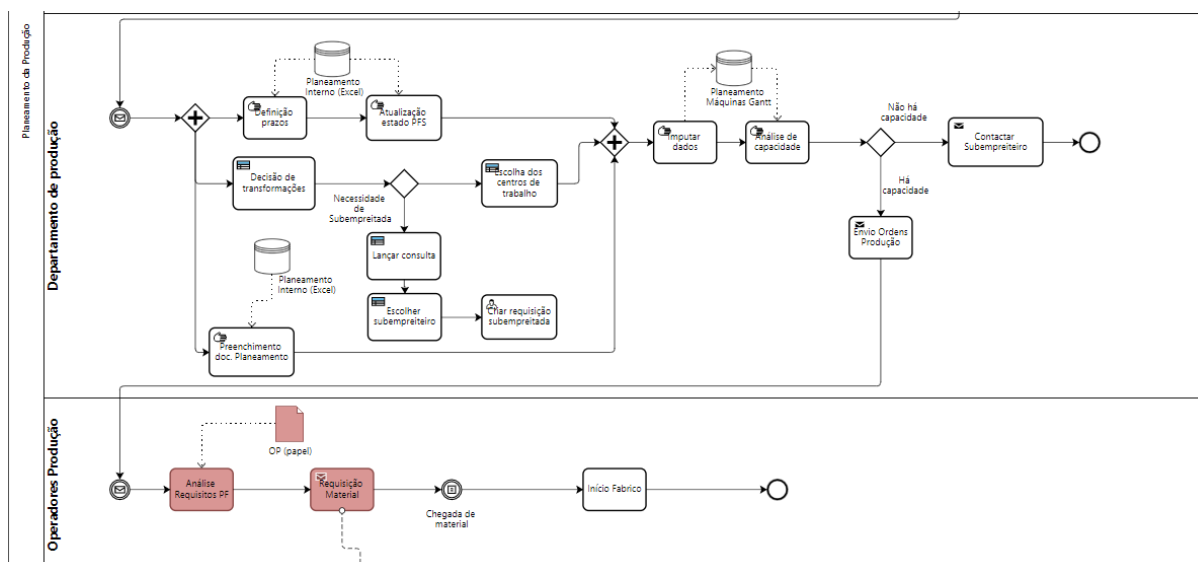


Figura 23: Elaboração do Planeamento Interno

Fonte : Autor

4.3.3.1 Preparação da Produção

O processo inicia-se no departamento de preparação que elabora o plano de fabrico (PF). Este plano de fabrico inclui 4 documentos fundamentais para o fabrico dos produtos requisitados pelas obras:

- Lista de produto final, que contempla todos os materiais e componentes que constituem a lista de materiais desse produto e contém a referência de cada material, a quantidade e as características físicas dos mesmos;

- Desenhos técnicos do produto a ser fabricado;
- Ordem de trabalho, é um documento que enumera as operações a realizar naquele plano de fabrico. Esta folha é passada em papel aos operadores no chão de fábrica e é encarada como uma ordem de trabalho, onde eles registam o tempo que demoram a fazer cada operação;
- Ficheiro Job, que é lido pelas máquinas para o corte e maquinação dos perfis de alumínio. Este ficheiro contém listas de acessórios (Txf), listas de perfis (Txl), lista de perfis por peça (Txo), entre outros.

Quando o plano de fabrico está completo, estes documentos são enviados para o departamento de logística de receção e ao de produção por e-mail. Sempre que a logística de expedição recebe um PF, procede à impressão da lista de material, o que faz com que haja um grande consumo de papel pois todas as passagens de informação relativas aos produtos e matérias-primas é feita com recurso a impressão e passagem de documentos em papel. Posteriormente, o departamento de logística de receção, consoante a lista de produto final, verifica se tem em *stock* os diferentes materiais. Esta consulta de *stock* é realizada recorrendo a um documento Excel denominado de “Controlo de Material” que é alimentado de acordo com o MCRAE e o SAP, de notar que existe um documento Excel deste tipo para cada obra (cliente), totalizando no momento atual, 5 documentos distintos. É ainda importante referir que a empresa normalmente fornece um número de obras superior ao atual, aumentando consequentemente o número de documentos a atualizar e a consultar. Neste documento registam-se todos os materiais requisitados nos pedidos de compra e a quantidade que realmente foi entregue pelo fornecedor, especificando a sua referência, a descrição e a quantidade. Contempla também, a quantidade de material já entregue à produção (material consumido) e a respetiva data, *para* facilitar o rastreamento dos materiais e o controlo de *stocks*. Este documento é importante pois facilita a visualização dos dados presentes em SAP, sendo possível ver quais materiais foram consumidos em cada PF, atualizando automaticamente a quantidade do material disponível em fábrica para ser consumido nos PF's que ainda não entraram em produção. Este documento também contempla a quantidade de não conformes, de forma a descontá-los na quantidade disponível de cada um para evitar a contabilização de *stock* que não está de acordo com os requisitos de qualidade estabelecidos. Sempre que um PF entra em produção e consome determinado material, é preenchido em Excel, na coluna correspondente a esse PF, a quantidade enviada para o centro de trabalho, atualizando assim a quantidade disponível em fábrica, através da diferença entre a quantidade total de conformes e a quantidade consumida em cada PF. Após a consulta de *stock* dos materiais presentes no PF, caso

algum material necessário ao fabrico esteja em falta, o departamento de logística de receção tem de alertar o departamento de preparação para elaborarem uma FNC a requisitar esse material, iniciando o processo de requisição de matérias-primas detalhado anteriormente. Caso o *stock* dos materiais da fábrica satisfaça as quantidades requisitadas no PF, o departamento de logística de receção informa o departamento de produção que aquele PF tem condições de seguir para a produção. Este processo pode ser observado na Figura 24

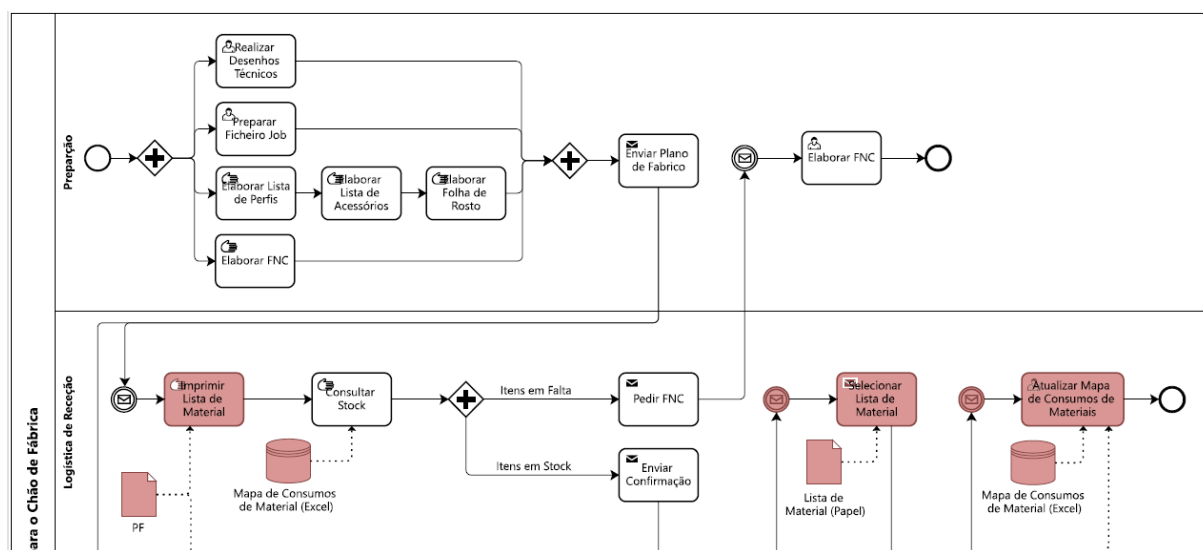


Figura 24: Preparação do fabrico

Fonte : Autor

O departamento de produção é responsável pelo planeamento da produção, Figuras 22 e 23 de acordo com os deadlines estabelecidos pelas obras e com a capacidade da fábrica, processo que será detalhado mais à frente. Após o planeamento da produção, este departamento informa a logística de receção sobre quais os PFs que vão seguir para fabrico e as respetivas datas de início. Tendo esta informação, o departamento de logística de receção dá a ordem aos operadores logísticos para separarem o material e acessórios presentes nos PFs e armazenarem na respetiva box para posteriormente abastecerem os postos de trabalho consoante as necessidades de cada plano de fabrico. O abastecimento do material é feito recorrendo a gruas ponte que por vezes podem estar a ser usadas para outros trabalhos. Os operadores logísticos fazem o *picking* do material recorrendo à lista de material que é impressa em papel e contém os materiais presentes no PF para os operadores logísticos irem registando (*picking*) quais materiais realmente saíram para produção bem como a sua quantidade, informação que é retornada à logística de receção em papel para registarem os consumos destes materiais quer em SAP quer no mapa de consumos de material. De salientar que o material necessário ao fabrico dos PFs segue para

os respetivos postos de trabalho após a requisição dos materiais por parte dos operadores da produção. Este processo pode ser observado na Figura 25

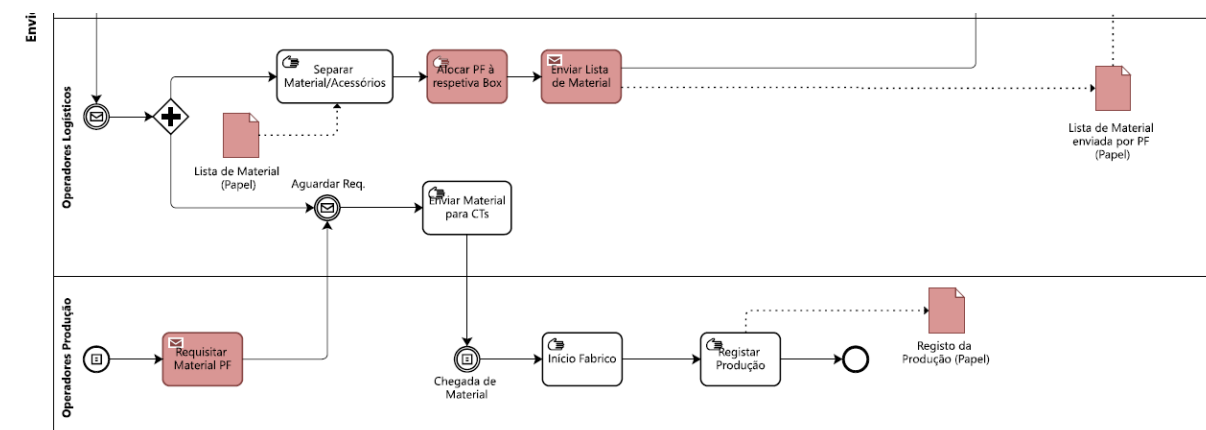


Figura 25: Início do fabrico

Fonte : Autor

Como se pode observar nas Figuras 22, 23, 24 e 25, algumas das atividades estão identificadas a vermelho por serem consideradas desperdícios. Grande parte destas atividades estão sinalizadas por necessitarem de documentos em papel como as listas de material e os documentos de registo de produção. Estão ainda sinalizadas as atividades de atualização de documentos de controlo em Excel que implica uma duplicação do registo de informação.

4.3.4 Expedição de cargas

É também importante detalhar os processos e descrever os procedimentos que culminam na expedição de uma carga. Este processo começa na gestão de projetos que é o departamento responsável por fazer a ponte entre as obras e a fábrica da Bysteel Fs. Com isto, a gestão de projetos está em contacto contínuo com os encarregados de obra para suprir as suas necessidades. Sempre que é necessário o envio de material para a obra, o departamento de gestão de projetos elabora um *Pack* de Expedição, um documento que contém listados todos os materiais (de fabrico e de consumo) a enviar nessa carga, bem como as respetivas quantidades. Neste documento estão mencionados os planos de fabrico de cada material, o tratamento de superfície a que vai ser sujeito, as características físicas dos materiais e a que obra são destinados. Após isso, o *Pack* de Expedição é enviado por email para o departamento de logística externa com uma antecedência em relação ao dia da carga de pelo menos dois dias. O departamento de logística de expedição fica então responsável por analisar o *Pack* de expedição e rastrear os materiais nele contidos. Para isso, é necessário consultar o departamento de produção que indicará

quais produtos já foram fabricados e quais se encontram ainda em produção. Os que já estão fabricados são embalados e separados por obra de forma a facilitar a gestão visual, juntando todos os materiais do *Pack* de expedição no mesmo sítio (centro de logística externa) e fazendo a picagem manual consoante o *Pack* de expedição. Como alguns dos materiais podem levar tratamento de superfície e esta transformação é feita em subempreiteiros, a logística de expedição tem que coordenar com estas empresas o transporte atempado dos materiais que foram enviados para lá de forma a estarem em fábrica no dia anterior à carga. É responsabilidade da logística de expedição requisitar os transportes internacionais, quando o envio é para obra, e nacionais quando é necessário enviar ou trazer materiais dos subempreiteiros. Esta requisição é feita em SAP e por email ao departamento de logística de transportes para estes fazerem uma consulta de mercado com as diferentes transportadoras e atribuírem o serviço, gerando um pedido de compra em SAP. Este processo pode ser observado na Figura 26.

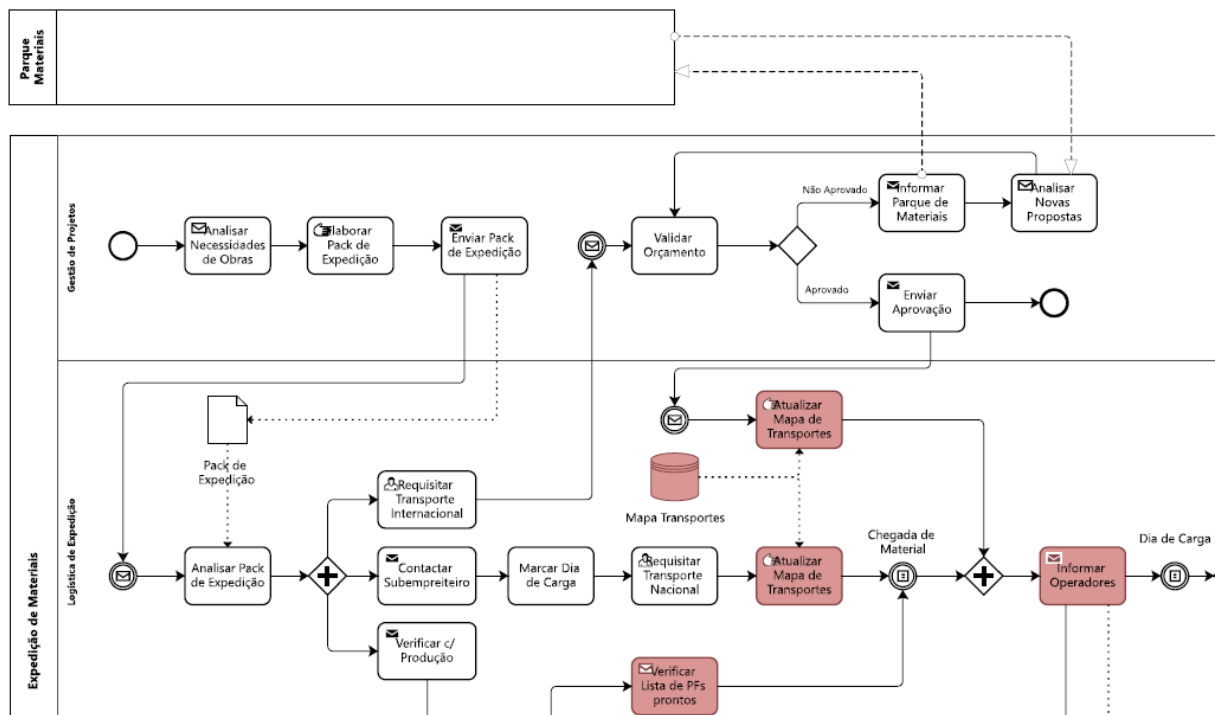


Figura 26: Preparação Expedição

Fonte : Autor

No dia da carga, o departamento de logística externa tem ainda de fazer a guia de transporte no portal das finanças, a lista de material enviado e preencher o CMR (tratado de transporte transfronteiriço) do motorista. Após a receção do *Pack* de expedição os operadores logísticos podem dar início à contabilização do stock acabado, procedendo depois à sua separação e devido embalamento, atividade que por vezes é morosa por haver necessidade de procurar os materiais a expedir.

Com o caminhão nas instalações da empresa, os operadores logísticos têm a responsabilidade de carregá-lo, respeitando os produtos presentes no *Pack* de expedição daquela carga, como se observa na Figura 27.

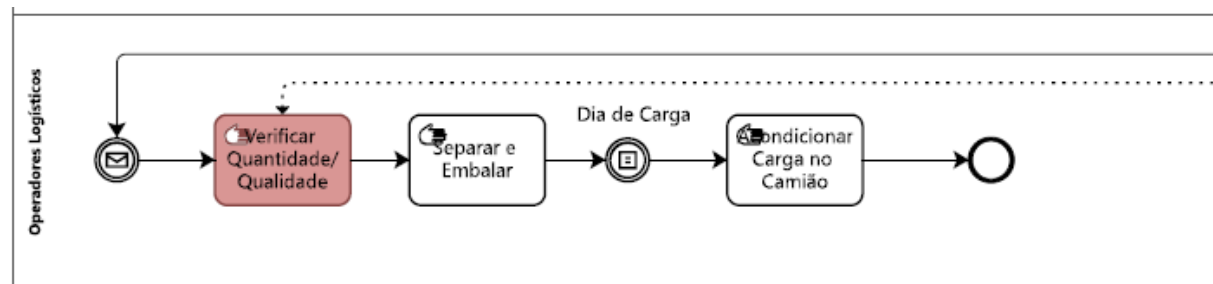


Figura 27: Encargos dos operadores logísticos

Fonte : Autor

Após o acondicionamento da carga no caminhão, o departamento de logística de expedição emite um aviso de expedição, enviado por email para a gestão de projetos e diretores de obra que contempla fotos da carga, a lista de materiais enviados do *Pack* de expedição (é usado um código de cores, a verde o que foi enviado e está mencionado na guia, a azul o que foi, mas não está mencionado na guia e a vermelho o que não foi enviado). Este aviso contempla ainda a data prevista de chegada da carga à obra e o contacto do motorista. Sempre que há uma carga, é atualizado o mapa de cargas com os materiais enviados para obra, indicando a guia correspondente e a data que saiu da fábrica. No mapa de cargas atualiza-se toda a informação relativa ao envio de material para os subempreiteiros, receção de material de subempreiteiros e envio de material para obra e retorno de material da obra. Este documento é usado pelos diretores de obra, gestão de projetos e logística de expedição pois permite verificar quais Pfs já seguiram para obra, quais se encontram em fábrica e quais se encontram nos subempreiteiros. Este processo pode ser observado na Figura 28.

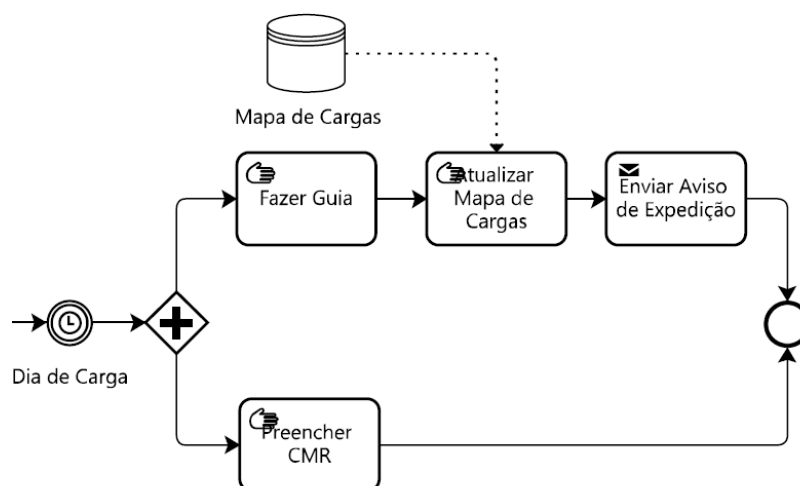


Figura 28: Encargos do departamento de logística no dia da carga

Fonte : Autor

4.4 Análise de Resultados

Como referido nos capítulos anteriores, esta dissertação procura explorar e auxiliar a implementação de um *Manufacturing Execution System*, através da análise dos processos atuais da empresa de forma a identificar desperdícios de tempo e entropia nos processos administrativos/produtivos da mesma.

Após a modelação dos processos do estado atual é importante quantificar o que se dispõe em cada atividade de forma a ser possível posteriormente identificar quais trazem valor à empresa e quais não trazem. Depois de uma análise das ferramentas existentes, optou-se pela escolha do diagrama de sequência de processos de forma a ser possível listar todas as atividades, classificá-las (operação, transporte, espera, armazenamento) e atribuir-lhes um tempo através da cronometragem das mesmas. Com isto, respeitando os diagramas BPMN relativos ao mapeamento do estado atual, foram construídos quatro gráficos de sequência de processos relativos à receção de material, ao envio de material para o chão de fábrica, à produção e à expedição de materiais.

De forma a estimar o tempo médio preciso de cada sub-atividade, foi necessário determinar o número mínimo de observações a efetuar. Este cálculo foi importante para obter uma amostra representativa do número mínimo de observações de cada sub-atividade a estudar.

Sendo assim, seguindo a equação 1 (Fox et al., 2009) é possível determinar esse número de observações.

$$N' = \left(\frac{Z * s}{\varepsilon * m} \right)^2 \quad (1)$$

Onde Z representa o valor na tabela de distribuição normal para um nível de significância 0.05, o s representa o desvio padrão, o ε o limite superior de erro (neste caso é de 5%), e m a média da amostra, foi possível obter o número mínimo de observações para cada atividade. É importante salientar que caso N (número de observações realizadas) seja inferior ao N' é necessário realizar mais observações para a mesma atividade.

4.4.1 Requisição e Receção de Matéria Prima

A atividade de receção de material pode ser dividida em doze sub-atividades: descarga do camião; esperas pela ponte; verificação do estado físico da carga (visual); *picking* material; entrega da guia c/picagem, procura do pedido compra; verificação do pedido compra e guia; transporte c/ponte de carga; separação do material por tipologia/obra; atualização do stock no mapa de controlo (MCRAE); entrada de stock em SAP; entrega da guia para efetuar consumos e plastificação de perfis.

No início realizaram-se dez cronometragens de cada sub-atividade e seguindo a equação 1, com o limite superior de erro 5% e Z com valor 1,96, foi possível verificar que das doze atividades, apenas três (*picking* do material, entrega da guia com picagem e entrada de stock em SAP) precisaram de um número de observações superior a dez (quinze foram suficientes) para constituírem uma amostra representativa das sub-atividades. As restantes sub-atividades apenas precisaram de dez observações que garantem a precisão das medições. Em baixo na Tabela 3, observa-se um quadro resumo onde se podem observar os tempos médios de cada sub-atividade (m), bem como o desvio padrão da amostra (s) e o número mínimo de observações de cada sub-atividade (N').

Tabela 3: Tempos médios e número mínimo de observações - Receção de material

Nr	Tarefa	s	m	N'
1	Descarga do camião	0,362	4,77	9
2	Esperas ponte	0,693	8,97	10
3	Verificação do estado físico da carga (visual)	0,281	3,96	8
4	Picking Material	0,197	2,03	15
5	Entrega da guia c/picagem	0,306	3,44	13
6	Procurar pedido compra	0,218	2,89	9
7	Verificar pedido compra vs guia	0,110	1,49	9
8	Transporte c/ponte	0,564	8,36	7
9	Separar material por tipologia/obra	0,394	4,98	10
10	Atualização do stock no mapa de controlo (MCRAE)	0,248	3,08	10
11	Entrada de stock em SAP	0,439	5,08	12
12	Entrega Guia p/consumos	0,000	1,00	0

Como referido, houve três casos em que foi necessário um número de observações superior a dez. Com isto estendeu-se o número de observações para quinze, realizando-se cinco cronometragens adicionais das sub-atividades identificadas com N' superior a dez e verificou-se que o número de observações é suficiente quando alargada para quinze ($N > N'$), como se observa na Tabela 4.

Tabela 4: Tempos médios e número mínimo de observações das sub-atividades com $N' > 10$

Nr	Tarefa	s	m	N'
4	Picking Material	0,174	2,02	12
5	Entrega da guia c/picagem	0,311	3,44	13
11	Entrada de stock em SAP	0,488	5,25	14

A análise completa do estudo de tempos relativos à receção de matéria prima pode ser consultada no Anexo III.

Com isto, pode-se afirmar que todas as amostras são representativas das sub-atividades a estudar, considerando então o tempo de cada sub-atividade como o tempo médio calculado anteriormente.

4.4.1.1 Diagrama de sequência de operações

Para ser possível categorizar e cronometrar as atividades do processo de requisição e receção da matéria prima foi usada a ferramenta de diagrama de sequência de operações, ou *Outline Process Chart*. Com isto, listaram-se todas as atividades e classificou-se cada uma consoante a sua natureza como vemos na tabela abaixo.

Tabela 5: Diagrama de sequência da atividade de recepção de matéria-prima

DESCRIÇÃO	Responsável	Tempo (1 artigo)	Tempo (10 artigos)	Tempo(100 artigos)	Classificação				
					○	⇒	D	□	▽
Descarga do camião	Op. Logísticos	4,77	47,70	477,00	○				
Esperas ponte	Op. Logísticos	8,97	8,97	17,94			D		
Verificação do estado físico da carga (visual)	Op. Logísticos	3,96	39,57	395,67				□	
Picking Material	Op. Logísticos	2,02	20,20	202,00				□	
Entrega da guia c/picagem	Op. Logísticos	3,44	3,44	3,44		⇒			
Procurar pedido compra	Escritório Logística	2,89	2,89	2,89			D		
Verificar pedido compra vs guia	Escritório Logística	1,49	14,90	149,00				□	
Transporte c/ponte	Op. Logísticos	8,36	16,72	167,20		⇒			
Separar material por tipologia/obra	Op. Logísticos	4,98	24,90	249,00					▽
Atualização do stock no mapa de controlo (MCRAE)	Escritório Logística	3,08	30,83	308,30				□	
Entrada de stock em SAP	Escritório Logística	5,25	15,00	150,00	○				
Procurar artigo	Op. Logísticos	3,00	30,00	300,00			D		
Etiquetagem material rececionado	Op. Logísticos	0,30	3,00	30,00	○				
Entrega Guia p/consumos	Escritório Logística	1,00	1,00	1,00			D		
Total		53,51	259,12	2453,44	10,32	11,8	15,86	10,54966	4,98
Total /atividade (10 artigos)					65,70	20,16	42,86	105,50	24,90
Total /atividade (100 artigos)					507,00	170,64	321,83	1054,97	249,00

Através da análise da Tabela 5, pode-se concluir que o processo demora cerca de 53 minutos e 30 segundos quando a análise é feita a um artigo, 259 minutos e 7 segundos quando feita a dez e 2453,44 minutos quando feita a cem artigos.

Analisando com mais de detalhe, verifica-se que, para um artigo, as operações representam 19,3% (10,32 minutos) das atividades, os transportes 22,1% (11 minutos e 48 segundos), as esperas 29,6% (15 minutos e 51 segundos), os controlos 19,7% (10 minutos e 30 segundos) e o armazenamento representa 9,3% (4 minutos e 58 segundos) das atividades, sendo o tempo total de 53 minutos e 30 segundos.

Quando se realiza esta análise para 10 artigos, verifica-se que as operações representam 25,36% das atividades, o transporte 7,78%, as esperas 16,54% e o controlo tem um aumento significativo para 40,71%, o que é explicado pela realização repetitiva de atividades como o *picking* do material, a verificação do pedido de compra com a guia e atualização do *stock* nos mapas de controlo, atividades que ainda são muito manuais e pouco eficientes, como exemplo é o *picking* do material ser efetuado manualmente e

unitariamente pelos operadores logísticos que passam depois a informação ao departamento de logística que irá atualizar o *stock* unitariamente num documento Excel também pouco otimizado. Por fim, o armazenamento representa um peso de 9,61% no conjunto das atividades, tendo esta atividade o total de 196 minutos e 31 segundos.

Alargando esta análise para 100 artigos, verifica-se que as atividades de controlo ocupam quase metade do tempo total (43,00%) e as esperas têm um peso (13,12%), sendo que as operações ocupam 26,78% do tempo. Estes valores demonstram que os processos na área da logística de receção estão pouco otimizados, acumulando muitas tarefas que não acrescentam valor ao processo. Para 100 artigos, o tempo total da atividade é de 2453 minutos e 26 segundos, ou seja, 40 horas e 53 segundos.

4.4.1.2 Análise de valor

Para se perceber quais atividades são realmente valorosas a este processo realizou-se uma análise de valor junto dos responsáveis pela área de logística de receção que consistiu na classificação de cada sub-atividade em três categorias:

- Atividades que agregam valor: descarga do camião; Armazenamento de material por tipologia/obra; entrada de stock em SAP; etiquetagem do material;
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias: verificação do estado físico da carga; picking do material, verificação do pedido de compra e guia, transporte com ponte, separação de material por tipologia, atualização do stock no mapa de controlo e entrega da guia para efetuar consumos;
- Atividades que não agregam valor nem são necessárias: Esperas pela ponte, entrega da guia com picagem, procurar pedido de compra, procurar artigo.

Com isto, foi possível calcular qual o peso de cada categoria no conjunto total, representado pelos 3 gráficos circulares (1 artigo, 10 artigos e 100 artigos) da Figura 29, onde as fatias a verde representam as atividades que agregam valor, as amarelas as atividades que não agregam valor mas são necessárias e as vermelhas as que não agregam valor e não são necessárias.



Figura 29: Análise de valor para a atividade de receção de material

Como se pode observar na Figura 29, as atividades que agregam valor representam 28,6% das atividades quando a análise é feita a um artigo, 34,96% quando feita a dez e 36,93% quando feita a cem artigos. As atividades que não agregam valor mas são necessárias ocupam 37,21% quando a análise é feita a um artigo, 47,6% quando feita a dez artigos e 49,86% quando feita a cem artigos. Por fim, as atividades que não agregam valor nem são necessárias representam 34,2% quando a análise é feita a um artigo, 17,5% quando feita a dez e 13,2% quando feita a cem artigos.

Sendo assim, para cem artigos, dos 2453 minutos e 26 segundos é dispendido:

- 906 minutos em atividades que acrescentam valor ao processo;
- 1223 minutos e 10 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo mas são necessárias;
- 324 minutos e 16 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo nem são necessárias.

Esta análise demonstra que as atividades que não acrescentam valor mas são necessárias representam praticamente 50% das atividades, quando o número da amostra aumenta, e as atividades que não agregam valor nem são necessárias tendem para os 13,2%.

Isto demonstra que o processo está longe de estar otimizado pois apenas cerca de 36,93% das atividades acrescentam valor ao processo. Sendo assim, a preocupação da empresa deve incidir principalmente nas atividades que não acrescentam valor mas são necessárias (como os controlos e atualizações de *stock* manuais), de forma a torná-las em atividades que agreguem valor ao processo, tanto físico como digital. Outra alternativa seria tentar otimizar estas mesmas operações de forma a mitigar o impacto que têm no tempo total de operação.

Esta preocupação também deve abranger as atividades que não agregam valor nem são necessárias de forma a eliminá-las do processo.

4.4.2 Produção e Abastecimento de Materiais

Esta atividade pode ser dividida em 13 sub atividades, nomeadamente: abertura do plano de fabrico; impressão da lista de material; consulta de *stock*; pedido da folha de necessidades de compra (FNC); confirmação do *stock*; seleção da lista de material; envio da lista de material; separação do material; envio do material; entrega da lista do material enviado; atualização do mapa de controlo; carregamento das máquinas com o material e registo da produção.

Recorreu-se então à cronometragem das sub-atividades, procurando realizar dez cronometragens iniciais para verificar se seriam suficientes. Recorrendo novamente à equação 1 e usando os mesmos valores usados anteriormente para o limite superior de erro (5%) e Z (1,96) é possível observar na tabela 6 que apenas duas sub-atividades precisaram de um número de observações superior a 10 ($N' > N$) para constituírem uma amostra representativa das medições efectuadas. Na Tabela 6 pode-se também observar os tempos médios (m) das sub-atividades bem como os respetivos desvio-padrão (s).

Tabela 6: Tempos médios e número mínimo de observações para a atividade de passagem de material

Nr	Tarefa	s	m	N'
1	Abertura Plano de fabrico	0,000	1,00	0
2	Impressão Lista Material	0,184	2,48	9
3	Consulta de Stock	0,055	0,75	9
4	Pedido FNC	0,000	1,00	0
5	Confirmação Stock	0,079	1,19	7
6	Selecionar Lista Material	0,100	1,09	13
7	Enviar lista de material	0,000	5,00	0
8	Separação de material	0,142	2,28	6
9	Envio material	0,357	4,90	9
10	Entrega da Lista c/material enviado	0,172	4,12	3
11	Atualização Mapa Controlo	0,129	1,65	10
12	Carregamento Máquinas c/material	0,110	1,15	14
13	Registo da Produção	0,070	1,03	8

Como referido, houve dois casos em que foi necessário um número de observações superior a dez. Com isto estendeu-se o número de observações para quinze, realizando-se cinco cronometragens adicionais das sub-atividades identificadas com N' superior a dez e verificou-se que o número de observações é suficiente quando alargada para quinze ($N > N'$).

Tabela 7: Tempos médios e número mínimo de observações das sub-atividades com N'>10

Nr	Tarefa	s	m	N'
6	Selecionar Lista Material	0,102	1,09	14
12	Carregamento Máquinas c/material	0,104	1,16	13

A análise completa do estudo de tempos relativos ao envio de matéria prima para o chão de fábrica pode ser consultada no Anexo III. Com isto, pode-se afirmar que todas as amostras são representativas das sub-atividades a estudar, considerando então o tempo de cada sub-atividade como o tempo médio calculado anteriormente. Assim, foi possível a construção do diagrama de sequência da Figura 8

Tabela 8: Diagrama de sequência da atividade de abastecimento de material

DESCRIÇÃO	Responsável	Tempo (1 artigo)	Tempo (10 artigos)	Tempo (100 artigos)	Classificação				
					○	→	◐	◑	▽
Abertura Plano de fabrico	Preparação	1,00	1,00	1,00	○				
Impressão Lista Material	Log. Rec	2,48	3,00	3,00			◐		
Consulta de Stock	Log. Rec	0,75	7,45	74,50				◑	
Pedido FNC	Log. Rec	1,00	10,00	100,00	○				
Confirmação Stock	Log. Rec	1,19	5,00	30,00				◑	
Selecionar Lista Material	Log. Rec	1,09	2,50	3,00			◐		
Enviar lista de material	Log. Rec	5,00	5,00	5,00		→			
Separação de material	Op. Log	2,28	22,80	228,00					▽
Envio material	Op. Log	4,90	12,00	30,00		→			
Entrega da Lista c/material enviado	Op. Log	4,12	4,00	4,00		→			
Atualização Mapa Controle	Log. Rec	1,65	16,50	165,00				◑	
Carregamento Máquinas c/material	Op. Prod	1,16	11,55	115,53	○				
Registo da Produção	Op. Prod	1,03	10,33	103,32				◑	
Tempo Total		27,64	111,14	862,35	3,16	14,02	3,56	4,62	2,28
Tempo Total/atividade(10 artigos)					22,55	21,00	5,50	39,28	22,80
Tempo Total/atividade(100 artigos)					216,53	39,00	6,00	372,82	228,00

Através da análise da Tabela 8 verifica-se, para um artigo, o tempo total das atividades classificadas como:

- Operações: 3,16 minutos, representando 11% do tempo total

- Transportes: 14,02 minutos, representando 51% do tempo total
- Esperas: 3,56 minutos, representando 13% do tempo total
- Controlos: 4,62 minutos, representando 17% do tempo total
- Armazenamentos: 4,91 minutos, representando 8% do tempo total

O tempo total desta atividade é de 27 minutos e 40 segundos quando se realiza esta análise para um artigo, 111 minutos e 8 segundos quando realizada a dez artigos e 862 minutos e 21 segundos quando realizada a cem artigos.

Verifica-se que o tempo das operações passam a representar 20% das atividades, o tempo de transportes sofre uma redução para os 19%, as esperas uma redução para 5% e o controlo passa a representar 35% do tempo da atividade, o que é explicado pela repetitividade nas consultas e confirmação de stock (unitárias) e repetitividade nas tarefas de atualização de stock realizadas em Excel e artigo a artigo bem como o registo da produção. Realizando esta análise para 100 artigos verifica-se que as operações passam a representar 25% do tempo total, o transporte 5%, as esperas ficam reduzidas a 1%, o controlo sofre novamente um aumento percentual para os 43% e a armazenagem passa a ocupar 26% do tempo total. Isto demonstra mais uma vez que as atividades que mais consomem tempo neste processo são as atividades de controlo que não estão otimizadas e são realizadas artigo a artigo o que aumenta exponencialmente o tempo de realização da tarefa quando o número de artigos aumenta. Estes números refletem que é necessário automatizar estes processos de controlo de stock e material de forma a reduzir o tempo dispendido nestas tarefas pelos operadores logísticos e pelo departamento de logística.

4.4.2.1 Análise de valor

Seguindo a lógica da análise de valor desenvolvida para a atividade anterior voltou-se a classificar as sub-atividades consoante o seu valor e necessidade. Sendo assim distinguiu-se em três categorias as atividades da seguinte forma:

- Atividades que agregam valor: Abertura do plano de fabrico, pedido de FNC e carregamento das máquinas com material;
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias: Consulta de stock, confirmação de stock, separação de material, envio de material, atualização do mapa de controlo;

- Atividades que não agregam valor nem são necessárias: Impressão da lista de material, seleção da lista de material, envio da lista de material, entrega da lista do material enviado, registo da produção.

Com as atividades classificadas nestas três categorias, foi possível calcular qual o peso de cada categoria no panorama geral, representado pelos 3 gráficos circulares (um artigo, dez artigos e cem artigos) abaixo na Figura 30, onde as fatias a verde representam as atividades que agregam valor, as amarelas as atividades que não agregam valor mas são necessárias e as vermelhas as que não agregam valor e não são necessárias.

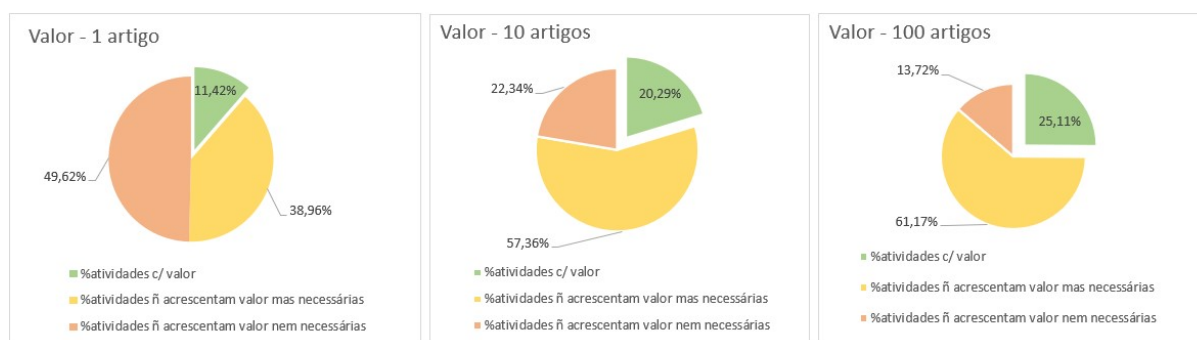


Figura 30: Análise de valor para a atividade de produção e abastecimento de materiais

Observando a Figura 30, verifica-se que realizando a análise para um artigo, 11,42% das atividades agregam valor, quando realizada a dez artigos este peso aumenta para 20,29% e quando realizada a cem artigos, representa um peso de 25,11%. O peso das atividades que agregam valor vai aumentando com tendência a estabilizar no 25%. Em relação às atividades que não agregam valor mas são necessárias, estas têm um peso de 38,96% quando a análise é feita a um artigo, 57,36% quando realizada a dez artigos e 61,17% quando realizada a cem artigos. Este aumento é justificado pelos controlos unitários realizados a cada artigo, sendo que atividades como a consulta e confirmação de stock e atualização do mapa de controlo consomem bastante tempo pois são atividades pouco otimizadas e ainda bastante manuais, sendo realizadas artigo a artigo e por vezes sem auxílio de suporte informático. Em relação às atividades que não agregam valor nem são necessárias denota-se uma redução no peso total quando o número de artigos aumenta, sendo que para um artigo ocupam 49,62%, para dez 22,34% e para cem artigos 13,72%, isto justifica-se pelo facto destas atividades não serem afetadas diretamente pelo número total de artigos, como por exemplo a impressão da lista de material e envio da mesma dispenderem o mesmo tempo caso nela contenha um artigo ou cem.

Esta análise de valor demonstra que mais um processo da empresa está pouco otimizado, sendo que o peso das atividades que agregam valor é inferior a 30%. Demonstra ainda que é necessário eliminar

atividades como a impressão da lista de material que representam desperdício de tempo nos processos mas também um gasto de papel adicional que podia ser evitado pela empresa. Todo o processo de envio e registo de informação deve passar a ser feito digitalmente de forma a otimizar bastante o tempo dispendido nestas atividades e de forma a garantir que a informação é registada em tempo real sem risco de ser extraviada. Para além disso todas as consultas e confirmação de stock devem passar a ser feita também com recurso a sistemas informáticos para ser possível a redução do tempo de consulta e garantir que não há redundância de dados.

Assim, para cem artigos, dos 862 minutos e 21 segundos, é dispendido:

- 216 minutos e 30 segundos em atividades que acrescentam valor ao processo;
- 527 minutos e 30 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo mas são necessárias;
- 118 minutos e 19 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo nem são necessárias.

4.4.3 Expedição de materiais

A atividade de expedição de materiais e produto acabado pode ser dividida em 13 sub-atividades: análise do pack de expedição, verificação com a produção, comunicação com a logística de exportação, requisição de transporte, atualização do mapa de transportes; entrega do pack de expedição, verificação das quantidades, separação e embalagem, preenchimento da guia e CMR, carga do camião, atualização do mapa de cargas e o envio do aviso de expedição.

Com estas atividades listadas, procedeu-se então à cronometragem destas sub-atividades, sendo que na primeira instância se realizaram dez cronometragens para cada atividade de forma a verificar se seriam suficientes. Sendo assim, recorrendo à equação 1, e usando os mesmos valores usados anteriormente para o limite superior de erro (5%) e $Z(1,96)$, é possível verificar se as observações são suficientes, caso o N' seja igual ou inferior ao número de observações. Com isto, pode-se observar na Tabela 9, que nenhuma atividade necessitou de mais de dez observações para a amostra ser representativa. Na tabela 9 podemos observar então os tempo médios de cada sub-atividade bem como o desvio padrão e o N .

Tabela 9: Tempos médios e número mínimo de observações para a atividade de expedição de materiais

Nr	Tarefa	s	m	N'
1	Análise Pack Expedição	0,121	3,09	3
2	Verificar c/produção	0,145	3,04	4
3	Informar Log.Exp	0,000	3,00	0
4	Requisição de transporte	0,329	4,55	9
5	Atualização mapa transportes	0,132	2,13	6
6	Entrega do Pack de expedição	0,000	5,00	0
7	Verificação quantidade	0,219	2,73	10
8	Separação e embalagem	0,307	5,30	6
9	Fazer Guia	0,177	2,38	9
10	Preencher CMR	0,211	3,15	7
11	Carregar caminhão	0,000	5,00	0
12	Atualização mapa de cargas	0,230	3,05	9
13	Aviso de expedição	0,121	2,08	6

A análise completa do estudo de tempos relativos ao processo de expedição pode ser consultada no Anexo III. Com isto, pode-se afirmar que todas as amostras são representativas, pois o N' é inferior a 10 em todas as sub-atividades. Com isto, assegurada a confiança na amostra, foi possível construir o diagrama de sequência de operações da Tabela 10

Tabela 10: Diagrama de sequência da atividade de embalagem e expedição de cargas

Descrição	Responsável	Tempo (1 artigo)	Tempo (10 artigos)	Tempo (100 artigos)	Classificação				
					○	→	◐	◑	▽
Análise Pack Expedição	Log.Exp	3,09	6,18354	61,8354				◑	
Verificar c/produção	Log.Exp	3,04	3,04	3,04			◐		
Informar Log.Exp	Dep.Prod	3,00	6	60			◐		
Requisição de transporte	Log.Exp	4,55	4,55	4,55			◐		
Atualização mapa transportes	Log.Exp	2,13	2,13	2,13				◑	
Entrega do Pack de expedição	Log.Exp	5,00	5,00	5,00		→			
Verificação quantidade	Op. Log	2,73	8,175	40,875				◑	
Separação e embalagem	Op. Log	5,30	26,5	265	○				
Fazer Guia	Log.Exp	2,38	4,75	47,5				◑	
Preencher CMR	Log.Exp	3,15	3,15	3,15				◑	
Carregar caminhão	Op. Log	5,00	25	125	○				
Atualizar mapa de cargas	Log.Exp	3,05	30,5	305				◑	
Aviso de expedição	Log.Exp	2,08	4,15	41,5				◑	
Tempo Total		44,48	129,12	964,58	10,30	5,00	10,59	18,59	0
Tempo Total/atividade(10 artigos)					51,5	5,00	13,59	59,03	0
Tempo Total/atividade(100 artigos)					390	5,00	67,59	501,99	0

Sendo assim, observa-se uma duração total de 44 minutos e 29 segundos quando a análise é realizada a um artigo, 129 minutos e 7 segundos quando realizada a dez artigos e 964 minutos e 35 segundos quando realizada a cem artigos.

Com as atividades categorizadas e devidamente cronometradas, através da análise da Tabela 10, para um artigo, verifica-se que o tempo total por sub-atividade :

- Operações: 10 minutos e 18 segundos, representando 23% do tempo total;
- Transportes: 5 minutos, representando 11% do tempo total;
- Esperas : 10 minutos e 35 segundos epresentando 24% do tempo total;
- Controlos: 18 minutos e 35 segundos epresentando 42% do tempo total;
- Armazenagem : 0 minutos (0%).

Alargando esta análise para dez artigos, verifica-se que as operações passam a ter um peso de 39,9 % (51 minutos e 30 segundos), os transportes sofrem uma redução no peso para os 3,9%, as esperas passam a ocupar 10,5% do tempo e o controlo 45,72%, quase metade do tempo total da atividade. Quando a análise é feita a cem artigos Sendo assim é dispendido um total de

4.4.3.1 Análise de valor

Para se perceber quais atividades acrescentam realmente valor a este processo realizou-se uma análise junto dos responsáveis pela área de logística de expedição que consistiu na classificação de cada sub-atividade em três categorias:

- Atividades que agregam valor: separação e embalamento, carga do camião;
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias: análise do pack de expedição, requisição de transporte, atualização mapa transportes, entrega do pack de expedição, verificação da quantidade, preenchimento da guia, preenchimento do CMR, atualização do mapa de cargas, aviso de expedição;
- Atividades que não agregam valor nem são necessárias: verificar stock c/produção, informar logística de expedição.

Com esta classificação foi possível calcular qual o peso de cada categoria no tempo total da atividade. Esta classificação está representada nos 3 gráficos circulares (um artigo, dez artigos e cem artigos) abaixo na Figura 31, onde as fatias a verde representam as atividades que agregam valor, as amarelas as atividades que não agregam valor mas são necessárias e as vermelhas as que não agregam valor e não são necessárias.

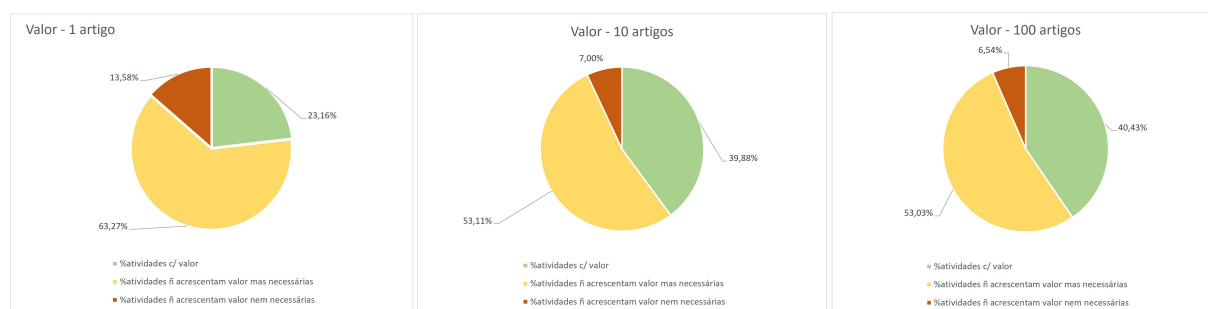


Figura 31: Análise de valor para o processo de expedição

Observando a Figura 31 verifica-se que quando a análise é realizada a um artigo, 23,16% das atividades agregam valor, quando realizada a dez artigos este peso aumenta para 39,88% e quando realizada a cem artigos, representa um peso de 40,43%. O peso das atividades que agregam valor aumenta com o aumento do número de artigos com tendência a estabilizar no 40%. Em relação às atividades que não agregam valor mas são necessárias, estas têm um peso de 63,27% quando a análise é feita a um artigo, 53,11% quando realizada a dez artigos e 53,03% quando realizada a cem artigos. Estas atividades representam mais de metade do tempo do processo, o que pode ser explicado pelo aumento de tempo nas atividades de controlo como as atualizações de mapas, verificações de quantidades e preenchimento de documentos manualmente.

No que diz respeito às atividades que não agregam valor, verifica-se que o peso que elas ocupam vai diminuindo com o aumento do número de artigos pois algumas esperas não são influenciadas pelo número total de produtos. Quando a análise é feita a um artigo, estas atividades representam um peso de 13,58%, quando realizada a dez artigos diminui para os 7% e para cem artigos 6,54%. O peso destas atividades tende a estabilizar nos 7%, o que demonstra ineficiências no processo.

Dos processos analisados, o de expedição de cargas, é o mais otimizado pois é o que apresenta maior percentagem de atividades que geram valor ao processo, porém, ainda está longe do ideal, pois estas atividades não ultrapassam os 50%. Para além disso, o foco da empresa deve incidir sobre a redução do trânsito de documentos em papel e de documentos de controlo. A informação presente nestes documentos pode ser centralizada e consultada, por exemplo, diretamente no SAP, desde que haja uma atualização constante da mesma.

Assim, para cem artigos, dos 964 minutos e 35 segundos, é dispendido:

- 390 minutos em atividades que acrescentam valor ao processo;
- 511 minutos e 32 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo mas são necessárias;
- 63 minutos e 2 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo nem são necessárias.

4.4.4 Consumo de Papel

Para além da total integração dos dados e melhorias nos tempo, durante o projeto, a redução do consumo de papel foi encarada como um objetivo fundamental e palpável em prol não só dos ganhos financeiros mas também da redução da pegada ecológica da empresa. Com isto, de forma a quantificar o consumo atual da empresa fez-se um levantamento da quantidade de páginas impressas por documento. Sendo assim, na Tabela 11 encontra-se resumido o número médio de impressões por documento por cada departamento administrativo e operacional da empresa.

No processo de requisição e receção de material o único documento utilizado é a guia do material, que é composta em média por duas páginas. Como esta guia lista todos os materiais presentes na carga, a contabilização dos documento impressos é feita por carga. Relativamente aos departamentos de produção, no COP, por artigo são necessárias a impressão de: uma página para a lista de materiais e componentes do produto, duas páginas para a impressão da ordem de produção e duas páginas por desenho de fabrico por artigo. Com isto, no COP são impressas cinco páginas por artigo. Relativamente ao COS, há a necessidade de impressão de uma página para a lista de materiais e componentes, duas para a ordem de produção e três por desenho de fabrico do conjunto e peças simples, totalizando assim seis páginas por artigo. Em relação à expedição, por carga, é impressa uma página para o *pack* de expedição.

Tabela 11: Consumo de papel impresso por departamento para cada artigo/carga

	Receção	COP	COS	Expedição
Lista de material	-	1	1	-
Ordens de Produção	-	2	2	-
Desenhos de fabrico	-	2	3	
Total / artigo	-	5	6	-
Pack de Expedição	-	-	-	1
Guia	2	-	-	-
Total / carga	2	-	-	2

Então, verifica-se que por cada artigo que entra em produção, onze páginas são impressas para os diferentes documentos. Verifica-se ainda que por cada carga recebida ou enviada há a necessidade de impressão de duas páginas.

De salientar que não foram contabilizados documentos como a guia de expedição e o CMR pois são documentos em papel considerados externos à responsabilidade da empresa.

Sendo assim, posteriormente, fez-se um levantamento do número de cargas de matéria prima recebida e produto final expedido e da quantidade de produtos que entram e saem dos centros produtivos de forma a perceber o gasto geral de papel impresso num ano produtivo da empresa, os resultados apresentam-se na Tabela 12

Tabela 12: Consumo de papel impresso durante um ano no Estado Atual

		Semana	Mês	Ano
Receção	Cargas	6	18	216
	Nº Artigos - Perfis metálicos	384	1152	13 824
	Consumo Papel	12	36	432
COP	Nº Artigos - Perfis maquinados	381	1525	18 300
	Consumo Papel	1906	7625	91 500
COS	Nº Artigos - Caixilhos	450	1800	21 600
	Nº Artigos - Fachadas (sombreadores)	60	240	2880
	Consumo Papel	2550	10 200	129 600
Expedição	Cargas	10	40	480
	Nº Artigos	510	2040	24 480
	Consumo Papel	10	40	480
Consumo total / ano		222 012		

Sendo assim, considerando que a empresa recebe uma média de seis caminhões por semana de matéria prima, ao longo do ano são rececionados 216 caminhões, o que se traduz na necessidade de 432 páginas impressas. Continuando a análise da Tabela 12, com uma cadência produtiva a rondar os 381 perfis por semana no centro de operações principais, a empresa ao fim de um ano irá maquinar 18 300 perfis o que representa uma necessidade de impressão de 91 500 páginas de documentos como listas de material, ordens de produção e desenhos de fabrico. Com uma cadência de produção de 450 caixilhos e 60 sombreadores por semana, o centro de caixilharia e fachadas irá produzir cerca de 24 480 artigos num ano, que representa 21600 caixilhos e 2880 sombreadores num ano , gerando a necessidade de impressão de 129 600 páginas. Em relação à expedição, esta envia em média dez cargas por semana, o que resulta num total de 480 cargas num ano, gerando a impressão de 480 páginas de documentos *Pack* de expedição.

Sendo assim, a empresa gera uma necessidade de um total de 222 012 papéis impressos por ano para apoiar os departamentos e processos do quotidiano da mesma.

5 Propostas de Melhoria

Este capítulo irá abordar as principais mudanças que surgiram para responder e mitigar todas as ineficiências e desperdícios que foram identificados no capítulo anterior. Estas mudanças assentarão principalmente na redefinição e simplificação de alguns processos da empresa, com vista a implementação do *Manufacturing Execution System* no chão de fábrica. Neste capítulo está presente a análise financeira da implementação do sistema e também a redefinição de alguns procedimentos já praticados.

Reflete também sobre as vantagens de implementar este sistema, e como ele influenciará o quotidiano da execução dos processos físicos e administrativos. Para além disso, irá incidir também nas dificuldades previstas para o seu arranque de forma a mitigar e prever futuros conflitos.

5.1 Abaco Shopfloor, o Manufacturing Execution System

Este projeto teve como parceira a Abaco que trabalhou na conceção e desenvolvimento de uma solução de captura de dados no chão de fábrica capaz de transmitir essa informação ao SAP da empresa, procurando uma atualização de dados em tempo real. Com isto, este *software* foi pensado para cobrir as seguintes áreas funcionais: estruturas de projeto; requisição e receção de matéria-prima; abastecimento da produção.

Com isto, de forma a possibilitar a captura de dados e o registo de informação do processo físico, esta solução vem equipada com quatro tipos de *hardware* que possibilitam a interação ciber-física do sistema:

5.1.1 Equipamento de captura de dados

No requisito de captura de dados, o sistema é alimentado com recurso a leitores de código de barras e *qrconde* como se pode observar na Figura 32.



Figura 32: Leitor de código de barras

De forma a cobrir as 4 áreas funcionais: receção de materiais; centro de operações principais; centro de operações ,levantou-se a necessidade de pistolas por centro de trabalho, perfazendo um total de 27 pistolas com o preço unitário de 12 €, como se observa na Tabela 13 que resulta num investimento de 324 €.

Tabela 13: Custo de pistolas de leitura de código de barras

12,00 €	Posto	Quantidade	Custo por área
Cais Receção	Saida de material	2	24,0 €
COP	Combi	1	12,00 €
COP	Comet	1	12,00 €
COP	Satelite	1	12,00 €
COP	Quadra	1	12,00 €
COP	Compact	1	12,00 €
COS	Centro de caixilharia	7	84,00 €
COS	Centro de fachadas	9	108,00 €
Expedição	Embalamento	2	24,00 €
Expedição	Expedição	2	24,00 €
Total		27	324 €

5.1.2 Equipamento portátil

Para permitir um acesso e registo de informação ágeis, o sistema vem acompanhado com dispositivos móveis, o *tablet* presente na Figura 33. Este equipamento é importante para os departamentos de logística de receção e qualidade, bem como, para o encarregado de produção que tem a responsabilidade de acompanhar e gerir a produção em qualquer ponto do chão de fábrica.



Figura 33: Tablet de mobilidade

Desta forma são necessários quatro *tablets* para acompanhar o sistema que têm um preço unitário de 180,00€, perfazendo assim um investimento de 720,0€, como se observa na Tabela 14

Tabela 14: Investimento em equipamento portátil

180,00 €	Posto	Quantidade	Custo por área
Encarregado	Toda a fábrica	1	180,0 €
Qualidade	Técnico 1	1	180,0 €
Qualidade	Técnico 2	1	180,0 €
Receção	Entrada de material	1	180,0 €
Total		4	720,0 €

5.1.3 Equipamento de interface homem-sistema

O sistema projetado inclui ecrãs táteis nos postos de trabalho, iguais aos da Figura 34, onde o operador terá a informação da tarefa a executar e poderá iniciar as ordens de produção. Nas ordens de produção

estarão identificados os planos de fabrico daquele produto, a lista de materiais necessária e informação sobre a quantidade a produzir.



Figura 34: Monitores táteis no chão de fábrica

Para isto, ao longo do sistema produtivo serão necessários vinte e seis monitores táteis, tendo dois no cais de receção, cinco no centro de operações principais, dezasseis no centro de operações secundárias e três no centro de embalagem e expedição como se pode observar na Tabela 15.

Tabela 15: Custo de implementação de monitores

80,0 €	Posto	Quantidade	Custo por área
Cais Receção	Saída de material	2	160,0 €
COP	Combi	1	80,0 €
COP	Comet	1	80,0 €
COP	Satelite	1	80,0 €
COP	Quadra	1	80,0 €
COP	Compact	1	80,0 €
COS	Centro de caixilharia	7	560,0 €
COS	Centro de fachadas	9	720,0 €
Expedição	Embalamento	2	160,0 €
Expedição	Expedição	1	80,0 €
Total		26	2.080,0 €

Considerando que cada monitor custa 80€, perfaz um investimento de 2.080,00 €.

5.1.4 Equipamento de impressão de etiquetas

Para possibilitar acompanhamento digital dos produtos desde a entrada no armazém, até à expedição, passando pelas diversas transformações, os produtos têm de estar devidamente etiquetados em todas as fases do processo produtivo. Estas etiquetas contêm informação sobre o produto bem como um código de barras/*qrcode* que identifica aquele produto previamente criado em SAP. Para isso, o sistema vem acompanhado com impressoras de etiquetas a colocar nos postos de trabalho como se observa na Figura 35



Figura 35: Impressora de etiquetas

Desta forma são necessárias 23 impressoras para acompanhar o sistema que têm um preço unitário de 70,00€, perfazendo assim um investimento de 1.680,0€, como se observa na tabela 17

Tabela 16: Custo de implementação de impressoras

70,00 €	Posto	Quantidade	Custo por área
Cais Receção	Entrada e saída de material	2	140,00 €
COP	Combi	1	70,0 €
COP	Comet	1	70,0 €
COP	Satelite	1	70,0 €
COP	Quadra	1	70,0 €
COP	Compact	1	70,0 €
COS	Centro de caixilharia	7	490,0 €
COS	Centro de fachadas	9	630,00€
Expedição	Expedição	1	70,0 €
	Total	24	1.680,0 €

Todos estes equipamentos são vitais ao sistema, pois servirão de ponte de comunicação entre o sistema informático e os processos físico, sendo assim, o conjunto de equipamentos que compõe esta solução ciber-física representou um investimento total de 4.524,00 € para a empresa, montante desconstruído na Tabela 17

Tabela 17: Custo de implementação do *Hardware*

Tipo de equipamento	Preço por tipo
Captura de dados	324 €
Móvel	720 €
Interface homem-sistema	2 080 €
Impressoras de etiquetas	1 400 €
Total	4 524 €

Para o funcionamento do sistema é necessário o suporte digital para a interligação dos sistemas físicos apresentados. Este suporte digital é um pacote de software desenvolvido pela *Abaco Consulting* que envolve todo o sistema produtivo da empresa, apresentando soluções para os processos de requisição e receção de matéria-prima, de produção e expedição ligando o seu *software* ao SAP da empresa.

Sendo assim, a proposta da *Abaco* desconstruiu-se no investimento de 4.525€ para *hardware*, 20.000€ para a solução *software Shopfloor*, 15 150 € para a análise dos requisitos e desenho do

sistema, 78 310 € para serviços de consultoria de teste e treino do sistema *ShopFloor*, 57 500€ para serviços de consultoria para a redefinição e criação de processos em SAP e 24 370 € para o apoio à implementação da solução na fase *Go-Live*, totalizando assim um investimento de 200 005 € para a implementação da solução proposta, como se observa na Tabela 18. Para além disso considera-se necessário um investimento adicional de 25 500 € de cinco em cinco anos em serviços de consultoria extra necessários à adaptação e *upgrade* da solução proposta de forma a tornar o sistema capaz de acompanhar futuras transformações digitais e a expansão da capacidade produtiva da empresa que implicará um reforço da capacidade do sistema proposto.

Tabela 18: Custos totais de implementação da Solução {Shopfloor} proposta pela Abaco

Hardware	4 525,00 €
<i>Software Shopfloor</i>	20 000,00 €
Análise e desenho	15 150,00 €
Consultoria <i>ShopFloor</i>	78 310,00 €
Consultoria SAP	57 650,00 €
Consultoria <i>Go-Live</i>	24 370,00 €
Investimento Inicial	200 005€
Serviço de consultoria futuro	25 500€

Sendo assim, depois de um apanhado do custo de cada fase da implementação, observa-se que o investimento inicial se traduz em 200 005 € sendo ainda necessário o investimento de 25 500 € de cinco em cinco anos.

5.2 Modelação de processos (To be) e funcionamento do MES

Neste subcapítulo está presente a modelação dos processos a estudar, nomeadamente a requisição e receção de matérias primas, abastecimento de materiais, planeamento e execução da produção e expedição de materiais. A modelação dos processos foi feita com recurso à linguagem BPMN por ser a linguagem padrão internacional para este fim.

5.2.1 Requisição de matéria-prima

Este processo inicia-se no departamento da preparação que em colaboração com a gestão de projetos preparam a folha de necessidades de compra, de notar que este processos se manteve inalterado, apenas foi necessário uma normalização destas mesmas folhas para facilitar o *input* de dados no shopfloor. Este processo pode ser observado na Figura 17.

Aquando da receção da FNC, a logística de receção irá consultar o *stock*, em SAP em vez de usar os ficheiros *Excel* de controlo de materiais. Os dados em SAP são muito mais fiáveis que os registados em Excel pois evitam a duplicação e redundância de informação. Para além disso, em SAP é possível obter informação sobre a localização do produto em questão. A Figura 36 é muito semelhante à da modelação do estado atual, Figura 18, porém nota-se a inclusão do sistema SAP e o desaparecimento do recurso ao Excel no controlo de materiais.

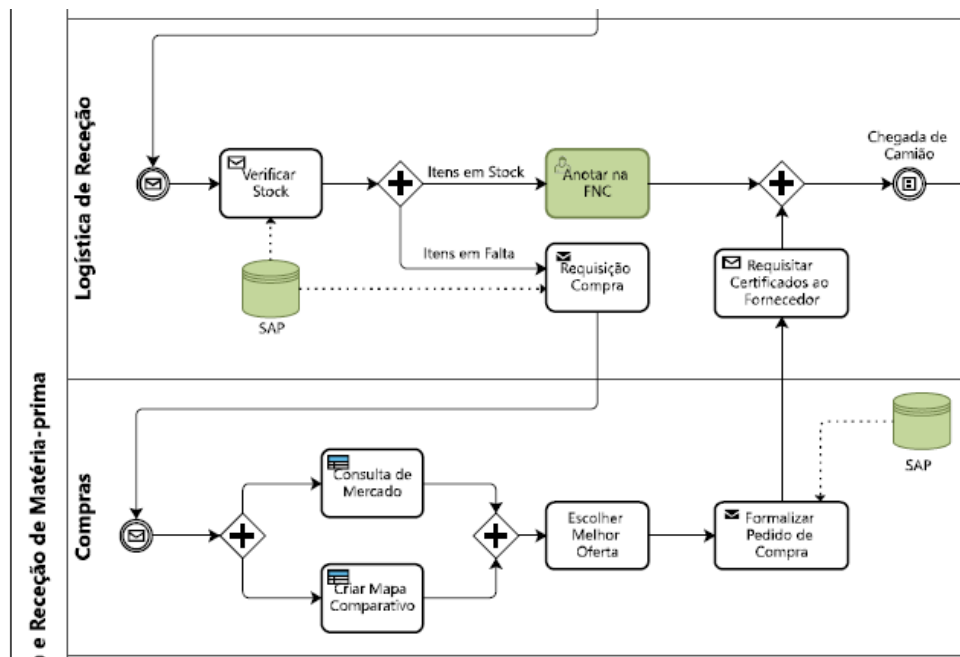


Figura 36: Requisição de materiais - *To be*

Caso haja stock do material previsto na FNC, é registado nesse documento as quantidades que podem fornecer e caso não consiga aprovisionar todos os itens é necessário criar uma requisição de compra em SAP que será formalizado no departamento de Compras. Todas estas ações são realizadas no SAP, que fica com o registo da requisição e pedido de compra que contém informação sobre os materiais encomendados como as quantidades, o peso e o material. Na Figura 37 pode-se observar uma consulta de *stock* em SAP.

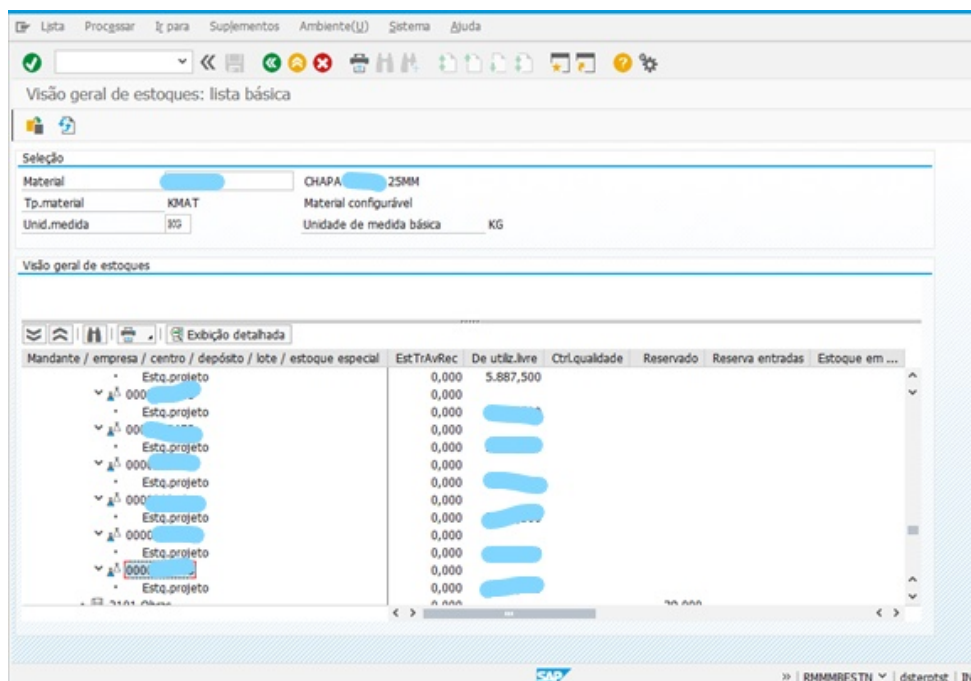


Figura 37: Consulta de Stock em SAP - *To be*

5.2.2 Receção de matéria-prima

O processo de receção de matéria prima mostrava-se muito pouco eficiente devido a desperdícios de tempo em ações de transporte e movimento de guias em papel, bem como na troca de informação com o escritório de logística de receção que tinha de verificar as quantidades recebidas e dar entrada das referências em SAP individualmente, ação que consumia bastante tempo, agravando-se por haver ainda a necessidade de voltar a atualizar essa informação nos *Excel* de controlo como vemos na Figura 21, nos elementos assinalados a vermelho.

Sendo assim, este processo foi repensado de forma a otimizar o processo de receção mas também de forma a reduzir estes movimentos, trocas e registos excessivos, modelação que pode ser observada na Figura 38.

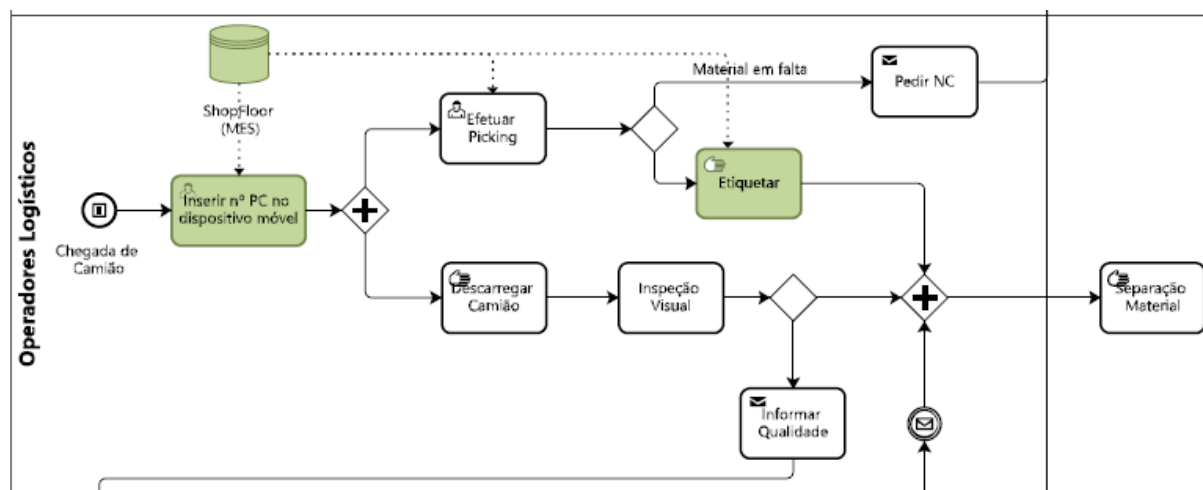


Figura 38: Estado futuro da receção de materiais pelos operadores logísticos

Como todos os pedidos de compra estão registados em SAP, é possível obter a informação total do pedido a receber. Sendo assim, os operadores da logística de receção, devem inserir no seu *tablet* o pedido de compra correspondente ao camião que estava previsto, podendo esta informação ser consultada na guia do motorista. Quando inserem o pedido de compra, o *software* devolve os materiais nele presentes, bem como informação sobre a peça, o id, a quantidade encomendada e a data como se pode observar na Figura 39

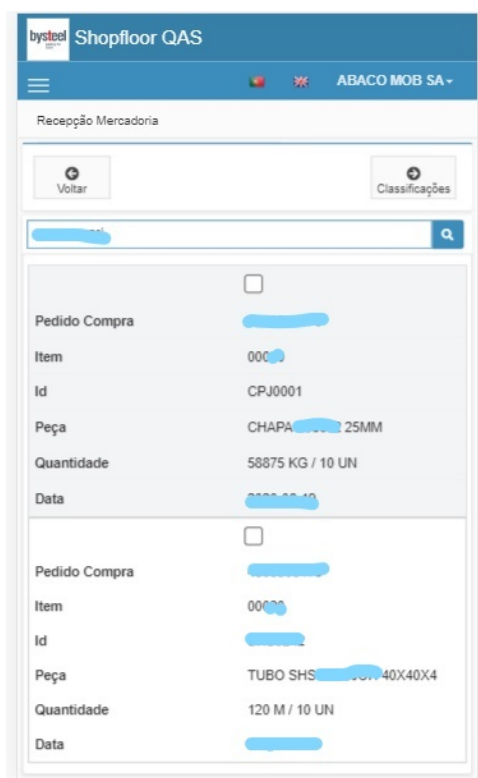


Figura 39: Picking no *tablet*

Com isto, como se observa na Figura 38, o operador pode iniciar a picagem do material rececionado através do tablet onde selecionará qual o material a picar e qual a quantidade rececionada. Esta informação irá dar entrada nos registos de stock na base de dados em SAP em tempo real, atualizando as quantidades de cada material recebido.

A inclusão do *ShopFloor* na receção de materiais irá reduzir a zero toda a movimentação de documentos em formato de papel como a guia do motorista e o pedido de compra, evitando tarefas repetitivas de contabilização de material. Para além disso, este *software* trará uma enorme vantagem na etiquetagem dos materiais recebidos pois permite ao utilizador a impressão da etiqueta referente ao material que foi picado (ver etiqueta no Anexo IV), automatizando o processo de impressão e etiquetagem para todos os materiais presentes no pedido de compra. Isto permite que o operador mantenha um fluxo de trabalho contínuo de *picking*/etiquetagem. Este processo é mais fluído quando comparado ao estado atual onde a etiquetagem é feita introduzindo artigo a artigo manualmente no SAP, ação que consome muito tempo ao operador e implica deslocações, dois desperdícios que são eliminados com a automatização deste processo.

No que toca aos processos administrativos presentes no modelo do estado atual referente a esta etapa, Figura 21, verifica-se que estes são eliminados do quotidiano do departamento de logística de receção, atividades como entradas manuais de stock, atualização de mapas de controlo e contabilização de stock. O *shopfloor* consegue agregar a informação necessária, servindo de ponte ao sistema SAP, promovendo uma constante atualização de dados que facilita a consulta em tempo real dos dados relevantes ao processo.

5.2.3 Planeamento da produção e Abastecimento de materiais

A preparação e o planeamento da produção não sofreram grandes alterações nos seus procedimentos, apenas houve a necessidade do incremento de duas tarefas novas que são bastante simples e são fundamentais para o correto funcionamento do sistema. Como se pode ver na Figura 40 o departamento de preparação, após a elaboração dos desenhos técnicos deve criar as listas técnicas do PF em questão, tendo como exemplo a Figura 41.

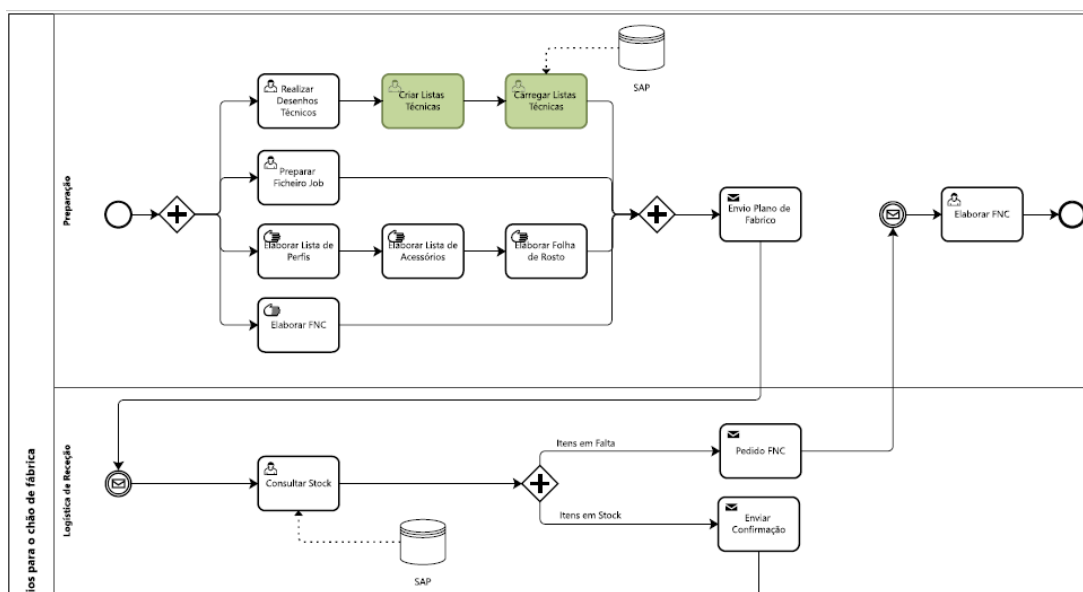


Figura 40: Preparação dos planos de fabrico : *To be*

Esta lista técnica, contém informação sobre os produtos finais do plano de fabrico e quais materiais serão consumidos, tendo informação sobre as suas características e sobre a quantidade necessária. De notar que estas listas técnicas vão ser construídas tendo em vista a mesma formatação para posteriormente serem carregadas no *ShopFloor* sem problemas de incompatibilidade.

Figura 41: Exemplo de criação e carregamento de listas técnicas em SAP

Comparando as Figuras 24 e 40, verifica-se que deixa de haver necessidade de imprimir listas de materiais aquando a receção do plano de fabrico e também deixa de ser necessária a verificação manual de informação no documento de controlo de materiais, ação que pode ser realizada em SAP onde a informação é fidedigna. Verifica-se ainda que as atividades de seleção da lista de material e atualização manual do mapa de consumos saem do quotidiano do departamento da logística de receção, evitando gastos de tempo nestas atividades e em atividades de espera resultantes destas duas atividades. Estas atividades serão cobertas pelo sistema que associará a lista de material ao plano de fabrico a ser fabricado, informação que será mostrada diretamente ao operador nos ecrãs táteis e atualizará diretamente os consumos em SAP, daí a exclusão dos documentos de controlo como o "Mapa de consumos de material" presente na Figura 24.

Recebida a informação do plano de fabrico, o departamento de produção irá elaborar o planeamento da produção, seguindo os mesmos procedimentos demonstrados na Figura 22

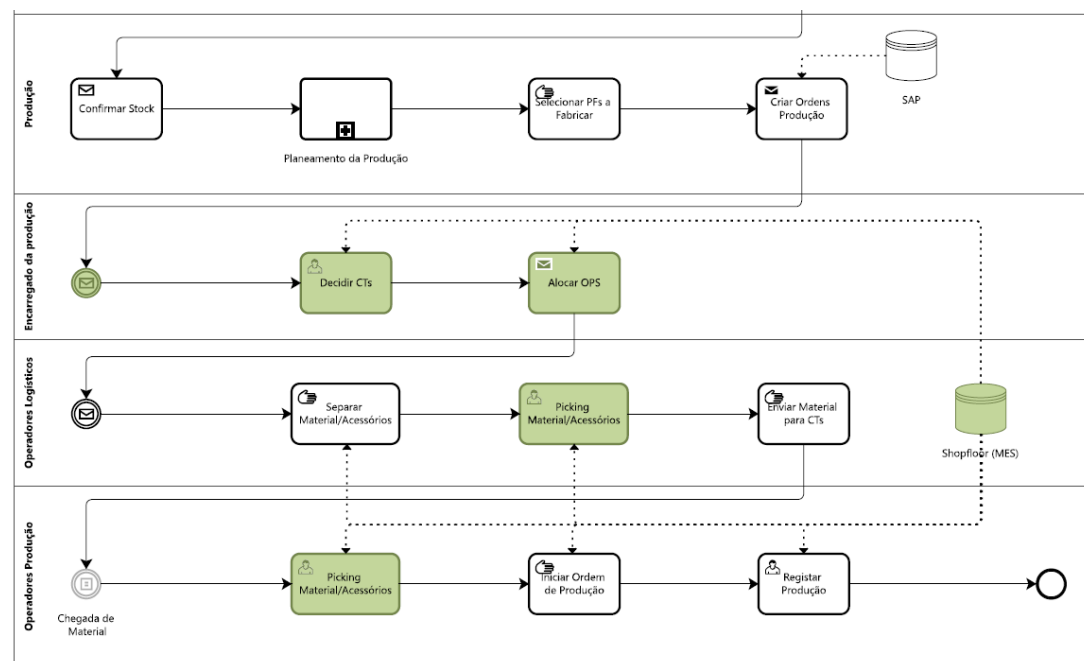


Figura 42: Processos de apoio à produção: *To be*

Criadas as ordens de produção, como se observa na Figura 42, o encarregado da produção irá receber no seu *tablet* quais as ordens disponíveis e prontas a ser lançadas, obtendo informação sobre a obra a que se destina, qual o plano de fabrico, qual o programa e a peça a ser trabalhada, como se observa no menu esquerdo presente na Figura 43. Com isto, terá a responsabilidade de fazer a distribuição das ordens de produção pelos diferentes centros de trabalho, de forma a garantir que a fábrica tem capacidade para a execução dos planos de fabrico, como se observam no menu do lado direito da Figura 43, quatro ordens

de produção já alocadas ao centro de trabalho "Quadra", duas delas já em processamento (a verde a ser executada e a vermelho uma ordem já iniciada mas com indicação de paragem do operador) e duas em espera. Assim, é possível ter noção da carga de trabalho a ser realizada em cada centro de trabalho, permitindo uma gestão mais assertiva e equilibrada destes centros.

Detalhe Centro Trabalho									
Centro Trabalho: QUADRA									
Descrição: QUADRA									
Estado: Ativo									
PEP:									
Adic. PEP									
Plano Fabrico:									
Adic. Plano Fabrico									
Programa:									
Adic. Programa									
Peça:									
Ordem Produção:									
Sem Ordens Produção									
Operação:									
Sem Operações Adic. Operação									

Ordens Produção Centro Trabalho									
	Projeto PEP	Plano Fabrico Ordem Produção	Programa Peça	Operação	Data Programada	Qtd. Acumulada	Estado	Registrar	Peças Falta
☐		PF0129	Material FPPRO	0010-Corte e Maquinação	2022-03-17 17:00	0	PROC	+	Q
☐		PF0129	Material FPPRO	0010-Corte e Maquinação	2022-03-15 08:00	193	AGU	+	Q X
☐		PF2022	Material FPPRO	0010-Corte e Maquinação	2022-06-02 08:00	193	PROC	+	
☐		PF0074	Material FPPRO	0010-Corte e Maquinação	2022-06-06 08:00	193	AGU	+	Q X

Figura 43: Distribuição de OP's: Encarregado da Podução

Este novo passo, como se observa na Figura 42, entre o planeamento de produção e o início da produção é fundamental para a gestão dos recursos em fábrica, devido à agilidade que o encarregado da produção ganha no planeamento dos centros de trabalho, sabendo a ocupação de cada um deles e sequenciando as operações.

Com as ordens alocadas a cada centro de trabalho, os operadores logísticos recebem a informação no seu *tablet* sobre quais postos devem abastecer e quais os materiais necessários ao início do fabrico. Com isto, devem iniciar o seu trabalho de abastecimento dos centros de trabalho, começando por picar os materiais presentes na ordem de produção com a pistola de código de barras, como se observa na Figura 42, na pista referente aos operadores logísticos. Este passo permite a atualização da base de dados em SAP, que será informado de que haverá uma transferência de materiais do depósito de matérias-primas para o depósito de abastecimento da produção.

Após o *picking* do material, os operadores logísticos encaminham o conjunto para os centros de trabalho. Na Figura 44 pode-se observar a interface de um exemplo de leitura de uma etiqueta, de um material destinado ao abastecimento dos centros de trabalho, onde o operador deverá pressionar o símbolo da lupa a azul e proceder à picagem da etiqueta, permitindo ao sistema a identificação do PEP (obra a que se destina), do depósito de origem e do depósito destino.

Shopfloor QAS ABACO MOB SA

Materias Primas

Voltar

0000315641|BY-0129-L-A1|RHS0607|TUBO RHS AW6060 80X50X3 BRUTO|1|UN

Peça:

Lote:

Quantidade:

5

PEP:

BY-0129-L-A1

Depósito Origem:

Geral (2100)

Depósito Destino:

Abast.Produção (2110)

Finalizar

Figura 44: Interface do sistema de picking de material

Comparando os modelos de processos, do estado atual, Figura 25, e do estado futuro, Figura 42, fica claro que deixa de haver necessidades de haver ordens de produção e guias de material a circular em formato de papel que, para além de serem um desperdício de recursos, também representam um desperdício de tempo e mão de obra na distribuição das ordens e das listas de material pelos centros de trabalho como já demonstrado.

O *ShopFloor* mostra-se como uma ferramenta útil na ligação dos sistemas de informação da empresa, agilizando a recolha de dados e registo de informação, cobrindo as áreas funcionais necessárias ao início da produção, como se observa na Figura 42, onde o sistema *Shopfloor* é interveniente em três pistas (encarregado da produção, operadores logísticos e de produção), garantindo a circulação de informação sem haver necessidade de deslocações dos operadores e passagem de informação em formato de papel. Continuando a análise do mapeamento de processos do estado futuro, Figura 42, observa-se que após o abastecimento de materiais e componentes aos centros de trabalho, os operadores têm todas as condições para iniciar a ordem de trabalho que foi enviada para o ecrã do seu centro de trabalho. A primeira ação a realizar é confirmar o material entregue pelos operadores logísticos e usar a pistola para ler as etiquetas do material recebido. Como se pode ver na Figura 45, o operador tem acesso à lista de materiais e neste menu irá clicar em "Ler Etiqueta Material" e proceder à picagem de cada material. Em baixo podem-se observar as quantidades e os materiais necessários à produção daquele plano de fabrico, lista que vai sendo atualizada à medida que o operador vai lendo as etiquetas do material recebido. Este passo é importante para o sistema ser informado que houve o consumo de determinado material naquele posto e para aquela ordem de produção, atualizando o stock em SAP, alocando os

recursos à ordem de produção e ao plano de fabrico em questão.

Detalhe Operação

Centro Trabalho: QUADRA - QUADRA

Estado: Ativo

Posto:

Ordem Produção: 00000

Peça: Material FPPRO

Operação: 0010 - Corte e Maquinação

Projeto: BY-

Plano Fabrico: PFO129

Tipo de Ordem: ZPP3

Estado: Ativo

PEP: BY-L-A1

Programa:

Ler Etiqueta Material

Ler Etiqueta Material

Lotes Previstos

Peça	Quantidade	Lote	Lantek	Largura	Comprimento	Referência
TUBO RHS AW6060 80X50X3 BRUTO	1 UN / 1 UN	0000294553			6.500,00 mm	RHS
0025107016 30%BRILHO ARO FIXO	1 UN / 1 UN	0000294581			6.500,00 mm	FVJ
0025107016 30%BRILHO ARO FIXO	1 UN / 1 UN	0000294580			6.500,00 mm	FVJ
0025107016 30%BRILHO ARO FIXO	1 UN / 1 UN	0000294579			6.500,00 mm	FVJ
0025107016 30%BRILHO ARO FIXO	1 UN / 1 UN	0000294578			6.500,00 mm	FVJ
0025107016 30%BRILHO ARO FIXO	1 UN / 1 UN	0000294577			6.500,00 mm	FVJ

Figura 45: Interface para consumos de matéria-prima nos centros de trabalho

Quando os materiais estão devidamente picados com a pistola de código de barras, o ShopFloor disponibiliza a opção de iniciar produção, como se observa na Figura 46, nos botões no topo da imagem. O operador irá clicar em início de produção e o *ShopFloor* começará a contar o tempo total daquela ordem de produção, sendo que o operador pode parar a produção quando for a sua hora de descanso ou caso haja alguma não conformidade. Observando ainda a Figura 46, do lado esquerdo estão presentes as informações sobre a ordem de produção a executar, com informação acerca do programa de corte, operação, o projeto e o plano de fabrico a ser processado. Pode-se ainda observar do lado direito a lista de produtos que o operador vai fabricando. Esta lista de produto transformado é atualizada pelo operador na coluna "Quantidade", sendo então gerada uma etiqueta de produto semi-acabado/acabado (ver no anexo IV) automaticamente para ser colocada no produto em questão que o identificará ao longo do sistema produtivo.

Figura 46: Interface das ordens de produção nos centros de trabalho

5.2.4 Expedição de cargas

O processo de expedição de cargas também será abrangido pelo sistema *ShopFloor*, que cobrirá desde a área administrativa e a área funcional da empresa. A nível administrativo, nos processos já explicados na modelação do estado atual, a principal mudança que o processo sofre é a redução da atualização dos documentos de controlo, nomeadamente o mapa de cargas e o mapa de transportes, presentes nas Figuras 26 e 28.

Como se pode observar na Figura 47, as atividades dos operadores logísticos passam a ter uma nova sequência lógica quando comparada à Figura 27.

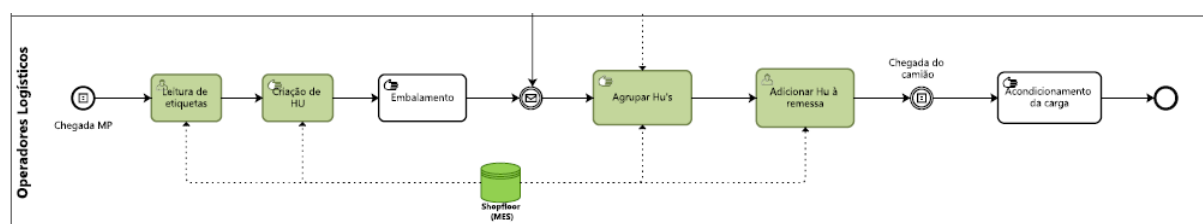


Figura 47: Estado futuro dos processos de expedição

Sendo assim, no estado futuro, Figura 47, os operadores passam a realizar o embalamento do material assim que este sai dos postos finais da linha de assemblagem. Para isso, os operadores devem picar o material (com recurso à pistola de código de barras) e atribuir-lhe uma *Handling Unit* (HU) que nada mais é do que a forma de acondicionamento. que pode ser por exemplo em paletes, cavaletes, barrotes, entre outros, como se pode observar na Figura 48, o menu que o operador logístico verá no

seu *tablet*, onde selecionará qual o tipo de acondicionamento e as dimensões do lote. Posteriormente seleciona a opção de ler etiquetas e regista todos os materiais que vão compor aquela *Handling Unit*. Posteriormente os operadores devem fazer a associação da *Handling Unit* à remessa correspondente no *pack* de expedição recebido.

De salientar que este processo é realizado mal os materiais estejam prontos, trabalhando com antecedência na preparação das cargas futuras.

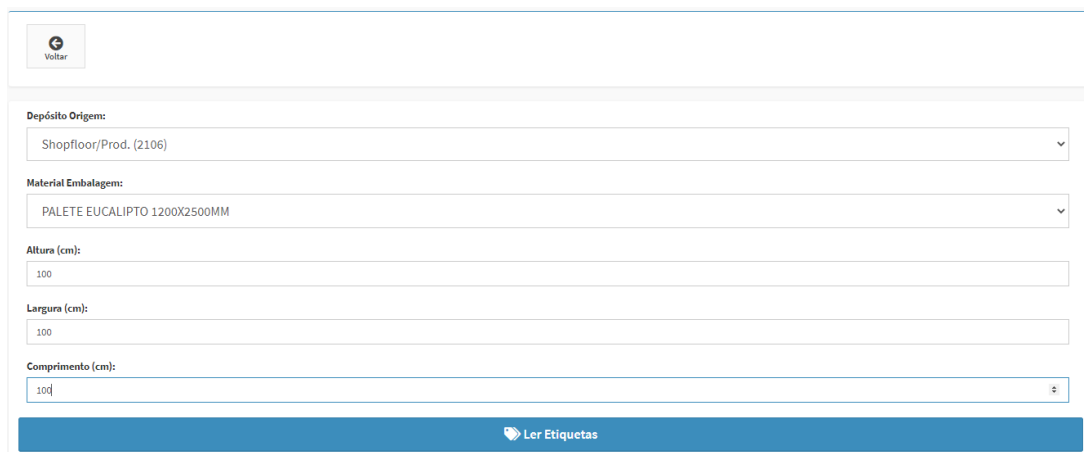
A interface de criação de Handling Units é apresentada em um formulário web. No topo, há um botão "Voltar" com uma seta para trás. O formulário contém campos para: "Depósito Origem:" com o valor "Shopfloor/Prod. (2106)"; "Material Embalagem:" com o valor "PALETE EUCALIPTO 1200X2500MM"; "Altura (cm):" com o valor "100"; "Largura (cm):" com o valor "100"; e "Comprimento (cm):" com o valor "100". No rodapé, há um botão azul com o ícone de uma etiqueta e o texto "Ler Etiquetas".

Figura 48: Interface de criação de *Handling Units*

No dia da carga, os operadores recebem a guia de remessa que menciona quais as *handling units* nela presentes e devem proceder à organização e mobilização das mesmas para a zona de carga. Para efetivar a saída de material, os operadores devem picar as paletes, berços, cavaletes correspondentes à *handling unit*.

Como estas Hu's estão previamente associadas aquela remessa, a remessa servirá como lista de *picking* que vai informando quais Hu's faltam para a carga estar completa.

5.3 Análise de Resultados

Realizada a modelação de processos do estado futuro, é possível avaliar métricas temporais de forma a avaliar a evolução do processo e perceber se as alterações propostas apresentam melhorias ao processo como um todo ou não. É importante também fazer uma análise de valor ao processo para perceber se as atividades propostas acrescentam valor ou não ao processo.

5.3.1 Requisição e Receção de Matéria-Prima

Como já demonstrado na modelação do estado futuro, Figura 36 e Figura 38, o processo de requisição e receção de matéria prima sofreu alterações. Este processo ficou mais simples com a introdução do *Shopfloor* pois muitas das atividades realizadas manualmente passam a ser efetuadas com recurso ao sistema. Sendo assim, desenvolveu-se um diagrama de sequência de operações, Figura 19, de forma a cronometrar cada ação e categorizá-la (Operação, Transporte, Espera, Controlo e Inspeção).

Tabela 19: Diagrama de sequência para a requisição e receção de materiais - Estado Futuro

DESCRIÇÃO	Tempo - 1 artigo (min)	Tempo-10 artigos (min)	Tempo - 100 artigos (min)	Classificação				
				○	⇒	D	□	▽
Inserir PC no tablet	0,50	5,00	50,00	○				
Descarga do camião	4,77	47,70	477,00	○				
Verificação do estado físico da carga	3,96	39,57	395,67				□	
Picking Material	0,30	3,44	34,40	○				
Esperas ponte	8,97	8,97	17,94			D		
Etiquetagem material rececionado	0,30	3,00	30,00	○				
Transporte c/ponte	8,36	16,72	167,20		⇒			
Separar material por tipologia/obra	4,98	24,90	249,00					▽
Total	32,14	149,30	1421,21	5,87	8,36	8,97	3,96	4,98
Total/atividade (10 artigos)				59,14	16,72	8,97	39,57	24,90
Total/atividade (100 artigos)				591,40	167,20	17,94	395,67	249,00

Através da análise da Tabela 19, pode-se concluir que o processo demora cerca de 32 minutos e 8 segundos quando a análise é feita a um artigo. Comparando com a Figura 5, verifica-se que o tempo de execução da atividade sofre uma redução de 21 minutos e 12 segundos, quase metade do tempo gasto na requisição e receção de matéria prima no estado atual. De notar que algumas das subatividades do

estado atual foram eliminadas (como por exemplo a entrega da guia com picagem, procura do pedido de compra, atualização de mapas de controlo, etc.) por deixarem de ser necessárias. Por outro lado, incluíram-se outras sub-atividades fundamentais ao funcionamento do processo no estado futuro como a inserção do pedido de compra no *tablet*.

Depois de categorizadas as atividades e cronometradas, verifica-se que as operações representam 18,27% (5 minutos e 52 segundos) das atividades, os transportes 26,01% (8 minutos e 22 segundos), as esperas 28% (8 minutos e 58 segundos), os controlos 12,31% (3 minutos e 58 segundos) e o armazenamento representa 15,5% (4 minutos e 58 segundos) das atividades, sendo o tempo total de 32 minutos e 8 segundos como já referido.

Quando se realiza esta análise para 10 artigos verifica-se que as operações representam 39,61% (59,14 minutos) das atividades, o transporte 11,20%(16,72 minutos), as esperas 6,01% (17,94), o controlo tem um aumento para 26,5%(39.57 minutos) e o armazenamento representa um peso de 16,68%(249 minutos) no conjunto das atividades. Tendo esta atividade (10 artigos) o total de 149 minutos e 18 minutos, verifica-se uma redução de 109 minutos e 48 segundos quando comparada à análise estado atual, Figura 5.

Alargando esta análise para 100 artigos, verifica-se que as operações ocupam quase metade do tempo total (41,61%)e o transporte 11,76%. As esperas têm uma redução no peso para 1,26%, sendo que os controlos ocupam 28,46% do tempo e o armazenamento ocupa 17,52% do tempo total da atividade. Com isto, a atividade de requisição e receção de material para cem artigos demora cerca de 1421 minutos e 13 segundos, uma redução de 1063 minutos e 11 segundos quando comparada à análise do estado atual para a mesma dimensão da amostra (cem artigos).

Análise de valor

Reunidas as atividades que compõem o processo de requisição e receção de materiais é necessário categorizá-las de forma a perceber se acrescentam valor ou não ao processo como um todo. Sendo assim, seguindo a mesma lógica do estado atual classificaram-se as atividades em três subgrupos:

- Atividades que agregam valor: Inserir pedido de compra no *tablet*; Descarga do camião; *Picking* Material; Separação do material por tipologia/obra.
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias: Verificação do estado físico da carga; Transporte c/ponte.
- Atividades que não agregam valor nem são necessárias: Esperas pela ponte.

Com isto, foi possível calcular qual o peso de cada categoria no conjunto total, representado pelos 3

gráficos circulares (1 artigo, 10 artigos e 100 artigos), Figura 49, onde as fatias a verde representam as atividades que agregam valor, as amarelas as atividades que não agregam valor mas são necessárias e as vermelhas não agregam valor e não são necessárias.



Figura 49: Análise de valor ao processo de Requisição e Receção de mateial- Estado Futuro

Como se pode observar na figura 49, as atividades que agregam valor representam 33,76% das atividades quando a análise é feita a um artigo, 56,29% quando feita a dez e 58,22% quando feita a cem artigos. As atividades que não agregam valor mas são necessárias ocupam 38,33% quando a análise é feita a um artigo, 37,70% quando feita a dez artigos e 40,49% quando feita a cem artigos. Por fim, as atividades que não agregam valor nem são necessárias representam 27,91% quando a análise é feita a um artigo, 6,01% quando feita a dez e 1,29% quando feita a cem artigos.

Sendo assim, para cem artigos, é dispendido:

- 809 minutos e 26 segundos em atividades que acrescentam valor ao processo;
- 562 minutos e 52 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo mas são necessárias
- 17 minutos e 56 segundos em atividades que não acrescentam valor ao processo nem são necessárias.

Com isto, comparando esta análise de valor com a do estado atual, Figura 29 para o mesmo processo, verifica-se que, para cem artigos, há um aumento do peso das atividades que agregam valor ao processo na ordem dos 21 % . Para além disso, verifica-se a eliminação de quase todas as tarefas que não agregavam valor ao processo, descendo dos 13,22% do estado atual para os 1,29% no estado futuro, houve ainda uma redução no peso das atividades que não agregam valor mas são necessárias em quase 10 %

5.3.2 Planeamento da produção e Abastecimento de materiais

A simplificação dos processos e envolvimento do *ShopFloor* também irá cobrir o processo de produção e o abastecimento de materiais, oferecendo uma solução prática de registo de dados e transmissão de informação. De acordo com as Figuras 40 e 42 foi realizado um diagrama de sequência de operações de forma a categorizar as atividades e cronometrâ-las, Tabela 20

Tabela 20: Diagrama de sequência de operações para a produção e abastecimento de materiais - Estado Futuro

DESCRIÇÃO	TEMPO (1 artigo)	TEMPO (10 artigos)	TEMPO (100 artigos)	Classificação				
				○	⇒	◻	□	▽
Abertura Plano de fabrico	1,00	1,00	1,00	○				
Consulta de Stock	0,30	3,00	30,00				□	
Pedido FNC	1,00	10,00	100,00	○				
Criação de OP	1,00	10,00	100,00	○				
Decisão e alocação CTs	0,50	5,00	50,00	○				
Separação de material	2,28	22,80	228,00					▽
Picking Material	0,30	0,30	0,30	○				
Envio material	4,90	12,00	30,00		⇒			
Picking Material	0,30	3,00	3,00	○				
Início OP	0,30	3,00	3,00	○				
Registo da Produção	0,17	0,17	0,17	○				
Total	12,05	70,27	545,47	4,07	4,90	0,00	0,30	2,28
Total/atividade (10 artigos)				27,47	12,00	0,00	8,00	22,80
Total/atividade (100 artigos)				257,47	30,00	0,00	30,00	228,00

Através da análise da Tabela 20, verifica-se que o processo demora cerca de 12 minutos e 3 segundos quando a análise é feita a um artigo. Comparando com o diagrama de sequência do estado atual para o mesmo processo, verifica-se que o tempo de execução da atividade sofre uma redução de 15 minutos e 30 segundos, mais de metade do tempo que se gastava anteriormente para a mesma atividade, no

estado atual, Figura 8.

É importante realçar que algumas das subatividades do estado atual foram eliminadas (como por exemplo a impressão e entrega da lista de material, atualização de mapas de controlo, etc.). Outras subatividades foram redefinidas, como o controlo de *stock*, que passa a ser executado diretamente no SAP da empresa, sem haver necessidade de documentos *Excel* de controlo. Por outro lado, incluíram-se outras sub-atividades como o *Picking* dos produtos à saída do armazém de matéria-prima e à entrada dos postos de trabalho que permitirão o rastreamento total dos materiais.

Depois de categorizadas as atividades e cronometradas, verifica-se que as operações representam 35% (4 minutos e 4 segundos) das atividades, os transportes 42% (4 minutos e 54 segundos), as esperas 0%, os controlos 3% (30 segundos) e o armazenamento representa 20% (2 minutos e 17 segundos) das atividades, sendo o tempo total de 12 minutos e 3 segundos como já referido.

Quando esta análise é realizada a dez artigos verifica-se que as operações representam 39% das atividades, o transporte 17%, as esperas 0%, o controlo tem um aumento para 11% e o armazenamento representa um peso de 32% no conjunto das atividades. Esta atividade, para dez artigos, tem uma duração total de 70 minutos e 16 segundos, uma redução de 41 minutos e 52 segundos quando comparada à análise estado atual, Figura 8.

Alargando esta análise para cem artigos, verifica-se que as operações ocupam quase metade do tempo total da atividade (47%), o transporte sofre uma redução para os 5%, as esperas mantêm-se nos 0%, os controlos passam a ocupar 5% do tempo total e o peso do armazenamento sofre um aumento para os 42%. Com isto, a atividade de produção e abastecimento de materiais, para cem artigos, demora cerca de 542 minutos e 28 segundos, uma redução de 316 minutos e 53 segundos quando comparada à análise do estado atual, Figura 8 para a mesma dimensão da amostra (cem artigos).

Análise de valor

Organizadas e cronometradas as atividades que compõem o processo de produção e abastecimento de materiais, é necessário categorizar as atividades para se perceber se acrescentam valor ou não ao processo como um todo. Sendo assim, seguindo a mesma lógica do estado atual, classificaram-se as atividades em três subgrupos:

- Atividades que agregam valor: Abertura do PF; Pedido FNC; Criação de OP; Alocação das OPs; *Picking* do material; Início da OP e registo da produção;
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias: Consulta de *stock*; separação e envio do material;

- Atividades que não agregam valor nem são necessárias: Inexistentes neste processo.

Assim, foi possível calcular qual o peso de cada categoria no conjunto total, representado pelos 3 gráficos circulares (1 artigo, 10 artigos e 100 artigos), Figura 50, onde as fatias a verde representam as atividades que agregam valor, as amarelas as atividades que não agregam valor mas são necessárias e as vermelhas não agregam valor e não são necessárias.

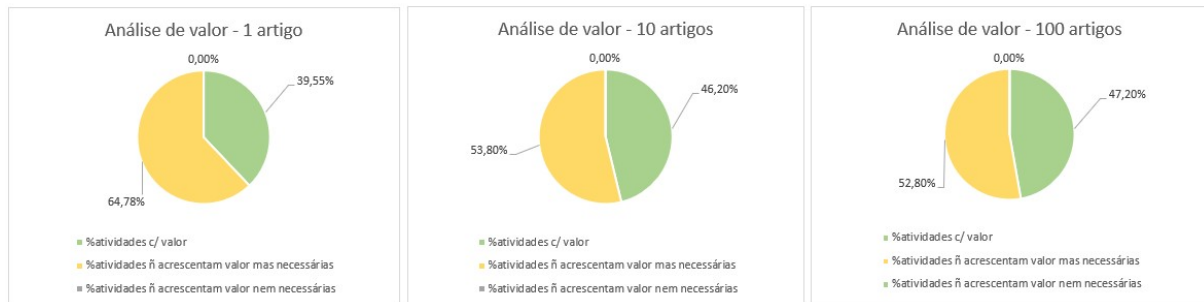


Figura 50: Análise de valor ao processo de Produção e abastecimento de materiais - Estado Futuro

Como se observa na figura 50, as atividades que agregam valor representam 39,55% das atividades quando a análise é feita a um artigo, 46,20% quando feita a dez e 47,20% quando feita a cem artigos. As atividades que não agregam valor mas são necessárias ocupam 64,78% quando a análise é feita a um artigo, 53,80% quando feita a dez artigos e 52,80% quando feita a cem artigos. Por fim, as atividades que não agregam valor nem são necessárias tem um peso de 0% visto que não há nenhuma sub-atividade que se enquadre nesta categoria.

Então, para cem artigos, dos 545,46 minutos, é dispendido:

- 257 minutos e 28 segundos em atividades que acrescentam valor ao processo;
- 288 minutos em atividades que não acrescentam valor ao processo mas são necessárias

Com isto, comparando esta análise de valor com a do estado atual, Figura 30 para o mesmo processo, verifica-se que, para cem artigos, há um aumento do peso das atividades que agregam valor ao processo na ordem dos 22,1 % . Para além disso, verifica-se a eliminação total de tarefas que não agregavam valor ao processo, descendo dos 13,72% do estado atual para os 0% no estado futuro, houve ainda uma redução no peso das atividades que não agregam valor mas são necessárias em quase 4 %

5.3.3 Expedição de materiais

Por fim, também o processo de expedição de materiais foi reformulado, visando a simplificação dos processos físicos e administrativos com vista a implementação do *ShopFloor*. O sistema servirá de

ferramenta para a consulta e registo dos materiais, atividades que, no estado atual, dispendem muito tempo. Com isto, com base na modelação do estado futuro, Figura 47, foi desenvolvido um diagrama de sequência de operações de forma a categorizar as atividades e cronometrá-las, Tabela 21.

Tabela 21: Diagrama de sequência para o processo de Expedição *to be* - Estado Futuro

Descrição	Responsável	Tempo (1 artigo)	Tempo (10 artigos)	Tempo (100 artigos)	Classificação				
					○	→	D	□	▽
Análise Pack Expedição	Log.Exp	3,09	6,18	61,84				□	
Verificar c/produção	Log.Exp	3,04	3,04	3,04			D		
Informar Log.Exp	Dep.Prod	3,00	6,00	20,00			D		
Requisição de transporte	Log.Exp	4,55	4,55	4,55	○				
Atualização mapa transportes	Log.Exp	2,13	2,13	2,13				□	
Leitura de etiquetas	Op. Log	0,30	3,00	30,00	○				
Criação e grupagem de Hu's	Op. Log	1,00	5,00	50,00	○				
Fazer Guia	Log.Exp	2,38	4,75	47,50				□	
Preencher CMR	Log.Exp	3,15	3,15	3,15				□	
Carregar camião	Op. Log	5,00	25,00	125,00	○				
Aviso de expedição	Log.Exp	2,08	4,15	41,50				□	
Total		29,71	66,95	388,70	10,85	0,00	6,04	12,82	0
Total/atividade(10 artigos)					37,55	0,00	9,04	20,36	0
Total/atividade(100 artigos)					209,55	0,00	23,04	156,11	0

Analisando o processo para um artigo, observa-se na Tabela 21, que o tempo total dispendido na atividade de expedição de materiais é de 29 minutos e 43 segundos, menos 14 minutos e 46 segundos quando comparada à mesma atividade no estado atual, Figura 10. Quando a análise é feita a dez artigos sofre uma redução de 62 minutos e 10 segundos e quando é feita a cem artigos a atividade de expedição sofre uma redução no tempo total de 9 horas e 36 minutos, que representa mais de um dia produtivo, que tem 8 horas. Esta redução dos tempos de execução deve-se ao facto de algumas atividades terem sido eliminadas na redefinição de processos ou redefinidas para serem executadas com o sistema *Shopfloor* torna os processos mais céleres.

Depois de categorizadas as atividades e cronometradas, para um artigo, verifica-se que as operações

representam 36,52% das atividades (10 minutos e 51 segundos), as esperas representam 20,33% (6 minutos e 2 segundos), os controles 43,14% (12 minutos e 50 segundos).

Quando se realiza esta análise para dez artigos verifica-se que as operações aumentam o seu peso no tempo total e passam a representar 56,09% (37 minutos e 33 segundos) das atividades, as esperas sofrem uma redução para os 13,5% (9 minutos e 2 segundos) e o controlo também sofre uma redução para os 30,41%.

Alargando esta análise para cem artigos, verifica-se que as operações ocupam mais de metade do tempo total, 53,91% (209 minutos e 33 segundos). As esperas têm uma redução no peso para 5,93% (23 minutos e 2 segundos), sendo que os controlos ocupam 40,16% (156 minutos e 6 segundos) do tempo total.

Análise de Valor

Após a sequenciação e cronometragem das atividades que compõem o processo de expedição de materias, é necessário categorizar as atividades de forma a apurar se acrescentam valor ou não ao processo. Sendo assim, seguindo a mesma lógica do estado atual, classificaram-se as atividades em três subgrupos:

- Atividades que agregam valor: Requisição de transporte, Leitura de etiquetas, Criação e grupagem de Hu's, Carregamento do camião;
- Atividades que não agregam valor mas são necessárias: Análise Pack Expedição, Requisição de transporte, Atualização mapa transportes, Fazer Guia, Preencher CMR, Aviso de expedição;
- Atividades que não agregam valor nem são necessárias: Verificar Pack de Expedição com a produção, Passagem de informação para a logística de expedição;

Com isto, foi possível quantificar o peso de cada categoria, representado pelos 3 gráficos circulares (um artigo, dez artigos e cem) da Figura 51, onde as fatias a verde representam as atividades que agregam valor, as amarelas as atividades que não agregam valor mas são necessárias e as vermelhas não agregam valor nem são necessárias.

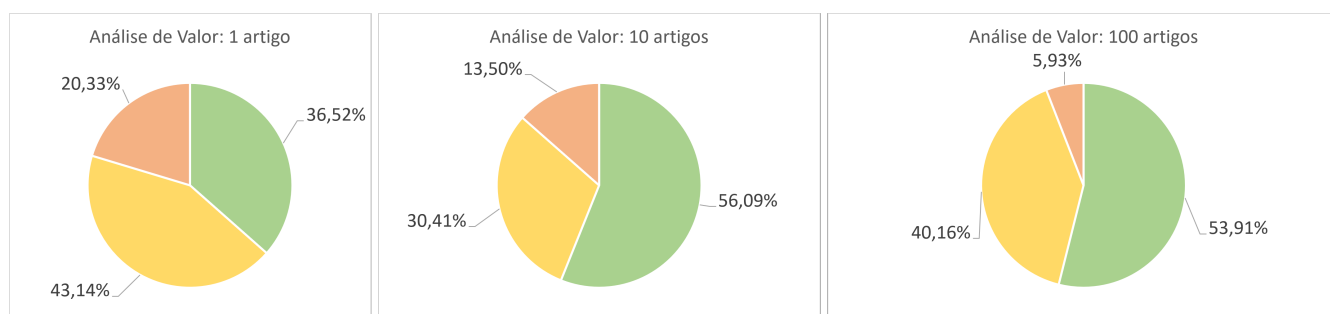


Figura 51: Análise de valor - processo de expedição, Estado Futuro

Como se observa na Figura 51, as atividades que agregam valor representam 36,52% do tempo total da atividade quando a análise é feita a um artigo, 56,09% quando feita a dez e 53,91% quando feita a cem artigos. As atividades que não agregam valor mas são necessárias ocupam 43,14% quando a análise é feita a um artigo, 30,41% quando feita a dez artigos e 40,16% quando feita a cem artigos. Por fim, as atividades que não agregam valor nem são necessárias tem um peso de 20,33% quando a análise é feita a um artigo, 13,50% quando feita a dez e 5,93%, apresentando uma tendência decrescente com o aumento do número de artigos a analisar.

Assim, para cem artigos, dos 388 minutos e 42 segundos, é dispendido:

- 209 minutos e 33 segundos em atividades que agregam valor ao processo;
- 156 minutos e 6 segundos em atividades que não agregam valor ao processo mas são necessárias;
- 23 minutos e 2 segundos em atividades que não agregam valor ao processo nem são necessárias.

Com isto, comparando esta análise de valor com a do estado atual, Figura 31 para o mesmo processo, verifica-se que, para cem artigos, há um aumento do peso das atividades que agregam valor ao processo na ordem dos 13 %. Para além disso, verifica-se a eliminação de algumas das tarefas que não agregavam valor ao processo, descendo dos 6,54% do estado atual para os 5,93% no estado futuro, houve ainda uma redução no peso das atividades que não agregam valor mas são necessárias em quase 13 %

5.3.4 Consumo de papel

Como já referido uma das grandes valias da implementação desta solução é a redução do consumo de papel em todas as fases do processos administrativo e produtivo. Sendo assim, o sistema apresenta soluções que não recorrem ao papel como por exemplo na logística de receção onde o picking passa a ser efetuado no *tablet* em detrimento da guia, nos centros de trabalho onde deixa de haver documentos

impressos como listas de material e ordens de produção que passam a estar disponíveis na interface homem-máquina ou na expedição com a criação de *packin lists* que evitam a necessidade de *picking* manual com recurso ao *Pack* de expedição impresso em papel. Com isto é apresentado um agregado da necessidade de impressões de papel por artigo no estado futuro, presente na Figura 22.

Tabela 22: Consumo de papel por departamento para cada artigo no estado futuro

	Receção	COP	COS	Expedição
Guia	-	-	-	-
Lista de material	-	-	-	-
Ordens de Produção	-	-	-	-
Desenhos de fabrico	-	2	3	
Pack de Expedição	-	-	-	-
Total	0	2	3	0
Total acumulado	5			

O único documento em papel que foi visto como indispensável é o desenho de fabrico que é usado pelos operadores. Alguns desenhos usados na empresa apresentam grande nível de detalhe e a sua compreensão e visibilidade tornam-se mais fáceis com o documento físico. Esta necessidade levanta-se pelo menos numa fase precoce de habituação ao sistema por parte dos operadores. Sendo assim, ao longo do processo de fabrico é prevista a impressão de cinco páginas por artigo.

Dimensionado o gasto de papel por cada artigo nos processos de cada departamento é possível quantificar o gasto de papel impresso durante um ano, como se observa na Tabela 23.

Tabela 23: Consumo de papel impresso durante um ano no Estado Futuro

		Semana	Mês	Ano
Receção	Cargas	6	18	216
	Consumo Papel	-	-	-
COP	Perfis maquinados	381	1525	18 300
	Consumo Papel	762	3050	36 600
CC e CF	Caixilhos	450	1800	21 600
	Fachadas (sombreadores)	60	240	2 880
	Consumo Papel	1 530	6120	73 440
Expedição	Cargas	4	16	192
	Consumo Papel	-	-	-
Consumo total / ano		110 040		

Assim, como já explicado, nem os processos relativos à requisição e receção de materiais nem os processos relativos à expedição de produto acabado levarão à necessidade de impressão de nenhum documento. Estes documento impressos serão substituídos por listas de *picking* virtuais, que serão atualizadas consoante a picagem do material com as pistolas de leitura. No centro de operações e nos centro de caixilharia e fachadas, apenas haverá a necessidade de impressão dos desenhos de fabrico, um agregado de 36 600 e 73 440 páginas por centro, respetivamente, totalizando assim 110 040 páginas impressas em média por ano.

6 Análise e discussão dos resultados

Para uma eficaz comparação entre os dois estados é fundamental a comparação dos tempos dispendidos nas atividades nos diferentes estados bem como a redução do consumo de papel nos diferentes processos. Para além disso, esta análise servirá para quantificar os ganhos de tempo entre os estados e analisar se no estado futuro o processo ficou mais *Lean*, com um aumento de atividades que agregam valor ao mesmo.

Esta análise comparativa será feita com os valores obtidos para cem artigos de forma a ter uma amostra mais abrangente, recorrendo aos valores dos tempos calculados nos diagramas de sequência de processo de ambos os estados.

6.1 Requisição e receção de material

Agregando os valores relativos ao tempo decorrido no estado atual, Figura 5 e decorrido no estado futuro, Figura 19 foi possível quantificar o ganho de tempo entre estados para cada cem artigos e também o consumo de papel impresso por ano para os dois estados comparando a Tabela 12 e a Tabela 23. De notar que depois de um apanhado de informação, cada operador representa um custo de 7,5€/hora para a empresa e o papel impresso tem um custo de cerca de 0,10€por página.

Com estes valores construiu-se a Tabela 24, que mostra a diferença do tempo total decorrido entre estados para cem artigos e a diferença no consumo de papel impresso pela empresa num ano.

Tabela 24: Requisição e Receção - Redução anual do tempo de execução da atividade e do uso de papel

Estado	Tempo/100 artigos (min)	Docs em papel/ano
Atual	2453,436	432
Futuro	1421,206	0
Diferença	1032,23	432
Poupança	123,03 €	43,2€

Assim, para o processo de requisição e receção de material, verifica-se uma redução do tempo total da atividade em 1032 minutos e 14 segundos por cada cem artigos rececionados. Considerando que cada operador representa um custo de 7,5€/hora, pode-se concluir que para cada cem artigos rececionados, há uma poupança de 123,03€.

Para além da redução do tempo de execução, verifica-se ainda a poupança de 432 páginas impressas, que se mostraram necessárias no estado atual, no capítulo 4.4.4, e deixaram de ser necessárias no

estado futuro. Sendo assim, a empresa poupa o equivalente a 43,2€/ano em papel para o processo de requisição e receção de materiais.

Verifica-se também que, em termos percentuais, comparando as Figuras 29 e 49 houve um aumento das atividades que agregam valor ao processo, em cerca de 22% e uma redução de 12% nas atividades que não agregam valor nem são necessárias. Isto demonstra que o processo passa a ser mais rápido e também mais eficaz, pois há uma redução das atividades que não agregam valor ao processo.

6.2 Produção e Abastecimento da Produção

Relativamente à atividade de abastecimento de materiais e produção, foi possível comparar o tempo dispendido no processo de produção e abastecimento de materiais para cem artigos recorrendo aos diagramas da Figura 8 e da Figura 20. Para além disso, é possível quantificar a diferença no consumo de papel impresso por ano para os dois estados comparando a Tabela 12 e a Tabela 23. Sendo assim, agregando os valores de tempo em cada estado e os documentos gastos construiu-se a tabela 25.

Tabela 25: Produção e abastecimento - Redução do tempo de execução da atividade e do uso de papel

Estado	Tempo (min) / 100 artigos	Docs em papel/ano
Atual	862,35	221 100
Futuro	545,47	110 040
Diferença	316,88	111 060
Poupança	39,61 €	11 106€

Verifica-se assim uma redução no tempo de execução de 316 minutos e 53 segundos, como se observa na tabela 25, o que representa uma poupança na ordem dos 39,61€por cada 100 artigos que iniciaram fabrico. Para além disso, comparando a análise de valor dos dois estados, Figuras 30 e 50 denota-se um aumento percentual das atividades que agregam valor ao produto em 22,09%. Verifica-se ainda a eliminação das tarefas que não agregam valor nem são necessárias, o que demonstra que o processo, para além de ser mais rápido, é mais eficiente, focando-se nas atividades necessárias e que agregam valor ao processo e na eliminação de ficheiros em formato papel.

No que diz respeito aos documentos em formato papel, considerando os valores das Tabelas 11 e 23, relativas ao consumo de papel, entre o estado atual e o estado futuro, no apoio à produção dos centros COP, CC e CF, verifica-se uma redução significativa do consumo de papel entre estados, apesar de ainda ser necessária a impressão de 111 060 páginas por ano para apoiar a produção nos 3 postos

analisados. Mesmo assim, a diferença é expressiva, o que se reflete numa poupança na ordem das 111 060 impressões, que se traduzem na poupança anual de 11 106,80€ para a empresa.

6.3 Embalamento e Expedição de materiais

Por fim, através da análise dos valores obtidos nos diagramas das Figuras 10 e 21 é possível obter o tempo dispendido para esta atividade por cem artigos. Para além disso foi possível a comparação do número de impressões gastas através da análise das Tabelas 11 e 23. Sendo assim, construiu-se a tabela abaixo.

Tabela 26: Expedição de materiais - Redução do tempo de execução da atividade e do uso de papel

Estado	Tempo (min) / 100 artigos	Docs em papel/ano
Atual	964,58	432
Futuro	388,70	0
Diferença	575,88	432
Poupança	71,99 €	43,20€

Verifica-se que processo de embalamento e expedição de materiais sofreu uma redução no tempo total de atividade de 575 minutos e 50 segundos, como se observa na Tabela 26. Sendo assim, sendo que um operador representa um custo de 7,5€/ hora para a empresa, esta diferença de tempos reflete-se numa poupança de 71,99€ por cada cem artigos expedidos,

Verifica-se também ainda um aumento percentual das atividades que agregam valor ao processo (aumento de 28,8%), quando se compara os dois diagramas de valor das Figuras 31 e 51.

Mais uma vez, fica comprovado que o processo torna-se mais rápido e eficiente, procurando evitar atividades que não lhe agregam valor.

No que diz respeito ao uso de documentos em formato de papel verifica-se uma redução de 192 impressões, que representavam a impressão dos *packs* de expedição correspondentes às 192 cargas médias feitas num ano, o que equivale a uma poupança de 19,20€ por ano.

Para concluir a análise comparativa realizou-se a comparação do consumo de papel total por ano entre os dois estados, comparando os valores obtidos na Tabela 12 e Tabela 23 verificando-se que há uma redução anual de 111 972 impressões de papel.

6.4 Análise financeira

Este subcapítulo debruçar-se-á sobre a análise do investimento no sistema, procurando verificar se este projeto de melhoria de processos e integração dos dados é viável também do ponto de vista económico. Como analisado no subcapítulo 5.1, a solução *Shopfloor* apresentada representa um investimento inicial de 200 005 € acrescido de um investimento de 25 500 € de cinco em cinco anos, como pode ser consultado na Tabela 17.

O retorno financeiro deste projeto pode ser avaliado em duas vertentes:

- Poupança no tempo dispendido pelos funcionários da empresa na execução das tarefas relativas aos processos estudados;
- Poupança no consumo de folhas impressas para os diferentes documentos de apoio à produção.

Este projeto trará também retorno noutras vertentes como a contabilização de stock em tempo real, o rastreamento das ordens de produção e devidos consumos, o planeamento de cargas, entre outras que servirão para minimizar perdas de informação e de material que certamente representarão ganhos financeiros, porém estes ganhos são difíceis de estimar numa fase precoce da implementação.

Primeiramente, é possível quantificar os ganhos por cada cem artigos processados, multiplicando a redução do tempo das atividades entre estados pelo custo de mão de obra de um operador comum, que se situa nos 7,5€ à hora.

Sendo assim, para o processo de requisição e receção de material, como visto na Figura 24, entre estados, há uma diferença de 1023,23 minutos, o que representa uma poupança de 123€ por cada cem artigos processados por este departamento. Analisando o processo de produção e abastecimento conclui-se que, entre estados, há uma redução de 316,88 minutos, como se observa na Figura 25, o que representa uma poupança de 37,8 € por cada cem artigos processados no centro de operações principais, centro de caixilharia e centro de fachadas. Por fim, analisando o processo de expedição de material, Figura 26 verifica-se que, entre estados, há uma poupança de 575,88 minutos por cada cem artigos processados, o que representa uma poupança de 68,63€ pelos mesmos cem artigos processados.

Após um apanhado da informação, resumida na Tabela 27, com o apoio de documentos da empresa e com a poupança estimada para cem artigos nos diferentes processos, foi possível apurar a poupança anual resultante da redução dos tempos execução dos processos entre estados.

Com isto, o departamento de receção de material recebe em média noventa perfis por semana,

distribuídos por seis cargas, o que se traduz numa quantidade anual de 13 824 perfis rececionados. Como exposto anteriormente, na Tabela 24, entre estados há uma poupança de 123,01€ por cada cem artigos rececionados.

Sendo assim, multiplicando o quociente da quantidade anual e os cem artigos, pela poupança para cem artigos, obtém-se uma poupança total de 17 004,54 € relativos à redução do tempo de execução das diferentes atividades do processo de requisição e receção de matéria-prima, como se observa na primeira coluna da Tabela 27.

Seguindo o mesmo raciocínio foi possível estimar a poupança anual para os centros de produção, considerando que por cada cem artigos processados nestes centros há uma poupança de 37,76 € como demonstrado na Tabela 25.

Sabendo que, por mês, são processados: 1525 perfis no COP, 1800 caixilhos no CC e 240 sombreadores no CF, num ano, são fabricados: 18 300 perfis maquinados no COP, 21 600 caixilhos no CC e 2880 sombreadores no CF. Sendo assim, multiplicando o quociente da quantidade anual e os cem artigos pela poupança por cada cem artigos obtém-se uma poupança anual de 6 910, 43 € no COP, 8 156,58 € no CC e 1 087,54 € no CF, como se observa na Tabela 27 .

Analisando a expedição de materiais, verifica-se que são expedidos em média 2040 perfis por mês, distribuídos por 6 cargas, que resulta num total de 24 480 artigos expedidos por ano. Com isto, multiplicando o quociente da quantidade anual por cem artigos, pela poupança por cem artigos, obtém-se uma poupança anual de 16 799,43 € relativa à redução dos tempos de execução das atividades de expedição de materiais.

Tabela 27: Poupança total relativa à redução do tempo de execução das atividades entre estados.

	Artigo	Semana	Mês	Qtd/Ano	Poupança /100 artigos	Poupança/ano
Receção	Perfis metálicos	384	1152	13824	123,01 €	17.004,54 €
COP	Perfis maquinados	381,25	1525	18300	37,76 €	6.910,43 €
CC	Caixilhos	450	1800	21600	37,76 €	8.156,58 €
CF	Fachada (sombreadores)	60	240	2880	37,76 €	1.087,54 €
Exp	Nº Artigos - Caixilhos	510	2040	24480	68,63 €	16.799,43 €
					Total	49 958,52 €

Sendo assim, verifica-se na Tabela 27 uma poupança total de 49 958,52 € por ano para os diferentes departamentos e respetivos processos no estado futuro.

Com os ganhos de tempo entre estados e a redução do consumo de papel por ano quantificados por processo, no subcapítulo anterior, é possível estimar qual será o ganho anual da empresa com o sistema. De notar que este ganho é representado pela poupança de horas produtivas dos operadores e pelo custo do papel impresso por ano que se evita.

6.4.1 Cash Flow Anual

Com isto, é possível estimar o *Cash Flow* anual, que se entende como a diferença entre as receitas correntes e as despesas correntes de uma empresa num período específico, sendo também apelidado de fluxo de caixa (Jacquinet, 2019).

Assim, este fluxo de caixa vai resultar do somatório entre a poupança em papel impresso e a poupança total na redução dos tempos de execução das atividades. Logo :

$$CFt = 49958,52 + 11197,20 = 61155,72$$

Este fluxo de caixa representará a poupança anual total em termos da redução da mão de obra necessária bem como a poupança em papel impresso. Sendo assim, verifica-se que a empresa irá ter um fluxo de caixa anual de 61 155,72 € com a melhoria e integração dos processos.

Com isto, considerando um juro anual de 2,24 % referente ao valor de referência da taxa de juro sobre novas operações de empréstimos a empresas até um milhão de euros, consultada no *site* pordata, no Anexo IV e sabendo o investimento inicial e posteriores, e o lucro gerado por ano foi possível determinar os fluxos de caixa atualizados, como se observa na Tabela 28.

Tabela 28: CF atualizado

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investimento	200 005	0	0	0	0	25 500	0	0	0	0	25 500
Lucro		61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72	61 155,72
CF	-200 005	59 815,85	58 505,33	57 223,52	55 969,8	31 917,22	53 544,15	52 371,04	51 223,63	50 101,36	28 570,7

6.4.2 Valor Atual Líquido

De seguida, de forma a avaliar o retorno que o investimento irá gerar foi calculado o Valor Atual Líquido (VAL) do projeto. O cálculo do Val é importante pois este indicador reflete quanto é que o projeto vale no momento atual, considerando o valor temporal do dinheiro como o investimento inicial e os fluxos de caixa atualizados por ano (Fonseca & Bruni, 2003). Caso o Val dê positivo, o investimento pode ser considerado viável, caso seja negativo indica que o projeto trará prejuízo aos investidores e partes interessadas.

Foi considerada uma longevidade de 10 anos para este projeto de acordo com as metas estabelecidas pela empresa e um juro de 2,24 % como já referido. Sendo assim, considerando a fórmula do VAL, presente na Equação 2 (Roldão, 2005):

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

Onde, t representa o período, CF_t representa o *Cash Flow* no período t , e o i representa a taxa de juro a considerar.

Sendo assim, para o VAL tem-se:

$$VAL = -200\,005 + \left[\frac{61155,72}{(1+0.0224)^0} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^1} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^2} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^3} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^4} + \frac{35655,72352}{(1+0.0224)^5} \right] + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^6} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^7} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^8} + \frac{61155,72}{(1+0.0224)^9} + \frac{35655,72352}{(1+0.0224)^{10}} \right] = 292681,54$$

Com isto, pode-se concluir que o projeto é viável do ponto de vista financeiro pois apresenta um VAL superior a zero, equivalente a 292 681, 54 €, um valor que indica que o projeto irá valorizar ao longo do tempo e apresentará lucro.

6.4.3 Taxa Interna de Rentabilidade

De seguida, procedeu-se ao cálculo da Taxa Interna de Rentabilidade que é uma taxa utilizada pelas empresas nas decisões de investimento. Esta taxa representa a rentabilidade total que vai ser originada pela implementação de um determinado projeto para a empresa. Esta taxa é importante na tomada de decisão dos gestores que normalmente a comparam com a taxa de desconto, de maneira se ser possível obter um retorno superior ao custo de financiamento do projeto. Para calcular o valor da TIR é necessário igualar a fórmula do VAL a zero, isto implica que o resultado final reflita a taxa de rentabilidade necessária para o projeto ter um valor atual líquido nulo (Abecassis & Cabral, 2000).

A viabilidade do investimento depende da taxa mínima de atratividade (TMA) definida para o projeto que reflete o valor mínimo que um investidor deseja reaver. Esta taxa pode ser comparada com a TIR para verificar a viabilidade do projeto. Neste projeto em questão, a TMA foi definida nos 15 %

Sendo assim, para calcular a TIR, igualando a Equação 2 a zero:

$$0 = -200\,005 + \left[\frac{61155,72}{(1+TIR)^0} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^1} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^2} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^3} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^4} + \frac{35655,72352}{(1+TIR)^5} \right] + \frac{61155,72}{(1+TIR)^6} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^7} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^8} + \frac{61155,72}{(1+TIR)^9} + \frac{35655,72352}{(1+TIR)^{10}} \right]$$

TIR = 26%

Sendo assim, resolvendo a equação em função da variável TIR, obtém-se um valor para a taxa interna de rentabilidade de 26% um valor aceitável para o projeto em questão visto estar acima da taxa mínima de atratividade definida para o projeto, indicando a viabilidade do projeto, corroborando a conclusão aquando da análise do VAL.

6.4.4 Payback Simples e Atualizado

Para obter uma estimativa do tempo de retorno do investimento, ou o número de anos que a empresa demorará a recuperar o investimento inicial do projeto, procedeu-se ao cálculo do *Payback* simples, que reflete o ano em que o valor de investimento inicial é coberto pela soma de todos os CF até ao momento, ou seja, representa o momento, no tempo de duração de um investimento, onde todos os fluxos financeiros igualam a zero, podendo ser determinados para fluxos financeiros atualizados ou não (Camacho & Rosa, 1989).

Sendo assim, considerando a seguinte fórmula:

$$\text{Payback Simples} = \frac{I_0}{CF_t} = \frac{200005}{61155,72} = 3,27 \text{ anos} \quad (3)$$

Sendo assim, como verificado na Equação 3, este projeto tem um *payback* simples de 3,27 anos, o que indica que o investimento será recuperado sensivelmente 3,27 anos após o início do projeto. De notar que o *Payback Simples* não considera os fluxos de caixa atualizados, que são ajustados ao risco e ao tempo conforme a taxa em vigor. Sendo assim, para ter uma análise mais realista procurou-se determinar o valor do *Payback* atualizado, que consiste no tempo decorrido até ao valor da soma dos CFs atualizado ser igual ao do investimento inicial, refletindo a recuperação do investimento, tendo em conta o valor do dinheiro no tempo.

Sendo assim, desenvolveu-se a Tabela 29, onde se observam os fluxos de caixa por ano na coluna CF, e o saldo que representa o somatório cumulativo dos CFs com o investimento inicial.

Tabela 29: *Payback* Atualizado

Ano	CF	Saldo
0	-200 005,00 €	-200.005,00 €
1	59 815,85 €	-140 189,15 €
2	58 505,33 €	-81 683,82 €
3	57 223,52 €	-24 460,30 €
4	55 969,80 €	31 509,50€
5	42 778,97€	74 288,47 €
6	53 544,15 €	127 832,62 €
7	52 371,04 €	180 203,66 €
8	51 223,63 €	231 427,30 €
9	50 101,36 €	281 528,66 €
10	38 293,59 €	319 822,25 €

Com isto, analisando a Tabela 29, verifica-se que o saldo passa a positivo entre o ano 3 e o 4. Sendo assim, é necessário realizar uma interpolação linear, baseada na equação 4 para determinar o período em qual se recuperará o investimento inicial :

$$\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \quad (4)$$

Onde, x e y representam incógnitas a calcular e os valores y_0 , y_1 , x_0 e x_1 correspondem a valores já conhecidos.

Sendo assim, substituindo os valores de x pelos valores correspondentes à coluna dos anos, e os de y pelos valores do saldo obtém-se a seguinte expressão :

$$\frac{0 - (-24460,30)}{31509,50} = \frac{x - 3}{4 - 3} = 3,77 \text{ anos} \quad (5)$$

Então, depois de feita a interpolação linear é possível estimar que a empresa irá recuperar o investimento ao fim de 3,77 anos sensivelmente. Como observado o *Payback* simples ronda o 3,27 anos, porém, é aconselhado avaliar o investimento segundo o *Payback* atualizado por refletir o valor do dinheiro no tempo.

6.4.5 Return Over Investment

A taxa de retorno ou *Return Over Investment* (ROI) reflete em termos percentuais qual será o retorno do projeto a avaliar. Esta métrica é muito usada pelas empresas para avaliar a viabilidade económica dos projetos pois é possível estimar o retorno total do projeto quando comparado com o investimento. Como este indicador é expresso em percentagem é importante referir que qualquer valor superior a 0 % indica que o investimento trará retorno financeiro.

Sendo assim, considerando a seguinte equação :

$$ROI = \frac{\text{Valor Corrente dos CF} - \text{Investimento Inicial}}{\text{Investimento Inicial}} \times 100 \quad (6)$$

Sendo assim para o cálculo do valor corrente dos CF basta fazer o somatório de todos os fluxos de caixa no período considerado. Com isto, na Tabela 30, observa-se o valor total do valor corrente dos CF que resultou do acumular dos valores de CF.

Tabela 30: Somatório dos Fluxos de Caixa para $t = 10$

Período	CF
1	59 815,85
2	58 5 5,33
3	57 223,52
4	55 969,80
5	42 778,97
6	53 544,15
7	52 371,04
8	51 223,63
9	50 101,36
10	38 293,59
Total	519 827,25

Com o valor corrente dos CF calculado é possível calcular a taxa de retorno, tendo em conta a equação 6 :

$$ROI = \frac{519827 - 200005}{200005} \times 100 = 159,9\%$$

Então, como se pode observar, a taxa de retorno tem um valor de 160% o que indica que o investimento inicial, ao fim de 10 anos, apresenta um retorno de 160% , quase duplicando o valor do investimento.

Assim, pode-se concluir que o investimento nesta solução é viável do ponto de vista financeiro com um VAL de 292 681, 54 € uma TIR de 26% um *payback* atualizado de 3,8 anos, e um ROI de 160% .

7 Conclusão

Neste capítulo estarão presentes as conclusões principais da presente investigação bem como uma análise aos objetivos propostos ao longo da mesma. Será ainda exposto o trabalho futuro que se deve realizar para apoiar os resultados obtidos.

7.1 Considerações Finais

Este projeto de investigação consistiu na melhoria dos processos do quotidiano fabril da empresa *Bysteel FS*, simplificando-os de forma a ser possível a implementação de uma solução *Manufacturing Execution System* para apoiar a empresa tanto a nível fabril como administrativo.

Assim, numa fase inicial, foi necessário observar os procedimentos e processos da empresa desde a requisição e receção de matéria-prima até à expedição do produto acabado, passando pelos diferentes centros produtivos. Com esta informação toda reunida, nesta fase de observação e análise foi possível a modelação dos processos recorrendo ao BPMN, de forma a ilustrar os procedimentos da empresa. Esta modelação serviu, também, de base para a avaliação do sistema no estado atual, permitindo a construção de diagramas de sequência de operações que listam todas as atividades, sendo possível a sua cronometrização e posterior classificação consoante o tipo de atividade. Nesta fase, com os processos modelados, cronometrados e caracterizados foi possível a análise de valor das diferentes atividades de forma a perceber quais as atividades mais críticas do sistema e quais não acrescentam valor, de forma a eliminá-las do processo ou mitigá-las.

A fase seguinte do projeto começou com a habituação ao sistema MES desenvolvido, o *ShopFloor*, sendo a fase onde o autor realizou os testes de parametrização do sistema, testando as diferentes soluções propostas pela Abaco para a receção de material, envio de material, produção e expedição. Nesta fase levantaram-se algumas questões relativas ao funcionamento do *ShopFloor* para serem posteriormente discutidas com a Abaco.

Após esta fase de testes foi importante perceber como o sistema ia atuar no quotidiano dos processos da empresa já existentes. Para isso, recorrendo à modelação de processos foi possível mapear a intervenção deste mesmo sistema nos diferentes processos da empresa, procurando refletir nesta modelação todas as melhorias identificadas na modelação do estado atual, de forma a tornar os processos mais fluidos e com menor entropia.

Com isto, desenvolveram-se novamente diagramas de sequência de operações e análises de valor para ser possível a comparação de métricas entre os dois estados.

Assim, foi possível comparar as diferenças observáveis entre os dois estados, a nível da redução do tempo de execução das atividades e da redução do consumo de papel. Sendo assim observou-se uma redução do tempo total de atividade de 1032,23 minutos no o processo de requisição e receção de matéria-prima, 316,88 minutos no processo de produção e abastecimento dos postos e 575,88 minutos para o processo de expedição de materiais. Esta redução mostra-se significativa, não só por os processos nos estado futuros serem mais rápidos mas também pela eliminação de atividades que foram identificadas como atividades que não acrescentam valor ao processo. Assim, a posterior análise de valor das atividades dos processos revela que houve um aumento de 21% de atividades com valor no porcesso de requisição e receção de matéria prima, um aumento de 22 % na atividade de produção e abastecimento da mesma e um aumento de 13 % no peso das atividades que agregam valor no processo de expedição de materiais. Esta análise provou que os processos se tornam mais *Lean*, pois são emagrecidos nas atividades que não agregam valor, fazendo com que as que agregam valor representem uma fatia maior no peso total da atividade.

Com estas diferenças quantificadas foi realizada ainda uma análise financeira com vista a recuperação do investimento feito no sistema *ShopFloor*, a rondar os 200 005 € provando-se ser um investimento mais que viável, apresentando um VAL 292 681,54 € uma TIR de 26 % um *Payback* atualizado de 3,77 anose um ROI de aproximadamente 160 % . Conclui-se então que o investimento nesta solução é um investimento seguro, não só pelo retorno financeiro que trará mas principalmente pelas vantagens que traz ao nível da digitalização dos dados, da troca de informação em tempo real e do rastreamento de materiais, áreas em que a empresa estava muito pouco desenvolvida. De notar que este projeto trará uma capacidade de gestão do processo produtivo em tempo real, promovendo a Indústria 4.0, o que se reflete na redução significativa de 111 972 papéis impresso durante um ano de produção.

7.2 Considerações Futuras

Como trabalho futuro sugere-se uma análise dos requisitos que foram levantados pela empresa e quais a Abaco realmente incorporou no sistema final. Como este sistema se encontra em fase de testes é recomendado que esta bateria seja realizada por diferentes pessoas, de diferentes departamentos, para prever todos os tipos de erro que possam surgir para cada solução, procurando ter um contacto direto com a empresa fornecedora de forma a adaptarem a solução.

É visível ainda a necessidade de formação dos operadores para o correto uso do sistema e para os novos procedimentos. São recomendadas ações de formação intensivas quer para colaboradores

administrativos quer para operadores fabris de forma a minimizar as quebras de produção resultantes do arranque do projeto. É recomendada ainda uma revisão por parte da empresa da proposta da Abaco de maneira a esta incluir interfaces de indicadores produtivos como os tempos de ciclo, a taxa de qualidade, o OEE, etc.

De salientar que soluções no âmbito da Indústria 4.0 devem estar num processo de melhoria contínua e afinação do sistema, visto que a empresa no futuro dependerá deste sistema para o funcionamento diário do processo produtivo e para a contabilização de *Stock*. Este acompanhamento da evolução do sistema deve ser feito pela entidade fornecedora, a Abaco, para garantir o correto funcionamento das soluções existentes bem como de novas soluções que possam surgir como, por exemplo, os indicadores já referidos.

Bibliografia

- Aagesen, G., & Krogstie, J. (2010). Analysis and design of business processes using BPMN. In Handbook on Business Process Management 1 (pp. 213-235). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Almada-Lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of innovation management*, 3(4), 16-21.
- Alur, R. (2015). *Principles of cyber-physical systems*. MIT press.
- Abecassis, F., Cabral, N. (2000). *Análise económica e financeira de projectos*.
- Abdul-Hamid, A. Q., Ali, M. H., Osman, L. H., Tseng, M. L., Lim, M. K. (2022). Industry 4.0 quasi-effect between circular economy and sustainability: Palm oil industry. *International Journal of Production Economics*, 253, 108616.
- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of applied systems analysis*, 16(1), 3-9.
- Arey, D., Le, C. H., & Gao, J. (2021). Lean industry 4.0: a digital value stream approach to process improvement. *Procedia Manufacturing*, 54, 19-24.
- Babu, V. R. (2012). *Industrial engineering in apparel production*. Woodhead Publishing Limited.
- Beheshti, H. M., Beheshti, C. M. (2010). Improving productivity and firm performance with enterprise resource planning. *Enterprise Information Systems*, 4(4), 445-472.
- Belguith, S., Jemai, A., & Attia, R. (2015, May). Enhancing data security in cloud computing using a lightweight cryptographic algorithm. In *11th International Conference on Autonomic and Autonomous Systems* (pp. 98-103).
- Bell, S. (2005). *Lean enterprise systems: using IT for continuous improvement*. John Wiley & Sons.
- Bell, S. C., Orzen, M. A. (2016). *Lean IT: Enabling and sustaining your lean transformation*. CRC Press.
- Besteiro, D. B. D. S. (2010). *Análise de modelação de processos*.
- Biesinger, F., Meike, D., Kraß, B., Weyrich, M. (2019). A digital twin for production planning based on cyber-physical systems: A Case Study for a Cyber-Physical System-Based Creation of a Digital Twin. *Procedia CIRP*, 79, 355-360.
- Camacho, A. Rosa, J. P., 1989. *Manual para a preparação de Estudos de Viabilidade Industrial*. Portugal: Publicações D. Quixote
- Chinosi, M., Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards Interfaces*, 34(1), 124-134.
- Chiarello, M. A., FP, M. C., SS, A. G. (2014). An approach of software requirements elicitation based on the model and notation business process (BPMN). *Lecture Notes on Software Engineering*, 2(1), 65.

- Colombo, A. W., Karnouskos, S., Kaynak, O., Shi, Y., & Yin, S. (2017). Industrial cyberphysical systems: A backbone of the fourth industrial revolution. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 6-16.
- Cotrino, A., Sebastián, M. A., & González-Gaya, C. (2020). Industry 4.0 Roadmap: Implementation for small and medium-sized enterprises. *Applied Sciences*, 10(23), 8566.
- De Boer, E., Fritzen, S., Khanam, R., Lefort, F. (2020). Preparing for the next normal via digital manufacturing's scaling potential. *McKinsey*.
- Devillers, M. (2011). *Business Process Modeling*.
- Fonseca, Y. D. D., Bruni, A. L. (2003). *Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura*.
- Fox, N., Hunn, A., Mathers, N. (2009). Sampling and sample size calculation. East Midlands/Yorkshire: the National Institutes for Health Research. Research Design Service for the East Midlands/Yorkshire the Humber.
- Freitas, M. D. C. D., Coelho, T. R., & Adrião, M. C. (2021) *Gestão Da Informação In Cases, Cases reais em informação, tecnologia e estrutura organizacional*.
- Garrido, E. V. D. S. (2021). *Análise da Implementação do Sistema de Informação Wieland Factory Suite na área da produção da empresa Wieland Thermal Solutions e a integração deste com o SAP (Doctoral dissertation)*.
- Garutti, S., Ferreira, V. L. (2015). Uso das tecnologias de informação e comunicação na educação. *Revista Cesumar–Ciências Humanas e Sociais Aplicadas*, 20(2).
- Gomes, D. E., de Souza, R. M., Ferreira, T. A., Gontijo, L. A. (2016). Lean office para um problema no processo de solicitação de passagens de um Programa de Pós-Graduação. *Journal of Lean Systems*, 1(3), 79-90.
- Gonzalez, L. R. (2021). *Proposta de melhoria das práticas de gestão de projetos de implantação de sistemas de informação*.
- Gregersen, E. (2018). 5 Components of Information Systems. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/list/5-components-of-information-systems>
- Goldston, J. (2020). The evolution of ERP systems: A literature review. *The Evolution of ERP Systems: A Literature Review*, 50(1), 14-14.
- Govindaraju, R., & Putra, K. (2016, February). A methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 114, No. 1, p. 012094). IOP Publishing.
- Gopalakrishnan, S. (2021). *Exploring the impact of Industry 4.0 on the business models of small and*

- medium-sized manufacturing enterprises in Singapore.
- Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. (2015). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review. Technische Universität Dortmund, Dortmund, 45.
- Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7(1), 28-35.
- Jacquinet, M. (2019). Introdução breve ao conceito de Cash Flow (ou fluxo de caixa).
- Jiang, J. R. (2018). An improved cyber-physical systems architecture for Industry 4.0 smart factories. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(6), 1687814018784192.
- Jesus, C. D., & Lima, R. M. (2020). Literature search of key factors for the development of generic and specific maturity models for Industry 4.0. *Applied Sciences*, 10(17), 5825.
- Katuu, S. (2020). Enterprise resource planning: past, present, and future. *New Review of Information Networking*, 25(1), 37-46.
- Khedher, A. B., Henry, S., Bouras, A. (2011, September). Integration between MES and product lifecycle management. In *ETFA2011* (pp. 1-8). IEEE.
- Kiran, D. R. (2019). *Production planning and control: A comprehensive approach*. Butterworth-heinemann.
- Kiran, D. R. (2020). *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*. Butterworth-Heinemann.
- Kohler, D., Weisz, J. D. (2018). Industry 4.0, an industrial and societal revolution. *Futuribles*, 424(3), 47-68.
- Laurindo, F. J. B., Mesquita, M. A. D. (2000). Material Requirements Planning: 25 anos de história-Uma revisão do passado e prospecção do futuro. *Gestão Produção*, 7, 320-337.
- Lee, J., Bagheri, B., Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.
- Lee, E. A., Seshia, S. A. (2015). *Introduction to Embedded Systems-A Cyber Physical Systems Approach*. lulu. com.
- Leitao, P., Karnouskos, S., Ribeiro, L., Lee, J., Strasser, T., Colombo, A. W. (2016). Smart agents in industrial cyber-physical systems. *Proceedings of the IEEE*, 104(5), 1086-1101.
- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Bay, L. (2017). The application of the maturity model SIMMI 4.0 in selected enterprises.
- Liker, J. K., Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of management perspectives*, 20(2), 5-20.
- Lin, Y. J., Wei, S. H., Huang, C. Y. (2019). Intelligent manufacturing control systems: The core of smart factory. *Procedia manufacturing*, 39, 389-397.

- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T., & Forstenhäusler, S. (2016, September). SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. In 2016 federated conference on computer science and information systems (fedcsis) (pp. 1297-1302). IEEE.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of management perspectives*, 20(2), 5-20.
- McManus, H. L. (2005). Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual Release 1.0.
- Mele, J. (2008). The Eight Wastes: A Lexicon for Lean NPD. Estados Unidos: Lean Horizons Consulting .
- Melara, J., Lima, R. M., & Souza, T. (2017). Lean office: a systematic literature review. In 3rd International Joint Conference ICIEOM-ADINGOR-IISE-AIM-ASEM-New Global Perspectives on Industrial Engineering and Management (pp. 319-326).
- Mohajan, H. (2019). The second industrial revolution has brought modern social and economic developments.
- O'Brien, S., McNamara, G., O'Hara, J., Brown, M. (2022). Learning by doing: Evaluating the key features of a professional development intervention for teachers in data-use, as part of whole school self-evaluation process. *Professional Development in Education*, 48(2), 273-297.
- Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production.
- Oks, S. J., Fritzsche, A., Möslin, K. M. (2017). An application map for industrial cyber-physical systems. In *Industrial internet of things* (pp. 21-46). Springer, Cham.
- Oks, S.J., Jalowski, M., Lechner, M. et al (2022). Cyber-Physical Systems in the Context of Industry 4.0: A Review, Categorization and Outlook. *Inf Syst Front*.
- Ortiz, A., Lario, F., Ros, L., Hawa, M. (1999). Building a production planning process with an approach based on CIMOSA and workflow management systems. *Computers in Industry*, 40(2-3), 207-219.
- Oliveira, H. S. D. (2015). Implementação das ferramentas do Lean Office para a melhoria do desempenho no sistema administrativo de uma empresa de fitas para impressão.
- Santos, M. E. S. D. C. (2016). A importância da escolha do modelo de planejamento de materiais em uma cadeia de suprimentos: um estudo sobre a implantação do MRP II.
- Sabbag, P. Y. (2007). *Espiraís do conhecimento: ativando indivíduos, grupos e organizações*. Saraiva.
- Padilla, L. A. N. (2014). Transformation of Business Process Models: A Case Study.
- Pasqualini, M. (2004). Fordismo: uma análise aplicada aos casos do Brasil e Japão.
- Peralta, C. B. D. L., Lermen, F. H., Martins, E. D. L., Silva, V. L. D., & Echeveste, M. E. S. (2017). Lean office: mapeamento do fluxo de valor administrativo em rotina de trabalho de órgão público. *Journal*

- of lean systems [recurso eletrônico]. Florianópolis. Vol. 2, n. 3 (2017), p. 87-106.
- Pereira, A. C., Dinis-Carvalho, J., Alves, A. C., & Arezes, P. (2019). How Industry 4.0 can enhance lean practices. *FME Transactions*, 47(4), 810-822.
- Pinheiro, T. M. (2019). Análise financeira de um sistema de rastreabilidade e codificação de produtos numa empresa metalomecânica.
- Prinz, C., Kreggenfeld, N., & Kuhlentötter, B. (2018). Lean meets Industrie 4.0—a practical approach to interlink the method world and cyber-physical world. *Procedia Manufacturing*, 23, 21-26.
- Reijers, H. A. (2021). Business Process Management: The evolution of a discipline. *Computers in Industry*, 126, 103404.
- Riahi, Y., & Riahi, S. (2018). Big Data and Big Data Analytics: Concepts, Types and Technologies. *International journal of research and engineering*, 5(9), 524–528.
- Roldão, V. S., 2005. *Gestão de Projetos, Abordagem Instrumental ao Planeamento, Organização e Controlo*. Portugal: Edições Monitor
- Rosemann M, Recker J, Indulska M, Green P (2006) A study of the evolution of the representational capabilities of process modeling grammars. *Advanced Information Systems Engineering-CAiSE*, vol 4001, 447–461
- Sabbag, P. Y. (2007). *Espiraís do conhecimento: ativando indivíduos, grupos e organizações*. Saraiva.
- Sehgal, V. K., Patrick, A., & Rajpoot, L. (2014, February). A comparative study of cyber physical cloud, cloud of sensors and internet of things: Their ideology, similarities and differences. In *2014 IEEE International Advance Computing Conference (IACC)* (pp. 708-716). IEEE.
- Sérgio, M. C. *Representação de Processos de Negócios e Representação de Conhecimento*.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Shojaeinasab, A., Charter, T., Jalayer, M., Khadivi, M., Ogunfowora, O., Raiyani, N., ... & Najjaran, H. (2022). Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 503-522.
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014, December). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management* (pp. 697-701). IEEE.
- Silva, D., Pereira, J. (2015). *Modelação de processos de negócio: análise comparativa de linguagens*.
- Silva, I. D. F. (2019). *Melhoria dos processos do sistema produtivo aplicando ferramentas Lean Production*

- numa empresa de fachadas e revestimentos arquitetónicos de edifícios.
- Silva, D., Pereira, J. L. (2016). Modelação de processos de negócio: análise comparativa de linguagens. In Atas da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (Vol. 15, No. 15, pp. 157-176).
- Sousa, R. M., & Dinis-Carvalho, J. (2021). A game for process mapping in office and knowledge work. *Production Planning & Control*, 32(6), 463-472.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office: eight steps to planning, mapping, & sustaining lean improvements in administrative areas*. CRC Press.
- Tapping, D., Shuker, T. (2010). *Value stream management in the office. Eight stages of office process improvement*, ProdPublishing, Wrocław.
- Thames, L., Schaefer, D. (2016). Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0. *Procedia cirp*, 52, 12-17.
- Ullah, A., Baharun, R. B., Nor, K., Siddique, M., Sami, A. (2018). Enterprise resource planning (ERP) systems and user performance (UP). *International Journal of Applied Decision Sciences*, 377, 390.
- Vasilev, J. (2013, January). The change from ERP II to ERP III systems. In *3rd International Conference On Application Of Information And Communication Technology And Statistics In Economy And Education (Icaictsee-2013)* (pp. 382-384).
- Velásquez Villagrán, N., Pesado, P., Estevez, E. (2020, September). Cloud Robotics for Industry 4.0- A Literature Review. In *Conference on Cloud Computing, Big Data Emerging Topics* (pp. 3-15). Springer, Cham.
- Waghorn, T. (2011). *Jeremy Rifkin's Third Industrial Revolution*.
- Weske, M. (2007). *Business process management architectures* (pp. 305-343). Springer Berlin Heidelberg.
- Womack, James P.; JONES, Daniel T. *Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection*. Harvard business review, 1996, 74.5: 140-151
- Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: The story of lean production—Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster.

Anexo I - BPMN's relativos ao estado atual

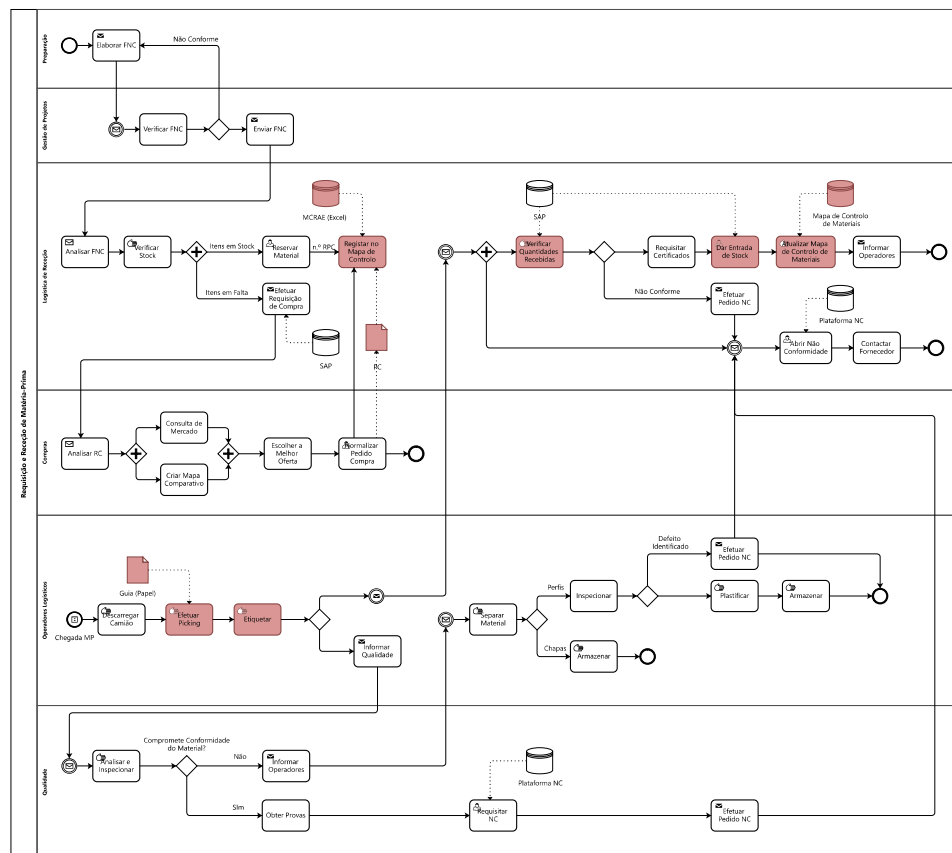


Figura 52: Bpmn - Requisição e Receção de Matéria-Prima no Estado Atual

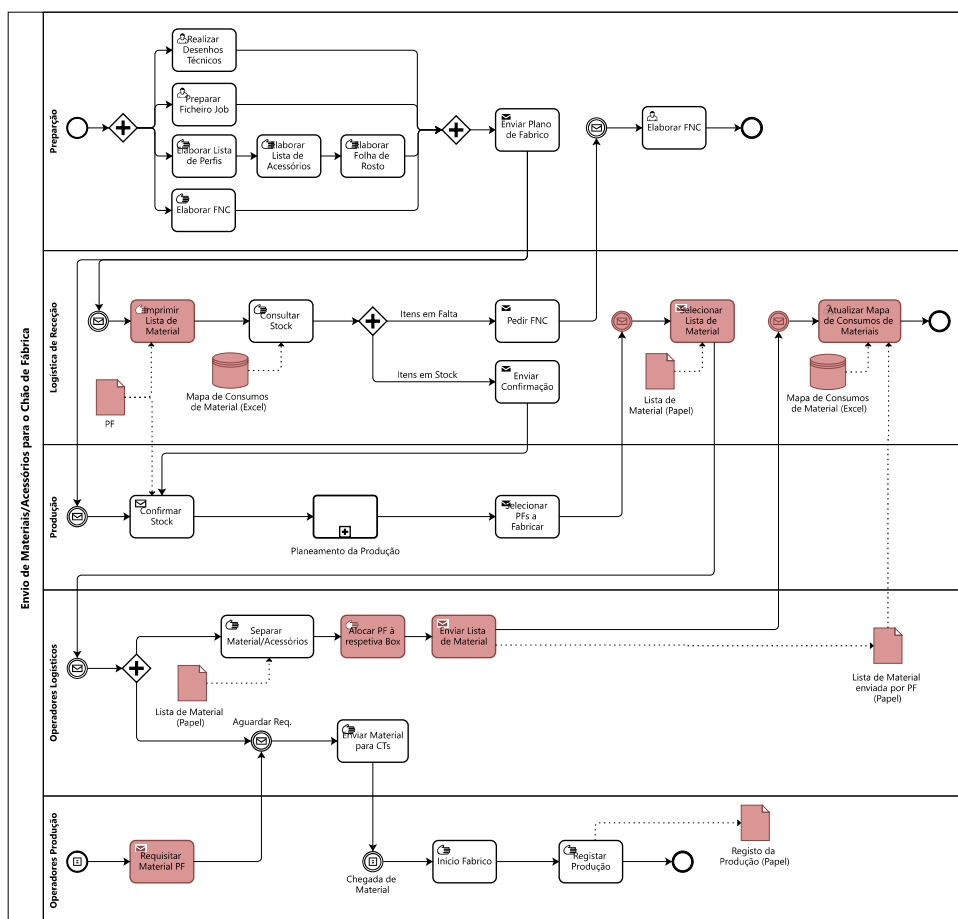


Figura 53: Bpmn - Produção e abastecimento de materiais no Estado Atual

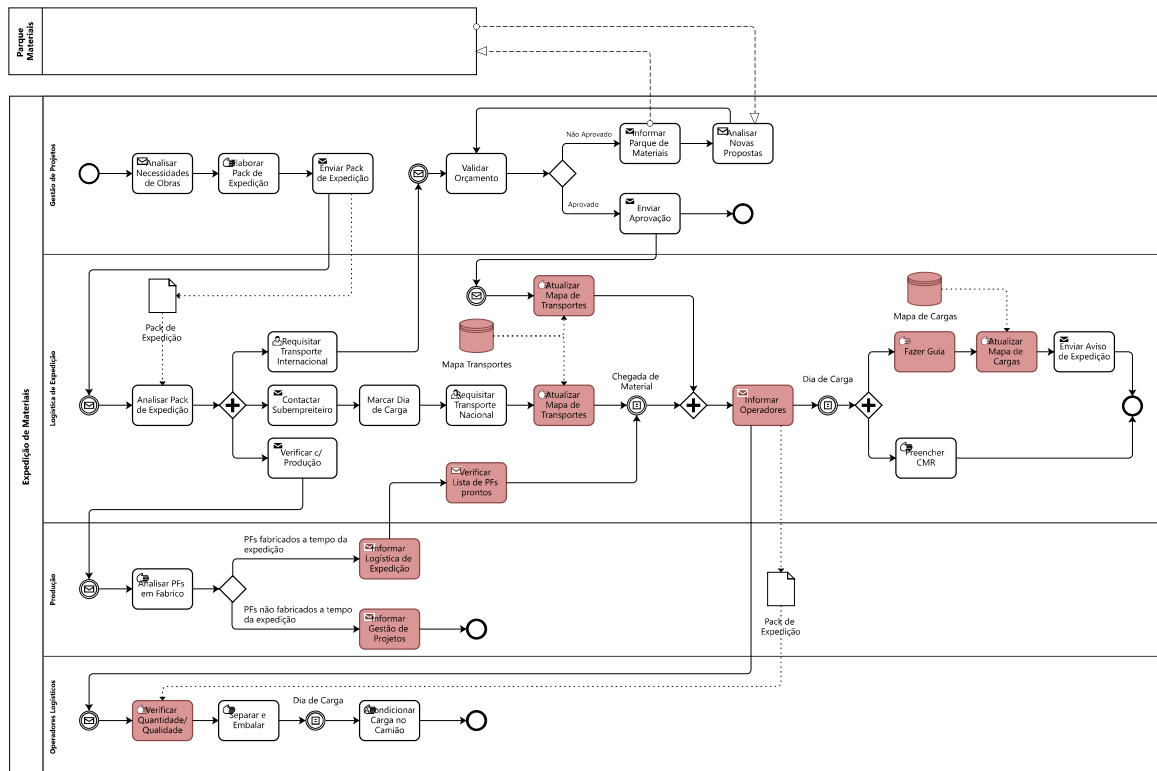


Figura 54: Bpmn - Expedição de material no Estado Atual

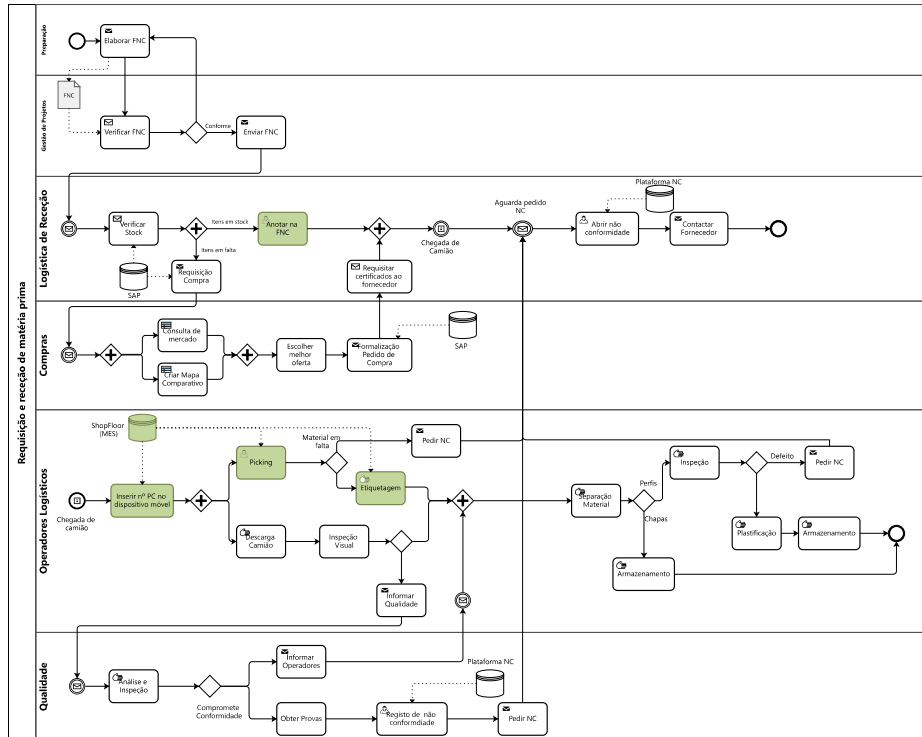


Figura 55: Bpmn - Requisição e Recepção de Matéria-Prima no estado futuro

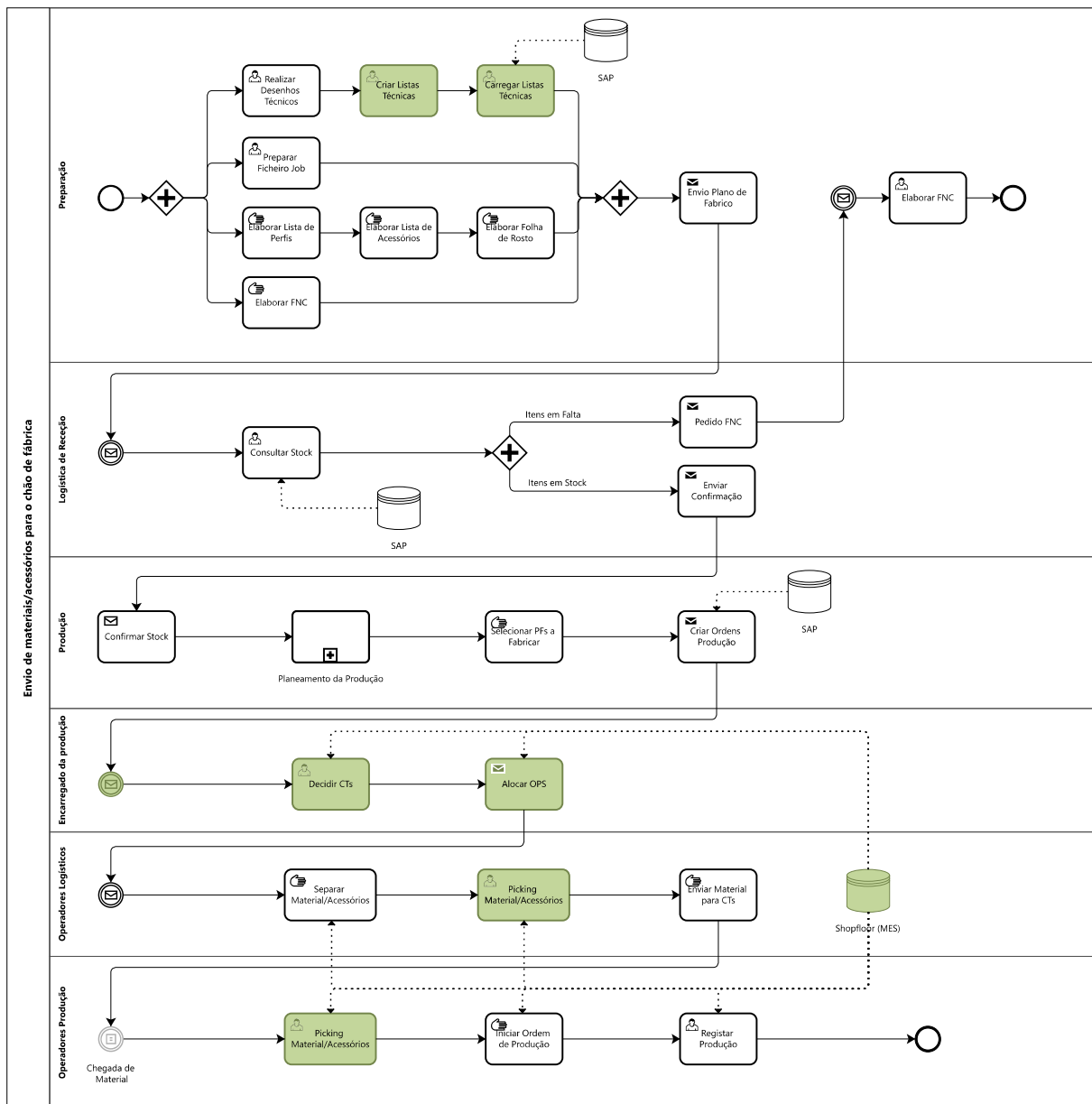


Figura 56: Bpmn - Produção e Abastecimento de material no estado futuro

Anexo II - Estudo dos tempos

Nr	Tarefa	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Tempo 6	Tempo 7	Tempo 8	Tempo 9	Tempo 10	s	m	N'
1	Descarga do camião	5,0	4,5	5,2	4,0	4,7	4,8	4,7	5,0	4,6	5,2	0,362	4,77	9
2	Esperas ponte	8,5	10,0	8,7	9,0	8,9	9,8	9,5	9,3	8,0	8,0	0,693	8,97	10
3	Verificação do estado físico da carga (visual)	4,0	4,5	3,5	4,0	4,2	4,0	3,8	4,0	3,6	4,0	0,281	3,96	8
4	Picking Material	2,0	1,8	1,9	2,2	1,9	1,8	1,9	2,3	2,3	2,2	0,197	2,03	15
5	Entrega da guia c/picagem	3,0	3,5	3,5	3,5	3,7	3,6	3,3	4,0	3,3	3,0	0,306	3,44	13
6	Procurar pedido compra	3,0	3,0	2,5	3,0	2,8	3,0	3,1	3,0	2,5	3,0	0,218	2,89	9
7	Verificar pedido compra vs guia	1,3	1,3	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	0,110	1,49	9
8	Transporte c/ponte	8,0	8,5	9,0	8,0	9,5	8,5	8,0	8,0	7,6	8,5	0,564	8,36	7
9	Separar material por tipologia/obra	5,0	5,2	5,6	5,5	4,5	5,0	4,5	4,5	5,0	5,0	0,394	4,98	10
10	Atualização do stock no mapa de controlo (MCRAE)	3,0	3,2	3,5	3,0	2,8	3,5	3,0	2,8	3,0	3,0	0,248	3,08	10
11	Entrada de stock em SAP	5,0	4,5	5,3	4,8	5,0	5,3	6,0	5,2	4,5	5,2	0,439	5,08	12
12	Entrega Guia p/consumos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,000	1,00	0
Total		48,8	51,0	51,2	49,6	50,5	51,9	50,3	50,7	46,9	49,6			
epsilon	0,05													
z	1,96													

Figura 58: Estudo dos tempos - Requisição e Receção de matéria prima

Nr	Tarefa	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Tempo 6	Tempo 7	Tempo 8	Tempo 9	Tempo 10	z	m	N'
1	Abertura Plano de fabrico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,000	1,00	0
2	Impressão Lista Material	2,75	2,5	2,25	2,5	2,25	2,5	2,75	2,5	2,5	2,25	0,184	2,48	9
3	Consulta de Stock	0,75	0,75	0,8	0,6	0,8	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,055	0,75	9
4	Pedido FNC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,000	1,00	0
5	Confirmação Stock	1,1666	1,25	1,166	1,166	1,25	1,25	1	1,166	1,25	1,25	0,079	1,19	7
6	Selecionar Lista Material	1,166	1	1,166	1,25	1	1,166	1	1	1	1,166	0,100	1,09	13
7	Enviar lista de material	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0,000	5,00	0
8	Separação de material	2,5	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,5	2,25	2	2,25	0,142	2,28	6
9	Envio material	5	4,75	5,5	5	4,75	4,25	5	5,25	5	4,5	0,357	4,90	9
10	Entrega da Lista c/material enviado	4	4,25	4	4,5	4	4	4,25	4	4,166	4	0,172	4,12	3
11	Atualização Mapa Controlo	1,5	1,75	1,75	1,75	1,75	1,5	1,5	1,75	1,75	1,5	0,129	1,65	10
12	Carregamento Máquinas c/material	1	1,166	1,25	1,25	1	1,166	1,25	1,166	1,25	1	0,110	1,15	14
13	Registo da Produção	1	1	1,166	1	1	1,166	1	1	1	1	0,070	1,03	8

Figura 59: Estudo dos tempos - Requisição e Receção de matéria prima

Nr	Tarefa	Tempo 1	Tempo 2	Tempo 3	Tempo 4	Tempo 5	Tempo 6	Tempo 7	Tempo 8	Tempo 9	Tempo 10	s	m	N'
1	Análise Pack Expedição	3	3,1677	3,25	3	3	3,25	3	3,25	3	3	0,121	3,09	3
2	Verificar c/produção	3	3,2	3,25	3	2,75	3	3	3,2	3	3	0,145	3,04	4
3	Informar Log Exp	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,0	0,000	3,00	0
4	Requisição de transporte	5	4,8	4,5	4,0	4,8	4,3	5,0	4,5	4,3	4,5	0,329	4,55	9
5	Atualização mapa transportes	2	2,0	2,0	2,0	2,3	2,3	2,3	2,0	2,3	2,3	0,132	2,13	6
6	Entrega do Pack de expedição	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0,000	5,00	0
7	Verificação quantidade	3	2,8	2,8	2,8	2,3	2,5	3,0	2,8	2,8	2,8	0,219	2,73	10
8	Separação e embalagem	5	5,5	5,3	5,0	5,0	5,3	5,8	5,5	5,8	5,0	0,307	5,30	6
9	Fazer Guia	2	2,5	2,3	2,5	2,5	2,5	2,3	2,3	2,5	2,5	0,177	2,38	9
10	Preencher CMR	3	3,0	3,0	3,5	3,3	3,5	3,0	3,0	3,0	3,3	0,211	3,15	7
11	Carregar camião	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0,000	5,00	0
12	Atualização mapa de cargas	3	3,5	3,0	3,0	2,8	3,0	2,8	3,3	3,0	3,3	0,230	3,05	9
13	Aviso de expedição	2	2,0	2,3	2,0	2,0	2,3	2,0	2,3	2,0	2,0	0,121	2,08	6
Total		44,0	102,5	99,2	100,9	98,6	98,8	100,1	100,1	44,5	44,5			

Figura 60: Estudo dos tempos - Requisição e Receção de matéria prima

Anexo III - ShopFloor

Estrutura do produto Sistema Ajuda					
Estrutura de produto: data de validade 18.08.2020					
Estrutura do produto		Crit....	Texto item	Quantidade	UM ...
> 0310 L A		A.131	A.131	1,000	UN
> 0320 L A		A.132	A.132	1,000	UN
> 0330 L A		A.133	A.133	2,000	UN
> 0340 L A		A.135	A.135	3,000	UN
> 0350 L A		A.250	A.250	3,000	UN
> 0360 L A		A.1333	A.1333	1,000	UN
> 0370 L A		A.1334	A.1334	1,000	UN
> 0380 L A		A.1376	A.1376	12,000	UN
> 0390 L A		A.1377	A.1377	21,000	UN
> 0400 L A		A.1378	A.1378	12,000	UN
> 0410 L A		A.1388	A.1388	105,000	UN
> 0420 L A		A.1389	A.1389	216,000	UN
> 0430 L A		A.1390	A.1390	102,000	UN
> 0440 L A		A.1449	A.1449	23,000	UN
> 0450 L A		A.1457	A.1457	8,000	UN
> 0460 L A		A.1495	A.1495	1,000	UN
> 0470 L A		A.1496	A.1496	1,000	UN
> 0480 L A		A.1502	A.1502	4,000	UN
> 0490 L CV		CV.16	CV.16	1,000	UN
> 0500 L CV		CV.17	CV.17	3,000	UN
> 0510 L CV		CV.18	CV.18	1,000	UN
> 0520 L CV		CV.19	CV.19	3,000	UN
> 0530 L CV		CV.20	CV.20	1,000	UN
> 0540 L CV		CV.21	CV.21	1,000	UN
> 0550 L CV		CV.22	CV.22	1,000	UN
> 0560 L CV		CV.23	CV.23	1,000	UN

Figura 61: Exemplo de Lista Técnica

The image shows a web interface for 'Shopfloor QAS' by 'bysteel'. The header is blue with the logo and title. Below the header is a green bar with the text 'Autenticação QAS'. The main content area is light gray and contains two white input fields. The first field is labeled 'Utilizador' and is highlighted with a red border. The second field is labeled 'Palavra-Chave' and has a yellow circle with the number '1' pointing to it. Below the input fields is a green button labeled 'Entrar'.

Figura 62: Interface de Login

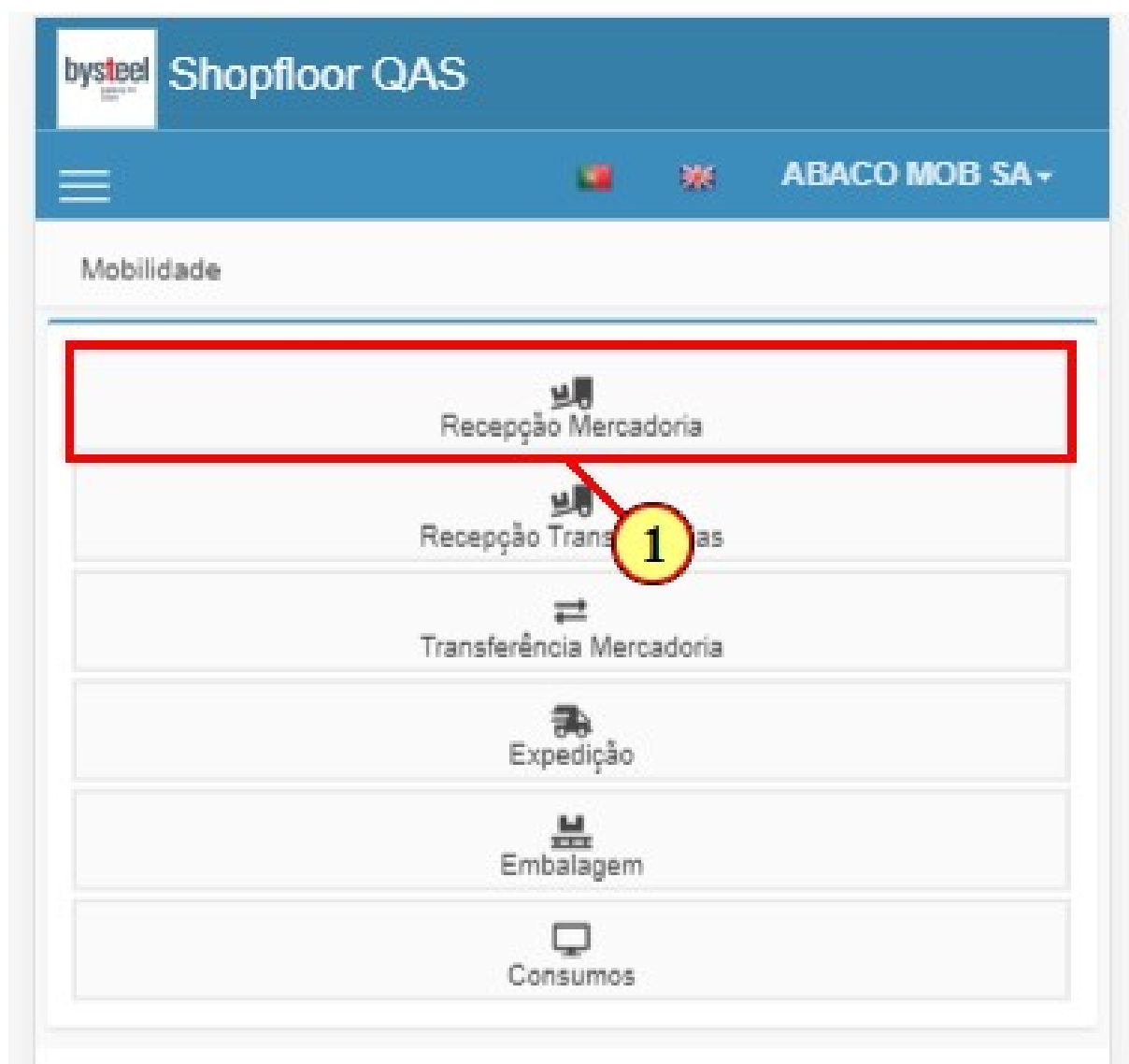


Figura 63: Menu Mobilidade

Shopfloor QAS

ABACO MOB SA

Recepção Mercadoria - Classificações

Recepção Mercadoria

Nota de Remessa

☒

1

3

Pedido Compra	4500586478
Item	00010
Id	CPJ0001
Peça	CHAPA S355J2 25MM
Quantidade	58875 KG / 10 UN
Quantidade Recepcionar	10 UN
Data	2020-08-19

2

Lista de Características

Descrição	Nº Certificado
Valor	

Descrição	Ensaio US
Valor	

Figura 64: Interface Picking

CPJ0001

CHAPA S355J2 25MM



VAZAMENTO

TESTE

SEQUENCIADOR

B000000213

NOTA REMESSA

TESTE_123

COMPRIMENTO

12.000,00 mm

ESPESSURA

25,00 mm

LARGURA

2.500,00 mm

QUANTIDADE

1 UN

PEDIDO

4500506478

5.887,500 KG

DATA

19.08.2020

LOTE

0000293454

MATERIAL

CPJ0001

OBRA

BY-0034-L-A1

DOC.RECEÇÃO

5001053432

DOC.TRANSFERÊNCIA

4901800549



Figura 65: Etiqueta de Matéria-Prima

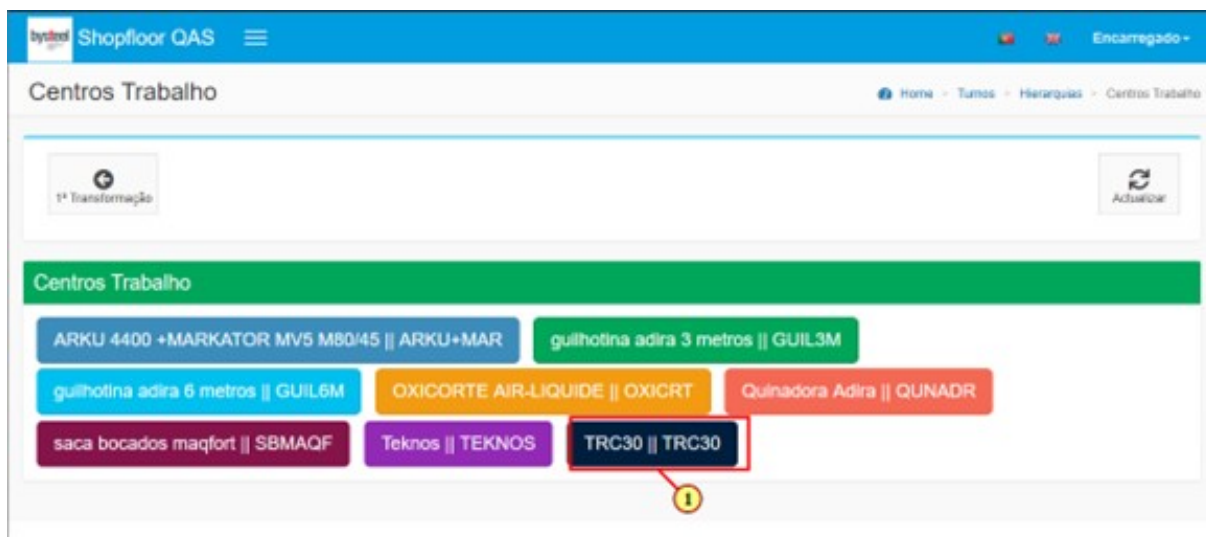


Figura 66: Interface Encarregado - diferentes Cts

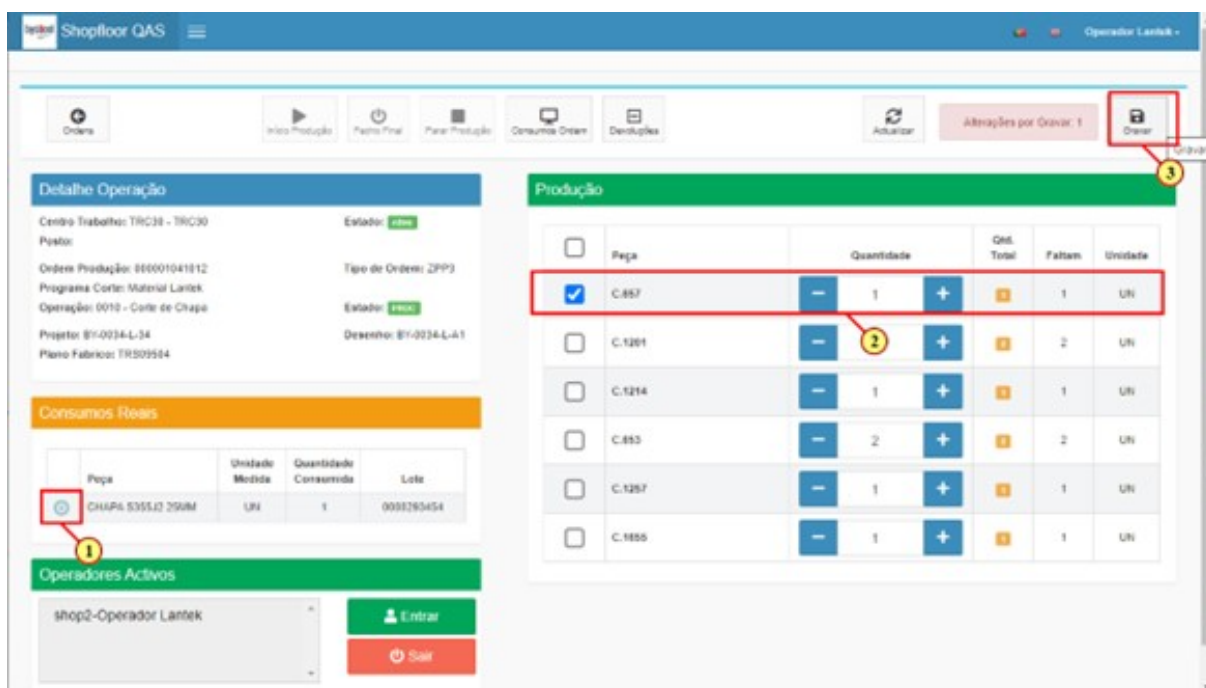


Figura 67: Ordem de Produção

REF:	C.657
PEP:	BY-0034-L-A1
PF:	PF-0034
Perfil:	PL20*180
Quantidade:	1 / 1
Lote:	293466
Peso:	9,000



Figura 68: Menu Mobilidade

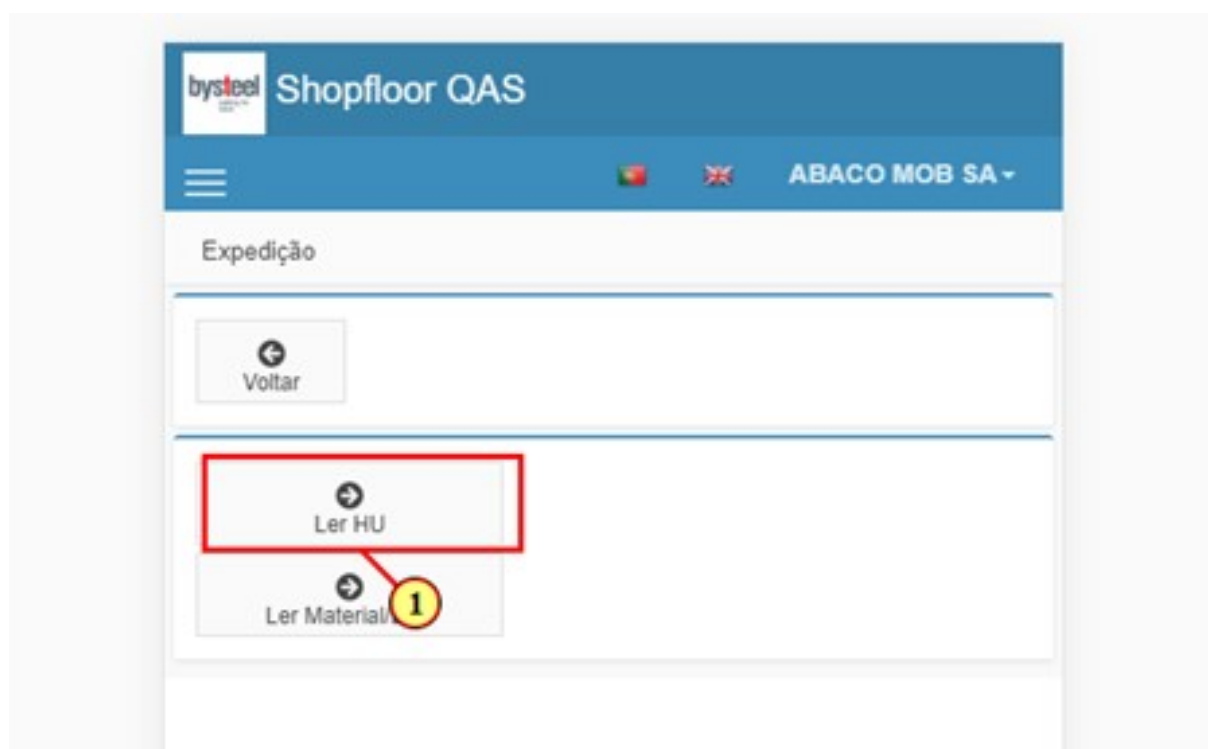


Figura 69: Leitura de HU

Anexo IV - Taxa de Juro para novos empréstimos



Figura 70: Taxa de juro sobre novos empréstimos - Consulta PorData