



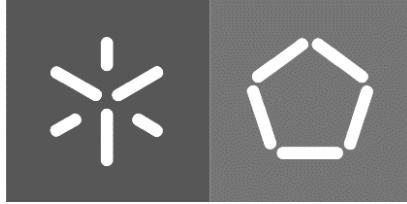
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Análise e melhoria dos processos produtivos para a implementação de um Sistema MES

Ana Carolina Coelho Jorge

Análise e melhoria dos processos produtivos
para a implementação de um Sistema MES

UMinho | 2024 Ana Carolina Coelho Jorge



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Carolina Coelho Jorge

Análise e melhoria dos processos produtivos para a implementação de um Sistema MES

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Rui Manuel Sá Pereira Lima

janeiro de 2024

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.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

A concretização deste projeto foi resultado de um apoio e incentivo incansável de diversas pessoas, cujas orientações e dedicação se revelaram essenciais para o sucesso deste trabalho.

Ao meu professor orientador, Doutor Rui Lima, manifesto a minha sincera apreciação pela orientação e partilha de conhecimento ao longo deste desafio académico.

À Continental – Indústria Têxtil do Ave, empresa na qual tive o privilégio de realizar o estágio, expresso a minha profunda gratidão. Agradeço à empresa pela experiência profissional e pela oportunidade única de vivenciar a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo da minha formação académica.

Um agradecimento especial ao Engenheiro Tiago Fernandes, orientador da empresa, por toda o apoio e atenção dispensada ao longo do estágio. A sua mentoria excecional e todos os *insights* foram fundamentais para o sucesso deste projeto, contribuindo também para o meu crescimento profissional.

Aos meus colegas de departamento na Continental - ITA, expresso a minha admiração. Obrigado por toda a boa disposição e pela partilha de conhecimentos e experiências. Em particular, gostaria de destacar a colaboração e companheirismo do Diogo Barbosa, com quem tive o prazer de trabalhar lado a lado. Os resultados alcançados foram fruto de toda a dedicação e trabalho em equipa. E a todos os colaboradores da empresa, pela disponibilidade e pelo modo como me receberam e prestaram a sua ajuda sempre que foi solicitada.

Aos meus amigos que acompanharam esta fase da minha vida, obrigada pelo incentivo e por me apoiarem tanto nos momentos bons como nos menos bons.

Por último, dirijo um agradecimento especial à minha família. Obrigada por serem a base sólida daquilo que sou hoje e por toda a paciência, amor e compreensão que me ajudaram a concluir mais uma etapa importante da minha vida e nunca desistir.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para esta caminhada académica de cinco anos, o meu mais profundo reconhecimento.

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.

Análise e melhoria dos processos produtivos para a implementação de um Sistema MES

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida na Continental – Indústria Têxtil do Ave, uma empresa do setor têxtil para o ramo automóvel, e surge da necessidade da empresa garantir a preparação e as condições necessárias para a implementação de um *Manufacturing Execution System* (MES). Este projeto ganha relevância numa época marcada pela transformação digital, impulsionado pela crescente vontade da empresa se adaptar e abraçar a digitalização. Os principais objetivos centram-se no diagnóstico e análise do estado atual dos processos e na melhoria e redefinição dos mesmos.

O projeto foi conduzido seguindo a metodologia Investigação-Ação, permitindo uma abordagem prática e interativa para analisar, identificar e implementar melhorias nos processos. Assim, a primeira fase englobou a análise do estado atual dos processos da organização, através da modelação de processos em BPMN. Esta avaliação minuciosa permitiu recolher alguns problemas e áreas de ineficiência, delineando os pontos que necessitam de intervenção para reduzir os desperdícios gerados.

Numa fase posterior, foi elaborado um plano de ações, através da ferramenta 5W2H, centrado na minimização das consequências dos problemas identificados. A implementação de melhorias, como o desenvolvimento de uma ferramenta que permitiu aumentar a informação disponível no *shop floor* e a criação de um mapa para identificar a localização de tubos, tornou as atividades dos colaboradores mais eficientes e produtivas. De facto, a análise dos resultados revelou uma redução de 22% e 31% nas movimentações relacionadas com o abastecimento e armazenamento de tubos, respetivamente.

Por fim, foi projetada a situação que considera a integração do sistema MES, redefinindo os processos de acordo com os requisitos da empresa. O impacto da implementação do sistema foi avaliado por meio da comparação entre o estado inicial e futuro, considerando o consumo de papel nas áreas produtivas e o número de atividades. Assim, estima-se uma redução de 91% no uso de papel, o que equivale a uma economia anual de 1417€, e uma diminuição de 12% das atividades, que atualmente são da responsabilidade dos operadores. Esta economia de tempo permitirá dedicar recursos a etapas de maior valor acrescentado, alinhando as práticas da Indústria 4.0 com os princípios *Lean*.

PALAVRAS-CHAVE

Digitalização, Indústria 4.0, *Lean*, *Manufacturing Execution System*, Modelação de Processos.

Analysis and improvement of productive processes for a MES System implementation

ABSTRACT

The present dissertation was developed at Continental – Indústria Têxtil do Ave, a company in the textile sector for the automotive industry and result from the company's need to ensure the preparation and necessary conditions for the implementation of a Manufacturing Execution System (MES). This project gains relevance in an era marked by digital transformation, driven by the growing desire of the company to adapt and embrace digitization. The main objectives focus on diagnosing and analysing the status of processes and improving and redefining them.

The project followed an Action-Research methodology, allowing a practical and interactive approach to analyse, identify and implement improvements. Thus, the initial phase involved analysing the current state of the organization's processes through Business Process Model and Notation (BPMN). This evaluation collected some problems and inefficiencies, outlining the points that need intervention to reduce generated waste.

In a subsequent phase, an action plan was developed using the 5W2H tool, planned to minimize the consequences of identified issues. Implementing improvements, such as developing a tool to increase shop floor information and creating a board to identify tube locations, made employee activities more efficient and productive. Indeed, the analysis of the results revealed a reduction of 22% and 31% in movements related to tube supply and storage, respectively.

Finally, a scenario considering the integration of the MES system was projected, redefining processes according to the company's requirements. The impact of system implementation was calculated by comparing the initial and future state, considering paper consumption in production areas and the number of activities. Thus, an estimated 91% reduction in paper usage, equivalent to an annual saving of 1417€, and a 12% decrease in activities, currently making part of the operators' responsibility, are anticipated. This time saving will enable resources to be allocated to higher value-added steps, aligning Industry 4.0 practices with Lean principles.

KEYWORDS

Digitalization, Industry 4.0, Lean, Manufacturing Execution System, Process Modelling.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Motivação.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia de Investigação.....	4
1.4. Estrutura da Dissertação.....	5
2. Enquadramento Teórico.....	7
2.1. Indústria 4.0.....	7
2.2. Sistemas e Tecnologias de Informação.....	8
2.2.1 <i>Enterprise Resource Planning</i>	9
2.2.2 <i>Manufacturing Execution System</i>	10
2.3. <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.3.1 Casa TPS.....	12
2.3.2 Princípios <i>Lean Thinking</i>	13
2.3.3 Tipos de Desperdício.....	15
2.3.4 Ferramentas e Técnicas <i>Lean Production</i>	16
2.4. <i>Business Process Management (BPM)</i>	22
2.4.1 Modelação de Processos.....	23
2.4.2 <i>Business Process Model and Notation (BPMN)</i>	23
2.5. <i>Key Performance Indicators e Dashboards</i>	26
3. Apresentação da Empresa.....	28
3.1 Grupo Continental AG.....	28

3.2	Continental ITA.....	29
3.2.1	Missão, Visão e Valores	30
3.2.2	Layout Fabril	31
3.2.3	Produtos	32
4.	Descrição e Análise Crítica da Situação Inicial	33
4.1	Caracterização do Processo Produtivo	33
4.1.1	Malhas Termofixadas.....	33
4.1.2	Tecido Impregnado.....	35
4.1.3	Cabo Impregnado	37
4.2	Modelação de Processos (AS-IS).....	38
4.2.1	Receção de Matéria-Prima	39
4.2.2	Requisição de Matéria-Prima pela Produção.....	39
4.2.3	Ciclo de Produção da Torcedura	40
4.2.4	Ciclo de Produção da Tecelagem	43
4.2.5	Ciclo de Produção da Impregnação de Tecido	44
4.2.6	Ciclo de Produção de Impregnação de Corda.....	46
4.2.7	Ciclo de Produção da Tricotagem.....	48
4.2.8	Ciclo de Produção da Ramulagem	50
4.2.9	Lançamento de Scrap.....	51
4.2.10	Pedido de Intervenção	51
4.2.11	Expedição de Produto Acabado.....	51
4.3	Análise Crítica e Identificação de Problemas	52
4.3.1	Análise das Atividades	53
4.3.2	Análise do Consumo de Papel.....	54
4.3.3	Identificação de Problemas.....	56
4.3.4	Síntese dos Problemas	63
5.	Apresentação de Propostas de Melhoria	64
5.1	Aplicação da Metodologia 5W2H.....	64
5.2	Desenvolvimento de uma Ferramenta de Monitorização de <i>Setups</i> (Torcedura)	66
5.3	Mapa de Identificação da Localização de Tubos	74

5.4	Proposta de Ferramenta de Monitorização de Esquinadeiras	76
5.5	Redefinição dos Processos (TO-BE).....	78
5.6	Proposta para <i>Dashboard</i> do Sistema MES	80
6.	Análise de Resultados	84
6.1.	Resultados Obtidos.....	84
6.1.1.	Ferramenta de Monitorização de <i>Setups</i> (Torcedura)	84
6.1.2.	Mapa de Identificação da Localização de Tubos	86
6.2.	Resultados Esperados da Implementação do MES	88
6.2.1.	Redução de Atividades.....	88
6.2.2.	Redução de Consumo de Papel	90
7.	Conclusões.....	94
7.1.	Considerações Finais	94
7.2.	Trabalho Futuro	97
	Referências Bibliográficas	98
	Apêndices	102
	Apêndice 1 – BPMNs dos processos AS-IS	102
	Apêndice 2 – BPMNs dos processos TO-BE.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Casa TPS. Fonte: (Liker & Morgan, 2006).	12
Figura 2 – Princípios Lean Thinking.	14
Figura 3 – Estrutura Diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 4 – Ciclo de Vida de um projeto BPM.	22
Figura 5 – Representação dos Objetos de Fluxo no BPMN.....	24
Figura 6 – Representação dos Objetos de Dados no BPMN.	25
Figura 7 – Representação dos Objetos de Ligação no BPMN.	25
Figura 8 – Representação de uma Pool no BPMN.	25
Figura 9 – Representação de uma Lane no BPMN.	25
Figura 10 – Representação dos artefactos no BPMN.....	26
Figura 11 – Layout fabril.....	31
Figura 12 – Processo produtivo das Malhas Termofixadas.....	33
Figura 13 – Tear circular.	34
Figura 14 – Input da Râmula.	34
Figura 15 – Processo produtivo de Tecido Impregnado.	35
Figura 16 – Fusos de um torcedor.....	35
Figura 17 – Output de um tear.	36
Figura 18 – Output da Zell.....	37
Figura 19 – Processo produtivo de Cabo Impregnado.	37
Figura 20 – Output da Single End.	38
Figura 21 – Mostuário dos tubos do torcedor.....	41
Figura 22 – Carros de esquinadeira para bobines de cabo.	42
Figura 23 – SAHM de um dos fusos da Single End.....	47
Figura 24 – Esquinadeiras fixas dos teares circulares.....	48
Figura 25 – Diagrama de Ishikawa para o problema "Falta de rastreabilidade das esquinadeiras nas albufeiras".....	60
Figura 26 – Espaços de armazenamento de tubos vazios.....	61
Figura 27 – Diagrama de spaghetti (situação inicial).	62
Figura 28 – Login da Ferramenta de Monitorização de Setups.....	66
Figura 29 – Página Status da Ferramenta de Monitorização de Setups.	67
Figura 30 – Janela “Registar arranque de máquina” da Ferramenta de Monitorização de Setups.....	68

Figura 31 – Página Base de Dados da Ferramenta de Monitorização de Setups.....	69
Figura 32 – Página Planeamento da Ferramenta de Monitorização de Setups.....	70
Figura 33 – Página Visão Micro da Ferramenta de Monitorização de Setups.	71
Figura 34 – Página Visão Macro da Ferramenta de Monitorização de Setups.	72
Figura 35 – Relatório Diário da Ferramenta de Monitorização de Setups.....	73
Figura 36 – Instrução de Trabalho da Ferramenta de Monitorização de Setups.....	74
Figura 37 – Identificação dos espaços de armazenamento de tubos vazios.	75
Figura 38 – Quadro de Identificação de Tubos.	76
Figura 39 – Protótipo do visual do primeiro painel da Ferramenta de Gestão de Esquinadeiras.	77
Figura 40 – Protótipo do visual do segundo painel da Ferramenta de Gestão de Esquinadeiras.	77
Figura 41 – Plano de Implementação da Ferramenta de Monitorização de Esquinadeiras.	78
Figura 42 – Visão geral da fábrica.....	81
Figura 43 – Visão detalhada da área produtiva.....	82
Figura 44 – Visão detalhada da máquina.	83
Figura 45 – Diagrama de spaghetti (situação pós implementação do Mapa de Tubos).	86
Figura 46 – Impacto da implementação do MES nas atividades das diferentes áreas.....	90
Figura 47 – Processo “Receção de MP” (situação atual).	102
Figura 48 – Processo “Requisição de MP pela produção” (situação atual).	102
Figura 49 – Processo “Ciclo de produção da Torcedura” (situação atual).	103
Figura 50 – Subprocesso “Controlo de lote” (situação atual).	104
Figura 51 – Subprocesso “Segregação de não conformidades” (situação atual).	104
Figura 52 – Subprocesso “Registo de produção (Torcedura)” (situação atual).	105
Figura 53 – Subprocesso “Controlo visual de qualidade” (situação atual).	105
Figura 54 – Processo “Ciclo de produção da Tecelagem” (situação atual).	106
Figura 55 – Subprocesso “Registo de produção (Tecelagem)” (situação atual).	107
Figura 56 – Processo “Ciclo de produção da Impregnação de Tecido” (situação atual).	108
Figura 57 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Tecido)” (situação atual).	109
Figura 58 – Processo “Ciclo de produção da Impregnação de Cabo” (situação atual).	110
Figura 59 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Cabo)” (situação atual).	111
Figura 60 – Processo “Ciclo de produção da Tricotagem” (situação atual).	112
Figura 61 – Subprocesso “Registo de produção (Tricotagem)” (situação atual).	113
Figura 62 – Processo “Ciclo de produção da Ramulagem” (situação atual).	114

Figura 63 – Subprocesso “Registo de produção (Ramulagem)” (situação atual).....	115
Figura 64 – Processo “Lançamento de scrap” (situação atual).....	116
Figura 65 – Processo “Pedido de intervenção na produção” (situação atual).....	116
Figura 66 – Processo “Expedição de Produto Acabado” (situação atual).....	117
Figura 67 – Processo “Requisição de MP pela produção” (situação futura).....	118
Figura 68 – Processo “Ciclo de produção da Torcedura” (situação futura).....	119
Figura 69 – Subprocesso “Controlo de lote” (situação futura).....	120
Figura 70 – Subprocesso “Registo de produção (Torcedura)” (situação futura).....	120
Figura 71 – Processo “Ciclo de produção da Tecelagem” (situação futura).....	121
Figura 72 – Subprocesso “Registo de produção (Tecelagem)” (situação futura).....	122
Figura 73 – Processo “Ciclo de produção da Impregnação de Tecido” (situação futura).....	123
Figura 74 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Tecido)” (situação futura).....	124
Figura 75 – Processo “Ciclo de produção da Impregnação de Cabo” (situação futura).....	125
Figura 76 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Cabo)” (situação futura).....	126
Figura 77 – Processo “Ciclo de produção da Tricotagem” (situação futura).....	127
Figura 78 – Subprocesso “Registo de produção (Tricotagem)” (situação futura).....	128
Figura 79 – Processo “Ciclo de produção da Ramulagem” (situação futura).....	129
Figura 80 – Subprocesso “Registo de produção (Ramulagem)” (situação futura).....	130
Figura 81 – Processo “Lançamento de scrap” (situação futura).....	131
Figura 82 – Processo “Pedido de intervenção na produção” (situação futura).....	131

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de desperdícios Muda.	16
Tabela 2 – Classificação das atividades em necessárias e substituíveis pelo MES (situação atual).....	54
Tabela 3 – Consumo de papel, em quantidade, por ano em cada área (situação atual).	56
Tabela 4 – Distâncias percorridas (situação inicial).	62
Tabela 5 – Síntese dos problemas identificados.	63
Tabela 6 – Plano de ações de acordo com a metodologia 5W2H.	65
Tabela 7 – Impacto da introdução da Ferramenta de Monitorização de setups.....	85
Tabela 8 – Distâncias percorridas (situação final).....	87
Tabela 9 – Reduções (%) nas distâncias percorridas.....	87
Tabela 10 – Impacto da implementação do sistema MES no número de atividades.	89
Tabela 11 – Consumo de papel, em quantidade, por ano em cada área (situação futura).	92
Tabela 12 – Consumos monetários de papel anuais para a situação atual e futura.....	92
Tabela 13 – Redução anual de papel.	92

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

3M's – *Muri, Mura, Muda*

5W2H – *What, Why, Who, Where, When, When, How and How Much*

BPD – Business Process Diagram

BPM – Business Process Management

BPMN – Business Process Model and Notation

ERP – Enterprise Resource Planning

FaQ – Facilitador de Qualidade

FEFO – First Expired First Out

FIFO – First In First Out

IT – Instrução de Trabalho

KPI – Key Performance Indicator

m – Metro

MES – Manufacturing Execution System

Min – Minutos

MP – Matéria-Prima

MRP – Material Requirement Planning

MRP-II – Material Resource Planning

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OP – Ordem de Produção

PA – Produto Acabado

TPS – *Toyota Production System*

VBA – *Visual Basic for Applications*

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work in Progress

1. INTRODUÇÃO

O capítulo introdutório pretende delinear os principais elementos que compõem a presente dissertação. Serão abordados o enquadramento e a motivação que deram origem a este projeto, destacando a relevância do tema escolhido. Além disso, serão apresentados os objetivos que se pretendem atingir e a metodologia de investigação adotada para os alcançar. Por fim, será descrita a estrutura geral e organização do presente documento.

1.1. Enquadramento e Motivação

Na última década, o setor empresarial tem sido continuamente desafiado por um mercado mais exigente e competitivo. Desta forma, a necessidade de ganhar vantagem competitiva leva a que as empresas pratiquem preços cada vez mais baixos, comparativamente à concorrência, reduzam os desperdícios e otimizem os seus processos. No entanto, a volatilidade do mercado resulta na tomada da maioria das decisões de negócio em condições de risco e incerteza (Mantravadi et al., 2022). Neste contexto, o planeamento e controlo da produção tem vindo a desempenhar um papel fulcral para dar resposta a estas necessidades, apesar da sua abordagem ter mudado, substancialmente, nas últimas décadas (Jaskó et al., 2020).

O surgimento de tecnologias, como a Internet of Things (IoT), Internet of Services (IoS) ou big data, estão a impulsionar o avanço das iniciativas da Indústria 4.0, originando novos paradigmas de sistemas de controlo da produção (Enrique et al., 2022). De facto, na era da globalização e da digitalização, torna-se urgente inovar e renovar processos dentro da organização, através da utilização de novas tecnologias (Jaskó et al., 2020). Neste contexto, atualmente, estes sistemas são uma componente essencial em qualquer organização, servindo como ponto de ligação entre a tecnologia, as pessoas e qualquer processo (Romero & Vernadat, 2016). Estas tecnologias permitem recolher, processar e distribuir informação, relativa ao planeamento e controlo da produção, facilitando a análise de dados relevantes e auxiliando os gestores na tomada de decisões (Beric et al., 2020). Assim, a sua implementação permite que as organizações se tornem mais flexíveis e que sejam capazes de responder, rápida e eficazmente às constantes mudanças (Mantravadi et al., 2022).

Estes sistemas, usualmente denominados de *Manufacturing Execution System* (MES), foram desenvolvidos por volta da década de 90, para responder e gerir, em tempo real, todas as operações que ocorrem no chão de fábrica, algo que o sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) não tinha capacidade para fazer. O ERP é um sistema transaccional que promove o fluxo de informação desde a

base de dados a qualquer área da empresa, permitindo uma visão mais detalhada da organização e facilitando o acesso a informação precisa e instantânea (Romero & Vernadat, 2016). O MES permite fazer uma conexão entre o chão de fábrica e o *software* ERP, combinando os *inputs* dos sistemas de alto nível e as informações instantâneas dos processos.

Neste sentido, a integração entre sistemas ERP e MES é fundamental para otimizar os processos, melhorar a eficiência e orientar as ações, permitindo que as organizações atuem com rapidez perante qualquer mudança e diminua a probabilidade de erro humano (Beric et al., 2020). A capacidade destes sistemas de transmitir informações precisas, oportunas, completas e consistentes sobre os produtos ao longo da cadeia de abastecimento, pode reduzir significativamente os custos de operação e aumentar a flexibilidade de produção (Enrique et al., 2022).

O presente projeto de dissertação surge em colaboração com a empresa Continental – Indústria Têxtil do Ave, S.A., situada em Lousado, Vila Nova de Famalicão, do distrito de Braga. Uma vez que está inserida num mercado altamente exigente, a empresa reconhece os benefícios e a necessidade em abraçar a transformação digital e otimizar a eficiência das suas operações, para se manter competitiva. Assim, esta dissertação surge na fase de preparação de um projeto de desenvolvimento e integração de um sistema MES na organização. Para que a implementação do sistema tenha sucesso, todos os processos atuais, desde o material até ao fluxo de informações, devem ser prévia e criticamente revistos, no sentido de eliminar, criar ou adaptar procedimentos, de acordo com as funcionalidades do sistema (Cottyn et al., 2011). Neste sentido, o foco deste projeto reside na análise minuciosa dos fluxos de material e informação atualmente em vigor na organização. Além disso, serão antecipadas as alterações nos processos que o sistema introduzirá, garantindo que a futura implementação de um sistema MES ocorra de maneira altamente eficaz e produtiva.

Ademais, uma vez que o desenvolvimento de um MES é um processo altamente demorado, esta análise permitirá identificar desperdícios, etapas redundantes ou ineficiências nos procedimentos atuais da empresa. De acordo com o Toyota Production System (TPS), todos os tipos de desperdícios identificados devem ser eliminados, no sentido de melhorar a produtividade, eficiência e qualidade dos processos (Ohno, 1988). Neste contexto, este projeto passa, também, pelo desenvolvimento de propostas de melhorias, capazes de reduzir ou eliminar os desperdícios, identificados na fase de análise.

1.2. Objetivos

Com a crescente evolução da tecnologia e a pressão por eficiência e competitividade nas indústrias têxteis, a empresa Continental-ITA reconheceu a necessidade de inovar através da implementação de um *software* MES. No entanto, a vontade de implementar um Sistema de Controlo da Produção implica, não só modelar um sistema com todas as funcionalidades requeridas, como garantir que a organização oferece todas as condições para que este seja implementado.

Assim, o principal objetivo deste projeto de dissertação consiste na preparação da empresa para a transição e integração de um sistema MES, incluindo, principalmente, a redefinição dos processos existentes, bem como a projeção e identificação de potenciais benefícios resultantes da integração do sistema e o desenvolvimento de um *design* para o *dashboard* do MES. Esta previsão deverá estar alinhada com os requisitos específicos da empresa, o que implica uma investigação minuciosa das necessidades em termos de gestão de produção e controlo de processos.

Para atingir este objetivo será necessário realizar uma análise detalhada dos processos da organização. Através da análise dos processos atuais, pretende-se realizar um diagnóstico do estado de maturidade dos registos, no sentido de avaliar quais informações já estão disponíveis, e identificar ineficiências e possíveis áreas de melhoria. As propostas de melhoria serão desenvolvidas com o intuito de otimizar estes processos e melhorar a eficiência e produtividade dos colaboradores, bem como aumentar a informação disponível no *shopfloor*, especialmente na área da Torcedura, por ser considerada aquela em que a gestão se torna mais difícil.

Ao longo do projeto é expectável dar resposta às seguintes perguntas de investigação:

- Que procedimentos devem ser redefinidos para a integração do sistema MES?
- Qual é a eficácia do sistema MES na melhoria dos processos produtivos?
- Quais os principais benefícios da implementação do sistema MES na empresa?
- De que forma as tecnologias de informação podem ser integradas com metodologias *lean*?

Como resultados do projeto deseja-se avaliar os resultados obtidos através do desenvolvimento das propostas de melhoria e prever os ganhos esperados da implementação de um sistema MES, tendo por base alguns dos indicadores críticos para a empresa.

1.3. Metodologia de Investigação

Para alcançar os objetivos propostos, foi adotada a metodologia de Investigação-Ação, que alia os conhecimentos e hipóteses teóricas à prática diária, para comprovar a teoria num ciclo iterativo e incremental. A essência reside na sua natureza ativa e participativa, que promove o envolvimento e a cooperação do investigador e de todos os intervenientes abrangidos no projeto (Coughlan & Coughlan, 2002).

Tal como o próprio nome sugere, esta metodologia pode ser descrita como uma dualidade interdependente entre reflexão (ou investigação) e mudança (ou ação), uma vez que cada iteração da última leva a inúmeras questões por resolver, responder e refletir (Westbrook, 1995). Esta combinação é fundamental para que as teorias sejam testadas e refinadas no ambiente da empresa, permitindo não apenas investigar um problema, mas também construir um conhecimento prático que possibilite a aplicação direta dos resultados em contexto real.

A abordagem Investigação-Ação é, usualmente, reproduzida em ciclos iterativos de cinco fases, nos quais cada fase se apoia e baseia nas descobertas da fase anterior, permitindo introduzir progressivamente mudanças. Assim, as cinco fases dividem-se em:

- (1) **Diagnóstico do estado atual:** identificação de possíveis problemas e recolha dos dados necessários;
- (2) **Planeamento de ações:** desenvolvimento de um plano de ações no sentido de solucionar os problemas identificados na fase anterior;
- (3) **Execução do plano de ações:** implementação prática das ações planeadas na fase anterior;
- (4) **Avaliação dos resultados:** análise reflexiva dos resultados obtidos, confrontando com a teoria e os objetivos estabelecidos;
- (5) **Especificação de aprendizagem:** identificação das conclusões gerais e documentação de todo o trabalho realizado.

O ciclo repete-se até que o conjunto de melhorias introduzidas estabilize, isto é, até ao momento em que os objetivos delineados sejam alcançados.

No contexto do projeto em questão, a primeira fase representa o diagnóstico e mapeamento do estado atual dos processos produtivos, com o objetivo de identificar áreas de ineficiência. Posteriormente, de forma a resolver, total ou parcialmente, os problemas reconhecidos na fase anterior, é planeado um

conjunto de ações de melhoria. Além disso, esta fase caracteriza-se pela redefinição dos processos, tendo em conta os requisitos da empresa para a implementação do sistema. Isto envolve uma análise minuciosa das necessidades da organização e de como o MES poderia satisfazê-las de forma mais eficiente e eficaz. Na terceira fase, as melhorias propostas são implementadas, sendo fundamental o acompanhamento da execução das ações para garantir que tudo corre como planeado. Posteriormente, analisam-se os resultados obtidos e esperados, de forma a compará-los com aquilo que era expectável pela Continental – ITA. Por último, descrevem-se as principais conclusões do projeto, apresentando, também, sugestões de trabalho futuro.

A recolha de dados desempenha um papel crucial para o desenvolvimento do projeto, uma vez que fornece a base para uma análise abrangente dos processos atuais da organização. Neste sentido, para recolher a informação pretendida de forma eficaz, são utilizadas várias fontes, incluindo registos em papel, ficheiros e documentos internos da organização e conversas/entrevistas informais a colaboradores.

Em suma, a metodologia selecionada permite uma análise detalhada, um planeamento cuidadoso, a execução eficaz e a avaliação constante, garantindo que qualquer mudança esteja alinhada com os objetivos estratégicos da empresa.

1.4. Estrutura da Dissertação

O presente documento encontra-se organizado em oito capítulos principais, em que cada um aborda aspetos importantes e específicos para o tema da dissertação.

O primeiro capítulo apresenta o enquadramento do tema, a motivação para a realização do projeto, bem como os seus objetivos. Além disso, é detalhada a metodologia de investigação adotada, bem como a estrutura geral do documento, que servirá como um guia para o conteúdo que será apresentado.

O segundo capítulo, enquadramento teórico, pretende aprofundar temas chave como a Indústria 4.0, os sistemas e tecnologias de informação, a filosofia *Lean*, a gestão de processos de negócio (BPM) e, por fim, KPIs e *Dashboards*. Esta análise do estado de arte fornece uma base conceitual sólida para o entendimento destes conceitos, principalmente no que diz respeito aos sistemas ERP e MES.

O capítulo 3 foca-se na apresentação da empresa e do grupo Continental AG, nomeadamente a evolução histórica, a missão, visão e valores, o *layout* e, ainda, os seus principais produtos.

O quarto capítulo aborda a caracterização do processo produtivo, bem como a análise detalhada dos processos da empresa, com destaque para a forma como os registos e informações são geridos, através da modelação dos processos AS-IS. Além disso, é conduzida uma análise crítica da situação atual, com foco na análise das atividades e consumo de papel. Por fim, apresentam-se alguns problemas e áreas de ineficiência que necessitam de soluções de melhoria e otimização.

O capítulo 5 apresenta as propostas que visam resolver, total ou parcialmente, os problemas identificados previamente. Todas as soluções foram descritas de forma detalhada, procurando ilustrar um plano para aquelas que não foram executadas na totalidade para que possam ter continuidade. Além disso, são explicadas as principais mudanças nos processos com a implementação do sistema MES, bem como a redefinição dos processos para o estado futuro. Para tal, recorreu-se, novamente, à modelação dos mesmos através da linguagem BPMN. Ainda no mesmo capítulo, é apresentada uma proposta para o design para o Dashboard do MES, onde são incluídos todos os indicadores e parâmetros considerados importantes para a empresa.

Posteriormente, o capítulo 6 expõe os resultados obtidos através da implementação das sugestões de melhoria descritas nos capítulos anteriores. Numa segunda instância, são estimados os resultados esperados com a futura implementação do sistema MES, com base na comparação nos resultados calculados para as duas situações (atual e futura).

O sétimo capítulo servirá como conclusão da dissertação, resumindo os principais benefícios através da implementação das propostas sugeridas e do sistema MES. Além disso, serão delineadas recomendações para futuros projetos na área da digitalização.

As referências bibliográficas incluem a lista de todas as fontes utilizadas ao longo de todo o projeto de dissertação, essenciais para aprofundar o conhecimento. Por fim, apresentam-se todos os apêndices desenvolvidos na dissertação.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No presente capítulo apresenta-se a revisão exaustiva da literatura dos principais temas abordados ao longo da realização do projeto. Assim, pretende-se detalhar temas chave como a Indústria 4.0, os sistemas e tecnologias de informação, a filosofia *Lean*, a gestão de processos de negócio (BPM) e, por fim, KPIs e *Dashboards*.

2.1. Indústria 4.0

O conceito Indústria 4.0 foi apresentado pela primeira vez na Feira de Hannover, em 2011, por Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster, para impulsionar a inovação e competitividade da indústria alemã. A expressão foi utilizada para descrever a Quarta Revolução Industrial que viria a suceder às revoluções industriais anteriores, com o intuito de integrar o mundo físico com o mundo virtual (Majumdar et al., 2021). De acordo com Corallo et al. (2020), a Indústria 4.0 visa conectar a produção às tecnologias de informação e comunicação, reunindo os dados dos produtos e processos com os dados das máquinas, permitindo que as máquinas comuniquem entre si.

Antes da evolução digital, as fábricas eram projetadas como sistemas fechados e isolados, ou seja, os processos de produção apenas aconteciam dentro dos limites físicos (Corallo et al., 2020). No entanto, a ascensão da Indústria 4.0 aumentou a interconexão dos sistemas, englobando um conjunto de técnicas e tecnologias, como Sistemas Ciber-Físicos, *Internet of Things*, sensores RFID, *Big Data*, inteligência artificial, sensores inteligentes, *Cloud*, impressão 3D, manufatura aditiva, entre outros (Majumdar et al., 2021).

Atualmente, um dos fatores mais importantes para o aumento da competitividade das empresas de manufatura é a flexibilidade das suas operações. Efetivamente, o desenvolvimento destas tecnologias contribuiu para o aumento da flexibilidade das organizações, garantindo a autonomia e inteligência necessária aos sistemas de produção para responderem a qualquer situação (Lu & Weng, 2018). Além disso, as empresas tornam-se capazes de responder de forma mais ágil às mudanças do mercado, de otimizar os recursos e alcançar níveis mais altos de eficiência e competitividade (Enrique et al., 2022).

A Indústria 4.0 não apenas contribuiu significativamente para a flexibilidade dos processos, mas também impulsionou a garantia da rastreabilidade. As técnicas digitais permitem recolher uma extensa gama de dados e mapear continuamente todos os fluxos físicos e de informação, desde a produção ao armazenamento dos produtos. Como resultado, as cadeias de abastecimento tornam-se altamente

transparentes e integradas, capacitando as empresas no acompanhamento minucioso de cada etapa do processo.

Além disso, esta abordagem tecnológica facilita, ainda, o controlo da qualidade, a segurança e a conformidade dos produtos. Como resultado da análise contínua de dados em tempo real, as empresas ficam aptas para identificar padrões, prever possíveis falhas e implementar melhorias proativas em todo o processo (Bougdira et al., 2020).

2.2. Sistemas e Tecnologias de Informação

Os sistemas de informação nas organizações são um dos objetivos supremos de desenvolvimento na engenharia industrial há várias décadas e representam um papel crucial na era da Indústria 4.0 (Beric et al., 2020). Atualmente, estes sistemas são uma componente essencial em qualquer organização, servindo como ponto de ligação entre a tecnologia, as pessoas e qualquer processo (Romero & Vernadat, 2016). Segundo Enrique et al. (2022), os sistemas de informação permitem recolher, processar, armazenar e transmitir informação precisa, oportuna, completa e consistente sobre os produtos ao longo de toda a cadeia de abastecimento.

As tecnologias de informação são ferramentas essenciais na criação de sistemas de informação integrados e podem ser definidas como o conjunto de equipamentos e suportes lógicos que permitem executar as tarefas para a aquisição, armazenamento, processamento, gestão e exposição de dados. Segundo Gregersen (2018), estas tecnologias são compostas por cinco componentes: o *hardware*, o *software*, as telecomunicações, os dados e as bases de dados e, ainda, as pessoas e os processos.

Nos últimos tempos, a crescente incerteza do mercado tem sido cada vez mais um desafio para as organizações. Perante esta situação, as empresas direcionam os seus esforços para estratégias que simplifiquem e racionalizem a gestão de informação, procurando uma adaptação mais ágil a um cenário de constante mudança. A transição da gestão de informação, outrora dependente de papel, suscetível a transferências lentas, pouco confiáveis e propensas a erros, é transformada com a implementação de sistemas de informação. Esta mudança resulta numa circulação de dados mais eficiente, confiável e ágil. De facto, a análise das informações recolhidas e armazenadas por estes sistemas permite que as empresas se tornem mais competitivas e flexíveis e tomem decisões estratégicas cada vez mais sustentadas e informadas (Mantravadi et al., 2022).

Um exemplo de sistemas e tecnologias de informação são os sistemas de Gestão Integrada, nomeadamente o *Enterprise Resource Planning* (ERP) e o *Manufacturing Execution System* (MES).

Estes sistemas pretendem unificar e otimizar os processos dentro de uma organização, oferecendo uma plataforma única que integra diferentes funções empresariais, como a produção, recursos humanos, finanças, compras, vendas, entre outros (Abdinnour-Helm et al., 2003). Nas próximas secções serão descritos estes dois conceitos.

2.2.1 *Enterprise Resource Planning*

Por volta da década de 60, as organizações começaram a criar sistemas que facilitassem a gestão dos *stocks*, de forma a satisfazer a procura dos clientes. Mais tarde, na década de 70, estes sistemas foram desenvolvidos com vista à inclusão de módulos de gestão de operações, introduzindo o conceito do MRP, *Material Requirement Planning* (Abdinnour-Helm et al., 2003). Este sistema pretende gerar planos de produção e aquisição de materiais, com base em informação como a *Bill of Materials*, tempos de processamento e procura dos produtos finais.

No entanto, o MRP apenas se focava na gestão de materiais, não abrangendo aspetos como a gestão da capacidade da empresa. Assim, para resolver esta insuficiência, o conceito evoluiu para MRP-II (*Material Resource Planning*) que permitiu determinar o plano de produção considerando capacidade, tempos de processamento e recursos disponíveis (Umble et al., 2003).

Posteriormente, em 1990, o conceito de MRP-II foi ainda mais aprimorado, dando origem ao termo ERP (*Enterprise Resource Planning*), que possibilita a integração e gestão de todos os departamentos, fornecedores e clientes. Estes sistemas permitem uma integração total de dados e processos, proporcionando uma visão mais detalhada da organização e facilitando o acesso a informação precisa e instantânea (Romero & Vernadat, 2016). Deste modo, as diferentes funções da empresa compartilham e visualizam informações em tempo real, eliminando redundâncias e melhorando a comunicação. Segundo (Umble et al., 2003), o ERP veio oferecer dois grandes benefícios: uma visão unificada do negócio que engloba todas as funções e departamentos, e uma base de dados onde todas as transações comerciais são registadas, processadas e monitorizadas. Para as organizações, estes sistemas tornaram-se pilares essenciais, garantindo o maior nível de eficácia possível, aumentando a produtividade e a capacidade de gestão da empresa (Beric et al., 2020).

O sistema ERP abrange uma variedade de funcionalidades, como planeamento de produção, controlo de *stock*, previsão da procura e, ainda, contabilidade de custos. No entanto, não possui a capacidade de responder e gerir instantaneamente as operações que ocorrem no chão de fábrica. Ou seja, embora ofereça recursos abrangentes de gestão, não consegue acompanhar e controlar, em tempo real, as atividades e processos que ocorrem no ambiente de produção da empresa.

2.2.2 Manufacturing Execution System

Para resolver a insuficiência do ERP, por volta na década de 90, surge o conceito de *Manufacturing Execution System* (MES) ou Sistema de Controlo da Produção. Desde então, o sistema sofreu uma evolução significativa, incorporando recursos avançados de análise de dados, conectividade de dispositivos, entre outros, possibilitando um nível de controlo impensável há algumas décadas (Negri et al., 2020). Na sua essência, o MES é um *software* que faz a conexão entre o chão de fábrica e os sistemas de nível empresarial, criando um plano operacional, que combina os planos de produção do ERP (alto nível) com as informações instantâneas dos processos, materiais, máquinas dos processos, materiais, máquinas e pessoas no chão de fábrica (baixo nível) (Shojaeinasab et al., 2022). A integração com outros sistemas é fundamental para garantir a consistência dos dados e processos entre os diferentes níveis.

Segundo Kletti (2007), a sua principal função destina-se à recolha, análise e processamento de informação da produção em tempo real, promovendo uma visão abrangente e atualizada de todas as operações. Esta integração garante a sincronização de informações e processos entre a produção e todas as outras funções da organização, como o departamento de compras, planeamento, entre outros. Com base em dados precisos e atualizados, o sistema MES reúne o planeamento e produção da empresa, orientando ações e agindo com rapidez perante qualquer desvio do normal (Beric et al., 2020). Esta abordagem reduz substancialmente a probabilidade de erros humanos e aumenta a capacidade de resposta da organização às dinâmicas do ambiente de produção.

Estes sistemas aplicam-se a uma ampla gama de setores distintos, sendo, por isso, altamente configuráveis e adaptáveis, de forma a atender às necessidades específicas de cada organização. De acordo com Shojaeinasab et al. (2022), qualquer implementação bem-sucedida do sistema pode levar a uma série de benefícios, incluindo:

- **Aumento da eficiência:** A eficiência de produção é influenciada, na medida em que os sistemas MES possibilitam diminuir tempos de ciclo e melhorar a gestão dos recursos;
- **Redução de custos:** A otimização dos processos através do sistema contribui para a redução de custos operacionais, como mão de obra, manutenção, retrabalho, etc;
- **Melhoria da qualidade:** A monitorização da qualidade em tempo real permite que todos os defeitos e produtos não conformes sejam identificados em estágios iniciais, melhorando a consistência dos produtos;

- **Maior flexibilidade:** Dada a volatilidade do mercado, é vantajoso responder agilmente às variações da procura. Assim, a implementação de um sistema MES, através das informações visíveis em tempo real, possibilita uma rápida e eficaz adaptação da produção às necessidades;
- **Maior rastreabilidade:** Os sistemas MES permitem que todos os artigos, processos ou registos sejam rastreáveis;
- **Tomada de decisões informada:** Com base nos dados fornecidos pelo sistema, todas as decisões são tomadas com base em informações atualizadas e reais;
- **Melhoria contínua e Apoio ao *Lean Manufacturing*:** A recolha de dados e análise dos relatórios gerados pelo sistema facilita a identificação de problemas e oportunidades de melhorias. Além disso, os sistemas permitem que aquelas atividades consideradas desperdício para o cliente sejam transferidas dos operadores para o sistema tecnológico;
- **Integração com outros sistemas:** Estes sistemas são desenvolvidos para serem integrados em outros sistemas já implementados, garantindo a consistência dos dados e processos dentro da organização.

Em suma, o *Manufacturing Execution System* torna-se uma peça essencial na gestão e otimização dos processos, contribuindo para a procura contínua pela eficiência, qualidade e competitividade em qualquer empresa onde seja implementado.

2.3. *Lean Manufacturing*

A produção *Lean* é um modelo organizacional de produção que surgiu no Japão, no final da 2ª Guerra Mundial, época em que os recursos, tanto humanos como financeiros, eram limitados e o tempo de entrega ao cliente e a agilidade eram bastante valorizados (Ohno, 1988). Neste contexto, foi importante desenvolver uma filosofia de produção que se focasse na minimização dos recursos e no aumento da flexibilidade. Surge, então, o *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido por Taiichi Ohno, definido por ser um sistema produtivo orientado ao processo e focado na produção de artigos com elevada qualidade e sem desperdícios (Ohno, 1988). O sucesso deste sistema rapidamente se alastrou e, desde 1970, o *Toyota Production System* tem vindo a ser implementado num grande número de empresas, tanto no Japão como no resto do mundo.

A denominação *Lean Manufacturing* ou *Lean Production* surgiu aquando da publicação do livro “The machine that changed the world”, escrito por Womack, Jones e Ross. De acordo com (Womack et al., 1990), *Lean Production* é definido como um modelo organizacional em que o principal objetivo é a criação de valor, focando-se na satisfação do cliente de forma a criar uma filosofia de melhoria contínua.

Este tipo de modelo combina as vantagens da utilização dos métodos da produção artesanal e da produção em massa, dado que utiliza trabalhadores multifacetados e elevada flexibilidade de produção, de modo a produzir uma maior variedade de produtos (Womack & Jones, 1996). Ao contrário da produção em massa, os produtores *Lean* procuram sempre alcançar a excelência, reduzindo os inventários e os custos, e procurando atingir os “zero defeitos”, através do combate aos desperdícios identificados.

2.3.1 Casa TPS

A concretização dos objetivos anteriormente mencionados deve-se à combinação de vários princípios. Estes conceitos são frequentemente ilustrados numa estrutura criada por Fujio Cho, em 1973, denominada Casa TPS. Este esquema, representado na Figura 1, pretende transmitir a ideia de que todos os elementos que a constituem são essenciais para uma implementação bem-sucedida da filosofia TPS (Liker & Morgan, 2006).



Figura 1 – Casa TPS.

Fonte: (Liker & Morgan, 2006).

Através da análise da figura, pode verificar-se que na base do TPS se situa a estabilidade e a standardização dos processos, que consiste na padronização dos métodos de trabalho, onde os

colaboradores sabem a ordem e os tempos de operação. E a produção nivelada (*Heijunka*), que significa a procura de um equilíbrio do fluxo produtivo. A melhoria contínua encontra-se no centro da casa, atingida através da combinação do trabalho em equipa e da redução dos desperdícios. Além disso, verifica-se que a estrutura é sustentada por dois pilares:

- ***Just in Time (JIT)***: O sistema JIT, criado por Ohno, consiste em produzir apenas o que é exigido pelo cliente, de forma a entregar a quantidade certa, no momento certo e no local certo, utilizando o mínimo de recursos. Esta filosofia de produção permite reduzir os *stocks*, garantindo que as matérias-primas e o produto cheguem no momento exato que forem necessários.
- ***Jidoka***: Significa automação com um toque humano. Segundo Liker (2004), este pilar tem como objetivo colocar as máquinas a produzir sem que seja necessária qualquer intervenção humana. Além disso, quando existe qualquer problema, a máquina interrompe automaticamente a produção e, através de sinais luminosos ou sonoros, alerta os colaboradores. Assim, a probabilidade de produzir artigos defeituosos é reduzida, enfatizando a importância de detetar imediatamente problemas ou defeitos.

Finalmente, no teto estão representados os objetivos primordiais do *Toyota Production System*: melhor qualidade, menor custo, menor tempo de entrega, melhor segurança e mais moral.

2.3.2 Princípios *Lean Thinking*

Para que a implementação da metodologia *Lean* seja bem-sucedida, mais importante que aplicar as ferramentas, é perentório mudar-se a forma de agir e pensar. Em 1996, Womack & Jones desenvolveram o conceito de *Lean Thinking*, cujo principal objetivo se prende com a procura de melhoria contínua de todos os processos da organização, através da eliminação de fontes identificadas como desperdícios. Esta metodologia de criação de valor na perspetiva do cliente foi descrita em cinco princípios fundamentais, que suportam o lado estratégico do *Lean*:

- (1) **Definir valor**: De acordo com a filosofia *Lean*, o valor deve ser sempre definido de acordo com a perspetiva do cliente. Assim, numa primeira fase, é essencial realizar o reconhecimento do que é considerado valor para o consumidor, ou seja, identificar aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar.
- (2) **Mapear a cadeia de valor**: Nesta fase, as organizações devem ser capazes de identificar e mapear todas as atividades necessárias para a criação do produto ou serviço. Desta forma, é

possível reconhecer as etapas que, efetivamente, agregam valor ao produto e eliminar aquelas que não são entendidas como valiosas pelo cliente. Esta análise permite otimizar o processo, reduzindo, ao máximo, os desperdícios e, conseqüentemente, custos.

- (3) **Criar fluxo:** Após identificar as etapas que criam valor para o produto, deve ser garantido que todos os processos sigam um fluxo contínuo e fluido, isto é, sem interrupções. O foco é satisfazer as necessidades do cliente com rapidez, organizando as operações envolvidas na criação do produto e suprimindo todas as formas de desperdício.
- (4) **Adotar o sistema de produção *Pull*:** Um dos princípios do *Lean Thinking* é a adoção de um sistema de produção *Pull*, que se baseia nas necessidades dos clientes para guiar a produção. Neste sistema, apenas é produzida a quantidade desejada pelo cliente, no momento necessário, permitindo reduzir ao máximo os *stocks*, os custos de posse e a ocupação dos espaços.
- (5) **Procurar a perfeição:** A última fase enfatiza a importância de garantir a procura sistemática pela melhoria dos processos (*Kaizen*), visando continuamente a eliminação de fonte de desperdícios e a criação de valor.

Estes princípios funcionam como as diretrizes que orientam a aplicação da metodologia e podem ser representados como um ciclo, tal como é visível na Figura 2 (Womack & Jones, 1996).

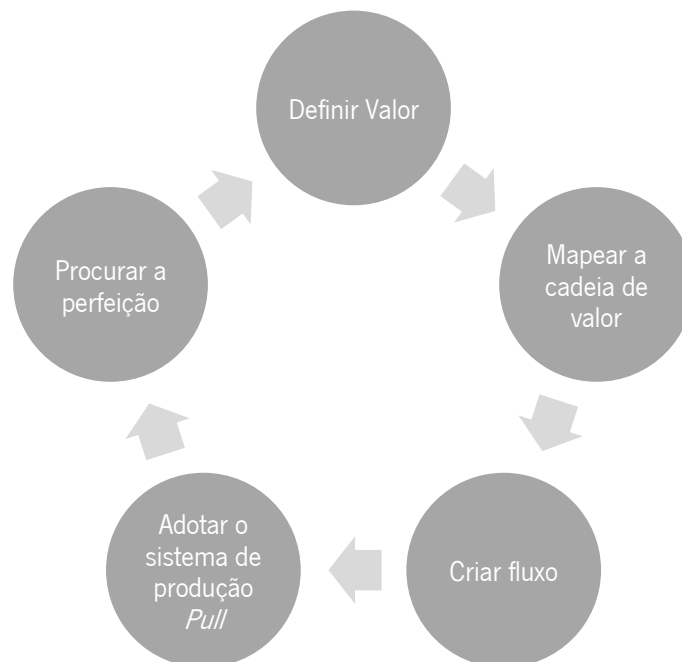


Figura 2 – Princípios *Lean Thinking*.

2.3.3 Tipos de Desperdício

Tal como explicitado anteriormente, um dos princípios *Lean* é a definição de todas as atividades necessárias para a conceção de um produto/serviço. Estas atividades são catalogadas de acordo com o seu contributo na criação de valor, e podem ser divididas em:

- Atividades que acrescentam valor: atividades que promovem transformações físicas ou químicas o produto e pelas quais o cliente está disposto a pagar;
- Atividades que não acrescentam valor, mas necessárias: não contribuem diretamente para a transformação do produto, mas fazem parte do processo de fabrico;
- Atividades que não acrescentam valor ou desperdícios: qualquer atividade que consome recursos, mas não agrega valor ao cliente final.

De facto, as atividades que, efetivamente, criam valor para os clientes são apenas uma pequena parcela de todo o processo de trabalho. Neste sentido, de forma a aumentar os lucros e a eficiência das organizações, é importante que estas se concentrem na eliminação das atividades que geram algum tipo de desperdício.

Liker (2004) classificou os tipos de desperdícios e inconsistências existentes numa empresa em três conceitos, vulgarmente conhecidos por 3M's:

- Muda (desperdício): compreende todos os desperdícios de um sistema de produção, ou seja, inclui todas as atividades que consomem recursos e não agregam qualquer tipo de valor ao cliente e produto final;
- Mura (irregularidade): consiste numa variabilidade de produção na cadeia produtiva ou no trabalho dos operadores;
- Muri (sobrecarga): consiste na sobrecarga de trabalho ou peso de um operador ou de um equipamento ou na realização de atividades de difícil execução para os operadores.

No TPS, os desperdícios *Muda* são identificados e popularizados como áreas para otimização nos processos industriais e que devem ser eliminados. Estes podem ser distinguidos em sete tipos, explanados na tabela seguinte (Ohno, 1988).

Tabela 1 – Tipos de desperdícios *Muda*.

Tipo de Desperdício	Descrição
Sobreprodução	Caracteriza-se, principalmente, pela produção em maiores quantidades e mais cedo do que é realmente necessário para o processo ou cliente a jusante. Este tipo de desperdício pode contribuir para os outros seis.
Inventário	Elevados níveis de <i>stock</i> de matéria-prima, produtos intermédios e acabados, podem gerar custos excessivos de armazenamento.
Sobreprocessamento	Refere-se ao trabalho que agrega mais valor do que aquilo que é exigido pelos clientes, acabando por consumir recursos que não serão convertidos em ganhos adicionais.
Movimentações	Deslocações excessivas e improdutivas de pessoas ou máquinas entre os postos de trabalho.
Defeitos	Referem-se aos custos com produtos que não cumprem os requisitos esperados pelo cliente. Cada item defeituoso requer retrabalho ou substituição, desperdiçando recursos e materiais.
Esperas	Engloba todos os recursos (materiais, pessoas ou equipamentos) que não estão a ser utilizados, por exemplo linhas de produção à espera de matéria-prima ou colaboradores à espera pela conclusão de atividades em atraso.
Transporte	Movimentações desnecessárias e em excesso de materiais, produtos ou ferramentas. Os transportes não agregam valor para o cliente, devendo ser minimizados ao máximo.

Posteriormente, Liker (2004) expandiu o conceito original de Ohno, incluindo outro tipo de desperdício – **Talento desaproveitado** – que se refere ao desaproveitamento das competências e do potencial da mão-de-obra. Este desperdício destaca a importância de aproveitar os conhecimentos dos colaboradores para garantir a eficiência e a inovação dos processos de produção.

2.3.4 Ferramentas e Técnicas *Lean Production*

No sentido de auxiliar as organizações na adoção da filosofia *Lean Production*, é imperativo associar algumas ferramentas específicas. Existem várias técnicas diferentes, como o *Kanban*, o *Standard Work*, *VSM*, entre outras, no entanto todas elas são projetadas para identificar e reduzir diversos tipos de desperdícios e ineficiências, otimizar processos e promover a melhoria contínua (Ohno, 1988). O primeiro passo para uma implementação das ferramentas eficaz é reconhecer as necessidades da organização, de forma a aplicar a técnica *Lean* que se adeque às mesmas.

No entanto, para além da simples utilização das ferramentas, esta filosofia requer uma mudança na cultura da empresa de forma a obter resultados mais duradouros. Deste modo, o suporte de toda a

organização, desde a gestão de topo até aos operadores, é fundamental para o sucesso na implementação das ferramentas.

Tendo em consideração todos estes aspetos, nesta subsecção serão explanadas diversas ferramentas e metodologias *Lean* que se consideraram relevantes no desenvolvimento deste projeto de dissertação.

2.4.4.1. *Kaizen*

A metodologia *Kaizen* foi introduzido por Imai, em 1986, no livro “Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success”, contribuindo para difundir o conceito e as práticas da metodologia em empresas de todo o mundo. Atualmente, é reconhecido mundialmente como um pilar importante das culturas organizacionais orientadas para a excelência e a eficiência (Abdulmouti, 2015). O termo *Kaizen* é formado pela combinação das palavras japonesas “kai” (mudança) e “zen” (para melhor), que juntas podem ser traduzidas por “melhoria contínua”. Segundo Imai (1986), a peça principal para o sucesso dos projetos de melhoria contínua é o esforço coletivo e contínuo de todos os colaboradores, desde a gestão aos operadores.

O *Kaizen* constitui uma peça fundamental na filosofia *Lean*, incentivando a colaboração, a inovação e a procura constante por eficiência, qualidade e satisfação do cliente, contribuindo para uma organização mais eficaz, flexível e orientada para o valor (Abdulmouti, 2015).

O principal objetivo é alcançar melhorias regulares e incrementais nos processos. Neste sentido, é frequentemente utilizado o Ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), que resultou da adaptação do ciclo PDSA (*Plan-Do-Study-Act*), criado por Shewart na década de 1920. Também conhecido como Ciclo de Deming, esta técnica consiste numa sequência lógica de quatro etapas repetidas (Singh & Singh, 2015):

- (1) **Plan (Planear):** Consiste na definição dos objetivos, identificando os problemas e as oportunidades de melhoria. Nesta fase, é esperado que se estabeleça as metas e se desenvolva um plano detalhado e claro para atingir os objetivos definidos.
- (2) **Do (Fazer):** Constitui a execução das ações definidas no plano desenvolvido, dando pequenos passos em circunstâncias controladas.
- (3) **Check (Verificar):** Após a implementação das ações, deve ser feita uma análise do seu impacto e avaliar se estas resultaram nas melhorias esperadas. Assim, é possível identificar as discrepâncias entre os resultados reais e os objetivos definidos.

(4) Act (Atuar): Com base na análise dos resultados, é importante que se desenvolvam medidas para melhorar o processo. Se os resultados atenderem às metas, devem ser padronizadas as melhores práticas. Por outro lado, se os resultados não atenderem às metas, devem ser desenvolvidas ações corretivas. Segue-se o retorno à fase de planejamento para se reiniciar o ciclo.

O ciclo PDCA é um processo contínuo e iterativo, onde cada ciclo das quatro etapas explicadas leva a melhorias incrementais.

2.4.4.2. Gestão Visual

As informações visuais são processadas mais rapidamente pelo cérebro humano, em comparação com o texto, sendo especialmente eficazes ao transmitir comunicações que podem ser difíceis de explicar por palavras (Bell & Davison, 2012). Neste sentido, as empresas têm vindo a adotar ferramentas visuais para comunicarem com os colaboradores de forma mais eficiente. Inicialmente utilizada na produção, a Gestão Visual evoluiu significativamente ao longo dos tempos, adaptando-se às tecnologias modernas e acompanhando as necessidades das organizações.

Considerada como uma das técnicas mais versáteis do *Lean*, a Gestão Visual é uma abordagem estratégica que se baseia na criação de um ambiente de trabalho comunicativo, através da utilização de elementos visuais claros, intuitivos e acessíveis. Esta técnica permite que as pessoas estejam constantemente informadas acerca do estado atual do processo, possibilitando que estas direcionem as ações e tomem decisões sustentadas, caso detetem algum desvio ou anomalia. Além de tornar o processo mais transparente, estes mecanismos permitem que novos colaboradores entendam facilmente o ambiente de trabalho, processos e requisitos, facilitando a sua integração (Tezel et al., 2016).

A Gestão Visual abrange uma variedade de ferramentas e técnicas, desde quadros informativos e gráficos a delimitações de espaços, mecanismos *Andon* ou instruções de trabalho. Uma boa implementação destes sistemas capacita os trabalhadores a gerir o seu próprio ambiente de trabalho, otimizando os processos e reduzindo erros e outras formas de desperdício (Oliveira et al., 2017).

2.4.4.3. Kanban

De acordo com (Liker, 2004), o *Kanban* serve como um conjunto de instruções, com o objetivo de gerir o fluxo de produtos e garantir um sistema JIT. *Kanban*, cujo significado em português é “cartão” ou “sinal”, é um sistema de comunicação *Lean*, utilizado para agilizar o processo de pedido de peças ou

materiais. Através do cartão, o cliente/processo a jusante sabe o que produzir, quando e em que quantidade, funcionando como um sistema *Pull*.

De acordo com Huang & Kusiak (1996), o sistema *Kanban* cumpre três funções:

- (1) **Visualização:** O *Kanban* permite uma representação visual clara do fluxo de trabalho, permitindo perceber como os produtos se movem no processo.
- (2) **Controlo da produção:** O cartão *Kanban* detalha qual o produto, em que quantidade e quando se deve produzir, permitindo que apenas se produza o que é necessário. Assim, é possível evitar sobrecarga de alguns postos de trabalho, mantendo o equilíbrio entre a procura e a oferta.
- (3) **Controlo do trabalho em curso (WIP):** O número de *Kanbans* mede a quantidade de inventário em curso. Assim, controlar o número de *Kanbans* é o equivalente a controlar a quantidade de inventário, permitindo que sejam estabelecidos limites para a quantidade de WIP.

2.4.4.4. *Standard Work*

Standard Work é uma abordagem que visa garantir a consistência, eficiência e qualidade dos processos de trabalho, através da criação, documentação e implementação de processos otimizados e padronizados. O trabalho é descrito de maneira precisa e detalhada, levando em consideração o tempo necessário, a sequência das atividades e o fluxo de materiais, servindo como guias para a execução de tarefas específicas (Emiliani, 2008). No entanto, o trabalho padronizado não se trata de uma descrição imutável da melhor maneira de executar uma tarefa, devendo ser sujeito a revisões contínuas impulsionadas pelo *Kaizen*.

Segundo Ohno (1988), *Standard Work* ou Trabalho Normalizado é um dos principais pilares da melhoria contínua – “*Where there is no standard work, there can be no improvement*”.

Esta metodologia permite que as tarefas sejam realizadas de forma uniforme, independentemente de quem a esteja a realizar, permitindo reduzir variações entre trabalhadores e possibilitando a polivalência. Além disso, ao definir processos eficientes e padronizados, é possível identificar e eliminar desperdícios, contribuindo para a produção de produtos com níveis superiores de qualidade (Teknologi et al., 2015).

A implementação do *Standard Work* compreende, segundo Monden (1998), a identificação de três elementos fundamentais:

- (1) **Takt Time:** Representa o ritmo pelo qual os produtos devem ser produzidos de forma a satisfazer as necessidades do cliente;
- (2) **Sequência de Trabalho Normalizada:** Consiste na normalização da melhor e mais segura sequência de tarefas a realizar para a concretização da operação;
- (3) **Quantidade normalizada de WIP:** Corresponde à quantidade mínima necessária de *stock* que deve ser mantida, de forma a garantir que a produção opere sem problemas.

2.4.4.5. Diagrama de *Ishikawa*

O Diagrama de *Ishikawa*, também designado por Diagrama de Causa-Efeito ou Diagrama de Espinha de Peixe, criado por Kaoru Ishikawa, é uma ferramenta visual que permite identificar e representar as causas raiz de um determinado problema (Palange & Dhattrak, 2021).

Este diagrama, visível na Figura 3, é representado por uma espinha de peixe, na qual a cabeça do peixe apresenta o problema a analisar e as ramificações representam as diferentes categorias de possíveis causas (Liliana, 2016). Kaoru Ishikawa definiu 6 tipos de causas que, na maioria das vezes, são a razão da existência do problema. Todas estas categorias iniciam com a letra M, representando os 6M:

- **Método:** Representa as causas relacionadas com os procedimentos, processos e métodos utilizadas na execução do trabalho;
- **Máquina:** Abrange todas as causas relacionadas com qualquer equipamento, computador ou ferramentas utilizadas para executar o trabalho;
- **Medida:** Compreende as causas que envolvem as métricas que são usadas para medir, monitorizar e controlar o trabalho, como indicadores, metas ou instrumentos de calibração.
- **Material:** Inclui todos os materiais usados no processo;
- **Mão de Obra:** Causas relacionadas com atitudes ou dificuldades das pessoas na execução do processo, podendo incluir falta de competência, falta de qualificação, pressa, etc;
- **Meio Ambiente:** Considera o ambiente em que o processo ocorre, incluindo temperatura, humidade, falta de espaço, ruído, entre outros.

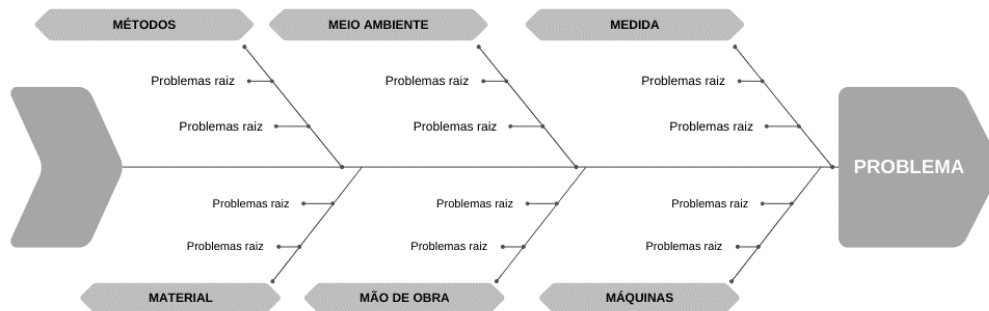


Figura 3 – Estrutura Diagrama de *Ishikawa*.

Após a elaboração do diagrama, é usual delinear-se um plano de ações, no sentido de tratar as causas mais prioritárias e implementar soluções adequadas.

2.4.4.6.5W2H

5W2H é uma metodologia de gestão e planeamento que tem como principal objetivo auxiliar na definição de plano de ações claros e eficientes. Assim, é possível tomar decisões mais sustentadas e perceber melhor o que deve ser feito para revolver um problema ou implementar um novo processo (Nagyová et al., 2019).

O método é constituído por sete perguntas, que devem ser respondidas de forma a elaborar um plano que seja compreensível, completo e bem definido, sendo elas:

- *What* (O quê?): Definição e descrição daquilo que se pretende realizar;
- *Why* (Porquê?): Justificação para o desenvolvimento do que foi proposto;
- *Where* (Onde?): Definição do local onde será realizada a ação, pode ser um local físico ou um departamento da empresa;
- *Who* (Quem?): Especificação de quem ou qual área será responsável pela execução do que foi delineado;
- *When* (Quando?): Definição do tempo de execução, incluindo cronograma e prazos.
- *How* (Como?): Explicação dos métodos ou estratégias utilizadas no desenvolvimento das tarefas propostas, de forma que as ações sejam executadas da melhor forma possível;
- *How much* (Quanto?): Definição dos custos decorrentes da implementação da ação.

2.4. Business Process Management (BPM)

Num mercado cada vez mais volátil e exigente, as organizações tendem a tomar decisões rápidas, pouco fundamentadas e ineficientes. Assim, é importante que estas recorram a técnicas capazes de prever os efeitos das suas decisões, sem que seja necessário perturbar o seu funcionamento. Neste sentido, surge o *Business Process Management*, definido como a arte de modelar, gerir e otimizar processos de negócio (Allani & Ghannouchi, 2016). De acordo com Choudhary & Riaz (2023), um processo de negócio é um conjunto de ações que geram um *output* valorizado pelo cliente, através da transformação um ou mais *inputs*.

A prática do BPM é uma abordagem sistemática que visa compreender, melhorar e gerir processos, de forma a melhorar a agilidade e o desempenho operacional do negócio (Chinosi & Trombetta, 2012). Para que os resultados sejam maximizados, de forma contínua e constante, é importante que as organizações sigam o conjunto de etapas definidas no ciclo de vida de um projeto BPM. Este ciclo, tal como é visível na Figura 4, consiste em cinco etapas diferentes, incluindo conceção, modelação, execução, controlo e otimização, que formam um *loop* contínuo. Em cada etapa, são realizadas atividades específicas com o objetivo de aumentar a eficiência e a qualidade dos processos de negócio.

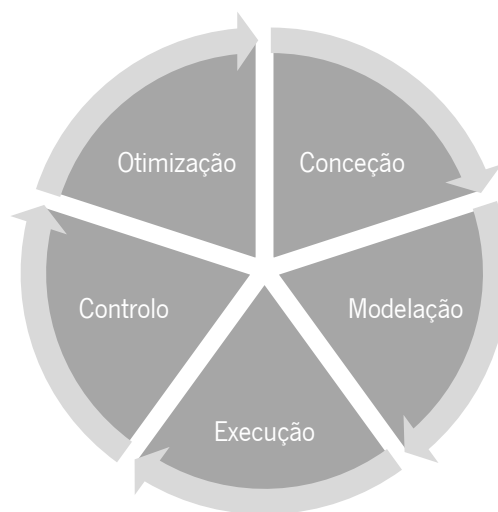


Figura 4 – Ciclo de Vida de um projeto BPM.

A fase de **Conceção** define-se pela identificação e análise dos processos atuais da organização (AS-IS) e a projeção dos processos futuros (TO-BE). É usual recorrer-se a entrevistas, estudar documentos e, se possível, observar a execução das tarefas. A segunda fase – **Modelação** – centra-se na representação do fluxo dos processos, recorrendo a linguagens e ferramentas de modelação de processos. Após mapear e ilustrar os processos, é necessário executá-los. Durante a etapa de **Execução**, são

implementadas soluções informáticas que permitam automatizar os processos de negócio e, desta forma, aumentar a eficiência da organização. Na fase de **Controlo** é importante que se meça o desempenho dos processos recém-implementados, de forma a evitar possíveis *bottlenecks*, atrasos ou possíveis erros e identificar oportunidades de melhoria. Por fim, na fase de **Otimização**, a organização deverá proceder à otimização dos processos e torná-los mais eficientes, com base nos resultados obtidos durante a fase anterior. Estas otimizações podem ser a projeção de novos processos ou a reestruturação dos existentes.

2.4.1 Modelação de Processos

A Modelação dos Processos é considerada uma das etapas mais importantes do ciclo BPM, uma vez que proporciona uma visão partilhada e um melhor entendimento do funcionamento dos processos, documentando informação essencial às organizações. Modelar processos envolve uma prática detalhada que inclui a análise, classificação, otimização e monitorização de processos de negócio (Choudhary & Riaz, 2023). Este procedimento procura garantir que estes processos decorram de forma fluida no sistema.

Esta fase define-se como a criação de um modelo formal e visual, que representa os processos de negócio, fluxos de informação e decisões importantes de uma organização. Com base no modelo criado é feita uma análise à complexidade do estado atual dos processos (AS-IS), permitindo identificar atividades críticas, etapas redundantes ou desnecessárias, além de deixar mais claro as potencialidades e oportunidades de negócio. Com base nesta análise, são sugeridas oportunidades de melhoria, desenvolvendo novos processos ou redefinindo os já existentes (TO-BE) (Chinosi & Trombetta, 2012). A constante melhoria dos processos de negócio possibilita às organizações otimizar todo o seu processo e responder às necessidades do mercado atual de forma mais eficiente e eficaz.

Existem várias linguagens de modelação de processos, nomeadamente fluxogramas, BPMN (*Business Process Model and Notation*) ou VSM (*Value Stream Mapping*), cada uma delas com diferentes capacidades de expressão e descrição.

2.4.2 *Business Process Model and Notation* (BPMN)

Nas últimas décadas, tem sido cada vez mais importante modelar processos de negócios através de linguagens formais e facilmente entendidas, não só pelos especialistas, mas também pelos utilizadores finais (Chinosi & Trombetta, 2012).

O BPMN é uma notação *standard* que utiliza elementos que facilitam a compreensão do fluxo de informação e materiais, capazes de representar todas as possíveis combinações. A versão 1.0 foi desenvolvida pelo Object Management Group (OMG) em 2004, com o intuito de uniformizar, descrever e documentar os processos, por meio de diagramas de processos de negócio (*Business Process Diagram – BPD*). No ano de 2011 foi publicada a versão atual 2.0, versão que ainda hoje é utilizada.

Através dos diagramas BPD, as organizações são capazes de não só definir os processos internos ou externos do negócio, como demonstrar as interações entre os vários departamentos envolvidos. De forma a facilitar a sua interpretação, são utilizados elementos distinguíveis entre si e perceptíveis a todos os utilizadores. Segundo a Object Management Group (OMG), a linguagem BPMN baseia-se em cinco grupos de elementos:

(1) Objetos de Fluxo: Principais elementos gráficos que definem o comportamento do processo de negócio. Dividem-se em três tipos: eventos (afetam o fluxo do processo e, geralmente, têm uma causa ou um impacto); atividades (passos lógicos que ocorrem no processo, podendo ser tarefas ou subprocessos) e *gateways* (controlam a divergência ou convergência do fluxo). Na Figura 5, encontram-se representados todos os tipos de objetos de fluxo no BPMN, assim como alguns exemplos para cada um deles.



Figura 5 – Representação dos Objetos de Fluxo no BPMN.

(2) Objetos de Dados: Fornecem informação sobre quais atividades necessitam ou produzem algum documento, interligando-se a elas através de associações. Na figura seguinte encontram-se esquematizados os dois tipos de objetos de dados.



Figura 6 – Representação dos Objetos de Dados no BPMN.

(3) **Objetos de Ligação:** Conectam os objetos de fluxo no diagrama e, dependendo da função, podem ser de três tipos: fluxo de sequência (representado por uma linha contínua e indicam a sequência do fluxo), fluxo de mensagens (representado por uma linha a tracejado para demonstrar o fluxo de mensagens entre o emissor e o recetor) e associação (utilizado para associar informações e artefactos a objetos de fluxo), tal como apresentados na Figura 7.

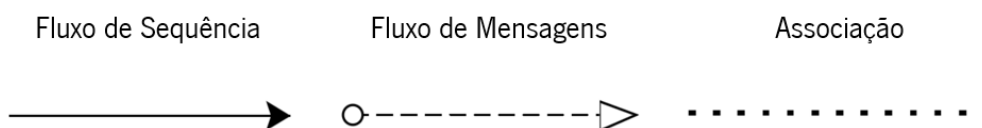


Figura 7 – Representação dos Objetos de Ligação no BPMN.

(4) **Swimlanes:** Organizam o diagrama, indicando quem é o responsável por cada passo no processo. Uma *pool* (Figura 8) permite identificar um interveniente de um processo e uma *lane* (Figura 9) é uma sub-partição de uma *pool*.



Figura 8 – Representação de uma *Pool* no BPMN.

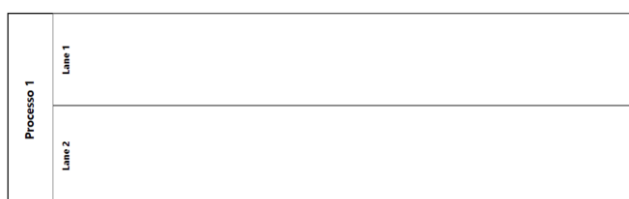


Figura 9 – Representação de uma *Lane* no BPMN.

(5) **Artefactos:** Utilizados para fornecer informações complementares ao processo. Atualmente, existem dois artefactos *standards* – grupo ou anotações (Figura 10), no entanto os modeladores podem adicionar outros, se necessário.

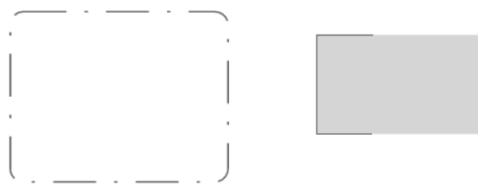


Figura 10 – Representação dos artefactos no BPMN.

2.5. *Key Performance Indicators e Dashboards*

Numa era cada vez mais dinâmica, é vantajoso tomar decisões sustentadas na quantidade máxima de informações possível. Uma das fontes de informação e controlo do desempenho de uma organização são os *Key Performance Indicators* (KPIs) ou Indicadores-Chave de Desempenho. Os KPIs são métricas quantificáveis utilizadas para medir o progresso de uma organização, projeto ou processo, com o objetivo de gerar decisões informadas e com incerteza reduzida (Lindberg et al., 2015).

A escolha destes indicadores deve estar alinhada com a estratégia da organização e pretendem rastrear e incentivar o progresso em direção aos objetivos e metas delineados (Hughes & Bartlett, 2002). De acordo com (Parmenter, 2019), na definição de qualquer indicador, as organizações devem assegurar que este cumpre as seguintes características:

- Medida não financeira: O KPI não deve ser um indicador financeiro, caso contrário este passaria a ser designado por indicador de resultado;
- Medido ao longo do tempo: Deve ser medido e monitorizado ao longo do tempo, permitindo acompanhar e avaliar a sua evolução;
- Crítico: Não deve ser apenas um número, mas indicadores críticos que influenciam diretamente decisões ou medidas corretivas no nível mais alto da organização;
- Orientado para a ação: Um KPI deve fornecer informações que possibilitem tomar decisões e orientar ações;
- Compreensível: o KPI deve ser desenvolvido e comunicado de forma clara e simples para que todos os colaboradores da organização entendam a sua relevância;
- Relevante: Deve refletir os objetivos e metas da organização e ter impacto no desempenho da mesma;
- Específico: O KPI deve ser específico o suficiente para focar num aspeto particular, de forma a implementar ações apropriadas e garantir que tenham um impacto positivo no desempenho.

Após a definição dos KPIs, é importante exibi-los de forma visual para que a sua evolução seja analisada rápida e facilmente. Para a exposição das informações, recorre-se, geralmente, a *dashboards* pois fornecem uma solução eficaz para a gestão do desempenho, permitindo atuar rapidamente quando os resultados se afastam dos objetivos (Yigitbasioglu & Velcu, 2012).

Few (2006) define um *dashboard* como “um painel que exhibe visualmente a informação mais importante, necessária para atingir um ou mais objetivos, consolidados e organizados num único ecrã para que as informações possam ser monitorizadas rapidamente”. Considerado como sendo sistemas de suporte à decisão, os *dashboards* devem ser facilmente acedidos, simples, intuitivos e os dados devem ser atualizados em tempo real (Yigitbasioglu & Velcu, 2012). Além disso, os utilizadores devem ter a possibilidade de personalizar os painéis de forma a exibir a informação relevante para o momento.

De acordo com Janes et al. (2013), para desenvolver um *dashboard* realmente útil e eficaz, é fundamental prestar especial atenção a dois aspetos:

- (1) Selecionar a informação correta, isto é, apresentar apenas dados que sejam relevantes para atingir um determinado objetivo;
- (2) Escolher a forma de visualização correta, ou seja, focar-se nas técnicas de comunicação que minimizem o tempo de interpretação dos dados.

Relativamente ao segundo ponto e sendo que o objetivo dos *dashboards* é consolidar e apresentar a informação, a comunicação deve ser um ponto fulcral. De facto, a forma como os dados são apresentados influencia a captação e interpretação pelo cérebro humano. Assim, deve dar-se preferência a formatos de fácil compreensão, como gráficos ou tabelas (Few, 2006).

Por fim, é vantajoso que a *performance* dos indicadores seja monitorizada continuamente, permitindo identificar tendências/padrões, comparar resultados e medir o impacto da implementação de ações. Desta forma, é possível prever possíveis problemas, implementar medidas preventivas e tomar decisões mais informadas e rápidas (Lindberg et al., 2015). Além disso, ao focar-se nos indicadores mais relevantes, a organização consegue concentrar os seus esforços nas áreas com maior impacto nos resultados.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi elaborado este projeto de dissertação de mestrado, Continental – Indústria Têxtil do Ave, S.A. (C-ITA). Após uma breve descrição do grupo Continental AG, é detalhado o contexto histórico da empresa, seguindo-se da missão, visão e valores com que a empresa trabalha. Além disso, é descrita a estrutura organizacional, o *layout* fabril e, ainda, os tipos de produtos fabricados na C-ITA.

3.1 Grupo Continental AG

O grupo Continental AG é considerada uma das principais e mais influentes marcas do setor automóvel, detentora, neste momento, do pneu mais seguro do mundo. É também fornecedora de componentes elétricos e sensores, sistemas de travagem, pneus, entre outros produtos, às marcas mais conceituadas do setor automóvel, tal como a Audi, a Mercedes e a BMW.

O grupo foi fundado por 9 banqueiros e industriais, em Hanover, na Alemanha, em 1871 como uma sociedade de ações "Continental-Caoutchouc-und guta-percha Compagnie". Inicialmente, a sua principal produção centrava-se em produtos suaves de algodão, pneus maciços para carruagens e bicicletas, brinquedos, entre outros. Com os avanços tecnológicos da indústria automóvel, começou a produzir pneus lisos para automóveis.

O grupo dedica-se a três diferentes setores: Pneus, ContiTech e Automóvel. O setor dos pneus destina-se à produção de produtos e serviços relacionados com pneus para carros, camiões, autocarros, pneus especiais, entre outros. As indústrias do grupo ContiTech desenvolvem produtos e sistemas para a indústria automóvel, engenharia ferroviárias, mineração e agricultura. Por fim, o setor automóvel foca-se em sistemas para condução assistida e automatizada, tecnologias de exibição e operação, soluções de áudio e câmara para o interior do veículo e tecnologias inteligentes de informação e comunicação para os serviços de mobilidade de operadores de frotas e fabricantes de veículos comerciais.

Atualmente, a Continental AG marca presença em 57 países, emprega cerca de 200000 trabalhadores e é considerada um dos 5 maiores fornecedores a nível global da indústria automóvel.

Em Portugal, o grupo é constituído por sete empresas:

- **Continental - Indústria Têxtil do Ave, S.A.:** Desenvolvimento e produção de soluções têxteis para diversas indústrias;

- **Continental Mabor:** Produção de todo o tipo de pneus (ligeiros, agrícolas, fora da estrada, entre outros);
- **Continental Pneus (Portugal), S.A.:** Responsável pela comercialização de pneus para mercado de substituição de veículos ligeiros, 4x4, veículos comerciais médios e pesados e veículos industriais;
- **Continental Advanced Antenna:** Especialista em antenas para veículos;
- **Continental Lemmerz:** Responsável pelo fornecimento de rodas à Autoeuropa;
- **Continental Engineering Services:** Desenvolvimento de sistemas para condução autónoma, soluções de cibersegurança, etc;
- **Continental Solution Center:** Focada em soluções digitais de pneus e aplicações nos processos (Indústria 4.0.).

3.2 Continental ITA

A presente dissertação foi elaborada na Continental – Indústria Têxtil do Ave, S.A., uma empresa que pertence ao ramo têxtil, que produz telas e cabos utilizados no reforço dos pneus, e malhas para interiores de carros. Esta empresa está localizada em Lousado (Vila Nova de Famalicão) e foi fundada em 1948 por Henrique Malheiro, e iniciou a sua atividade como produtora de artigos têxteis para a indústria de borracha em 1950. Inicialmente designada por INTEX, era responsável pela produção de telas de algodão para reforço dos pneus fabricados na Continental Mabor.

Ao longo da história da C-ITA, algumas datas destacam-se como marcos cruciais para o seu crescimento e desenvolvimento. No ano de 1958 ocorreu a primeira grande mudança de matéria-prima, com a transição para a utilização do rayon de alta tenacidade, em detrimento do algodão. Mais tarde foram ainda introduzidos o nylon, o poliéster, a aramida e tecidos de aço.

Em 1987 a empresa entra para o Grupo Continental AG e, perante a possibilidade de ocorrer um forte incremento nas encomendas, houve a necessidade de aumentar a capacidade produtiva da fábrica, através da renovação das áreas da Tecelagem e Torcedura e a instalação de uma nova linha de Impregnação. No final do ano de 1993, o grupo Continental torna-se o acionista maioritário e a designação da Indústria Têxtil do Ave passa a ser conhecida a nível nacional e internacional por ITA.

Já em 1994, a ITA tornou-se numa das primeiras empresas distinguida com o Certificado do Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001) e cinco anos depois, em 1999, recebeu a Certificação Ambiental (ISO 14001).

Entre 1998 e 2002, a empresa investe na renovação das áreas da Torcedura, Tecelagem e Impregnação e, no ano de 2008, instala uma nova linha de produção corda a corda, denominada Single-End, destinada à produção de Cabo Impregnado.

Em 2006 a empresa investiu na criação de um Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento da Continental, com o propósito de criar condições para testar, em ambiente laboratorial, novas matérias-primas e novos processos, que originam produtos completamente inovadores.

O ano de 2010 foi marcado por uma parceria entre a ITA e a Benecke-Kalicko (BK), uma empresa que produz materiais utilizados no revestimento sintético de interiores de automóveis. Esta parceria resultou num novo produto acabado – as Malhas Termofixadas – sendo que a instalação da linha de produção das malhas finalizou em 2012. Este desenvolvimento, em conjunto com o aumento da capacidade da área da Torcedura, implicou um aumento na dimensão da empresa, tanto em volume como em número de colaboradores. A partir do ano 2013, a ITA passa a denominar-se Continental Indústria Têxtil do Ave, S.A. – C-ITA.

Em 2018, a empresa concretiza mais um projeto de expansão, instalando a segunda linha de produção corda a corda. Mais recentemente, em 2022, a C-ITA, com vista à redução da pegada de carbono, instala painéis solares.

Relativamente aos clientes, cerca de 95% do volume de vendas destina-se a empresas do grupo Continental AG, sendo que o principal cliente é a Continental Mabor, que representa cerca de 40%. No que concerne a fornecedores de matérias-primas, estes são maioritariamente Asiáticos (70%) e os restantes são Europeus.

A empresa labora em horário contínuo, ou seja, 7 dias por semana, 24 horas por dia, em três turnos rotativos. Atualmente, emprega cerca de 300 trabalhadores, sendo que 43% são do sexo feminino e os restantes 57% do sexo masculino

3.2.1 Missão, Visão e Valores

Num mundo cada vez mais complexo, torna-se importante que as empresas se foquem no essencial. Para a Continental, o essencial são os temas, projetos, produtos ou medidas que, alinhados com a Visão e Missão, criam valor e contribuem para um futuro melhor.

Neste sentido, a missão da C-ITA – “Desenvolvemos soluções sustentáveis orientadas para a inovação na criação de valor” – demonstra o foco em criar valor, de várias formas, para todos os *Stakeholders*.

Relativamente à visão da empresa – “Inovação e tecnologia através e para além do têxtil” – afirma a vontade em ser um exemplo de excelência no setor têxtil e de ir onde o futuro a levar, através da procura de soluções tecnológicas que a permitam inovar e oferecer aos clientes soluções para os grandes desafios do dia a dia.

Como uma unidade totalmente integrada no grupo Continental AG, todos os funcionários da C-ITA regem-se pelos quatro valores corporativos fundamentais: “Confiança”, “Paixão por Vencer”, “Liberdade para Agir” e “Uns Pelos Outros”. É através de um ambiente pautado por estes valores que a Continental cria serviços e soluções essenciais e pioneiras.

3.2.2 Layout Fabril

O chão de fábrica da Continental – ITA encontra-se, atualmente, dividido por dois pisos, compostos por escritórios, quatro células produtivas (Torcedura, Tecelagem, Impregnação e Malhas) e um armazém, dividido em zona de Matéria-Prima (MP) e zona de Produto Acabado (PA). O *layout* de cada um dos pisos, bem como a identificação das áreas produtivas, encontra-se visível na Figura 11.

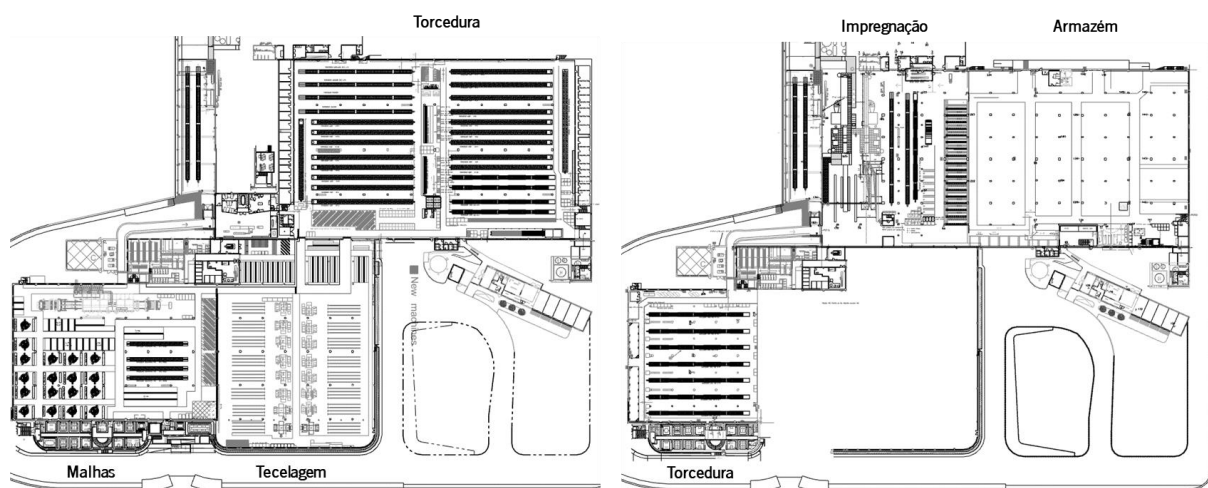


Figura 11 – *Layout* fabril.

Relativamente à área da Torcedura, esta encontra-se dispersa pelos dois pisos, perfazendo um total de 43 torcedores, com 2 lados cada e, portanto, 86 máquinas de produção. Além disso, esta secção inclui um centro de reaproveitamento de fio (Bobinadeiras), composto por 5 máquinas.

No piso 0, está situada a área produtiva da Tecelagem, constituída por 16 teares (de dois tipos diferentes) e um centro de reaproveitamento de cabo. Ainda neste piso localiza-se a área das Malhas,

que é composta por 18 teares circulares e 1 râmula. Esta é a única área que é considerada autossustentável, ou seja, não existe nenhuma secção cliente nem fornecedor.

No piso -1, além do armazém de produto acabado e matéria-prima, encontra-se a secção da Impregnação. Esta célula está dividida em duas áreas produtivas: Zell (máquina de impregnação de tecido) e duas máquinas Single-End (destinadas à impregnação de corda).

3.2.3 Produtos

Os pneus produzidos pela Continental são constituídos por nove componentes, que asseguram a sua aderência ao solo e facilitam a atração do mesmo. A C-ITA é responsável pela produção da tela e corda, que representa o principal constituinte de reforço dos pneus. Para o fabrico destes produtos, a empresa usa como principais matérias-primas o rayon, a aramida, o nylon ou o poliéster.

Além da produção dos têxteis para o pneu, a secção das Malhas dedica-se à produção de têxteis técnicos para o interior do automóvel. Neste caso, são utilizadas como matérias-primas o algodão ou o poliéster.

Concretizando, a C-ITA produz três categorias de produtos finais: Malhas Termofixadas, Cabo Impregnado e Tecido Impregnado. Apesar de apenas serem produzidos três tipos de produtos, as especificações dos clientes resultam numa grande variedade de artigos.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO INICIAL

Ao longo deste capítulo será apresentada a caracterização do processo produtivo de todas as áreas da empresa, bem como a modelação e descrição dos processos e procedimentos desde a requisição de Matéria-Prima até à expedição de Produto Acabado. Após o mapeamento dos processos, foi possível analisar o estado atual, identificando problemas e desperdícios detetados.

4.1 Caracterização do Processo Produtivo

Neste subcapítulo serão descritos os processos produtivos que dão origem aos três produtos finais produzidos na Continental-ITA, ilustrando todas as etapas até à sua obtenção.

4.1.1 Malhas Termofixadas

A produção das Malhas Termofixadas é baseada em dois processos distintos: a Tricotagem e a Ramulagem. A Figura 12 esquematiza o processo produtivo das malhas, assim como os *inputs* e *outputs* que dão origem ao produto final.

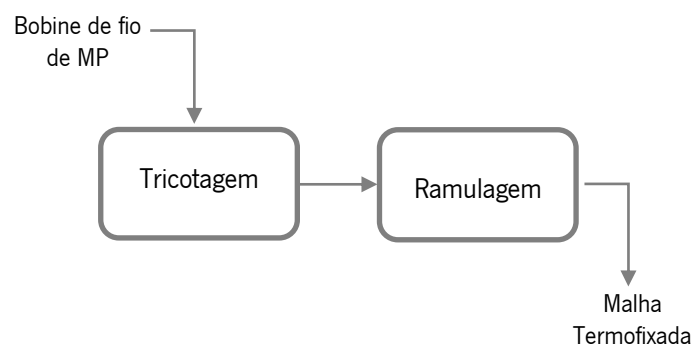


Figura 12 – Processo produtivo das Malhas Termofixadas.

O processo de Tricotagem inicia com o abastecimento da matéria-prima em forma de bobines de fio, que são dispostas em estruturas (esquinadeiras) localizadas junto aos teares circulares. O fio é tricotado em teares circulares, visível na Figura 13, num processo com rotações múltiplas sobre o eixo da máquina. O tecido é enrolado, formando um rolo de malha em verde. As malhas podem ter diferentes estruturas (Single, Jersey e Creep) e diferentes larguras, sendo que cada tear produz malhas com uma determinada largura e estrutura.



Figura 13 – Tear circular.

Posteriormente, os rolos em verde são utilizados como *input* do processo de Ramulagem, tal como se pode observar na Figura 14. Nesta etapa, a malha sofre um processo de termofixação através de tensões e temperaturas, que confere as propriedades físicas específicas de cada artigo e permite que estes tenham a estabilidade necessária para serem utilizados como reforço têxtil nas peles. A râmula é composta por 6 estufas e as temperaturas podem chegar até aos 200 °C. Todo o processo é controlado por monitores e câmaras, distribuídas por pontos críticos da râmula, para deteção de não conformidades no tecido.



Figura 14 – *Input* da Râmula.

4.1.2 Tecido Impregnado

O processo produtivo do Tecido Impregnado engloba três fases essenciais: a Torcedura, a Tecelagem e a Impregnação de tecido, tal como está ilustrado no esquema da Figura 15. Em alguns casos, dado que as bobines de MP provenientes do fornecedor são demasiado grandes para abastecer os torcedores, é necessário bobiná-las. Este processo consiste em rebobinar a bobine do fornecedor e bobinar o fio num outro tubo, obtendo uma bobine de fio normalizada com as dimensões indicadas.

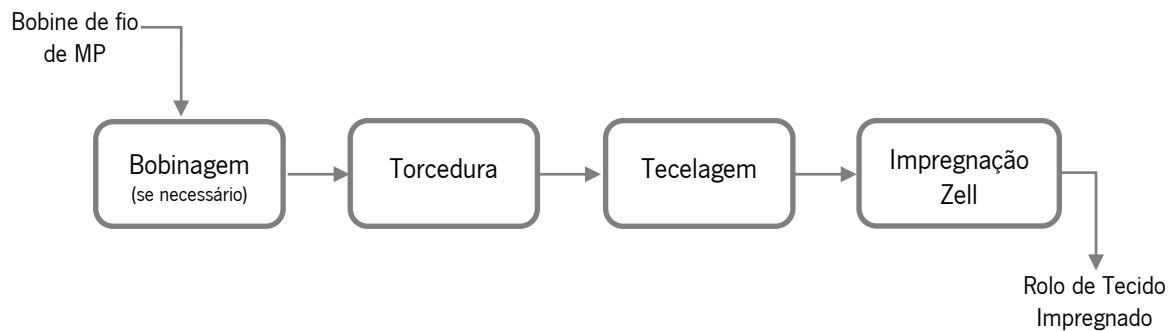


Figura 15 – Processo produtivo de Tecido Impregnado.

Nos torcedores, as bobines sob a forma de fio são submetidas a uma torção pré-definida, produzindo uma bobine de cabo em verde, através da junção de 2 ou mais fios entrelaçados entre si. Os torcedores são compostos por um conjunto variável de fusos, em que cada um deles é constituído por duas posições para as bobines de fio de MP e uma para a bobine de cabo em verde (Figura 16).



Figura 16 – Fusos de um torcedor.

No final do processo, as bobines de cabo são colocadas em paletes ou carros de esquinadeira (carro com 72 posições que permitem o transporte e o armazenamento das bobines). Estas são armazenadas em albufeiras, para, posteriormente, seguirem para os postos de trabalho seguintes.

Na segunda fase do processo, os carros de esquinadeira são transportados para a secção da Tecelagem, onde as bobines de cabo servirão como *input* dos teares. Este processo consiste no entrelaçamento das cordas de teia (bobines de cabo em verde) com os fios de trama (tipo de fio de algodão), que permite que as cordas se mantenham paralelas durante todo o processo. No final obtém-se um rolo de tecido em verde, visível na Figura 17. O número de fios que alimentam o tear é especificado pelo cliente, bem como a largura do tecido e o espaçamento entre cordas.



Figura 17 – *Output* de um tear.

O rolo quando finalizado é retirado do tear, embalado, etiquetado e transportado através do montacargas para o *buffer* de rolos de tecido em verde, onde espera para abastecer a máquina de impregnação Zell.

O processo final é a Impregnação de Tecido que, essencialmente, confere estabilidade e resistência térmica ao produto e permite que o tecido adira à borracha do pneu. Este processo consiste em alterar significativamente as propriedades físicas, através da estiragem e temperatura, e as químicas, através da solução e temperatura. O tecido em verde é mergulhado por um ou dois banhos químicos (dips) e submetido a altas temperaturas nas 7 estufas verticais, resultando no rolo representado na Figura 18.



Figura 18 – *Output* da Zell.

A máquina Zell está equipada com câmaras e monitores de forma a verificar se existe algum defeito no tecido. Se existir, o rolo segue para uma máquina que confere os defeitos – a revistadeira – e, se possível, estes são eliminados.

4.1.3 Cabo Impregnado

O Cabo Impregnado é produzido de forma muito semelhante ao Tecido Impregnado, apenas não é submetido ao processo de Tecelagem, tal como representado na Figura 19.

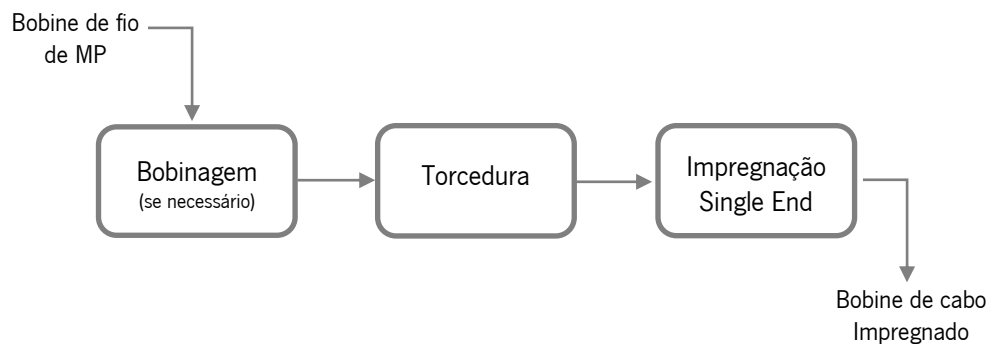


Figura 19 – Processo produtivo de Cabo Impregnado.

Após a fase da Torcedura, já explicada anteriormente, as bobines de cabo em verde seguem diretamente para a máquina de impregnar cabo – Single-End. Este processo tem o mesmo princípio de funcionamento que a Impregnação de tecido, a única diferença é que é realizada a cordas individuais.

As bobines de cabo em verde, proveniente da Torcedura, são colocadas em esquinadeiras, que podem ser móveis ou fixas. O fio é mergulhado num ou dois banhos químicos (dependendo do tipo de produto) e passa por diversas estufas horizontais de forma a secar o produto e permitir que o soluto adira ao fio. Posteriormente, o fio impregnado é novamente enrolado de forma a originar, novamente, uma bobine. A Figura 20 representa a estrutura de enrolamento das bobines de cabo impregnadas de uma máquina Single End.



Figura 20 – *Output* da Single End.

4.2 Modelação de Processos (AS-IS)

No sentido de analisar os procedimentos e processos atuais, foi importante proceder, primeiramente, à sua modelação. Assim, recorreu-se à metodologia BPMN para documentar o fluxo de informação e atividades dos principais procedimentos e processos que podem vir a sofrer alterações com a implementação do sistema MES. Esta etapa demonstrou-se crucial no desenvolvimento do projeto, uma vez que inicialmente não existia qualquer diagrama relativo a cada um dos processos, além de possibilitar a identificação de lacunas e desperdícios nos processos existentes.

Para a elaboração dos modelos apresentados nesta secção foram adotadas diferentes estratégias de recolha de informação, nomeadamente a observação direta das tarefas diárias, a análise de documentos internos da empresa, assim como reuniões com os responsáveis de cada área. Estes modelos foram desenhados através da ferramenta *Bizagi*, por ser considerado um *software* de mapeamento bastante intuitivo e de fácil compreensão e interpretação.

4.2.1 Receção de Matéria-Prima

O processo ilustrado na Figura 47 do Apêndice 1 é despoletado aquando da receção de matérias-primas. O Operador Logístico é responsável por receber toda a documentação por parte do fornecedor, nomeadamente o CoA (Instrução de Controlo) e o “Packing List” (quantidade e materiais da encomenda). Através da comparação da informação deste último documento com a Ordem de Compra, criada em SAP, o operador verifica se o material e a quantidade recebida correspondem ao que foi solicitado. Se a encomenda estiver correta, o operador regista a entrada do material no sistema, de forma a atualizar os *stocks* disponíveis. Caso contrário, deve informar a Direção de Operações e Logística e suspender a receção da MP. Após o registo da entrada de material, é gerado automaticamente o documento “Identification Card” e o impresso “Inspection Instruction”, contendo as operações que o operador deve efetuar. Se for necessário enviar amostras, este deve retirá-las para o laboratório, anexando o respetivo documento.

O Facilitador da Qualidade (FaQ) recolhe a amostra e realiza os testes de qualidade mencionados no Plano de Inspeção, existente em SAP. Se todas as características cumprirem a especificação, o SAP libera automaticamente o lote, gerando a Etiqueta Verde de Aprovação, que deve ser colada numa das paletes do lote. Os lotes rejeitados são identificados com a Etiqueta de Material Retido e, além de registar a não conformidade no documento “Inspection Instruction”, o FaQ deve comunicar o sucedido à Direção de Operações e Logística.

Simultaneamente, o operador logístico identifica o lote com o “Identification Card” e inicia o armazenamento do material, realizando o *picking* das paletes através do bin, que regista a localização do material em SAP. Até aprovação do lote por parte do FaQ, este fica retido numa localização intermédia em SAP (*In Quality Inspection*) e não poderá ser entregue à Produção, nem movimentado para consumo.

4.2.2 Requisição de Matéria-Prima pela Produção

O processo (Figura 48) de requisição de matéria-prima ao armazém pelas áreas produtivas deve ser realizado atempadamente de forma a gerir a existência de *stock* de fio disponível para as produções que decorrem ou estão planeadas decorrer. Neste sentido, é da responsabilidade do Coordenador da área verificar na Programação (*Excel*) o artigo a produzir e o *stock* de MP em armazém, em SAP. Na eventualidade de não existir *stock* suficiente, o Coordenador deve notificar o Técnico de Planeamento, que altera o artigo a produzir. Caso contrário, o pedido é realizado através de um *Excel* destinado a

este fim, identificando o artigo pretendido, o *buffer* da produção e a hora desejada para recolha do material.

Periodicamente, o Operador Logístico consulta os pedidos e, de acordo com o critério FEFO (*First Expired First Out*), verifica em SAP a localização das paletes a expedir para a produção. O operador avança para a recolha dos materiais selecionados e efetua o *picking* dos artigos. Por fim, estes são transportados para o *buffer*, para serem recolhidos pela produção.

4.2.3 Ciclo de Produção da Torcedura

O processo de início de um novo ciclo de produção da Torcedura (Figura 49 do Apêndice 1) inicia com a Requisição de MP, já explicada anteriormente. Quando a MP fica disponível no *buffer*, o Operador de Produção recolhe e abastece o torcedor com as bobines de fio e os tubos, que servirão de suporte para o produto final (bobines de cabo). Importante referir que cada artigo tem a si associado um único tubo, de forma a prevenir mistura de materiais.

No abastecimento deve ser feito um controlo visual das bobines e, caso seja detetada uma não conformidade no fio, a bobine deve ser segregada, de acordo com o processo representado na Figura 51 do Apêndice 1. Na bobine de MP deve ser colada a Etiqueta do Lote e colocada na esquinadeira de não conformes para que o FaQ analise a causa da não conformidade e a reporte à Direção da Qualidade. Se a causa for um problema interno, esta é reportada ao armazém para que outros eventos semelhantes sejam evitados e, caso se averiguar que existe possibilidade de recuperar parte da bobine, o fio não conforme deve ser segregado e colocado na caixa de scrap do artigo.

Simultaneamente e sempre que acontece uma mudança de artigo num torcedor, o Coordenador da área deve solicitar a Ficha de Processo ao Facilitador de Planeamento Geral. As Fichas de Processo estão disponíveis em formato eletrónico *Excel*, e contêm informações relativas ao artigo, parâmetros da máquina e outros dados técnicos relevantes. Depois de impressa, é entregue ao Coordenador, e colocada no sítio pré-definido na máquina, sendo que deve permanecer lá enquanto o artigo estiver a ser produzido. Além disso, na cabeceira da máquina deve ainda existir a Ficha de Pesagem 1ºJogo e o mostruário dos tubos deve ser atualizado, de acordo com a Tabela de Identificação em vigor. O mostruário, apresentado na Figura 21, é uma ajuda visual para evitar que ocorram misturas de artigos.



Figura 21 – Mostruário dos tubos do torcedor.

Além disso, o Coordenador no início de cada turno e antes de iniciar a produção de um novo artigo, deve controlar as quantidades do lote, ou seja, verificar se o *stock* do artigo em SAP corresponde àquilo que existe nas albufeiras. No caso de os valores não corresponderem, o erro deve ser identificado e a esquinadeira deve ser lançada ou, em situações de lançamentos incorretos, a informação deve ser corrigida. Este subprocesso encontra-se na Figura 50 do Apêndice 1.

Assim que a Ficha de Processo estiver disponível na máquina, o Coordenador deve avisar o Operador, que deve inserir os parâmetros do artigo na máquina e preencher a *Check-list* de arranque presente na ficha. Seguidamente, deve ser iniciado um fuso e, após 5 minutos, a bobine de amostra deve ser retirada para o laboratório para que o FaQ realize os testes de qualidade de arranque – Diferença de plies e Torção. Os resultados dos testes são registados no *Excel* “Testes 1ºJogo” e, caso algum parâmetro não cumpra as especificações, deve ser ajustado na máquina. Se os novos valores não se encontrarem dentro das tolerâncias estabelecidas, o FaQ deve notificar os novos valores ao Técnico de Processo para que estes sejam alterados na Ficha de Processo. Posteriormente, o documento deve ser, novamente, impresso e colocado na máquina. O registo da aprovação do arranque do 1ºjogo é efetuado na Ficha de Processo e, a partir desse momento, o Operador deve iniciar a produção da máquina.

Em cada arranque do torcedor, devem ser inspecionados todos os fusos com recurso ao Estroboscópio, nomeadamente o correto enfiamento e número de voltas e a existência de roletos parados. Este dispositivo permite estudar e registar o movimento contínuo do fio a elevada velocidade, com o objetivo de o fazer parecer estacionário e permitir verificar se existe alguma não conformidade. O que for identificado como incorreto deve ser corrigido e, caso necessário, abrir um Pedido de Intervenção, de acordo com o processo representado na Figura 65 do Apêndice 1.

No final do ciclo, as bobines devem ser descarregadas para carros de esquinadeiras, como os da Figura 22, ou paletes, dependendo do destino final das mesmas.



Figura 22 – Carros de esquinadeira para bobines de cabo.

Cabe ao Operador segregar e identificar bobines de corda não conforme e bobines não metradas e colocá-las nas esquinadeiras definidas para esses produtos. Simultaneamente, são pesadas dez bobines aleatórias e os pesos são registados, em duplicado, na Ficha de Pesagem 1º Jogo e no *Excel* “Pesagem das bobines”. Caso haja desvios nos valores, a metragem é ajustada na máquina para os próximos arranques. Além disso, são retiradas três bobines para o laboratório e, de acordo com o Plano de Inspeção, o FaQ assegura a execução dos testes de qualidade – Diferença de plies, Torção e Força/Alongamento. O registo é feito, novamente, no *Excel* “Testes 1º Jogo” e os resultados são lançados em SAP. Se os valores não corresponderem às especificações, os parâmetros devem ser ajustados na máquina e a alteração é comunicada ao Responsável da área produtiva, ao Técnico de Processo e ao Engenheiro de Qualidade. Por fim, o registo da aprovação do lote é feito, novamente, na Ficha de Processo e as bobines são recolocadas na esquinadeira ou palete.

Por fim, o Coordenador é responsável por lançar a produção das bobines em SAP, de acordo com o processo ilustrado na Figura 52 do Apêndice 1, identificando o artigo, o nº da esquinadeira em que estão armazenadas, a máquina, o nº de bobines e o estado das bobines (metradas, não metradas, etc). Esta transação processa a entrada de *stock* em sistema e gera automaticamente a Etiqueta de

Post de Produção que é colada na esquinadeira/palete, de forma a acompanhar o *batch* até à próxima operação.

A esquinadeira/palete é transportada para o Posto de Inspeção onde o FaQ realiza uma inspeção visual às bobines (Figura 53 do Apêndice 1). As bobines identificadas com alguma não conformidade são segregadas e a esquinadeira é preenchida com bobines conformes do mesmo artigo e identificada com a Etiqueta de Validação. As esquinadeiras/paletes só podem ser transferidas para a albufeira se estiverem identificadas como tendo sido inspecionadas.

4.2.4 Ciclo de Produção da Tecelagem

O processo da Figura 54 do Apêndice 1 representa o início de um novo ciclo de produção na Tecelagem, e inicia com a verificação do artigo a produzir na Programação (*Exce*) e na Ordem de Produção (OP), em SAP. Caso se verifique uma mudança de artigo, a respetiva Ficha de Processo deve ser consultada, impressa e colocada no tear. Tal como na Torcedura, de forma a evitar misturas de artigos, o mostruário dos tubos deve ser atualizado de acordo com a Tabela de Identificação em vigor. Posteriormente, o Coordenador verifica qual a MP (bobines de cabo produzido na Torcedura) a consumir, calculando o número de esquinadeiras necessárias através do número de fios, especificado na Ficha de Processo. Através do SAP, o Coordenador verifica o *stock* de MP, exporta as informações de todas as esquinadeiras e seleciona os *batches* mais antigos, de forma a cumprir o critério FIFO. A Lista de Esquinadeiras selecionadas é impressa e o documento é colocado no tear. Através deste documento e dos números de identificação de cada esquinadeira, o Operador reconhece as esquinadeiras que devem ser recolhidas das albufeiras e, posteriormente, carregadas no tear.

Cabe ao FaQ imprimir o documento Registo de Carga CordFabric que deve permanecer na cabeceira da máquina enquanto a ordem estiver a ser produzida. As esquinadeiras da carga devem passar por uma inspeção e, se forem encontradas bobines trocadas, é necessário corrigir a sua posição. No caso de bobines de artigo diferente, estas devem ser substituídas, e é fundamental notificar o Coordenador da Torcedura e o Responsável da Tecelagem. No final da inspeção, o número das esquinadeiras e a posição das mesmas devem ser registadas no documento Registo de Carga CordFabric. Antes do arranque da máquina, o FaQ deve, ainda, realizar a vistoria de início de carga e registar os resultados no documento. Se for identificada qualquer tipo de anomalia, esta deve ser corrigida, e, se necessário, abrir um Pedido de Intervenção. Após a seleção do programa na máquina, cabe ao FaQ dar a autorização do arranque da carga. O registo da carga é também realizado em SAP e, após a validação

da carga, são geradas e impressas as Etiquetas do Lote que irão acompanhar cada um dos rolos. Estas etiquetas são colocadas num local definido no tear.

No início da produção de cada rolo, o FaQ inspeciona o rolo através da lâmpada de luz UV, de forma a verificar se existem misturas de artigos atempadamente, e o Operador coloca na caneleira (suporte para o interior do rolo) a respetiva Etiqueta do Lote. Esta inspeção também deve ser realizada no início e a meio do turno, de forma a identificar misturas de Matéria-Prima.

Durante a produção, o Operador deve assegurar que são efetuadas inspeções periódicas ao tecido e à carga para prevenir, detetar e eliminar produto com imperfeições/não conforme. Caso seja identificada alguma anomalia, esta deve ser corrigida e reportada ao FaQ, que deve registá-la no Relatório de Ocorrência (data de ocorrência, descrição da imperfeição e a causa). O tempo de paragem até à resolução do problema deve ser registado no documento Diário de Bordo (documento específico de cada tear). No final do turno, deve ser preenchido o tempo de paragem do turno e em cada tear no documento Programação Tecelagem e em formato eletrónico (*Excel*).

Quando o rolo atinge a metragem especificada, o tecido é cortado e, ao 2º e 10º rolo do lote, é produzida uma amostra para testes de qualidade. Antes de embalar o rolo, deve ser escrita uma identificação do *batch* na barra do rolo para que, em caso de extravio da etiqueta, seja possível identificá-lo. As informações do rolo (Ordem de Produção, número do rolo do lote, metragem, hora de início da produção) são registadas no Registo de Carga CordFabric e o artigo é lançado em SAP. No último rolo do lote deve ser fechada a Ordem de Produção em sistema, identificando a hora de fim de produção. A Etiqueta de Post de Produção é gerada automaticamente e colada numa das extremidades do rolo. O processo relativo ao registo de produção da Tecelagem encontra-se na Figura 55 do Apêndice 1.

Por fim, o rolo é transportado para a albufeira de rolos em verde e a localização (fila da albufeira) é atualizada no *Excel* de Organização do armazém em verde.

O ciclo é reiniciado até à produção do último rolo do lote. Nesse momento, os tubos vazios devem ser colocados no espaço de armazenamento e as esquinadeiras vazias na zona da albufeira para serem usadas novamente pela Torcedura. Além disso, as guias devem ser limpas para novas cargas do tear.

4.2.5 Ciclo de Produção da Impregnação de Tecido

O início de um ciclo de produção na Zell, ilustrado no processo da Figura 56 do Apêndice 1, tal como nos processos anteriores, inicia com a verificação do artigo a produzir na Programação (*Excel*). Se se

verificar uma mudança de série, isto é, mudança de tipo de MP, o Coordenador deve notificar o Operador para que este proceda à Limpeza e à verificação da operacionalidade da máquina. Nestas duas atividades, o Operador deve guiar-se pelas *Check-lists* de Limpeza e de Arranque, cumprindo todos os pontos e preenchendo-as no final.

O Coordenador deve ainda verificar se existe *stock* de rolos em verde para iniciar a produção do lote. Além disso, na eventualidade de uma mudança de artigo, os parâmetros devem ser inseridos na máquina de acordo com a Ficha de Processo do artigo, que deve permanecer na cabeceira da máquina. Posteriormente, deve ser preparado o soluto e o consumo dos químicos deve ser registado em SAP, de forma a gerir o seu *stock*. Os parâmetros da máquina devem ser sempre verificados e, caso algum não esteja de acordo com a Ficha de Processo do artigo em questão, este deve ser ajustado. A informação de cada um dos rolos a consumir deve ser registada no Mapa Diário.

Através do *Excel* de organização do armazém em verde, o Operador verifica a fila onde os rolos pretendidos estão armazenados. Após a confirmação da etiqueta, o rolo é recolhido e desembalado, devendo ser feita uma nova verificação da identificação na barra do rolo. Nas situações em que as duas identificações (etiqueta e barra) não coincidam, o rolo deve ser bloqueado em sistema, elaborando o respetivo Relatório de Ocorrência e, após colar a Etiqueta de Material Retido, este deve ser segregado para a zona estabelecida. Caso contrário, o rolo é pesado, o valor é registado no Mapa Diário e, posteriormente, é colocado na máquina.

Após o início da produção, o Operador deve assegurar que são realizadas inspeções periódicas para que as não conformidades sejam detetadas o mais rápido possível. Nestes casos, deve ser verificada a metragem na máquina onde foi detetado o defeito, elaborando, posteriormente, o Relatório de Ocorrência.

No fim do ciclo, o rolo é retirado e embalado e informações como a largura e o peso devem ser registadas no Mapa Diário. Além disso, a produção do rolo é lançada em SAP, originando a Etiqueta de Post de Produção, em duplicado, que devem ser coladas em cada um dos lados do rolo. Em situações em que os rolos possuem amostra, esta deve ser retirada para o laboratório e, de acordo, com o Plano de Inspeção, o FaQ procede à realização dos testes de qualidade. Os resultados são registados num ficheiro *Excel*, sendo que se estes não estiverem de acordo com as especificações, devem ser refeitos os testes. Se os resultados continuarem fora das especificações, o FaQ deve bloquear o rolo em sistema, elaborar o Relatório de Ocorrência, segregando o produto para a zona de retidos identificado com a respetiva etiqueta e a não conformidade deve ser notificada à Direção da Qualidade. Por fim, todos

os resultados dos testes são lançados em SAP. Este processo pode ser consultado na Figura 57 do Apêndice 1.

Se for detetada alguma anomalia durante o processo, após o registo do rolo, este é imediatamente segregado e o Operador deve notificar a ocorrência ao FaQ, para proceder ao bloqueio do rolo em SAP. A qualidade é analisada na revistadeira, onde é possível verificar a não conformidade do tecido com recurso a uma luz UV. O tecido não conforme é cortado, gerando um rolo mais curto que, se não cumprir a metragem mínima especificada pelo cliente, é totalmente sucitado. Caso contrário, este é desbloqueado em sistema e pode ser colocado no ponto de recolha ao armazém.

4.2.6 Ciclo de Produção de Impregnação de Corda

A Figura 58 do Apêndice 1 representa o processo do início de um novo ciclo de produção da Impregnação de Cabo. Tal como acontece na Impregnação de Tecido, inicia com a consulta da Programação e, na eventualidade de se verificar uma mudança de série, o Operador deve proceder à limpeza da máquina e preenchimento da respetiva *Check-list*.

Nas mudanças de artigo, o Coordenador insere os parâmetros do artigo de acordo com a Ficha de Processo, que deve ser colocada na máquina. Além disso, o soluto é preparado e o consumo dos químicos registados em sistema, para controlo de *stock* dos mesmos. Após a preparação dos *settings* da máquina, o Operador verifica a operacionalidade e os parâmetros da mesma, devendo preencher todos os campos da *Check-list* de Arranque. Em caso de existir alguma discordância em relação à Ficha de Processo, o parâmetro deve ser ajustado.

Posteriormente, as bobines em verde são recolhidas e abastecidas nas esquinadeiras. Atualmente, não existe validação dos materiais, isto é, qualquer uma das paletes do artigo pode ser recolhida. No entanto, todas as paletes são identificadas com uma letra que indica qual é a gama de valores dos pesos da palete. Deste modo, devem ser abastecidas bobines identificadas com a mesma letra de forma a uniformizar o tempo de ciclo de impregnação de cada bobine. Após o abastecimento das bobines, o Operador ata as cordas e abastece os tubos em todos os fusos, que servirão de suporte para o enrolamento do fio impregnado.

Tal como é possível visualizar na Figura 23, cada fuso da Single End possui dois espaços para colocar tubos. Nos primeiros 450 metros, o fio impregnado ainda não possui as especificações requerida, pelo que a bobine onde é feito o primeiro enrolamento deve ser retirada e sucitada. Posteriormente, a

SAHM é virada e o fio (já com as características requeridas) volta a enrolar no tubo suplente. Assim, o facto de possuir dois espaços permite que este processo seja feito de forma rápida.

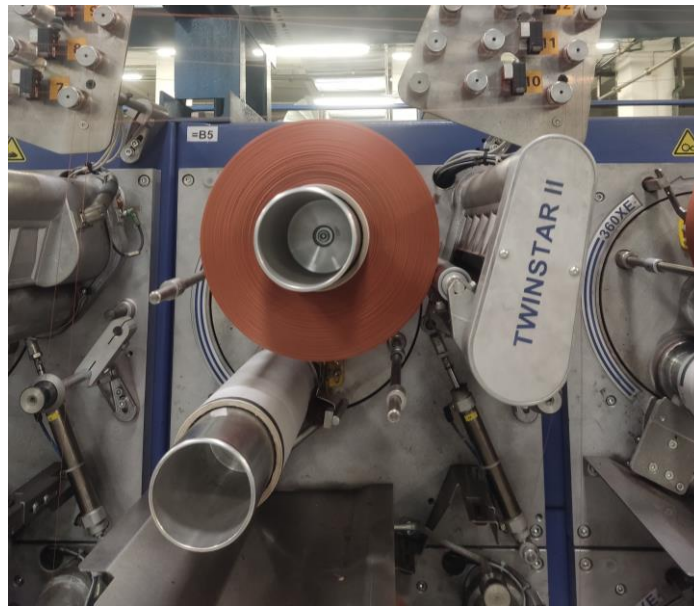


Figura 23 – SAHM de um dos fusos da Single End.

Quando as bobines atingem a metragem especificada, o Operador para a produção da máquina e vira, novamente, a SAHM para as conseguir retirar. Em cada uma das bobines é colada uma Etiqueta de Identificação, onde especifica a Data de produção, o fuso, a máquina e a metragem, para questões de rastreabilidade dos produtos. Posteriormente, são embaladas individualmente e colocadas numa caixa, que é pesada. As informações das bobines são registadas no Mapa Diário e a produção é lançada em sistema, gerando a Etiqueta de Post de Produção, em duplicado, que são coladas na caixa. Para garantir a qualidade dos artigos, são retiradas 3 bobines aleatórias para o laboratório, de 24 em 24 horas. De acordo com o Plano de Inspeção, o FaQ realiza os diversos testes de qualidade e os resultados são registados no *Excel*. Em situações em que os dois testes não estiverem de acordo com as especificações do artigo, o FaQ deve segregas as bobines afetadas e proceder da mesma forma que na Impregnação de Tecido. O processo de registo de produção encontra-se detalhado na Figura 59 do Apêndice 1.

Se no decorrer da produção for detetada alguma não conformidade, a máquina deve ser imediatamente parada e o Operador deve elaborar o respetivo Relatório de Ocorrência. Em caso de corda partida, apenas a bobine afetada deve ser retirada, verificando a sua metragem até ao momento. Se cumprir a metragem mínima especificada pelo cliente, a bobine deve ser identificada com uma etiqueta (Data, fuso, máquina e metragem), embalada e colocada na caixa correspondente ao mesmo

artigo e gama de metragem. A produção da bobine deve ser registada no *Excel* e quando existem bobines suficientes para formar um Creel (quantidade mínima do lote definido pelo cliente), a caixa é lançada em sistema e identificada com as Etiquetas de Post de Produção. Por fim, é transportada para o ponto de recolha ao armazém.

Em outros cenários, nomeadamente diferenças nos parâmetros da máquina com as especificações, as bobines devem ser registadas em sistema e bloqueadas, impedindo que sejam manipuladas até que a sua conformidade seja validada pelo FaQ. Conforme o Plano de Inspeção, os testes de qualidade são realizados a uma amostra, e, se os resultados estiverem de acordo com as especificações, o material é desbloqueado em SAP e transportado para o ponto de recolha ao armazém. Caso contrário, a caixa é segregada, devidamente identificada, e a não conformidade deve ser reportada à Direção da Qualidade. Independentemente dos resultados, os parâmetros são validados e ajustados na máquina, de acordo com as diretrizes da Ficha de Processo.

4.2.7 Ciclo de Produção da Tricotagem

A primeira fase da produção das Malhas Termofixadas é a Tricotagem, cujo processo se encontra apresentado na Figura 60 do Apêndice 1. A primeira atividade envolve a Requisição de Matéria-prima ao armazém, realizada com recurso ao *Excel*, seguindo o processo previamente descrito. A solicitação de MP deve ser feita atempadamente, de forma a garantir a existência de *stock* de fio para as produções planeadas. O Operador recolhe a MP no *buffer*, de acordo com o critério FEFO, abastece as bobines nas esquinadeiras do tear e ata os fios (2 a 2 bobines), tal como na Figura 24.



Figura 24 – Esquinadeiras fixas dos teares circulares.

Nas mudanças de artigo, o Coordenador coloca a Ficha de Processo do artigo junto à consola de comando do tear e notifica o Facilitador da Manutenção, que ajusta os parâmetros na máquina. Os parâmetros são verificados novamente e é criada uma Ordem de Produção em SAP.

Antes do arranque do tear, e no início de cada turno, o Operador deve efetuar a verificação da operacionalidade da máquina, usando a *Check-list* existente. Após a conclusão da inspeção, o tubo que servirá de centro para o rolo é colocado na máquina e o Operador dá início à produção do rolo. Tal como nos processos anteriores, cabe ao colaborador assegurar que são feitas inspeções periódicas para detetar e eliminar produto com imperfeições.

No fim da produção do rolo, o Operador deve seguir o processo definido na Figura 61 do Apêndice 1. Em primeiro lugar, corta o tecido, retira o rolo e coloca o desperdício gerado do processo na caixa do artigo correspondente. Após medir a largura do rolo, as informações do artigo devem ser registadas no *Excel* “Registo de Produção de Teares” e deve ser efetuado o *posting* em SAP. A Etiqueta, gerada pelo SAP, deverá acompanhar o rolo até à próxima operação – Ramulagem. De forma a detetar eventuais erros de parametrização, são retiradas amostras para o laboratório químico no 1º e 10º rolo de cada Ordem de Produção. O FaQ procede à realização dos testes físicos, registando os resultados no respetivo ficheiro *Excel*. Se, na segunda tentativa, os resultados, diferirem das especificações definidas, os parâmetros devem ser ajustados e o rolo afetado deve ser bloqueado em SAP. Antes de segregar o material, o FaQ deve elaborar o respetivo Relatório e colar a Etiqueta de Material Retido. A não conformidade deve ser reportada à Direção da Qualidade.

Por fim, o rolo é transportado para a respetiva fila da albufeira de rolos em verde e o tear deve ser limpo de forma a não afetar a qualidade dos rolos seguintes. Na albufeira existe um quadro dedicado à identificação das filas, sendo que cada uma delas está associada a um único artigo. Assim, no fim da produção do 1º Rolo da OP deve ser atribuído a etiqueta do respetivo artigo a uma fila e, no armazenamento dos restantes rolos, deve ser respeitada essa fila.

Caso seja detetada alguma não conformidade no decorrer da produção, o Operador deve parar imediatamente a produção da máquina, cortar o tecido e verificar a metragem atual do rolo. Apesar do rolo não cumprir a metragem completa, este deve ser registado em sistema e deve ser elaborado o Relatório de Ocorrência. Se este cumprir a metragem mínima definida pelo cliente, o rolo é armazenado na albufeira. Caso contrário, o artigo é bloqueado em SAP, a etiqueta é anexada ao relatório e deve ser sucitado de imediato.

4.2.8 Ciclo de Produção da Ramulagem

De forma a assegurar as propriedades físicas desejadas ao produto, os rolos de malha em verde avançam para a fase da Ramulagem, a qual é minuciosamente descrita na Figura 62 do Apêndice 1. Assim, numa primeira fase o Coordenador deve verificar qual é o artigo a produzir e o respetivo *stock* de rolos em verde. Nas mudanças de artigo, o Coordenador consulta as especificações na Ficha de Processo e prepara a resina. Além disso, os parâmetros devem ser ajustados na máquina segundo a Ficha de Processo do artigo, que deve permanecer na consola de comandos enquanto o artigo estiver a ser produzido. Estes parâmetros são verificados por uma segunda pessoa, para que sejam evitados ao máximo erros de parametrização.

Antes de cada arranque da máquina, o Operador deve efetuar a verificação da operacionalidade da Râmula e preencher a *Check-list* de Arranque existente. Após a conclusão da inspeção, o Colaborador verifica a fila da etiqueta do artigo no quadro, confirma a Etiqueta do rolo em verde e recolhe-o da albufeira. O rolo em verde e o novo tubo são abastecidos na máquina de forma a dar início à produção da Râmula.

Esta máquina está equipada com câmaras que permitem identificar não conformidades no fio e intervir o mais rápido possível. Nestes casos, a produção da máquina deve ser imediatamente parada, o rolo é retirado da máquina e, através do sistema, deve ser verificada a metragem onde foi observada a anomalia para que o tecido afetado seja cortado. O artigo é registado em sistema e elaborado o respetivo Relatório de Ocorrência. Se, de acordo com as regras dos rolos curtos do cliente, o rolo cumprir a metragem mínima especificada, este é transportado para o armazém de Produto Acabado e a produção da máquina deve ser retomada. Caso contrário, a Etiqueta de Post de Produção é anexada ao Relatório e o rolo é totalmente sucitado.

Na saída da máquina, a malha é enrolada no tubo de cartão e, ao atingir a metragem especificada, o tecido é cortado e o rolo é retirado. Posteriormente, o rolo é embalado e as informações, como OP, Batch do rolo em verde, metragem, etc, são registadas no *Excel* “Registo de Produção”. Além disso, é efetuado no SAP o *posting* do rolo, processando a entrada do *batch* em *stock* e gerando uma Etiqueta, em duplicado. Estas etiquetas são colocadas em cada uma das laterais do rolo. Para avaliar a qualidade dos produtos, são retiradas amostras do primeiro rolo e a cada seis rolos do lote. As amostras, devidamente identificadas com a Etiqueta, devem ser rapidamente colocadas no laboratório para acondicionamento. O FaQ realiza os testes de qualidade, de acordo com o Plano de Controlo definido em SAP, registando os resultados no *Excel* “Registo de Produção” e no SAP. Se estes

estiverem fora das especificações, os parâmetros da máquina devem ser ajustados de forma a não afetar outros artigos e deve ser seguido o procedimento de segregação do material, já explicitado no processo anterior. Este processo encontra-se representado na Figura 63 do Apêndice 1.

4.2.9 Lançamento de Scrap

Durante todo o processo produtivo são gerados desperdícios de material (Scrap), quer por sobras de Matéria-Prima, desperdícios do próprio processo, não conformidades ou, ainda, testes de qualidade. Apesar de serem considerados sucata para a empresa, estes desperdícios são vendidos após validação por parte da Qualidade.

Para a recolha de todo o desperdício, existem, em todas as áreas da produção, caixas para cada um dos diferentes materiais. A Figura 64 do Apêndice 1 descreve o fluxo relacionado com o Lançamento de Scrap. No início do processo, o FaQ realiza as pesagens das não conformidades e o preenchimento da Ficha de Scrap associada à caixa. Além disso, é essencial registar as informações dos desperdícios, tanto no *Excel*/do Scrap, como no SAP.

Quando a caixa fica cheia, a Qualidade valida a soma das diferentes parcelas registadas em SAP, assim como o material que contém. Em caso de necessidade de correção de material, os valores registados devem ser retificados em sistema; caso contrário, o material é transferido para o armazém. Este movimento em sistema gera automaticamente uma Etiqueta de Scrap que deve ser colada na respetiva caixa, que deve ser transportada fisicamente para o armazém pelo Operador Logístico.

4.2.10 Pedido de Intervenção

O processo representado na Figura 65 do Apêndice 1, ocorre quando é detetada qualquer avaria num equipamento. Nestas situações, o operador regista em SAP o pedido de intervenção, identificando a máquina, a zona, o tipo e a descrição da avaria.

Os Técnicos de Manutenção verificam os pedidos em SAP e procedem à sua reparação. Quando a avaria fica resolvida, o pedido deve ser fechado em SAP e o arranjo deve ser notificado ao operador que iniciou o pedido, para que o equipamento possa ser novamente utilizado.

4.2.11 Expedição de Produto Acabado

A expedição de produto acabado segue o fluxo apresentado na Figura 66 do Apêndice 1. Após a receção do Planeamento de Expedição, elaborado semanalmente pelo Técnico de Vendas, o Operador Logístico analisa a viabilidade dos embarques durante a semana. Em casa de rejeição, a Direção de

Operações e Logística deve ser informada; caso contrário, após a impressão do documento, o Colaborador imprime do SAP a listagem de artigos Produto Acabado em armazém para proceder à seleção dos artigos a expedir. Posteriormente, identifica os artigos por cliente, considerando o tipo de cliente e a data de validade. É fundamental observar que todos os artigos possuem uma data de validade que deve ser respeitada. Neste sentido, se se tratar de um cliente internacional e se a validade for inferior a 90 dias, o Operador deve notificar a Direção de Operações e Logística; no caso de ser um cliente nacional e a validade já ter expirado, o artigo deve ser segregado. Nestes artigos, o FaQ realiza novos testes de qualidade e nas situações em que os testes não estiverem de acordo com o especificado, o artigo é bloqueado em SAP, identificando-o com uma Etiqueta de Material Retido. Caso contrário, a validade do rolo é prolongada em sistema e o artigo pode ser expedido.

Após esta validação, o Operador procede à elaboração da Nota de Pesos, isto é, o documento onde são descritas as unidades a expedir, de acordo com o critério FEFO, sendo que só devem constar artigos aprovados. Estes artigos são faturados em SAP, gerando a respetiva Etiqueta.

Atualmente, não existe nenhum mecanismo de *picking* automático do Produto Acabado, pelo que o operador apenas sabe a que fila se tem de dirigir pelos ficheiros do Plano de Produção das áreas de Impregnação e Malhas. Assim, o Operador deve dirigir-se à fila, registada nos ficheiros no momento de armazenamento, e confirmar as Etiquetas de Post de Produção e de Faturação. Se estas etiquetas corresponderem, a Etiqueta é colocada no artigo e este é carregada no camião.

Adicionalmente, se o cliente requerer uma amostra, o Operador Logístico deve solicitá-la ao FaQ para que seja incluída na mercadoria. O FaQ é responsável por verificar os requisitos do cliente e preparar a amostra, acompanhada do respetivo documento de Instrução de Controlo (CoA). Além disso, é necessário entregar ao transportador uma cópia da nota de pesos e o Guia de Transporte.

4.3 Análise Crítica e Identificação de Problemas

A análise da situação atual da organização é uma etapa fundamental no sentido da melhoria dos processos de negócio. Os diagramas apresentados no Apêndice 1, referentes à secção anterior oferecem uma visão mais clara e abrangente de todos os procedimentos envolvidos desde a receção da Matéria-Prima à expedição do Produto Acabado.

Assim, neste subcapítulo serão descritos os problemas e os desperdícios decorrentes dos processos analisados, identificados através do acompanhamento diário das atividades e da análise dos processos. Além disso, será estudado o impacto que uma futura implementação do sistema MES terá na empresa,

considerando o número de atividades e consumo de papel. Neste sentido, identificaram-se a vermelho todas as atividades e documentos que podem ser eliminados/substituídos através do sistema.

4.3.1 Análise das Atividades

Após a modelação do estado atual dos processos, é importante identificar as atividades que podem ser substituídas aquando da implementação do Sistema de Controlo da Produção. Neste sentido, conduziu-se uma análise em colaboração com a Direção da Produção da empresa, baseada nas especificações requeridas pela empresa para o sistema MES. Assim, este processo envolveu a classificação de cada atividade em duas categorias diferentes, entre elas:

- (1) Atividades que são necessárias ao processo;
- (2) Atividades que podem ser substituídas pelo sistema MES.

Deste modo, todas as atividades representadas nos processos explicados previamente foram classificadas numa das duas categorias. Tal como dito anteriormente, as atividades que poderão ser substituídas através da integração do MES estão destacadas a vermelho nos processos mapeados em BPMN da situação atual (Apêndice 1). De modo geral, estas atividades estão relacionadas com o registo em papel ou em duplicado, bem como com a impressão dos papéis. A Tabela 2 apresenta o número total de atividades para cada uma das diferentes áreas e em cada um dos respetivos processos. De notar que este estudo não envolveu os processos do armazém – Receção de MP e Expedição de PA – uma vez que o plano inicial da implementação do sistema centrar-se-á na produção.

Tabela 2 – Classificação das atividades em necessárias e substituíveis pelo MES (situação atual).

Área	Processo	Atividades necessárias	Atividades substituíveis (pelo MES)
Torcedura	Ciclo de produção da Torcedura	46	11
	Registo de produção (Torcedura)	8	0
	Segregação de não conformidades	20	0
	Controlo visual de qualidade	7	0
	Controlo de lote	5	0
Teceragem	Ciclo de produção da Tecelagem	35	15
	Registo de produção (Teceragem)	6	2
Impregnação	Ciclo de produção da Impregnação de Tecido	40	3
	Registo de produção (Impregnação de Tecido)	17	3
	Ciclo de produção da Impregnação de Corda	50	2
	Registo de produção (Impregnação de Corda)	19	3
Malhas	Ciclo de produção da Tricotagem	23	1
	Registo de produção (Tricotagem)	17	3
	Ciclo de produção da Ramulagem	27	1
	Registo de produção (Ramulagem)	18	3
Geral	Lançamento de Scrap	5	0
	Pedido de Intervenção	9	1
	Requisição da MP pela produção	9	1
Total		361	49

4.3.2 Análise do Consumo de Papel

Nos últimos tempos, a empresa tem vindo a desenvolver projetos com vista à digitalização da informação do chão de fábrica. No entanto, a utilização de registo em papel ainda é uma realidade constante em todas as áreas. Muitos dos registos são utilizados para alimentar bases de dados que permitem analisar/identificar tendências.

O sistema MES desempenha um papel crucial na transformação digital das empresas, permitindo transitar de processos baseados em papel e registo manual para uma infraestrutura digitalizada e conectada. Através da recolha de dados em tempo real de várias fontes, como máquinas ou sensores, este sistema permitirá eliminar muitos dos registos manuais, reduzindo a probabilidade de ocorrência de erros humanos e melhorando a precisão dos dados. Além disso, a redução do papel pode trazer outros benefícios significativos para a empresa e o meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade e conservação de recursos naturais.

Neste sentido, considerando que a implementação do Sistema de Controlo da Produção trará vantagens significativas na redução do consumo de papel, tornou-se revelante avaliar o estado atual da empresa neste campo. Assim, procedeu-se ao levantamento da quantidade de folhas impressas em cada área. Mais uma vez, o estudo do consumo de papel não englobou os processos do armazém.

Na área da Torcedura, em cada mudança de artigo, é necessário imprimir tanto a Ficha de Processo como a Ficha de Pesagem 1º Jogo. Além disso, cada lote de bobines produzidas é identificado com uma Etiqueta de Post de Produção e uma Etiqueta de Validação. É, ainda, importante destacar que nesta área existe um carro esquinadeira para as bobines com defeito, onde é mantido o documento de Registo de Bobines não conformes.

Atualmente, a Tecelagem é a área em que o consumo de papel ainda é preocupante. Para cada lote, são impressos três documentos: Ficha de Processo, Lista de Esquinadeiras e Registo de Carga CordFabric. Todos os rolos são identificados com a Etiqueta de Post de Produção e Etiqueta de Lote e, em cada ocorrência de não conformidade são preenchidas duas folhas de Relatório. Além disso, a contabilização do tempo de paragem é registada nas folhas Diário de Bordo e Programação Tecelagem.

Na Impregnação, o registo dos artigos produzidos é feito no Mapa Diário e cada artigo é identificado com duas Etiquetas de Post de Produção e, no caso das bobines, são, ainda, coladas Etiquetas de Identificação em cada uma delas. Em relação às unidades não conformes, estas são identificadas com uma outra Etiqueta e o Operador preenche duas folhas de Relatório.

Relativamente à área das Malhas, o único documento excepcional é a *Check-List* da Ramulagem, cujo preenchimento acontece em cada arranque da máquina.

Por fim, as Fichas e Etiquetas de Scrap são comuns a todas as áreas e estão associadas a cada caixa de scrap.

A Tabela 3 resume todos os documentos e etiquetas impressos em cada uma das diferentes áreas, bem como a quantidade anual para cada um deles. Importante salientar que todos estes valores são fundamentados nos resultados do ano de 2022, obtidos através do histórico dos registos em SAP e de arquivos internos.

Tabela 3 – Consumo de papel, em quantidade, por ano em cada área (situação atual).

Área	Tipo de Recurso	Documento	Quantidade Anual (Ano 2022)
Torcedura	Folha de Papel	Ficha de Processo	450
		Ficha de Pesagem 1º Jogo	450
		Registo de Bobinas não conformes	250
	Etiqueta	Etiqueta Post de Produção	30894
		Etiqueta de Validação	30894
Tecelagem	Folha de Papel	Ficha de Processo	1253
		Lista de Esquinadeiras	1253
		Registo de Carga	1253
		Diário de Bordo	400
		Programação Tecelagem	100
		Relatório de Ocorrência	2052
	Etiqueta	Etiqueta Post de Produção	18452
		Etiquetas do Lote	18452
Impregnação de Tecido	Folha de Papel	Mapa Diário	1400
		Relatório de Ocorrência	1908
	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	1908
		Etiqueta Post de Produção	36922
Impregnação de Corda	Folha de Papel	Mapa Diário	1400
		Relatório de Ocorrência	1068
	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	1068
		Etiqueta Post de Produção	14312
		Etiqueta de Identificação	403645
Tricotagem	Folha de Papel	Relatório de Ocorrência	528
	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	528
		Etiqueta Post de Produção	22248
Ramulagem	Folha de Papel	<i>Check-List</i> Processo Ramulagem	175
		Relatório de Ocorrência	480
	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	480
		Etiqueta Post de Produção	27776
Geral	Folha de Papel	Ficha de Scrap	1137
	Etiqueta	Etiqueta de Scrap	1137

Sendo assim, a empresa, em todas as áreas produtivas, **gera 15557 folhas de papel e 608716 etiquetas de identificação dos artigos.**

4.3.3 Identificação de Problemas

Finalizada toda a análise dos processos atuais da empresa, este subcapítulo envolve a identificação criteriosa de problemas, que serão a base para a subsequente elaboração das propostas de melhoria. O mapeamento dos processos e a observação das tarefas diárias dos colaboradores possibilitaram a

identificação de ineficiências nos processos, que serão abordadas detalhadamente nos próximos subcapítulos.

4.3.3.1. Monitorização ineficaz dos *setups* das máquinas

A Torcedura é a área mais extensa da fábrica, composta por um total de 43 máquinas distribuídas por várias zonas do chão de fábrica. Dada a extensão da área e a natureza prolongada dos ciclos de produção, toda a gestão das máquinas na área torna-se um desafio significativo.

De facto, o principal problema residia na identificação com precisão do momento em que cada máquina finaliza o ciclo de produção e requer um processo de *setup*. Para este fim, cada máquina está equipada com um ecrã que exhibe a hora estimada de paragem, geralmente coincide com o momento em que as bobines atingem a metragem especificada no início do ciclo. Para acompanhar estas paragens e programar os *setups*, os Coordenadores, no início de cada turno, percorriam toda a área produtiva e registavam em papel as horas de paragens das máquinas.

Este método apresentava muitas limitações. De facto, não existia um local centralizado em que todas as partes interessadas pudessem verificar facilmente as horas de paragem, dificultando uma coordenação eficaz. Além disso, o processo de verificação dos monitores de todas as máquinas da Torcedura consumia demasiado tempo, que poderia ser direcionado a atividades mais produtivas, relevando-se uma atividade que gerava grande desperdício. Todos estes fatores resultavam em *setups* menos eficientes, devido à difícil perceção da paragem das máquinas. Consequentemente, os Operadores tendiam a demorar mais tempo a atuar nas máquinas mais urgentes, resultando em tempos perdidos e atrasos na produção, que não são contabilizados nem analisados.

Perante estes desafios, é evidente a necessidade de uma solução mais eficaz e integrada para monitorizar e gerir as paragens das máquinas na área da Torcedura. Neste sentido, existia um ficheiro *Excel*, no qual os Coordenadores da área deviam atualizar os arranques das máquinas. No sistema era inserida a hora de início de produção e o artigo que estava a ser produzido para cada máquina e, de acordo com o tempo de ciclo do artigo, era calculada a hora de paragem de cada uma delas. No entanto, o ficheiro revelava-se pouco *user-friendly*, apresentando erros e problemas frequentes, bem como informações desatualizadas. Por estes motivos, o principal objetivo de gestão das paragens das máquinas não estava a ser devidamente cumprido, pelo que os Coordenadores recorriam ao processo de verificação máquina a máquina.

4.3.3.2. Dificil previsão da carga de trabalho por turno

Na sequência do problema detalhado anteriormente, dada a imprevisibilidade das paragens dos Torcedores, tornava-se também difícil prever a carga de trabalho por turno. Atualmente, todos os turnos são compostos pelo mesmo número de recursos de mão de obra. No entanto, dado que existem diferentes artigos em produção nas máquinas da Torcedura, ou seja, máquinas com tempos de ciclo diferentes, surgiam desequilíbrios de carga de trabalho entre os diferentes turnos. Isto é, existiam situações em que um turno não tinha capacidade de resposta a todos os *setups* das máquinas e, pelo contrário, outro em que a carga de trabalho era mais leve.

Esta situação prejudicava não só a eficiência operacional, mas também a moral dos colaboradores, uns pela sobrecarga de trabalho enquanto outros pela desocupação. No entanto, uma vez que não existia um método eficaz que permitisse ao Líder da Torcedura prever a quantidade de trabalho em cada turno, tornava-se difícil alocar um colaborador de um turno mais calmo para um turno com mais carga de trabalho, de forma atempada e oportuna.

Portanto, torna-se importante procurar uma solução que permita gerir de forma mais eficiente a mão de obra, com vista ao equilíbrio entre o número de recursos humanos disponíveis e a carga de trabalho em cada turno.

4.3.3.3. Informação descentralizada

Para o sucesso de qualquer operação empresarial, é importante acompanhar alguns indicadores essenciais. No entanto, o sistema de monitorização dos KPIs da empresa enfrentava alguns desafios que afetavam a sua avaliação de forma eficaz.

Para obter uma visão completa dos indicadores mais relevantes, os responsáveis por cada célula de produção recolhiam as informações necessárias de várias bases de dados. Isto é, toda a informação estava descentralizada e não existia um painel que fornecesse uma visão abrangente e imediata do estado dos KPIs. Como resultado, estes indicadores apenas eram avaliados periodicamente (2x por semana). Deste modo, o facto de não existir um acompanhamento contínuo, resultava em atrasos na deteção de qualquer desvio em relação ao objetivo e, conseqüentemente, a perdas de oportunidades de ação imediata. Além disso, a falta de um método que permita ações corretivas *just in time* significa que as conseqüências negativas poderiam intensificar-se antes que as medidas fossem tomadas.

Em suma, a descentralização da informação compromete a monitorização eficiente e em tempo real dos KPIs e a capacidade de identificar, responder e corrigir proativamente a desvios em relação às metas da empresa.

4.3.3.4. Falta de rastreabilidade das esquinadeiras nas albufeiras

Tal como foi explicado nos capítulos anteriores, as bobines de cabo estão armazenadas em carros de esquinadeira. Estes carros podem estar completos, após a sua produção na Torcedura, ou vazios, depois de libertos na Tecelagem, que se encontram armazenados temporariamente nas albufeiras da Torcedura e Tecelagem, dispersas e descentralizadas no chão de fábrica. Existem ainda esquinadeiras em carga a abastecer a produção de todos os teares da Tecelagem.

As albufeiras são compostas por várias filas de vários tamanhos e, de forma a prevenir misturas de artigos, cada fila deve corresponder, preferencialmente, a um único artigo. No entanto, nenhuma das filas se encontrava identificada.

Em relação às esquinadeiras, estas são assinaladas por um número único, facilitando a sua identificação. Contudo, nas visitas ao chão de fábrica verificou-se que a placa com o número não era muito visível, tornando difícil a perceção das esquinadeiras presentes em cada albufeira. Esta identificação permite rastrear, em parte, o produto, uma vez que é com este número que as bobines de cabo provenientes da Torcedura são registadas em SAP. Isto é, no fim da produção de um lote de bobines na Torcedura, é feito o seu registo da produção, identificando o número do carro-esquinadeira onde estão armazenadas.

O problema central da gestão das esquinadeiras no *shop floor* reside na falta de registo que associe o número do carro à sua localização (albufeira e respetiva fila). Este problema resulta em ineficiências que impactam diretamente em duas áreas de produção – Torcedura e Tecelagem.

No que diz respeito à área da Torcedura, os principais desafios residiam na atribuição adequada de cada esquinadeira a uma fila específica, a fim de assegurar que em cada fila apenas estão armazenados carros de um único artigo. Além disso, dada a distribuição das diversas albufeiras, tornava-se complexo determinar quais esquinadeiras e filas estão disponíveis para um novo abastecimento. Portanto, a perceção da ocupação das diferentes albufeiras e respetivas filas era efetivamente uma tarefa difícil.

Na Tecelagem, tal como nas restantes áreas da fábrica, as esquinadeiras são consumidas de acordo com o princípio FEFO. Assim, de acordo com os lançamentos de produção no SAP, os Operadores

carregam nos teares as esquinadeiras mais antigas, procurando-as através do seu número. Esta recolha, por vezes, era uma tarefa ineficiente e que gerava grandes desperdícios de tempo e movimentações. Efetivamente, uma vez que não existia a informação sobre a localização das esquinadeiras, os colaboradores gastavam um tempo considerável na procura de um número específico. Consequentemente, percorriam longas distâncias ao longo das várias albufeiras, ao invés de se dirigirem imediatamente à localização exata.

Com o objetivo de identificar e compreender as causas-raiz do problema em análise, procedeu-se à elaboração de um Diagrama de *Ishikawa* (Figura 25). Este diagrama apresenta as causas, já identificadas na explicação do problema, divididas por quatro categorias: mão-de-obra, método, material e meio ambiente.

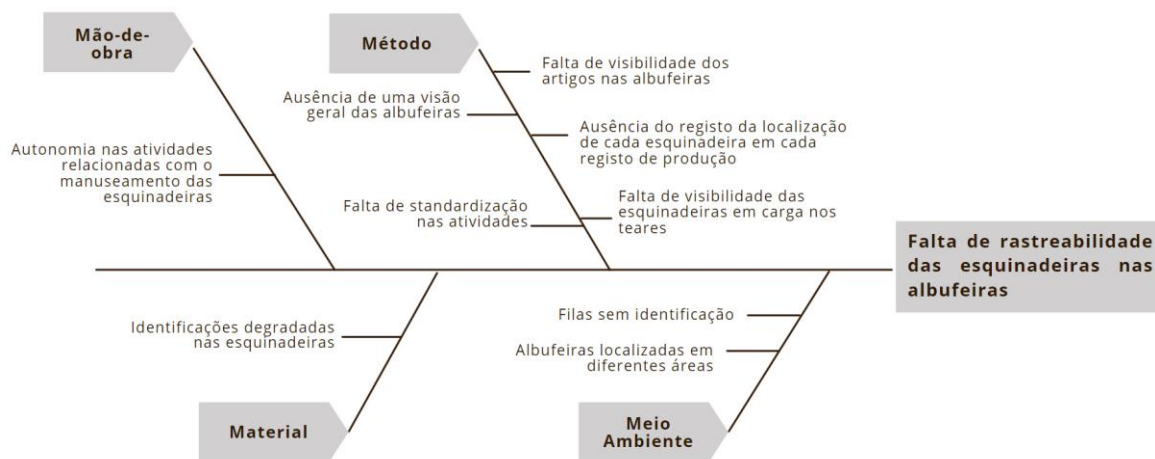


Figura 25 – Diagrama de *Ishikawa* para o problema "Falta de rastreabilidade das esquinadeiras nas albufeiras".

4.3.3.5. Falta de identificação dos locais de armazenamento de tubos

Todos os tubos das bobines de cabo são reutilizáveis, isto é, após o consumo das bobines na Tecelagem ou na Impregnação de cabo, os tubos são, novamente, armazenados em espaços específicos, como os da Figura 26, para serem novamente utilizados na área da Torcedura. Estes espaços de armazenamento de tubos estão dispersos por todo o chão de fábrica.



Figura 26 – Espaços de armazenamento de tubos vazios.

Tal como foi mencionado anteriormente, os artigos são distinguidos com base na cor e material do tubo, pelo que, preferencialmente, cada artigo deve ter a si associado apenas um tipo de tubo. Estas especificações estão detalhadas num documento, que requer atualização sempre que ocorrer uma mudança na associação entre o material e o tubo correspondente. Neste sentido, tubos diferentes devem ser armazenados em espaços distintos.

O principal desafio reside na gestão e procura dos tubos pelos espaços de armazenamento. Uma vez que não existe qualquer sistema de registo do tubo presente em cada local, é difícil manter um controlo eficiente deste armazenamento. Como resultado, os colaboradores quando necessitam de abastecer os torcedores com tubos ou na sua arrumação no final da produção de cada lote na Tecelagem e Impregnação de Cabo, percorrem longas distâncias de forma a encontrar o local onde está armazenado o tubo desejado. Tudo isto gera ineficiências no processo, incluindo:

- (1) **Grandes distâncias de transporte:** O transporte frequente dos tubos entre os espaços de armazenamento e as áreas de produção pode resultar em distâncias significativas percorridas, que, por sua vez, aumenta os custos operacionais e o consumo de recursos;
- (2) **Movimentações elevadas:** Por vezes, os operadores, dado que não sabem o local exato do tubo desejado, percorrem longas distâncias, resultando em desperdícios de tempo e recursos;
- (3) **Tempo improdutivo durante as deslocações:** O tempo gasto na procura dos tubos pelos espaços de armazenamento é considerado tempo improdutivo, não contribuindo para a produção eficiente.

Com o intuito de analisar as movimentações relacionadas com o transporte dos tubos recorreu-se ao diagrama de *spaghetti*. As movimentações estudadas incidiram nas atividades relacionadas com o abastecimento de tubos nos torcedores e com o armazenamento de tubos vazios nos espaços, após a produção na Tecelagem. Para cada uma destas situações, foram analisadas quatro amostras, tal como se pode observar no diagrama da Figura 27. A escolha de um número limitado de amostras deve-se especialmente aos elevados tempos de ciclo (média de 20 horas), que dificultaram a realização de um estudo com um tamanho de amostra mais significativo.

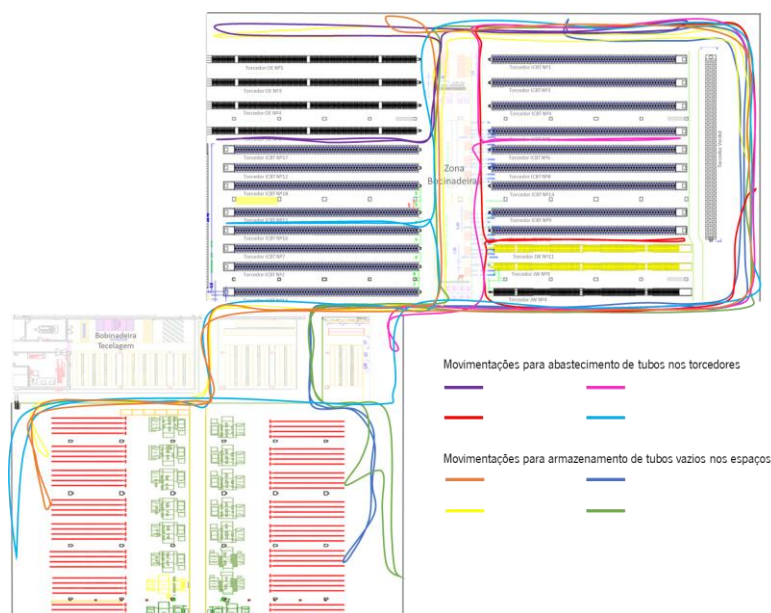


Figura 27 – Diagrama de *spaghetti* (situação inicial).

De forma a medir a dimensão do problema de forma quantitativa, quantificou-se a distância percorrida em cada uma das amostras apresentadas no diagrama. Como resultado, a Tabela 4 apresenta todos estes dados para a situação de abastecimento de tubos e o seu armazenamento. Além disso, calculou-se a média das distâncias, fornecendo, assim, um ponto de referência importante para a avaliação das movimentações.

Tabela 4 – Distâncias percorridas (situação inicial).

Abastecimento de tubos nos torcedores		Armazenamento de tubos nos espaços	
Amostra	Distância (m)	Amostra	Distância (m)
Linha roxa	305	Linha laranja	488
Linha vermelha	297	Linha amarela	584
Linha rosa	362	Linha azul-escuro	490
Linha azul-claro	613	Linha verde	414
Média	394	Média	494

De notar que os deslocamentos analisados para o armazenamento de tubos vazios consideram o transporte de tubos de cinco esquinadeiras. Atendendo que, em média, são utilizadas vinte esquinadeiras por lote na Tecelagem, o operador percorre quatro vezes a distância calculada em cada lote. Assim, a produção de um lote de rolos na Tecelagem envolve uma **média de 1976 metros percorridos pelo operador para armazenar todos os tubos vazios**. Relativamente ao abastecimento dos tubos nos torcedores, as movimentações concentraram-se num único torcedor. Deste modo, em cada jogo, **são percorridos, em média, 394 metros para abastecer os tubos no torcedor**.

4.3.4 Síntese dos Problemas

A Tabela 5 apresenta uma visão concisa e organizada dos problemas apresentados anteriormente, bem como as respetivas consequências e desperdícios associados. Esta abordagem permite compreender de forma clara e visual os desafios mais críticos que necessitam de intervenção de forma a melhorar a eficiência operacional e otimizar o desempenho da organização.

Tabela 5 – Síntese dos problemas identificados.

Problema	Consequências	Desperdícios
Ausência de documentação clara, visual e fácil acesso de todo o fluxo de informação e materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Processos não standardizados; • Erros e falhas associados; • Dependência de formação para colaboradores novos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Defeitos
Monitorização ineficaz dos <i>setups</i> das máquinas	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilidade de agir instantaneamente nas mudanças de ciclo; • Paragens de produção das máquinas; • Movimentações desnecessárias; • Elevados tempos de <i>setup</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentações
Difícil previsão da carga de trabalho por turno	<ul style="list-style-type: none"> • Desequilíbrio na alocação de recursos de mão de obra por turno tendo em conta a carga de trabalho; • Baixa eficiência operacional; • Difícil gestão de mão de obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esperas
Informação descentralizada	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização dos KPIs pouco eficiente; • Monitorização dos KPIs sem acompanhamento em tempo real; • Ações corretivas com atraso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esperas • Sobreprocessamento
Falta de rastreabilidade das esquinadeiras nas albufeiras	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em perceber o artigo presente em cada fila; • Dificuldade em perceber a localização das esquinadeiras; • Dificuldade em perceber as esquinadeiras e filas vazias para novo abastecimento; • Elevado tempo e distâncias percorridas na procura das esquinadeiras necessárias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentações • Transporte • Esperas
Falta de identificação dos locais de armazenamento de tubos	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade em perceber a capacidade e o tipo de tubo de cada espaço; • Distâncias percorridas elevadas; • Tempo improdutivo entre deslocações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentações • Esperas • Transporte

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

No presente capítulo serão apresentadas as propostas de melhoria que visam resolver, total ou parcialmente, os problemas identificados previamente (resumidos na Tabela 5). Apesar de algumas destas não terem sido executadas na totalidade, elaborou-se um plano para que as melhorias possam ter continuidade.

É importante destacar que todas estas medidas foram apresentadas à Direção de Produção, a qual aprovou a sua implementação no *shop floor*, colaborando em diversas ocasiões com valiosas sugestões.

Primeiramente, foi elaborado um plano de ações estruturado de acordo com a metodologia 5W2H que, para além de resumir todas as sugestões de melhoria, procura comunicar de forma clara e concisa os detalhes das propostas, como a justificação, o responsável, o local da implementação, entre outros, facilitando o acompanhamento das mesmas. Nos subcapítulos subsequentes, as propostas de melhoria serão abordadas de forma mais detalhada, com uma caracterização mais minuciosa.

Além disso, procurou-se projetar e modelar os processos da situação futura, ou seja, levando em consideração a integração do sistema MES no chão de fábrica, juntamente com a elaboração de um *design* para o *Dashboard* do mesmo.

5.1 Aplicação da Metodologia 5W2H

A Tabela 6 apresenta o plano de ações de acordo com a metodologia 5W2H, que pretende resumir as propostas de melhoria que irão ser apresentadas nos subcapítulos seguintes. A tabela oferece um panorama detalhado das ações planeadas, respondendo a questões fundamentadas, como "What?" (o quê), "Why" (porquê), "Where" (onde), "When" (quando), "Who" (quem), "How" (como) e "How much" (quanto).

Tabela 6 – Plano de ações de acordo com a metodologia 5W2H.

What?		Why?	Where?	Who?	When?	How?	How much?
Problem	Action						
Ausência de documentação clara, visual e fácil acesso de todo o fluxo de informação e materiais	Documentação de todos os fluxos de materiais e informação nos processos produtivos	- Criação de standards - Formação mais eficaz para colaboradores - Identificação de ineficiências	Todas as áreas produtivas	Carolina Jorge Diogo Barbosa	05/2023	Modelação dos processos com recurso à metodologia BPMN	NA
Monitorização ineficaz dos <i>setups</i> das máquinas	Previsão das horas de paragens das máquinas e centralização da informação	- <i>Setups</i> mais eficientes - Acesso em tempo real do panorama das máquinas	Torcedura	Carolina Jorge Diogo Barbosa	06/2023	Desenvolvimento de uma Ferramenta de Monitorização de <i>Setups</i> em VBA	NA
Difícil previsão da carga de trabalho por turno	Previsão do número de máquinas para <i>setup</i> em cada turno e para	- Gestão eficaz dos turnos, de acordo com a carga de trabalho	Torcedura	Carolina Jorge Diogo Barbosa	06/2023	Desenvolvimento de uma Ferramenta de Monitorização de <i>Setups</i> em VBA	NA
Informação descentralizada	Criação de uma dashboard e relatórios diários para monitorização de KPIs	- Monitorização frequente dos KPIs - Resolução de problemas	Torcedura	Carolina Jorge Diogo Barbosa	06/2023	Desenvolvimento de uma Ferramenta de Monitorização de <i>Setups</i> em VBA	NA
Falta de identificação dos locais de armazenamento de tubos	Identificação de todos os espaços de armazenamento	- Diminuir o tempo e as distâncias percorridas nas tarefas de recolha e armazenamento dos tubos	Torcedura e Tecelagem	Responsáveis das áreas produtivas	05/2023	Identificação de cada espaço de armazenamento	224€
	Centralização da localização dos tubos		Torcedura e Tecelagem	Carolina Jorge	05/2023	Criação de um mapa de identificação da localização de tubos	226€
Falta de rastreabilidade das esquinadeiras nas albufeiras	Identificação de todas as filas de armazenamento das albufeiras	- Acesso à localização de todas as esquinadeiras - Facilidade em perceber a ocupação das albufeiras	Torcedura e Tecelagem	Responsáveis das áreas produtivas	TBD	Marcação e identificação no solo das filas	TBD
	Registo da localização da esquinadeira		Torcedura e Tecelagem	Responsável pelo SAP	TBD	Desenvolvimento de uma Ferramenta de Gestão de Esquinadeiras	NA

5.2 Desenvolvimento de uma Ferramenta de Monitorização de *Setups* (Torcedura)

Dado que o desenvolvimento e implementação de um Sistema de Controlo da Produção é um processo longo e demorado, é importante criar-se ferramentas e métodos que se centrem no aumento da informação no *shop floor*. Assim, foi desenvolvida uma ferramenta com recurso ao *Excel* e a programação VBA (*Visual Basic for Applications*) com o objetivo de monitorizar os *setups* dos torcedores. A implementação centrou-se na área da Torcedura, devido à sua complexidade e ao desafio de gerir um elevado número elevado, distribuídas por várias zonas da fábrica. Como teste piloto foram abrangidos os torcedores de uma zona da Torcedura, totalizando 32 lados de máquina.

O login da ferramenta (Figura 28) requer credenciais de acesso, existindo dois níveis de acesso: Coordenador e Administrador.

O acesso de Coordenador permite realizar as seguintes ações:

- Registrar arranques;
- Adicionar, alterar ou eliminar artigos e máquinas;
- Visualizar os diferentes indicadores.

O acesso de Administrador inclui todas as capacidades do acesso do Coordenador, permitindo ainda um controle mais amplo da ferramenta como:

- Aceder ao modo editor da ferramenta, permitindo editar qualquer funcionalidade da ferramenta;
- Aceder ao histórico das transações efetuadas, associadas ao registo de arranques;
- Enviar *Reports* diários.

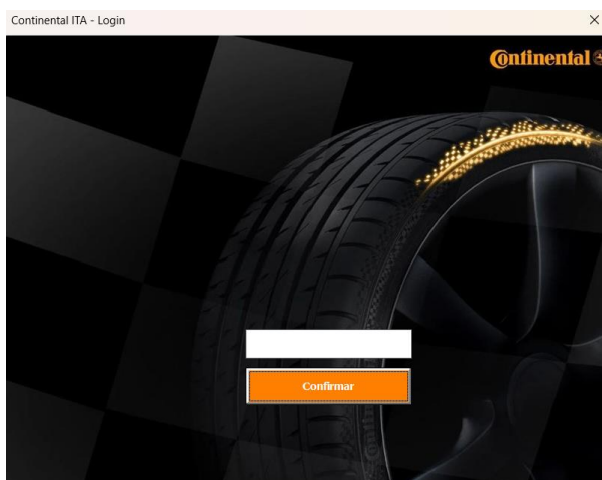


Figura 28 – Login da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

Após o utilizador efetuar o login, a ferramenta apresenta um menu com cinco páginas principais, essenciais para o acompanhamento em tempo real das paragens das máquinas, nomeadamente: *Status*, Base de Dados, Planeamento, Visão Micro e Visão Macro. As funcionalidades do programa, bem como as características de cada página, serão explicadas nos subcapítulos subsequentes.

5.2.1. Página *Status*

A página *Status* fornece uma visão geral do estado atual de todas as máquinas da área da Torcedura. Para cada um dos torcedores, os colaboradores podem verificar o artigo em produção, bem como a hora do último arranque e a hora estimada de paragem da máquina, ou seja, o momento em que deve ser realizado o *setup*. O estado indica se o torcedor ainda está em produção (*On Time*) ou se a hora prevista de paragem já passou, sugerindo algum atraso na operação de *setup* (*Delayed*). Além disso, esta visão permite compreender quantas e quais as máquinas requererão de intervenção em cada um dos turnos. Para facilitar a gestão visual, cada turno corresponde a uma cor distinta. A Figura 29 representa a visualização da página *Status* da ferramenta.

Turno	Máquina	Artigo	Arranque	Paragem (estimada)	Estado	Fusos Avariados	Quebras
2º Turno	VLK 4B	3003	02/08 11:00	03/08 14:12	Delayed		
2º Turno	VLK 1A	3003	02/08 12:00	03/08 15:12	On time		
2º Turno	JW 6B	6016	03/08 07:45	03/08 15:45	On time		
2º Turno	JW 3B	6006	03/08 01:20	03/08 18:53	On time		
2º Turno	OE 2B	7002	03/08 02:40	03/08 19:23	On time		
2º Turno	JW 6A	6016	03/08 11:45	03/08 19:45	On time		
2º Turno	JW 3A	6006	03/08 03:20	03/08 20:53	On time		
2º Turno	OE 2A	7002	03/08 05:00	03/08 21:43	On time		
3º Turno	JW 2B	6006	03/08 05:00	03/08 22:33	On time		
3º Turno	OE 1B	7002	03/08 06:45	03/08 23:28	On time		
3º Turno	JW 2A	6006	03/08 06:10	03/08 23:43	On time		
3º Turno	JW 1A	6008	02/08 17:55	04/08 00:36	On time	2	
3º Turno	JW 7A	6006	03/08 07:50	04/08 01:23	On time		
1º Turno	VLK 2B	3003	03/08 08:10	04/08 11:22	On time		
1º Turno	JW 7B	6006	03/08 18:25	04/08 11:58	On time		
1º Turno	VLK 1B	3003	03/08 08:50	04/08 12:02	On time		1
1º Turno	VLK 3A	3003	03/08 09:10	04/08 12:22	On time		
1º Turno	VLK 2A	3003	03/08 09:25	04/08 12:37	On time	5	
1º Turno	OE 1A	7002	03/08 20:00	04/08 12:43	On time		
2º Turno	VLK 3B	3003	03/08 13:30	04/08 16:42	On time		5
2º Turno	VLK 4A	3003	03/08 14:00	04/08 17:12	On time	2	9
2º Turno	JW 5B	6003	03/08 11:30	04/08 17:19	On time	1	
2º Turno	JW 5A	6003	03/08 12:10	04/08 17:59	On time		
2º Turno	JW 8B	6001	03/08 05:45	04/08 18:02	On time		
2º Turno	JW 1B	6008	03/08 13:20	04/08 20:01	On time		
2º Turno	JW 8A	6001	03/08 08:40	04/08 20:57	On time		
2º Turno	JW 10A	7011	03/08 05:45	05/08 14:10	On time		3
2º Turno	JW 10B	7011	03/08 08:40	05/08 17:05	On time	3	
3º Turno	OE 8A	7010	03/08 06:20	06/08 03:20	On time	9	
3º Turno	OE 7A	7010	03/08 07:20	06/08 04:20	On time		
3º Turno	OE 7B	7010	03/08 08:00	06/08 05:00	On time		
3º Turno	OE 8B	7010	03/08 08:00	06/08 05:00	On time		

Figura 29 – Página *Status* da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

Para manter esta informação atualizada, o Coordenador da área é responsável por inserir manualmente os dados de todos os arranques dos torcedores. Para tal, o colaborador deve selecionar a opção “Registar Arranque”, e abrirá uma nova janela de edição, visível na Figura 30. Nesta janela,

deverão ser preenchidos todos os campos obrigatórios, nomeadamente a máquina, o artigo, o dia e hora de arranque, o nº fusos avariados e o nº quebras. De forma a facilitar o processo, nas situações em que não há mudança de artigo, a ferramenta assume o artigo do último arranque da máquina. Além disso, no caso de o arranque ocorrer com algum atraso substancial em relação à hora prevista de paragem, o Coordenador pode fornecer uma justificação, como por exemplo “duas máquinas pararam simultaneamente” ou “a máquina avariou”. Após guardar o arranque, a linha correspondente ao torcedor na folha Status atualizará com as informações do novo arranque.

The screenshot shows the 'Registrar arranque de máquina' window in the Continental ITA system. The window is titled 'Continental ITA - Registrar arranque de máquina'. It contains the following fields and options:

- Máquina:** JW1A (selected from a dropdown)
- Dia:** 03/08/2023
- Hora de Arranque:** 00:00
- Fusos Avariados:** (empty field)
- Quebras (DOFF anterior):** (empty field)
- Artigo:** (empty field)
- Matéria-Prima:** (empty field)
- Options:**
 - Mudança de artigo
 - Experimental
- Buttons:** Guardar
- Justificar Tempo Perdido (máx. 80 caract.):** (empty text area)
- Último Registo Table:**

Artigo	Matéria-Prima	Comprimento	Velocidade	Torção	Tempo de Ciclo
6008	940 DDKAI	41500	8000	355	30:41:34

The background dashboard shows a table of machine status with columns: Turno, Máquina, Artigo, Arranque, Paragem (estimada), Estado, Fusos Avariados, and Quebras. The 'Estado' column shows 'Delayed' for the first row and 'On time' for others. The 'Fusos Avariados' and 'Quebras' columns show values like 2, 1, 5, 2, 9, 1, 3, 3, 9.

Figura 30 – Janela “Registrar arranque de máquina” da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

5.2.2. Base de Dados

As horas estimadas de paragem são determinadas a partir dos tempos de ciclo *standard* de cada um dos diferentes artigos. Este tempo, bem como todos os restantes parâmetros associados aos artigos, nomeadamente a MP, o comprimento, a velocidade e a torção, estão detalhadas na base de dados do programa, tal como representado na Figura 31. Para que o cálculo da hora de paragem se mantenha o mais próximo da realidade, estes valores devem estar sempre atualizados. Qualquer utilizador pode eliminar ou adicionar novas máquinas e artigos ou alterar os parâmetros de um artigo já existente.

Artigos	MP	Tempo de Ciclo	Comprimento	Velocidade máquina(m/min)	Velocidade	Torção	Máquinas
3001	940 PHP	24:45:19	40900	27,54	9500	345	JW 1A
3003	940 DIKAI	27:12:28	44310	27,14	9500	350	JW 1B
4001	1400 Shenma	7:58:08	32600	68,18	7500	110	JW 2A
4002	940 Rhodia T 650	13:20:43	56717	70,83	8500	120	JW 2B
4501	1400 SHENMA	8:01:04	32800	68,18	7500	110	JW 3A
4502	940 Rhodia T 650	13:32:40	53000	65,22	7500	115	JW 3B
4504	940 KORDSA	61:50:00	53000	14,29	7000	490	JW 5A
6001	940 PHP SE	36:17:30	52000	23,88	8000	335	JW 5B
6003	940 PHP	29:49:22	40900	22,86	8000	350	JW 6A
6004	1440 Hailide	17:27:41	26900	25,68	9500	370	JW 6B
6006	1400 Shenma	17:33:45	28100	26,67	8000	300	JW 7A
6007	1400 KORDSA SE	12:00:00	24000	33,33	9500	285	JW 7B
6008	940 DIKAI	30:41:34	41500	22,54	8000	355	JW 8A
6010	1400 PHP SE	16:50:32	32000	31,67	9500	300	JW 8B
6011	1400 PHP	13:35:28	25400	31,15	9500	305	JW 10A
6012	1440 PFLx50	19:11:07	28000	24,32	9000	370	JW 10B
6013	1440 Unifull	18:41:41	28800	25,68	9500	370	OE 1A
6014	940 PHP 420	9:00:22	12370	22,89	9500	415	OE 1B
6015	1400 Shenma	13:52:24	21665	26,03	9500	365	OE 2A
6016	1880 Nexis	8:00:10	12900	26,87	9000	335	OE 2B
6017	940 PHP	25:15:00	24000	15,84	8000	505	OE 7A
6018	1400 Kordsa	7:57:39	20300	42,50	8500	200	OE 7B
6019	1400 Kordsa T802	9:09:28	17400	31,67	9500	300	OE 8A
6020	940 DIKAI SE	30:33:41	52000	28,36	9500	335	OE 8B
6021	940 KORDSA	16:05:41	27800	28,79	9500	330	VLK 1A
6025	1100 PF 1X50	11:34:35	15900	22,89	9500	415	VLK 1B
6026	2200 Hailide	13:21:43	18400	22,95	7000	305	VLK 2A
7001	940 PHP SE	29:23:09	50000	28,36	9500	335	VLK 2B
7002	1680+1400	16:43:21	23050	22,97	8500	370	VLK 3A
7006	AA50	10:23:37	12100	19,40	6500	335	VLK 3B
7010	470 PHP SE	69:00:00	92000	22,22	9000	405	VLK 4A
7011	470 PHP	56:25:40	62265	18,39	8000	435	VLK 4B
7012	1440 Unifull	23:43:30	31200	21,92	8000	365	

Figura 31 – Página Base de Dados da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

5.2.3. Página Planeamento

Um dos principais desafios identificados na área da Torcedura estava relacionado com a gestão a curto prazo da mão de obra, especialmente no que diz respeito à distribuição adequada relativamente à carga de trabalho de cada turno. Neste sentido, foi desenvolvida a página de Planeamento, que representa a previsão das paragens de todas as máquinas nas sete produções seguintes, com base nos tempos de ciclo dos artigos em produção. Esta projeção assume que não existe mudanças de artigo. A Figura 32 exibe a visão da página do Planeamento da ferramenta, destacando a cor laranja todas as paragens referentes ao dia atual.

Máquina	Artigo	MP	Arranque	Paragem	2º DOFF	3º DOFF	4º DOFF	5º DOFF	6º DOFF	7º DOFF
JW 1A	6008	940 DIKAI	02/08 17:55	04/08 00:36	05/08 07:18	06/08 13:59	07/08 20:41	09/08 03:22	10/08 10:04	11/08 16:45
JW 1B	6008	940 DIKAI	03/08 13:20	04/08 20:01	06/08 02:43	07/08 09:24	08/08 16:06	09/08 22:47	11/08 05:29	12/08 12:10
JW 2A	6006	1400 Shenma	03/08 06:10	03/08 23:43	04/08 17:17	05/08 10:51	06/08 04:25	06/08 21:58	07/08 15:32	08/08 09:06
JW 2B	6006	1400 Shenma	03/08 05:00	03/08 22:33	04/08 16:07	05/08 09:41	06/08 03:15	06/08 20:48	07/08 14:22	08/08 07:56
JW 3A	6006	1400 Shenma	03/08 03:20	03/08 20:53	04/08 14:27	05/08 08:01	06/08 01:35	06/08 19:08	07/08 12:42	08/08 06:16
JW 3B	6006	1400 Shenma	03/08 01:20	03/08 18:53	04/08 12:27	05/08 06:01	05/08 23:35	06/08 17:08	07/08 10:42	08/08 04:16
JW 5A	6003	940 PHP	03/08 12:10	04/08 17:59	05/08 23:48	07/08 05:38	08/08 11:27	09/08 17:16	10/08 23:06	12/08 04:55
JW 5B	6003	940 PHP	03/08 11:30	04/08 17:19	05/08 23:08	07/08 04:58	08/08 10:47	09/08 16:36	10/08 22:26	12/08 04:15
JW 6A	6016	1880 Nexis	03/08 11:45	03/08 19:45	04/08 03:45	04/08 11:45	04/08 19:45	05/08 03:45	05/08 11:46	05/08 19:46
JW 6B	6016	1880 Nexis	03/08 07:45	03/08 15:45	03/08 23:45	04/08 07:45	04/08 15:45	04/08 23:45	05/08 07:46	05/08 15:46
JW 7A	6006	1400 Shenma	03/08 07:50	04/08 01:23	04/08 18:57	05/08 12:31	06/08 06:05	06/08 23:38	07/08 17:12	08/08 10:46
JW 7B	6006	1400 Shenma	03/08 18:25	04/08 11:58	05/08 05:32	05/08 23:06	06/08 16:40	07/08 10:13	08/08 03:47	08/08 21:21
JW 8A	6001	940 PHP SE	03/08 08:40	04/08 20:57	06/08 09:15	07/08 21:32	09/08 09:50	10/08 22:07	12/08 10:25	13/08 22:42
JW 8B	6001	940 PHP SE	03/08 05:45	04/08 18:02	06/08 06:20	07/08 18:37	09/08 06:55	10/08 19:12	12/08 07:30	13/08 19:47
JW 10A	7011	470 PHP	03/08 05:45	05/08 14:10	07/08 22:36	10/08 07:01	12/08 15:27	14/08 23:53	17/08 08:18	19/08 16:44
JW 10B	7011	470 PHP	03/08 08:40	05/08 17:05	08/08 01:31	10/08 09:56	12/08 18:22	15/08 02:48	17/08 11:13	19/08 19:39
OE 1A	7002	1680+1400	03/08 20:00	04/08 12:43	05/08 05:26	05/08 22:10	06/08 14:53	07/08 07:36	08/08 00:20	08/08 17:03
OE 1B	7002	1680+1400	03/08 06:45	03/08 23:28	04/08 16:11	05/08 08:55	06/08 01:38	06/08 18:21	07/08 11:05	08/08 03:48
OE 2A	7002	1680+1400	03/08 05:00	03/08 21:43	04/08 14:26	05/08 07:10	05/08 23:53	06/08 16:36	07/08 09:20	08/08 02:03
OE 2B	7002	1680+1400	03/08 02:40	03/08 19:23	04/08 12:06	05/08 04:50	05/08 21:33	06/08 14:16	07/08 07:00	07/08 23:43
OE 7A	7010	470 PHP SE	03/08 07:20	06/08 04:20	09/08 01:20	11/08 22:20	14/08 19:20	17/08 16:20	20/08 13:20	23/08 10:20
OE 7B	7010	470 PHP SE	03/08 08:00	06/08 05:00	09/08 02:00	11/08 23:00	14/08 20:00	17/08 17:00	20/08 14:00	23/08 11:00
OE 8A	7010	470 PHP SE	03/08 06:20	06/08 03:20	09/08 00:20	11/08 21:20	14/08 18:20	17/08 15:20	20/08 12:20	23/08 09:20
OE 8B	7010	470 PHP SE	03/08 08:00	06/08 05:00	09/08 02:00	11/08 23:00	14/08 20:00	17/08 17:00	20/08 14:00	23/08 11:00
VLK 1A	3003	940 DIKAI	02/08 12:00	03/08 15:12	04/08 18:24	05/08 21:37	07/08 00:49	08/08 04:02	09/08 07:14	10/08 10:27
VLK 1B	3003	940 DIKAI	03/08 08:50	04/08 12:02	05/08 15:14	06/08 18:27	07/08 21:39	09/08 00:52	10/08 04:04	11/08 07:17
VLK 2A	3003	940 DIKAI	03/08 09:25	04/08 12:37	05/08 15:49	06/08 19:02	07/08 22:14	09/08 01:27	10/08 04:39	11/08 07:52
VLK 2B	3003	940 DIKAI	03/08 08:10	04/08 11:22	05/08 14:34	06/08 17:47	07/08 20:59	09/08 00:12	10/08 03:24	11/08 06:37
VLK 3A	3003	940 DIKAI	03/08 09:10	04/08 12:22	05/08 15:34	06/08 18:47	07/08 21:59	09/08 01:12	10/08 04:24	11/08 07:37
VLK 3B	3003	940 DIKAI	03/08 13:30	04/08 16:42	05/08 19:54	06/08 23:07	08/08 02:19	09/08 05:32	10/08 08:44	11/08 11:57
VLK 4A	3003	940 DIKAI	03/08 14:00	04/08 17:12	05/08 20:24	06/08 23:37	08/08 02:49	09/08 06:02	10/08 09:14	11/08 12:27
VLK 4B	3003	940 DIKAI	02/08 11:00	03/08 14:12	04/08 17:24	05/08 20:37	06/08 23:49	08/08 03:02	09/08 06:14	10/08 09:27

Figura 32 – Página Planeamento da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

5.2.4. Página Visão Micro

De acordo com a projeção das paragens no Planeamento, a Visão Micro apresenta o resumo do número de torcedores para *setup* em cada um dos turnos e para um espaço temporal de sete dias. Esta visão permite dotar a Torcedura de informação para prever turnos mais exigentes que outros e fazer assim uma previsão antecipada das necessidades. Estes detalhes são especialmente importantes para o Responsável da área produtiva, pois permite gerir de forma mais eficiente as suas equipas, ajustando-as conforme a carga de trabalho de cada um dos turnos. Tal como é possível visualizar na Figura 33, esta página, além de apresentar uma tabela com o número de *setups* por turno, por dia e por tipo de máquina, inclui um painel com algumas informações relevantes e que podem ser editadas em caso de necessidade.

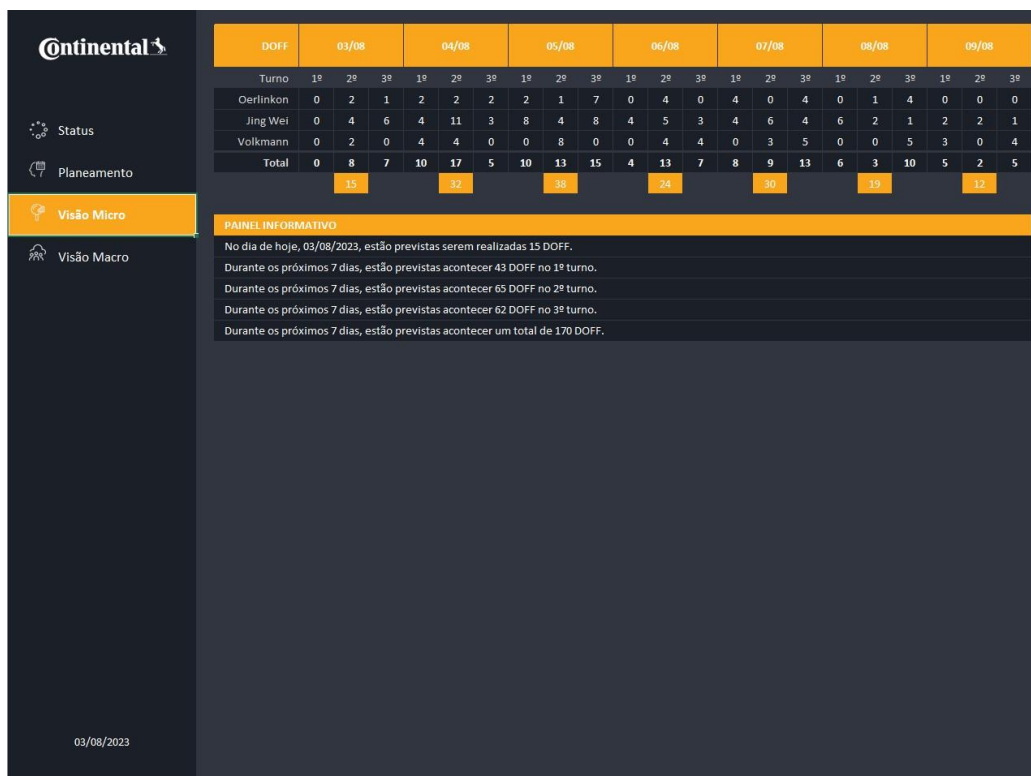


Figura 33 – Página Visão Micro da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

5.2.5. Página Visão Macro

Com base nos dados inseridos em cada arranque, foi desenvolvida um *dashboard* (Figura 34) com diversos indicadores importantes para a monitorização da área da Torcedura. De realçar que todos os gráficos apresentam valores para um espaço temporal de 7 dias, incluindo o dia atual.

No topo do ecrã é apresentado um gráfico de barras empilhado que resume o número de arranques registados em cada um dos turnos e para cada um dos dias. A análise destes valores permite identificar, para cada dia, o turno mais exigente ou, pelo contrário, aquele em que o número de *setups* foi menor. Assim, é possível compreender padrões de atividade ao longo dos dias e perceber se a gestão da mão de obra, de acordo com a carga de trabalho, está a ser eficaz.

Ademais, foi criado um indicador de desempenho – Tempo Perdido – que permite monitorizar os *setups* das máquinas. Este tempo representa a diferença entre a hora estimada de paragem da máquina, calculada através do tempo de ciclo padrão de cada artigo, e a hora efetiva de arranque. De acordo com o *standard*, para manter a eficiência, os colaboradores devem ser capazes de concluir o *setup* em dois minutos por fuso ou 40 minutos, para um tipo de torcedores mais antigo. Qualquer tempo excedente é considerado desperdício, ou seja, tempo perdido de produção. Assim, foi criado um gráfico em linha que permite monitorizar o tempo perdido ao longo dos sete dias. Além disso, o

dashboard apresenta um gráfico circular que representa a percentagem de tempo perdido por turno, permitindo perceber se existe alguma tendência entre este indicador em relação ao horário de laboração. Além disso, a ferramenta destaca as cinco máquinas, bem como os cinco artigos, em que os arranques geraram mais tempo perdido.

A ferramenta permite, ainda, fazer um acompanhamento mais detalhado do número de quebras e fusos avariados, através do seu registo em todos os arranques de máquinas. Neste sentido, o *dashboard* inclui um gráfico de barras com o número total de quebras e avarias em cada um dos sete dias. Além disso, são apresentados não só os cinco equipamentos com mais fusos avariados e quebras, mas também o top cinco de artigos associados ao maior número de quebras de fio. Deste modo, a análise destes valores e a associação ao artigo e máquina, possibilita a análise de tendências e possíveis causas, algo que até então não acontecia.

Todos estes indicadores fornecem uma visão abrangente do desempenho da produção na área da Torcedura, auxiliando o Responsável da área na tomada de decisões e criação de ações, baseadas em dados reais.



Figura 34 – Página Visão Macro da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

5.2.6. Relatório Diário

Além destas funcionalidades, todos os dias é gerado um relatório que é enviado por mail para todos os interessados do processo. Este relatório inclui uma página por turno, tal como se pode observar na Figura 35, e resume, para cada um deles, os *setups* que aconteceram no dia anterior, descrevendo as máquinas, o artigo em produção em cada uma delas e respetiva MP. Além disso, apresenta a hora de arranque e o tempo perdido no *setup*. O relatório inclui ainda as justificações do tempo perdido que os colaboradores optem por dar ou indicações de mudanças de artigo. No fim de cada página, é apresentado o número de *setups* no dia e a soma do tempo perdido.

The figure shows three examples of the 'REPORT TORCEDURA' form, one for each shift (1st, 2nd, and 3rd Turno). Each form is a table with the following structure:

- Header:** Includes 'Continental, Indústria Têxtil do Ave, S.A.', 'REPORT TORCEDURA', and 'PT OFI/025'.
- Summary Row:** 'PERIODO/IDADE', 'ÁREA', 'SUB-ÁREA', 'RESPONSÁVEL', 'DATA'.
- Main Table:** Columns: 'MÁQUINA', 'ARTIGO', 'MP', 'ARRANQUE', 'TEMPO PERDIDO', 'OBSERVAÇÕES'.
- Footer:** 'NÚMERO TOTAL DE SETUPS' and 'TOTAL DE TEMPO PERDIDO'.

Figura 35 – Relatório Diário da Ferramenta de Monitorização de *Setups*.

O Relatório Diário é especialmente importante para o Responsável da área, uma vez que permite monitorizar constantemente o trabalho de cada turno e em qualquer dia. Além disso, possibilita analisar os resultados ao longo dos dias e verificar tendências, nomeadamente dias, turnos ou máquinas com mais tempo perdido, entre outras. Consequentemente, é possível criar plano de ações de melhorias que possam amenizar os desvios.

5.2.7. Desenvolvimento de uma Instrução de Trabalho

Depois de desenvolvida a Ferramenta de Monitorização de *Setups* para a área da Torcedura, foi também definida uma Instrução de Trabalho (IT), para garantir que qualquer colaborador compreende e segue os procedimentos estabelecidos. Desenvolver uma IT eficaz é uma medida fundamental para assegurar que os processos inerentes à utilização da ferramenta sejam executados de forma consistente e eficiente, de forma que seja retirado o melhor proveito da mesma.

Assim, a IT de utilização da ferramenta fornece orientações detalhadas sobre como realizar as tarefas de registo/alteração de arranques dos torcedores e de alteração de informações na base de dados. De forma genérica, este documento abrange três páginas, conforme apresentado na Figura 36, e inicia com a definição do objetivo, bem como os procedimentos específicos da ferramenta para os dois níveis de acesso. Além disso, a IT descreve as instruções de utilização da ferramenta passo a passo, incluindo imagens, de forma a facilitar a compreensão visual.

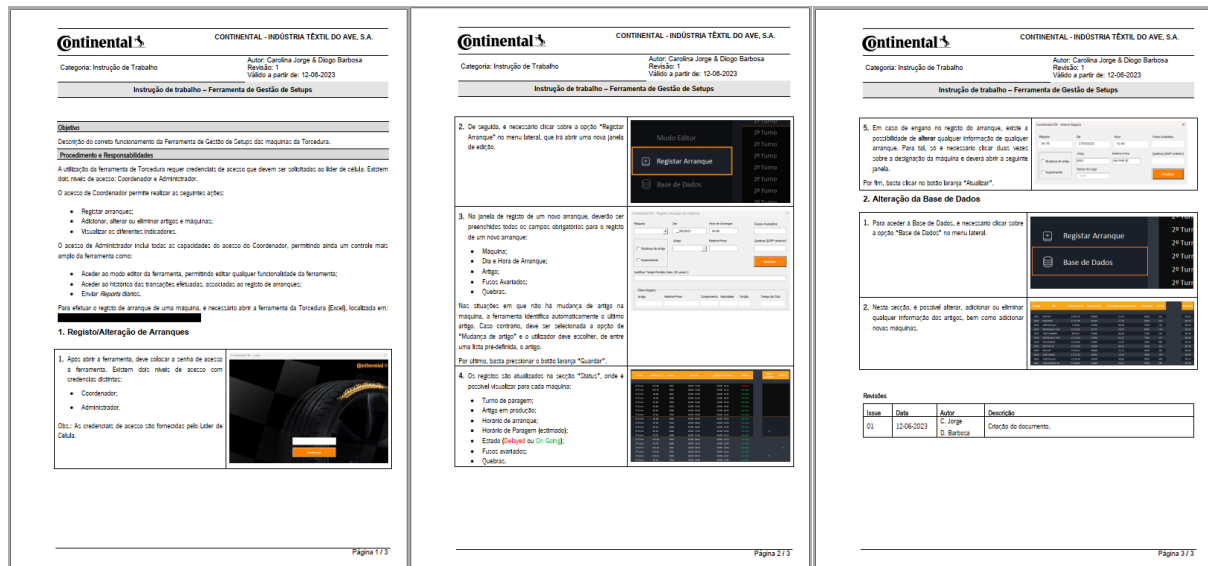


Figura 36 – Instrução de Trabalho da Ferramenta de Monitorização de Setups.

5.3 Mapa de Identificação da Localização de Tubos

Com o intuito de resolver o problema da falta de identificação dos locais de armazenamento de tubos pelos espaços, foi criado um sistema mais eficaz de gestão dos tubos e respetivos espaços de armazenamento. De facto, a ausência de um método estava a causar uma série de consequências negativas que afetavam diretamente a eficiência operacional. Uma das principais dificuldades enfrentadas era a capacidade de identificar rapidamente os tubos armazenados em cada espaço.

Neste sentido, de forma a tornar todos os processos relacionados com os tubos mais eficiente, foram implementadas uma série de melhorias. Primeiramente, todos os espaços de armazenamento foram identificados com uma placa que combina uma letra e um número sequencial, tal como é visível no exemplo da Figura 37. A letra é alusiva a cada área, isto é, todos os espaços de tubos presentes na mesma zona do *shop floor* são identificados com a mesma letra.



Figura 37 – Identificação dos espaços de armazenamento de tubos vazios.

Além disso, na parede da área da Tecelagem foi colocado um mapa das áreas, com todos os espaços devidamente identificados, visível na Figura 38. Estes espaços foram ainda divididos com base na sua capacidade em pequenos, médios e grandes, para que os colaboradores conseguissem entender facilmente a quantidade máxima que cada espaço pode acomodar. O local selecionado para a implementação deste mapa foi cuidadosamente escolhido para garantir que fosse visível e facilmente acessível às duas áreas afetadas pelo problema da gestão de tubos – Torcedura e Tecelagem.

Imediatamente ao lado do mapa, foi disposto um quadro íman, que contempla todos os espaços de armazenamento e identificações relativas a cada uma das cores de tubo disponíveis. O objetivo é alocar a cor do tubo a cada um dos espaços, permitindo que os colaboradores facilmente identifiquem o tubo presente em qualquer zona de armazenamento. Deste modo, os operadores da Torcedura, ao consultar o mapa, conseguem identificar os espaços onde o tubo desejado se encontra, simplificando o processo de abastecimento nos torcedores. Da mesma forma, os operadores da Tecelagem, ao concluir a produção de um lote, podem dirigir-se imediatamente ao respetivo local do tubo, de acordo com a etiqueta do espaço no mapa.

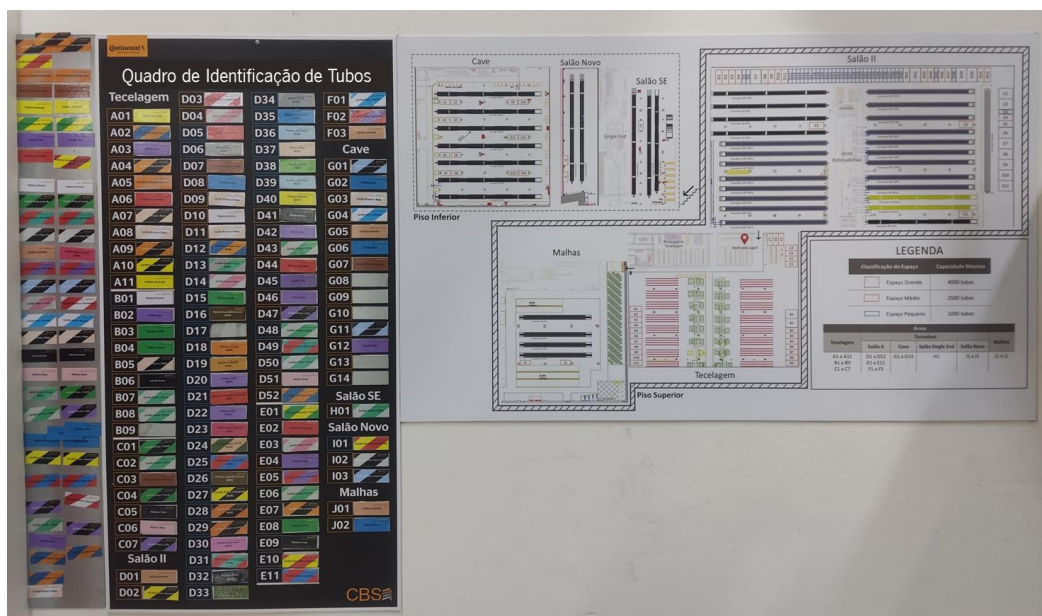


Figura 38 – Quadro de Identificação de Tubos.

De ressaltar que toda a gestão do quadro de identificação da localização dos tubos é realizada pelos colaboradores, que devem garantir que este se encontra sempre atualizado, perante qualquer alteração nos espaços físicos.

5.4 Proposta de Ferramenta de Monitorização de Esquinadeiras

Por fim, propõe-se a criação de uma Ferramenta de Monitorização de Esquinadeiras, no sentido de aumentar a rastreabilidade das mesmas nas albufeiras das áreas da Torcedura e Tecelagem. O objetivo concentra-se em desenvolver um sistema que inclua todas as possíveis localizações de armazenamento dos carros de esquinadeiras, isto é, incluir as posições para cada fila de cada uma das albufeiras. A ferramenta destina-se principalmente a todas as operações relacionadas com o armazenamento das esquinadeiras após o seu abastecimento na área da Torcedura, bem como nas atividades de abastecimento dos teares da Tecelagem.

A ferramenta será composta por duas páginas principais. A primeira será dedicada ao “mapa” das albufeiras da Torcedura e Tecelagem, tal como se pode observar no protótipo da Figura 39, enquanto o segundo painel estará direcionado para os teares da zona da Tecelagem, visível na Figura 40.

A página destinada às albufeiras, pretende mostrar o mapa com todas as posições de cada fila, permitindo visualizar de forma clara a localização de cada uma das esquinadeiras. Assim, para cada uma das filas serão representadas todas as posições possíveis de armazenamento, bem como o artigo armazenado em cada uma delas. Os espaços ocupados serão representados a vermelho e

identificados pelo número da esquinadeira armazenado, enquanto aqueles que ainda se encontram livres serão sinalizados a verde. Serão ainda apresentadas informações relativas ao tempo de *stock* da esquinadeira que estará armazenada há mais tempo na respetiva fila. Assim, além de diminuir a probabilidade de ocorrer mistura de artigos, estes dados permitirão ajudar os colaboradores a cumprirem o critério FIFO. Ademais, este painel fornecerá uma visão geral da ocupação das albufeiras, possibilitando que o processo de controlo de *stock* seja muito mais eficiente.

Torcedura					
Fila	Artigo	Slots	Tempo de Espera	Teares	Transferir
T1	3001	312, 243, 433, Livre	2 Dias	Teares	Transferir
T2	4501	123, Livre, Livre, Livre	1 Dia	Teares	Transferir
T3	6015	423, 645, 967, 243	3 Dias	Teares	Transferir
T4	-	Livre, Livre, Livre, Livre	-	Teares	Transferir
T5	7020	534, 978, Livre, Livre	1 Dia	Teares	Transferir
T6	6013	453, 324, 456, 687	2 Dias	Teares	Transferir
T7	4002	346, 567, 132, Livre	2 Dias	Teares	Transferir
T8	-	Livre, Livre, Livre, Livre	-	Teares	Transferir
T9	3003	131, 223, Livre	1 Dia	Teares	Transferir
T10	6026	784, Livre, Livre	0 Dias	Teares	Transferir

Tecelagem					
Fila	Artigo	Slots	Tempo de Espera	Teares	Transferir
W1	7020	234, 533, 425, Livre	2 Dias	Teares	Transferir
W2	3003	266, 645, 294, 676	2 Dias	Teares	Transferir
W3	-	Livre, Livre, Livre, Livre	-	Teares	Transferir
W4	6013	436, Livre, Livre, Livre	1 Dia	Teares	Transferir
W5	6025	567, 643, Livre, Livre	1 Dia	Teares	Transferir
W6	-	Livre, Livre, Livre, Livre	-	Teares	Transferir
W7	7019	089, 456, 678, Livre	2 Dias	Teares	Transferir
W8	6014	345, 756, 375, Livre	-	Teares	Transferir
W9	3003	987, 057, Livre	1 Dia	Teares	Transferir
W10	4504	867, Livre, Livre	0 Dias	Teares	Transferir

Figura 39 – Protótipo do visual do primeiro painel da Ferramenta de Gestão de Esquinadeiras.

No que concerne à página dedicada aos teares (Figura 40), o sistema listará cada uma das máquinas da área da Tecelagem, indicando o artigo em produção em cada uma delas e o número das esquinadeiras em carga.

Teares	Tear	Artigo	Esquinadeiras	Terminar
Sulzer 1	3003		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574	Terminar
Sulzer 2	4502		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624	Terminar
Sulzer 3	6004		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624	Terminar
Sulzer 4	7011		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624	Terminar
Sulzer 5	6015		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624	Terminar
Sulzer 6	7020		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624	Terminar
Sulzer 7	4504		433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624 574 742 433 312 342 642 624	Terminar

Figura 40 – Protótipo do visual do segundo painel da Ferramenta de Gestão de Esquinadeiras.

Tal como foi dito anteriormente, a ferramenta foca-se na otimização dos processos de armazenamento das esquinadeiras nas albufeiras e o seu carregamento nos teares. Assim, numa primeira fase, o operador, através do primeiro ecrã, é capaz de verificar a fila do artigo em questão de forma eficiente, para garantir que apenas sejam armazenados na mesma fila carros do mesmo artigo. Além disso, para que o sistema se mantenha constantemente atualizado, o colaborador deve selecionar o respetivo espaço e indicar o número da esquinadeira que será armazenada. A ferramenta permite, ainda, realizar transferências entre filas ou albufeiras, com apenas um clique no botão “Transferir”. Na fase de carregamento dos teares, o colaborador sabe exatamente a localização de cada uma das esquinadeiras necessárias, otimizando todo o processo de procura pelas albufeiras. No final da produção do lote, em sistema, ao clicar em “Terminar”, as esquinadeiras ficarão novamente disponíveis, prontas para serem novamente carregadas.

A proposta não foi desenvolvida no terreno no período do projeto. No entanto, foi elaborado um plano de implementação da ferramenta, representado na Figura 41. O plano inclui a identificação de todas as filas de cada uma das albufeiras, o desenvolvimento da ferramenta e a criação de Instruções de Trabalho. Além disso, será integrado um plano de formação sobre a sua utilização e a realização de um projeto piloto para avaliar a eficácia do sistema. Por fim, deve ser garantida uma monitorização contínua do desempenho da ferramenta, de forma a verificar se a ferramenta atingiu os principais objetivos de rastreabilidade e otimização de processos.

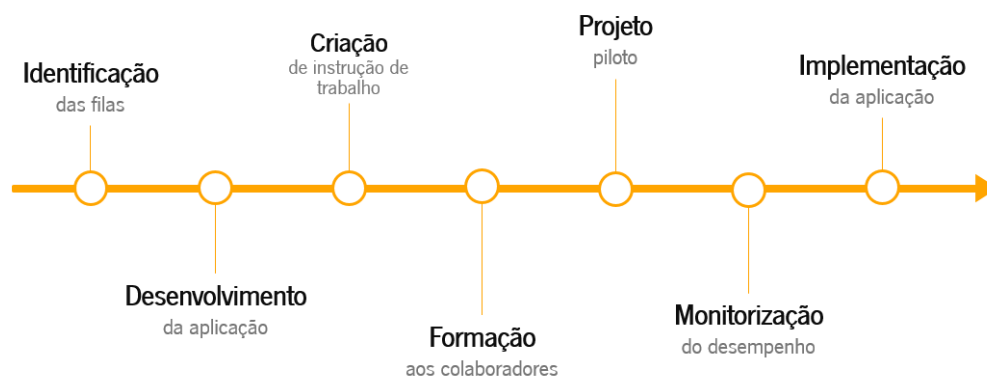


Figura 41 – Plano de Implementação da Ferramenta de Monitorização de Esquinadeiras.

5.5 Redefinição dos Processos (TO-BE)

No futuro, a implementação de um sistema MES promoverá uma transformação significativa em todos os processos operacionais da empresa. Efetivamente, este sistema permite simplificar muitos dos processos existentes, reduzindo a dependência de tarefas manuais.

Neste sentido, é importante modelar os processos da situação futura – após a implementação do MES, não apenas para registar as melhorias alcançadas, mas também para compreender como as atividades serão afetadas. De facto, esta etapa desempenha um papel crucial na implementação de qualquer sistema, uma vez que permite avaliar previamente os riscos associados aos novos processos e desenvolver planos de contingência para lidar com possíveis problemas. Além disso, a modelação prepara a empresa na adaptação às possíveis mudanças e na formação dos colaboradores na adoção dos novos processos, de forma que entendam como estes devem ser executados e como o trabalho será afetado.

Numa primeira fase, foi fundamental realizar uma análise detalhada dos requisitos específicos da empresa. De forma genérica, a Continental pretende otimizar a produção, aumentar a qualidade dos produtos, reduzir o esforço e mitigar o erro nos registos de produção. Especificamente, a empresa definiu um conjunto de requisitos principais que procura com a implementação de um Sistema de Controlo da Produção, incluindo:

- Integração com o sistema ERP;
- Artigo em produção;
- Estado da máquina (em produção ou parada);
- Ordens de produção planeadas em cada máquina;
- Rastreabilidade dos produtos;
- Receita automática nas máquinas para cada artigo;
- Controlo de qualidade (declarar produtos OK e NOK);
- Resumo das perdas (paragens planeadas e não planeadas);
- OEE por máquina.

Tendo em conta os principais requisitos definidos, procurou-se modelar a situação futura de todos os processos. Tal como mencionado anteriormente, o plano inicial para a implementação do sistema MES não inclui os processos do armazém. Assim, a redefinição dos processos apenas contempla os processos inerentes à produção. Portanto, a adoção do MES pode trazer algumas alterações nos processos, destacando-se:

- (1) **Eliminação do registo em papel:** Uma das mudanças mais notórias em todos os processos é a eliminação quase completa das atividades de registo em papel. O sistema é capaz de recolher todos os dados de produção, rastreabilidade, controlo de qualidade, entre outros.

- (2) **Centralização dos registos:** Os resultados dos testes de qualidade, pesos, registos de produção, entre outros eram frequentemente registados e mantidos em diferentes ficheiros *Excel*, levando a uma dispersão de dados. Com a implementação do MES, todas as atividades de registo passam a ser executadas em sistema, garantindo que todas as informações estão centralizadas e atualizadas em tempo real, eliminando a necessidade de manter vários ficheiros diferentes.
- (3) **Centralização das especificações de produção (receitas) em MES:** As especificações de produção de cada artigo são configuradas e geridas de forma centralizada no MES, garantindo a consistência e a precisão dos *settings* das máquinas. Neste sentido, todas as atividades de inserir os parâmetros da máquina pelo colaborador serão eliminadas, exceto na área da Torcedura dada a antiguidade de algumas máquinas.
- (4) **Integração com sistemas existentes:** O MES pode ser integrado com outros sistemas, como o SAP, garantindo uma troca eficiente de informações. Neste sentido, todos os registos de produção e a gestão de *stocks* passam a ser geridos em MES, substituindo a atual prática de registo em SAP.

Os processos que sofrerão alguma modificação foram modelados em BPMN na sua versão TO-BE através da ferramenta *Bizagi* e estão presentes nas Figuras do Apêndice 2.

5.6 Proposta para *Dashboard* do Sistema MES

Os sistemas MES desempenham um papel fundamental ao proporcionarem visibilidade e controlo, em tempo real, das operações do *shop floor*. Neste contexto, um dos passos importantes para uma integração bem-sucedida e que, por vezes, se torna um desafio, é o desenvolvimento de um *dashboard* claro e relevante, bem como a seleção de métricas realmente relevantes.

Relativamente a este tópico, foi conduzida uma análise de *benchmarking* focada no *display* do chão de fábrica a outra empresa do Grupo Continental AG, que implementou um *Manufacturing Execution System* em 2018. O *design* destacou-se pela apresentação de KPI's relevantes, *status* da produção, bem como alertas das máquinas, oferecendo uma interface intuitiva e de fácil compreensão para os operadores.

Assim, a partir dos requisitos da Continental-ITA para o MES e da análise de *benchmarking*, que forneceu *insights* valiosos sobre estratégias de *design* que demonstram um impacto positivo na eficiência operacional, foi construída uma proposta para a formulação do *dashboard*.

A Figura 42 representa o protótipo desenvolvido para a visão geral, que oferece uma perspectiva abrangente do estado operacional das quatro áreas da empresa, atualizado em tempo real. Portanto, no topo é apresentado o número total de máquinas nos diferentes estados de funcionamento (em produção, paradas recentemente, paradas por um período mais extenso que o normal e, ainda, paradas por um período significativamente longo). Relativamente a cada uma das áreas em específico, são enfatizadas outras informações que se consideraram relevantes, nomeadamente o valor diário do OEE, a percentagem diária de tempo não produtivo do conjunto das máquinas da área e o desperdício gerado na área (valor acumulado da semana). No caso específico da Torcedura, foi importante incluir a percentagem de fusos parados nos torcedores em produção.

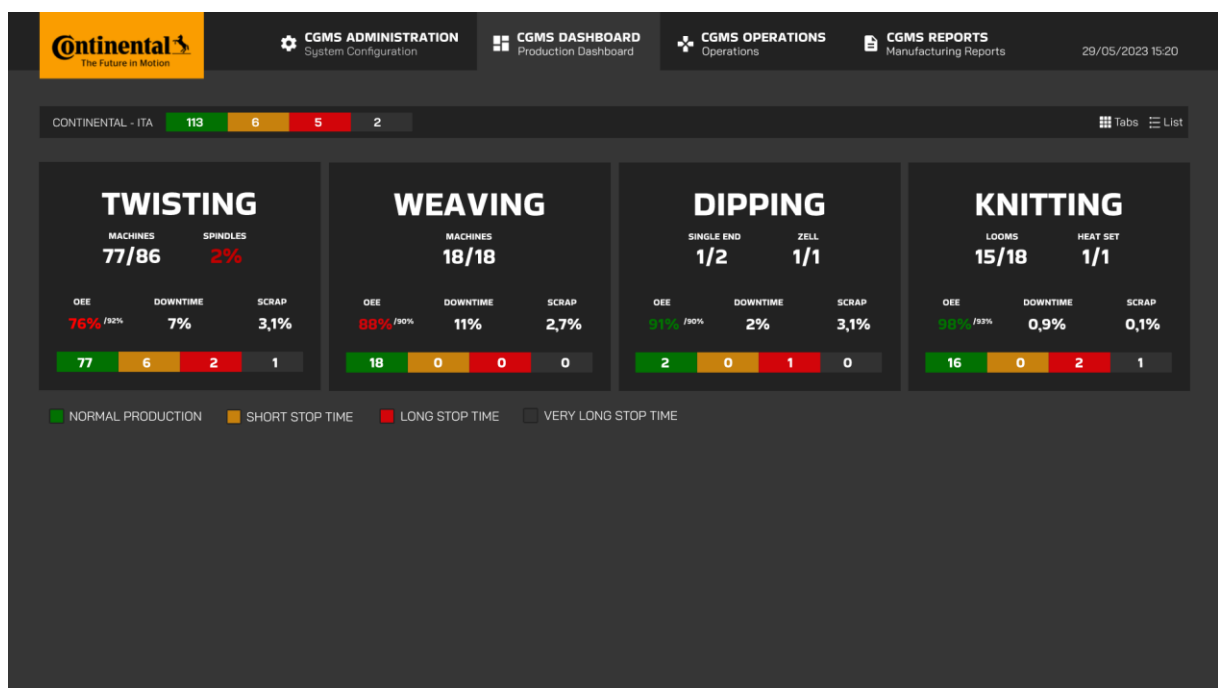


Figura 42 – Visão geral da fábrica.

Além disso, para garantir a monitorização das operações de uma área em concreto, foi desenvolvido um visual que apresenta algumas informações específicas de cada uma das máquinas dentro do setor produtivo selecionado. A Figura 43 representa um exemplo da proposta construída para a área de Impregnação, que integra as três máquinas representadas. Esta visão permite identificar rapidamente o desempenho de cada uma delas, incluindo o artigo e a ordem de produção, a quantidade produzida no dia (em metros), assim como o tempo total de produção e de paragem. Estas informações facilitam a rápida identificação das máquinas com problemas, para que os operadores possam tomar medidas corretivas imediatas e reduzir o tempo de inatividade. Adicionalmente, é ainda descrito um resumo da

produção do dia, tendo em conta a quantidade produzida no dia e em cada um dos turnos, o tempo de inatividade das máquinas e o desperdício gerado.

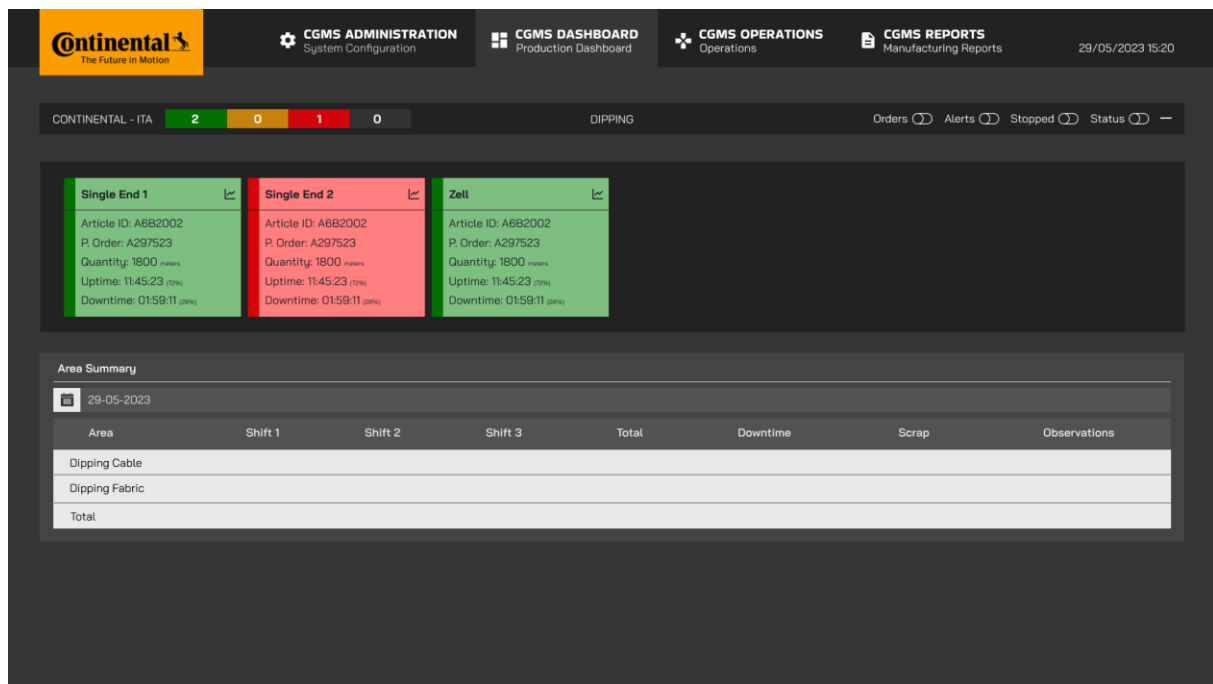


Figura 43 – Visão detalhada da área produtiva.

Por último, foi elaborada uma proposta para a visão detalhada das máquinas, que proporciona uma análise minuciosa do desempenho e estado operacional de uma unidade específica dentro do ambiente fabril. Neste caso, utilizou-se como exemplo a máquina de impregnar tecido (Zell) e o *design* encontra-se ilustrado na Figura 44. Assim, relativamente a cada uma das máquinas são fornecidas informações importantes, nomeadamente o início de produção, tempo de ciclo e a hora prevista de conclusão, bem como alguns parâmetros da máquina – velocidade, comprimento (em metros) e temperatura. Além disso, este *display* não apenas enfatiza o estado atual da máquina (produção, manutenção, parada, setup, entre outros), como também regista e mostra o status identificado em cada instante do ciclo de produção do artigo. Por fim, permite visualizar o histórico do desempenho da máquina ao longo do tempo, relativamente a eventos de inatividade e ordens de produção. A inclusão destas tabelas possibilitará identificar padrões, tendências e variações que podem indicar a urgência e necessidade para operações de manutenção ou otimização de processos.

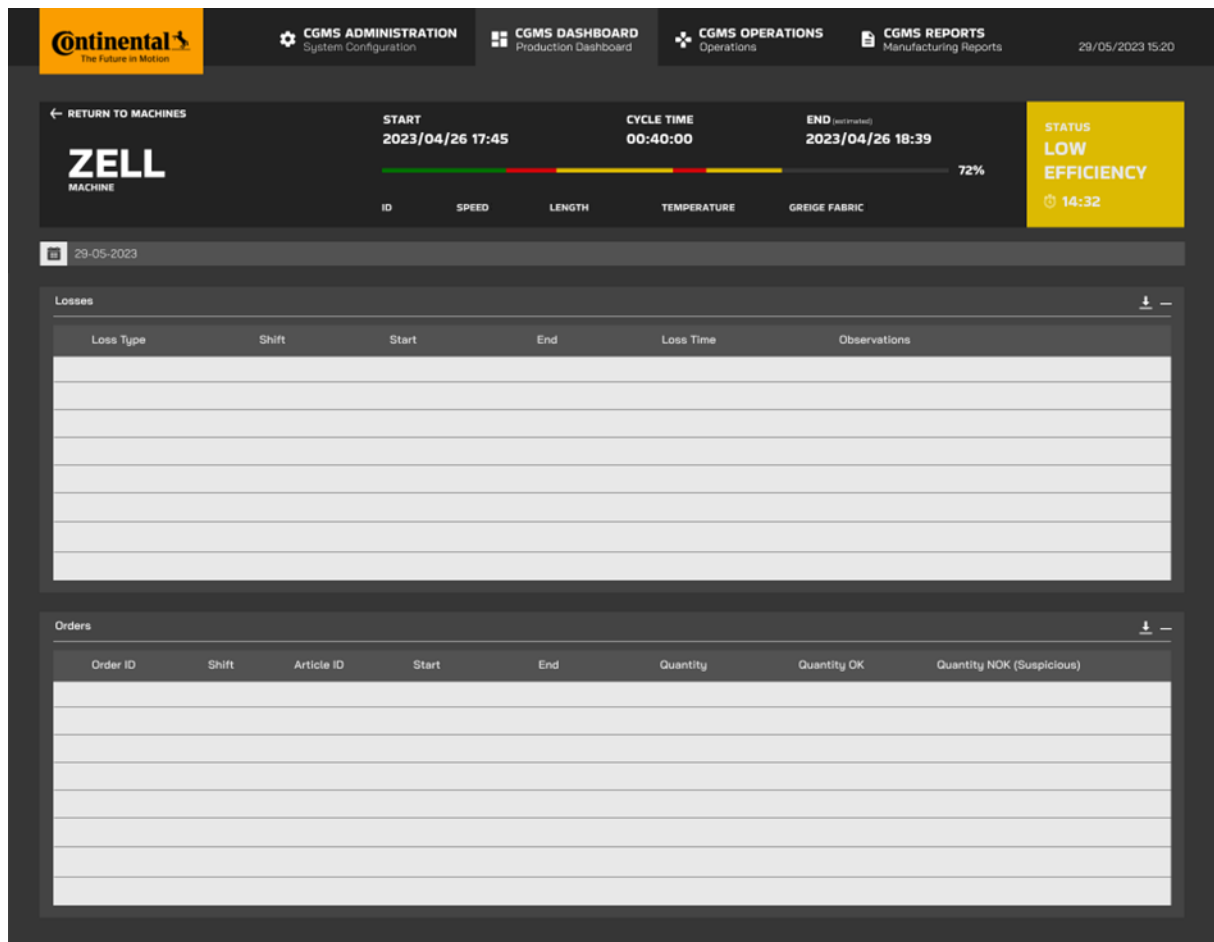


Figura 44 – Visão detalhada da máquina.

De notar que este *design* não foi testado em ambiente industrial. Neste sentido, de forma a garantir que atende às necessidades práticas e operacionais do ambiente em causa, a sua implementação deve ser guiada por um processo iterativo e participativo, envolvendo o feedback dos verdadeiros utilizadores do sistema e testes piloto em ambientes controlados.

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Terminada a fase de apresentação das propostas de melhoria e redefinição dos processos do estado futuro, segue-se a análise dos resultados. Este capítulo pretende explorar as consequências diretas das propostas de melhoria já implementadas, bem como a perspetiva dos benefícios com a integração futura do Sistema de Controlo da Produção. Com o intuito de quantificar o impacto das melhorias, foram realizados cálculos de indicadores de desempenho antes e após a implementação das mudanças. No entanto, algumas das propostas não se baseiam apenas em indicadores quantitativos, pelo que também foram contempladas avaliações qualitativas que consideram a eficácia, a eficiência e o bem-estar dos colaboradores.

6.1. Resultados Obtidos

Neste subcapítulo apresentam-se os resultados alcançados na sequência da implementação das soluções de melhoria, expostas no capítulo cinco do presente documento. Estas medidas desempenham um papel crucial na preparação da organização para a implementação do MES. Neste sentido, é importante analisar os benefícios observados após a implementação destas soluções complementares, destacando as melhorias específicas obtidas.

6.1.1. Ferramenta de Monitorização de *Setups* (Torcedura)

O desenvolvimento de uma Ferramenta de Monitorização de *Setups* para a área da Torcedura contribuiu significativamente para a otimização dos processos na área, beneficiando tanto os operadores de produção como o Líder da célula.

Uma das vantagens mais impactantes da implementação da ferramenta reside na considerável economia de tempo e simplificação na monitorização das horas de paragem de todas as máquinas. Inicialmente, o coordenador da área era responsável por percorrer todos os torcedores, a fim de verificar no respetivo monitor a previsão das horas de paragem de cada uma delas. Este processo, embora importante e necessário, exigia um esforço considerável e um tempo significativo, que poderia ser direcionado para outras atividades críticas. A introdução da ferramenta representou uma transformação significativa na monitorização dos *setups*, tornando o processo mais ágil e orientado para a digitalização. Atualmente, o colaborador apenas necessita de se dirigir ao computador da área e abrir a ferramenta, que oferece um panorama abrangente de todas as máquinas.

Com o objetivo de quantificar o impacto da proposta de melhoria, procedeu-se a um estudo da distância e do tempo total que o colaborador demorava a efetuar o processo de monitorização dos *setups*, de acordo com o método inicial e após a implementação da ferramenta. De notar que, na situação inicial, a distância percorrida engloba as deslocações entre as máquinas abrangidas na ferramenta, ao passo que com a introdução da ferramenta, a distância se restringe ao deslocamento do operador até ao local do computador. Neste sentido, a Tabela 7 apresenta as distâncias percorridas e os tempos registados nos dois cenários, que destaca a substancial redução alcançada para os dois indicadores analisados.

Tabela 7 – Impacto da introdução da Ferramenta de Monitorização de *setups*.

Monitorização dos <i>setups</i> dos torcedores		
Método	Distância (m)	Tempo (min)
Inicial	484 m	10 min
Introdução da Ferramenta	45 m	2 min
Redução Percentual	91 %	80 %

Estes ganhos percentuais demonstram de forma concreta o impacto positivo da introdução da Ferramenta de Monitorização de *Setups* na Torcedura, especialmente no que diz respeito à distância e tempo despendido na atividade. Assim, é evidente como a transição para uma abordagem mais digitalizada reduz significativamente os desperdícios das operações, tornando-as muito mais otimizadas e eficientes.

Além disso, a ferramenta permite que os responsáveis da área consigam prever a carga de trabalho em cada turno para os dias subsequentes. Deste modo, é possível alocar os recursos de mão de obra e responder às necessidades operacionais de forma mais eficiente. Adicionalmente, a equipa pode entrar no turno de trabalho com um plano estruturado, possibilitando que esta esteja preparada para uma carga elevada de trabalho. Este planeamento não apenas resulta num notável aumento da produtividade, mas também se reflete de maneira positiva na satisfação dos colaboradores. Atualmente, estes encontram um ambiente mais eficiente e bem gerido, em que a probabilidade de existirem turnos excessivamente exigentes ou demasiado relaxados é diminuta.

Por fim, o desenvolvimento do *dashboard* e dos relatórios diários automáticos contribuíram significativamente para o aumento da transparência e para a tomada de decisões baseadas em dados reais. Primeiramente, o *dashboard* fornece uma visão consolidada e em tempo real de um conjunto de indicadores críticos na área, como por exemplo o número de fusos avariados ou as máquinas com mais tempo parado. A capacidade de visualizar todos os dados numa única janela, simplificou a

identificação de problemas e a aplicação de medidas corretivas proativas. Por outro lado, os *reports* diários fornecem informações detalhadas sobre o desempenho dos tunos no dia anterior, destacando possíveis tendências e padrões. Assim, dado que todo o progresso e resultados são acompanhados regularmente, permite que a equipa seja capaz de se adaptar rapidamente às mudanças.

Em resumo, a implementação da Ferramenta de Monitorização de *Setups* resultou numa cultura de operações mais orientada por dados, em que as decisões são baseadas em informações concretas. Esta mudança gerou melhorias notáveis na produtividade e eficiência das operações e operadores.

6.1.2. Mapa de Identificação da Localização de Tubos

A implementação do Mapa de Identificação da Localização de Tubos contribuiu significativamente para a otimização das atividades relacionadas com o manuseamento de tubos. Este método, que combina praticidade e eficiência, proporcionou melhorias notórias em diversos aspetos do processo.

Em primeiro lugar, a identificação de todos os espaços e a introdução do mapa tornou os processos mais eficientes, permitindo que os colaboradores identifiquem rapidamente a cor do tubo presente em cada um dos locais de armazenamento. Assim, ao contrário do que acontecia inicialmente, os operadores não necessitam de procurar por todo o chão de fábrica o tubo desejado, resultando em economias de tempo, e, por conseguinte, maior produtividade. Além disso, a criação de um local centralizado para a gestão de tubos permitiu reduzir as movimentações e os transportes realizados pelos operadores nas tarefas de abastecimento ou armazenamento de tubos.

Para avaliar o impacto destas melhorias, foi realizado um diagrama de *spaghetti*, que permitiu mapear visualmente as trajetórias percorridas após a implementação do mapa de identificação.

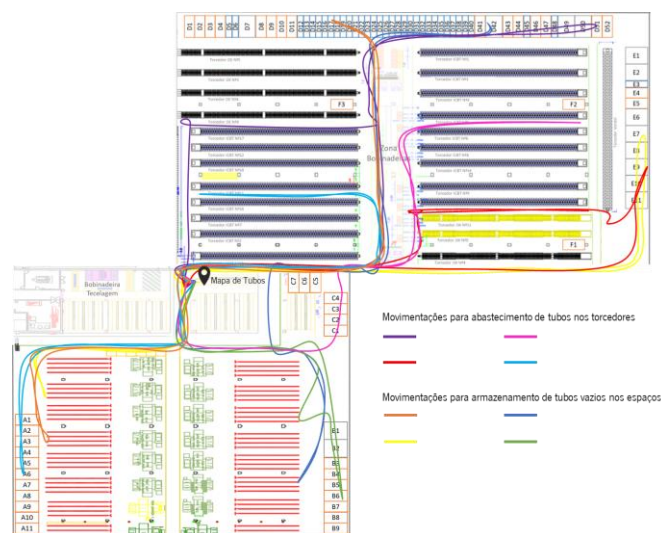


Figura 45 – Diagrama de spaghetti (situação pós implementação do Mapa de Tubos).

Através da análise do diagrama, observa-se que, na nova situação, em todas as movimentações os colaboradores deslocam-se, em primeiro lugar, à localização do mapa. Após a verificação do local do tubo pretendido, o operador move-se diretamente a esse espaço, evitando a necessidade de percorrer toda a área dos espaços.

De forma a quantificar o impacto da implementação da proposta de melhoria, procedeu-se, novamente, ao cálculo das distâncias percorridas em cada uma das amostras analisadas. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Distâncias percorridas (situação final).

Abastecimento de tubos nos torcedores		Armazenamento de tubos nos espaços	
Amostra	Distância (m)	Amostra	Distância (m)
Linha roxa	313 m	Linha laranja	384 m
Linha vermelha	256 m	Linha amarela	378 m
Linha rosa	295 m	Linha azul-escuro	384 m
Linha azul-claro	370 m	Linha verde	218 m
Média	309 m	Média	341 m

Assim, pode concluir-se que, após a implementação do Mapa de Tubos, os operadores percorrem, em média, 309 metros para abastecer tubos no torcedor e 1364 metros para armazenar todos os tubos vazios após a produção de um lote na Tecelagem.

Esta análise possibilitou uma comparação direta entre os dois cenários – antes e após a aplicação do Mapa de Tubos. Neste sentido, tendo por base o número de jogos e lotes produzidos na Torcedura e na Tecelagem, respetivamente, no ano de 2022, procurou-se calcular as distâncias percorridas pelos operadores nas duas atividades analisadas. Estes valores proporcionaram uma visão mais abrangente do impacto da implementação da melhoria proposta, permitindo quantificar o ganho percentual anual. Neste sentido, a Tabela 9 apresenta um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 9 – Reduções (%) nas distâncias percorridas.

	Abastecimento de tubos nos torcedores		Armazenamento de tubos nos espaços	
	Distância/jogo (m)	Distância/ano (m)	Distância/lote (m)	Distância/ano (m)
Estado inicial	394	12172236	1976	2475928
Estado final	309	9546246	1364	1709092
Redução Percentual	22%		31%	

Os resultados revelaram que a implementação da melhoria resultou numa redução significativa nas distâncias percorridas em comparação com o cenário anterior. Para a atividade de abastecimento de tubos, atualmente, os colaboradores percorrem menos 22% da distância, o que equivale a uma diminuição de 2625990 metros por ano. Relativamente ao armazenamento dos tubos, obteve-se uma redução de 31%, ou seja, uma redução de 766836 metros anualmente.

Esta análise quantitativa revelou de forma concreta os benefícios tangíveis da implementação do mapa de identificação, destacando a eficácia da solução na otimização dos processos de armazenamento e abastecimento de tubos. Além disso, a diminuição das distâncias percorridas traduz-se, também, na redução do tempo despendido nestas tarefas sem valor agregado. Este tempo pode ser redirecionado para atividades de maior valor acrescentado ao produto, ampliando, assim, a eficiência e a qualidade global das operações.

6.2. Resultados Esperados da Implementação do MES

Este subcapítulo é dedicado à análise das melhorias esperadas, de forma a perceber a viabilidade do projeto de implementação do Sistema de Controlo da Produção. Após a redefinição dos processos e o subsequente mapeamento da situação futura, é crucial avaliar os impactos concretos dessas mudanças.

Assim, é apresentada uma visão geral do impacto positivo e das mudanças significativas que a introdução do sistema poderá trazer para a organização. A análise explorou melhorias quantitativas e qualitativas nas diferentes áreas de produção, identificando como o MES pode influenciar a eficiência, a precisão e a capacidade de tomada de decisões fundamentadas. Deste modo, alinhadas com os objetivos estratégicos da organização, são apresentadas as perspetivas futuras, destacando o potencial crescimento na eficiência operacional e otimização contínua que o MES proporcionará. Por outro lado, a análise quantitativa baseou-se nos indicadores já estudados na situação atual, como o número de atividades e o consumo de papel, comparando os resultados obtidos para as duas situações.

6.2.1. Redução de Atividades

Uma das principais vantagens relacionadas com a implementação de um Sistema de Controlo da Produção, está relacionada com a redução de atividades redundantes e desnecessárias. Esta otimização dos processos torna-se possível através da automação e centralização de informações fornecidas pelo sistema.

A adoção de um sistema MES permite que as empresas possam eliminar atividades que eram realizadas manualmente, como a recolha de dados, o preenchimento de vários ficheiros, a inserção de dados em duplicado, entre outras, que necessitam de tempo e recursos para as executar. A automação dos processos permitirá a realização destas tarefas de forma automática e em tempo real, resultando em economia de tempo, redução de custos e, acima de tudo, na entrega de maior valor para o cliente. Assim, foi calculada a proporção de atividades categorizadas como substituíveis, de forma a reconhecer os processos que terão maior impacto com a implementação do sistema. Os resultados, para cada um dos processos de cada área, apresentam-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Impacto da implementação do sistema MES no número de atividades.

Área	Processo	% atividades substituíveis
Torcedura	Início de um novo ciclo de produção	19%
	Registo de produção	0%
	Segregação de não conformidades	0%
	Controlo visual de qualidade	0%
	Controlo de lote	0%
Teceragem	Início de novo lote	30%
	Registo de produção	25%
Impregnação	Impregnação de Tecido: Início de novo lote	7%
	Impregnação de Tecido: Registo de produção	15%
	Impregnação de Corda: Início de novo lote	4%
	Impregnação de Corda: Registo de produção	13%
Malhas	Tricotagem: Início de novo lote	4%
	Tricotagem: Registo de Produção	15%
	Ramulagem: Início de novo lote	4%
	Ramulagem: Registo de Produção	14%
Geral	Lançamento de Scrap	0%
	Pedido de Intervenção	10%
	Requisição da MP pela produção	10%
Total		12%

Numa avaliação global, tendo em conta todas as atividades relacionadas com a produção, constata-se que cerca de 12% delas deixarão de fazer parte das responsabilidades dos operadores. Por outro lado, existem processos nos quais esta percentagem é nula, sugerindo que não deverão sofrer quaisquer modificações com a implementação do sistema.

De facto, o MES é uma ferramenta valiosa que desempenhará um papel fundamental na otimização dos processos da empresa, permitindo eliminar um elevado número de atividades. Desta forma, com o

objetivo de apoiar a avaliação do impacto em cada área produtiva, foi elaborado o gráfico da Figura 46, que oferece uma representação visual clara das proporções de melhoria.

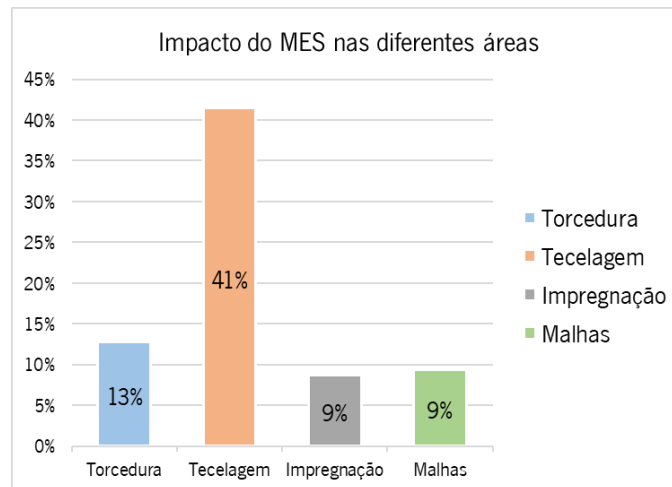


Figura 46 – Impacto da implementação do MES nas atividades das diferentes áreas.

Assim, através da análise do gráfico, é evidente que a implementação do MES terá um impacto mais significativo na área da Tecelagem. Efetivamente, os processos na área são particularmente dependentes de atividades de registo em papel e em duplicado, bem como tarefas de impressão de documentos, o que torna a adoção de um sistema MES uma solução altamente vantajosa. Neste sentido, a transição para um ambiente digital beneficiará especialmente a Tecelagem, reduzindo ao máximo estas atividades manuais e libertando recursos para tarefas de maior valor acrescentado. Esta transformação resulta em processos consideravelmente mais eficientes, como também melhora a satisfação e produtividade dos colaboradores.

Em resumo, a implementação de um sistema MES simplificará os processos da empresa, tal como podemos observar nos diagramas BPMN da situação futura (Apêndice 2).

6.2.2. Redução de Consumo de Papel

Nos dias de hoje, existe uma tendência crescente em direção à digitalização e sustentabilidade, essencial nas organizações modernas. Esta tendência é amplamente refletida na integração de sistemas tecnológicos, que melhoram a eficiência e produtividade, mas também alinham os processos com práticas mais sustentáveis. A implementação de um sistema MES oferece inúmeros benefícios para a organização, um deles relacionado com a redução significativa do consumo de papel nos processos operacionais, contribuindo para a diminuição do impacto ambiental e impulsionando a construção de um futuro ecologicamente responsável.

Assim, o sistema apresenta soluções que diminuem significativamente a necessidade de documentos em papel para registos ou visualização na empresa, por exemplo:

- As especificações de cada artigo passam a estar integradas em sistema, eliminando todas as impressões relacionadas com Fichas de Processo em qualquer área, economizando papel e agilizando o acesso a todas as informações essenciais;
- Os registos dos pesos das produções deixam de ser realizados em papel, passando a serem inseridos diretamente no sistema, por meio de tablets ou nos ecrãs das máquinas. Esta mudança elimina a necessidade de registos em duplicado (papel e *Excel*);
- O sistema MES regista automaticamente todas as paragens de máquinas, incluindo o tempo de paragem e a causa da mesma, criando um histórico completo para cada uma das máquinas. Neste sentido, não haverá mais necessidade de manter registos em papel para acompanhar as paragens, por exemplo na Tecelagem, simplificando todo o processo;
- As produções serão integradas em MES, eliminando todos os documentos relacionados com dados em papel, como o Registo de Carga, na Tecelagem, e Mapas Diários, na Impregnação;
- Todas as ocorrências serão registadas diretamente no sistema, excluindo todos os Relatórios em papel, melhorando a acessibilidade e a pesquisa de dados de ocorrências, tornando mais eficaz a gestão das não conformidades.

Apesar da integração quase completa de registos e informações em sistema, a necessidade de etiquetar todos os produtos persistirá, de forma a assegurar a rastreabilidade e a conformidade com os padrões de qualidade e regulamentações necessárias. Além disso, os únicos documentos que foram vistos como indispensáveis em papel foram o Registo de Bobines não conformes, na área da Torcedura, e as Fichas de Scrap. Nestas duas situações, estes documentos vão sendo preenchidos continuamente, pelo que todos os registos devem estar disponíveis, até fechar a respetiva caixa de scrap.

Tendo em conta todas estas mudanças, foi construída a Tabela 11 que apresenta a necessidade de impressões de papel ou etiquetas no estado futuro. De forma a comparar os resultados entre os dois estados, foram utilizadas as quantidades anuais do ano de 2022 daqueles documentos que permanecerão.

Tabela 11 – Consumo de papel, em quantidade, por ano em cada área (situação futura).

Área	Tipo de Recurso	Documento	Quantidade Anual (estimativa)
Torcedura	Folha de Papel	Registo de Bobines não conformes	250
	Etiqueta	Etiqueta Post de Produção	30894
		Etiqueta de Validação	30894
Tecelagem	Etiqueta	Etiqueta Post de Produção	18452
		Etiquetas do Lote	18452
Impregnação de Tecido	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	1908
		Etiqueta Post de Produção	36922
Impregnação de Corda	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	1068
		Etiqueta Post de Produção	14312
		Etiqueta de Identificação	403645
Tricotagem	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	528
		Etiqueta Post de Produção	22248
Ramulagem	Etiqueta	Etiqueta de Material Retido	480
		Etiqueta Post de Produção	27776
Geral	Folha de Papel	Ficha de Scrap	1137
	Etiqueta	Etiqueta de Scrap	1137

Deste modo, considerando que cada impressão de papel representa um custo unitário de 0,10 € para a empresa e que cada etiqueta custa 0,05 €, foi elaborada a Tabela 12 com os consumos anuais para cada uma das situações.

Tabela 12 – Consumos monetários de papel anuais para a situação atual e futura.

Situação	Tipo de Recurso	Custo unitário	Quantidade Anual	Consumo Anual (€)
Atual	Folha de Papel	0,1€	15557	1555,7 €
	Etiqueta	0,05€	608716	30435,8 €
Futura	Folha de Papel	0,1€	1387	138,7 €
	Etiqueta	0,05€	608716	30435,8 €

De forma a ilustrar a poupança estimada num ano, em termos monetários e percentuais, foi construída a Tabela 13.

Tabela 13 – Redução anual de papel.

Tipo de Recurso	Quantidade Situação Atual	Quantidade Situação Futura	Diferença	Poupança (€)	Poupança (%)
Folha de Papel	15557	1387	14170	1417 €	91 %
Etiqueta	608716	608716	-	-	-

Tal como foi dito anteriormente, o número de etiquetas não sofrerá qualquer alteração, para efeitos de controlo de rastreabilidade. No entanto, relativamente ao consumo de folhas de papel, é expectável uma redução de 14170 impressões de papel, que deixarão de ser necessárias após a implementação do sistema MES. Assim, esta redução representa uma economia, em papel, de 1417 €/ano para a empresa em todos os processos operacionais.

Além da economia financeira, a digitalização dos registos e a redução de documentos em papel proporcionam outros benefícios, como por exemplo:

- O MES permite o armazenamento e acesso eletrónico a todas as informações necessárias para a produção. Deste modo, os colaboradores podem consultar e atualizar registos diretamente no sistema, eliminando a necessidade de um espaço de armazenamento físico dos documentos;
- A eliminação de registos em papel e em duplicado reduz a probabilidade de erros humanos, muitas vezes associados à escrita manual e transcrição de dados;
- As atividades de registo de dados tornam-se mais rápidas e fáceis de realizar, resultando em processos mais ágeis e curtos;
- Com o sistema, as informações são atualizadas em tempo real, garantindo a precisão dos dados e um acompanhamento eficaz dos processos. Assim, isto permite que os problemas sejam detetados instantaneamente e a tomada de decisões baseada em dados reais.

7. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão abordadas as principais considerações finais resultantes do projeto, destacando e resumindo os principais impactos das ações de melhoria. Além disso, são apresentadas algumas recomendações para trabalhos futuros, que devem ser tidas como diretrizes na implementação do sistema MES e na jornada da empresa rumo à excelência operacional.

7.1. Considerações Finais

O propósito do presente projeto centrou-se na análise e melhoria dos processos para a implementação de um *Manufacturing Execution System*. Desde o início, foram delineados objetivos, focados na identificação de ineficiências e problemas nos processos atuais da empresa e na análise dos benefícios com a implementação do sistema. Assim, foram desenvolvidas soluções que permitiam reduzir ou eliminar esses desafios e preparar a organização para a integração do MES.

A primeira fase do projeto concentrou-se na análise do estado inicial dos procedimentos da organização, com ênfase na avaliação dos fluxos de materiais e informação no *shop floor*. Através do estudo de documentos internos da empresa, da observação das operações diárias *in loco* e de entrevistas informais/conversas com colaboradores, foi possível mapear cada detalhe dos processos existentes, recorrendo ao BPMN. A modelação de processos desempenhou um papel fundamental na identificação de áreas críticas, lacunas operacionais e redundâncias que, de outra forma, poderiam ter passado despercebidas. Desta forma, constatou-se que algumas das atividades executadas pelos operadores resultavam em consideráveis desperdícios, destacando-se, entre eles, movimentações e transportes excessivos. No processo de análise destes problemas foram utilizadas várias ferramentas *lean*, incluindo o diagrama de *spaghetti* e o diagrama de *Ishikawa*. Além disso, verificou-se que várias atividades de registo de informação eram tarefas redundantes e realizadas em formato de papel, reforçando a necessidade de implementação de um sistema. Neste contexto, foi crucial reconhecer as atividades que, efetivamente, são desnecessárias ao processo e podem ser substituídas pelo MES, e quantificar o consumo atual de papel nas várias áreas.

De facto, a análise crítica dos processos forneceu uma base sólida para a identificação de possíveis pontos de melhoria. A fase de desenvolvimento de soluções foi uma etapa dinâmica e envolveu todas as partes interessadas. Esta colaboração e todo o *feedback* foi essencial para elaborar abordagens que,

não só resolvessem ou atenuassem os problemas identificados, mas também fossem práticas e fáceis de aplicar.

Assim, para resolver a ineficaz monitorização dos *setups* das máquinas da Torcedura, foi desenvolvida uma ferramenta, em VBA, que representou uma transformação significativa na gestão operacional da área. Até então, dada a extensa área e os longos tempos de ciclo das máquinas, identificar as paragens de cada uma delas era uma tarefa árdua. Com o desenvolvimento da ferramenta, qualquer colaborador pode visualizar os tempos de paragem previstos num único ecrã. Além disso, o registo dos arranques dos torcedores desencadeia um planeamento, a 7 dias, do número de *setups* por turno, permitindo que seja feita uma gestão mais eficaz da mão de obra tendo em consideração a carga de trabalho. Por fim, a criação de relatórios diários e a integração de um *dashboard* possibilitaram a análise de indicadores que, até então, não eram monitorizados. Essa visão abrangente permitiu identificar e analisar tendências e padrões, proporcionando melhorias substanciais na capacidade de resposta a possíveis problemas. Efetivamente, a implementação da ferramenta, além de potenciar um aumento da informação disponível e aumentar a eficiência e produtividade dos operadores, permitiu reduzir cerca de 86% na distância percorrida para identificar as paragens das máquinas.

Relativamente ao mapa de identificação das localizações dos tubos, este representou um avanço significativo na otimização da gestão de tubos reutilizáveis. Os resultados alcançados evidenciaram uma redução de 22% na distância percorrida pelos operadores durante o abastecimento de tubos nos torcedores. Relativamente às atividades relacionadas com o armazenamento de tubos nos espaços destinados após a produção de um lote de rolos na Tecelagem, observou-se uma diminuição significativa de 31% nos deslocamentos dos operadores. Esta solução não apenas refletiu nestes ganhos tangíveis em termos de economia de distância percorrida e, conseqüentemente, tempo, mas também permitiu aumentar a eficiência operacional e a organização no *shop floor*.

Paralelamente à criação de propostas de melhoria, foi importante reconhecer os requisitos específicos da empresa que o sistema MES deveria atender. Além disso, nesta fase de planeamento, é crucial perceber como a integração de um MES influenciará os processos atuais da organização. Neste sentido, procurando alinhar os processos existentes com as necessidades e metas delineadas, recorreu-se, novamente, à modelação de processos para mapear a intervenção do sistema nos diferentes procedimentos da empresa. A redefinição dos processos foi fundamental para compreender os futuros benefícios e assegurar uma transição suave entre os métodos operacionais atuais e futuros.

Além disso, este processo procura assegurar que os colaboradores compreendam devidamente as mudanças propostas, facilitando a aceitação e contribuindo para o sucesso da transição.

Após o mapeamento da situação futura, procedeu-se à avaliação dos impactos destas mudanças, tendo em consideração a redução de atividades redundantes e desnecessárias, bem como a diminuição do consumo de papel.

Assim, comparando os resultados obtidos entre a situação atual e futura, prevê-se que 12% das atividades que, atualmente, fazem parte das responsabilidades dos operadores, deixarão de o ser. Além disso, pode concluir-se que a implementação do MES terá um impacto mais significativo nas atividades da área da Tecelagem, com uma expressiva redução de 41%. Efetivamente, os processos atuais da empresa são particularmente dependentes de atividades redundantes e de registo manual, o que torna a adoção de um sistema MES uma solução muito benéfica.

Relativamente ao consumo de papel, estima-se uma redução expressiva de 91% de papel em todas as áreas produtivas, o que equivale a uma economia anual de 1417€. Estes resultados evidenciam tanto os benefícios ambientais e sustentáveis associados à diminuição do uso de papel como os impactos financeiros positivos para a organização.

O maior desafio decorrente de todo o projeto consistiu na inexistência de documentação clara, visual e de fácil acesso de todo o fluxo operacional. A ausência de uma referência documental tornou o mapeamento dos processos mais demorado e, por vezes, complexo. Efetivamente, esta etapa exigiu um esforço considerável para representar com precisão e exatidão cada atividade do fluxo existente. Esta experiência destaca a importância da existência de um diagrama que represente de forma clara e visual os processos da organização, possibilitando a identificação mais ágil e rápida de possíveis ineficiências.

Em suma, este projeto servirá como um ótimo ponto de partida para a fase de desenvolvimento de um sistema que visa aumentar a eficiência das operações, garantir a fluidez dos processos e intensificar a informação disponível em todo o *shop floor*. Desta forma, a organização tornar-se-á mais ágil para responder a qualquer variação do cenário industrial.

7.2. Trabalho Futuro

O projeto apresentou apenas os primeiros passos na preparação da organização para a integração do sistema MES. Assim, é perentório traçar uma direção para o futuro, identificando aquilo que ainda necessita de desenvolvimento adicional, para maximizar os benefícios alcançados.

Neste sentido, em primeiro lugar, para aprofundar a avaliação dos benefícios resultantes da integração do MES, deve ser conduzida uma análise de valor das atividades de cada um dos processos. Posteriormente, é importante iniciar um estudo de tempos exaustivo, considerando uma quantidade significativa de amostras. Esta abordagem permitirá uma análise mais precisa e consistente das melhorias alcançadas em termos de economia de tempo nos diferentes tipos de atividades (atividades com valor acrescentado ou desperdícios).

Relativamente à ferramenta de monitorização de *setups* da área da Torcedura, sugere-se a evolução da mesma, transitando de uma versão baseada em *Excel*, para uma aplicação mais versátil e compatível com tablets. Esta mudança possibilitará que os colaboradores registem os arranques das máquinas *just in time*, mantendo a ferramenta constantemente atualizada e permitindo um acompanhamento mais eficaz e em tempo real. Adicionalmente, é importante ressaltar que a implementação inicial se restringiu a conjunto específico de máquinas da área da Torcedura, servindo como um projeto piloto. Esta abordagem foi adotada para avaliar os benefícios e a recetividade pelos colaboradores do *shop floor*. Assim, numa fase posterior, seria interessante ampliar a aplicação da ferramenta para englobar todos os torcedores, promovendo uma gestão mais abrangente e eficaz em toda a extensão da área.

Por fim, recomenda-se que seja integrada a ferramenta sugerida conforme planeado, que permite uma gestão mais eficaz das albufeiras da Torcedura e Tecelagem, envolvendo a adição de um campo no sistema SAP para registar a localização de cada esquinadeira. A conexão entre os sistemas permitirá alcançar uma rastreabilidade mais eficaz e uma gestão mais ágil do armazenamento.

Todas estas iniciativas representam passos importantes em direção à melhoria contínua e digitalização dos processos, integrando conceitos-chave da Indústria 4.0. Assim, estas ações não apenas impulsionam a eficiência operacional, como refletem um compromisso da organização com os princípios da nova era industrial – tecnologia, inovação e análise de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdinnour-Helm, S., Lengnick-Hall, M. L., & Lengnick-Hall, C. A. (2003). Pre-implementation attitudes and organizational readiness for implementing an Enterprise Resource Planning system. *European Journal of Operational Research*, *146*(2), 258–273. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00548-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00548-9)
- Abdulmouti, H. (2015). The role of Kaizen (continuous improvement) in improving companies' performance: A case study. *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093768>
- Allani, O., & Ghannouchi, S. A. (2016). Verification of BPMN 2.0 Process Models: An Event Log-based Approach. *Procedia Computer Science*, *100*, 1064–1070. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.282>
- Bell, E., & Davison, J. (2012). *Visual Management Studies: Empirical and Theoretical Approaches*. *Journal of Management Research*, *34*(2), 167–184. [https://doi.org/10.1111/\(ISSN\)1468-2370/homepage/teaching_jmr_342](https://doi.org/10.1111/(ISSN)1468-2370/homepage/teaching_jmr_342)
- Beric, D., Havzi, S., Lolic, T., Simeunovic, N., & Stefanovic, D. (2020). Development of the MES software and Integration with an existing ERP Software in Industrial Enterprise. *2020 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH48170.2020.9066345>
- Bougdira, A., Akharraz, I., & Ahaitouf, A. (2020). A traceability proposal for industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *11*(8), 3355–3369. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01532-7>
- Chinosi, M., & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards and Interfaces*, *34*(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Choudhary, R., & Riaz, N. (2023). A business process re-engineering approach to transform business process simulation to BPMN model. *PLoS ONE*, *18*(3 March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277217>
- Corallo, A., Lazoi, M., & Lezzi, M. (2020). Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts. In *Computers in Industry* (Vol. 114). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103165>
- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., & Derammelaere, S. (2011). A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. *International Journal of Production Research*, *49*(14), 4397–4413. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.548409>

- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- Enrique, D. V., Marcon, É., Charrua-Santos, F., & Frank, A. G. (2022). Industry 4.0 enabling manufacturing flexibility: technology contributions to individual resource and shop floor flexibility. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(5), 853–875. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2021-0312>
- Few, Stephen. (2006). *Information dashboard design: the effective visual communication of data*. O'Reilly.
- Gregersen, E. (2018). 5 Components of Information Systems. *Encyclopedia Britannica*.
- Huang, C. C., & Kusiak, A. (1996). Overview of kanban systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9(3), 169–189. <https://doi.org/10.1080/095119296131643>
- Hughes, M. D., & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. In *Journal of Sports Sciences* (Vol. 20, Issue 10, pp. 739–754). <https://doi.org/10.1080/026404102320675602>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- Janes, A., Sillitti, A., & Succi, G. (2013). Effective dashboard design. *Cutter IT Journal*, 26, 17–24.
- Jaskó, S., Skrop, A., Holczinger, T., Chován, T., & Abonyi, J. (2020). Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard- and ontology-based methodologies and tools. In *Computers in Industry* (Vol. 123). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103300>
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution System - MES* (1st ed.). Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-540-49744-8>
- Liker, J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (1st Edition). McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. In *Academy of Management Perspectives* (Vol. 20, Issue 2, pp. 5–20). Academy of Management. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>

- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Lindberg, C. F., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. *Energy Procedia*, 75, 1785–1790. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
- Lu, H. P., & Weng, C. I. (2018). Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.005>
- Majumdar, A., Garg, H., & Jain, R. (2021). Managing the barriers of Industry 4.0 adoption and implementation in textile and clothing industry: Interpretive structural model and triple helix framework. *Computers in Industry*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103372>
- Mantravadi, S., Møller, C., Li, C., & Schnyder, R. (2022). Design choices for next-generation IIoT-connected MES/MOM: An empirical study on smart factories. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102225>
- Monden Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time*.
- Nagyová, A., Pačaiová, H., Gobanová, A., & Turisová, R. (2019). An empirical study of root-cause analysis in automotive supplier organisation. *Quality Innovation Prosperity*, 23(2), 34–45. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I2.1243>
- Negri, E., Berardi, S., Fumagalli, L., & Macchi, M. (2020). MES-integrated digital twin frameworks. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.05.007>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis. https://books.google.pt/books?id=7_-67SshOy8C
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729–736. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Parmenter, D. (2019). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. Wiley.

- Romero, D., & Vernadat, F. (2016). Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends. *Computers in Industry*, 79, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.03.001>
- Shojaeinasab, A., Charter, T., Jalayer, M., Khadivi, M., Ogunfowora, O., Raiyani, N., Yaghoubi, M., & Najjaran, H. (2022). Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 62, pp. 503–522). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.01.004>
- Singh, J., & Singh, H. (2015). Continuous improvement philosophy – literature review and directions. *Benchmarking: An International Journal*, 22(1), 75–119. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2012-0038>
- Teknologi, J., Hayati Abdul Halim, N., Jaffar, A., Yusof, N., Jaafar, R., Naufal Adnan, A., Azlina Mohd Salleh, N., & Nida Azira, N. (2015). *STANDARDIZED WORK IN TPS PRODUCTION LINE* (Vol. 76, Issue 6). www.jurnalteknologi.utm.my
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: A literature synthesis. In *Journal of Manufacturing Technology Management* (Vol. 27, Issue 6, pp. 766–799). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Umble, E. J., Haft, R. R., & Umble, M. M. (2003). Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research*, 146(2), 241–257. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00547-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00547-7)
- Westbrook, R. (1995). Action research: a new paradigm for research in production and operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(12), 6–20. <https://doi.org/10.1108/01443579510104466>
- Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. In *Journal of the Operational Research Society* (Vol. 48). <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womak, J., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world. *New York: Rawson Associates*.
- Yigitbasioglu, O. M., & Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*, 13(1), 41–59. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.08.002>

APÊNDICES

Apêndice 1 – BPMNs dos processos AS-IS

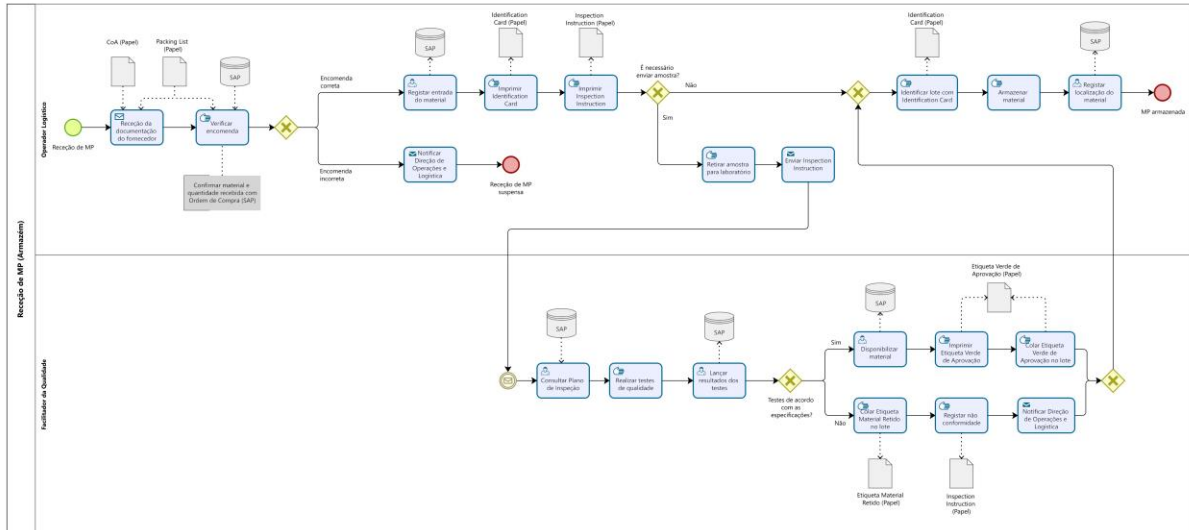


Figura 47 – Processo “Recepção de MP” (situação atual).

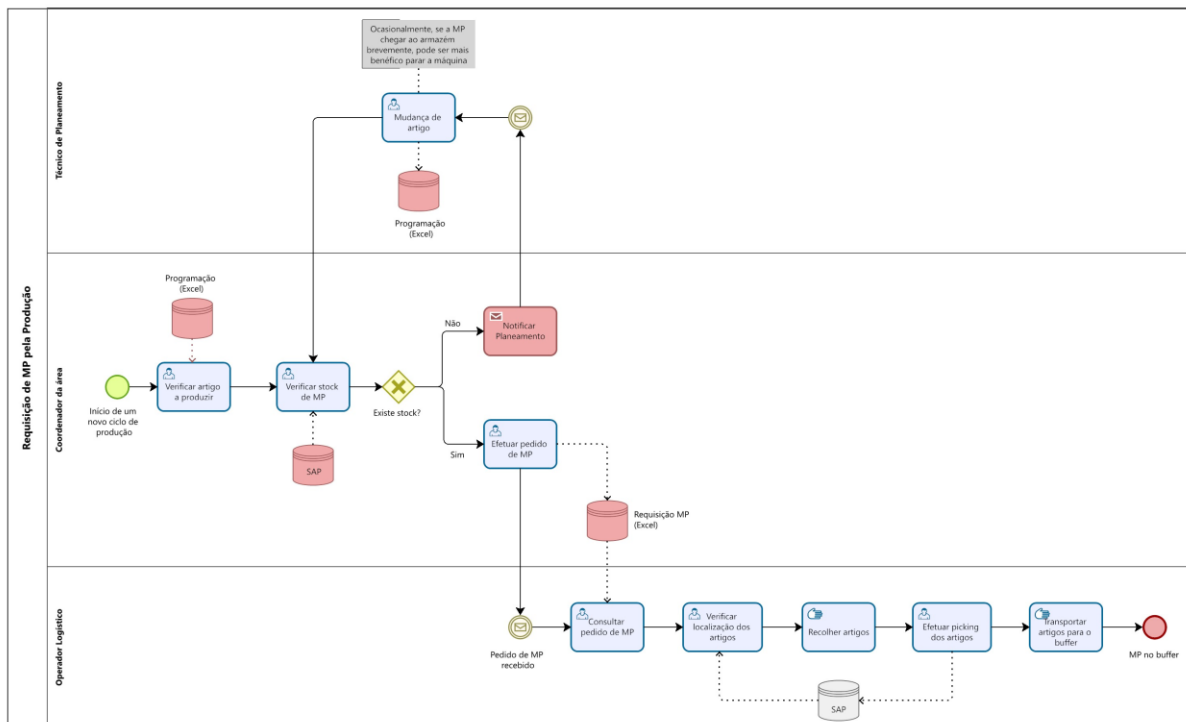


Figura 48 – Processo “Requisição de MP pela produção” (situação atual).

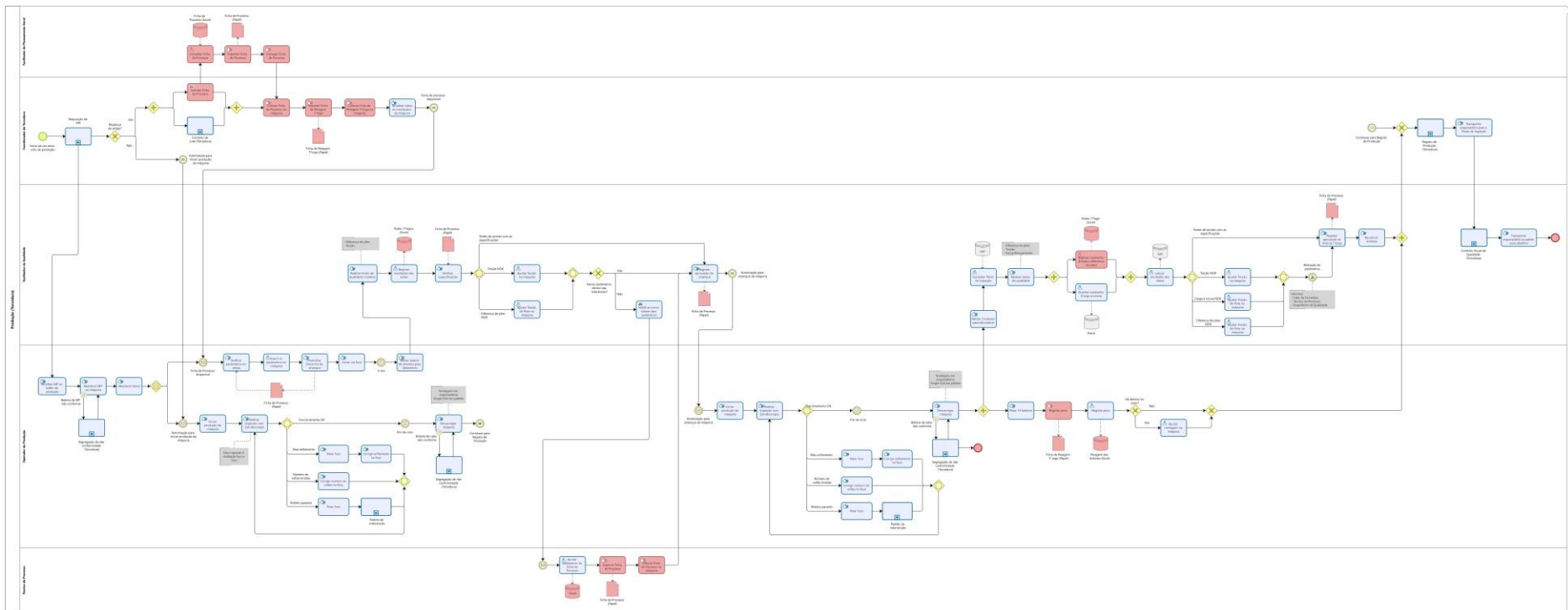


Figura 49 – Processo “Ciclo de produção da Torcedura” (situação atual).

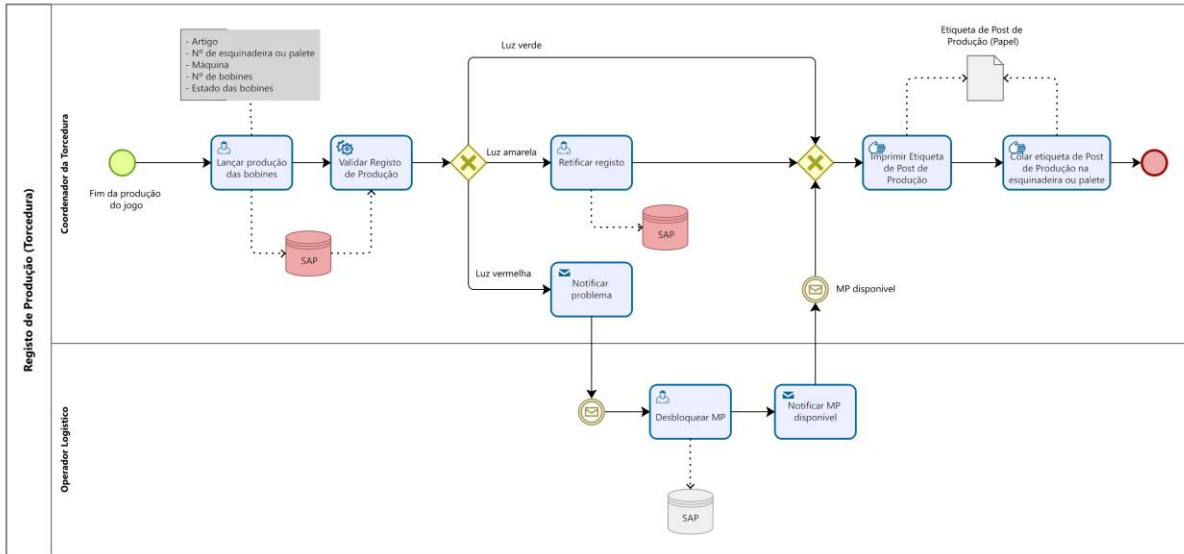


Figura 52 – Subprocesso “Registro de produção (Torcedura)” (situação atual).

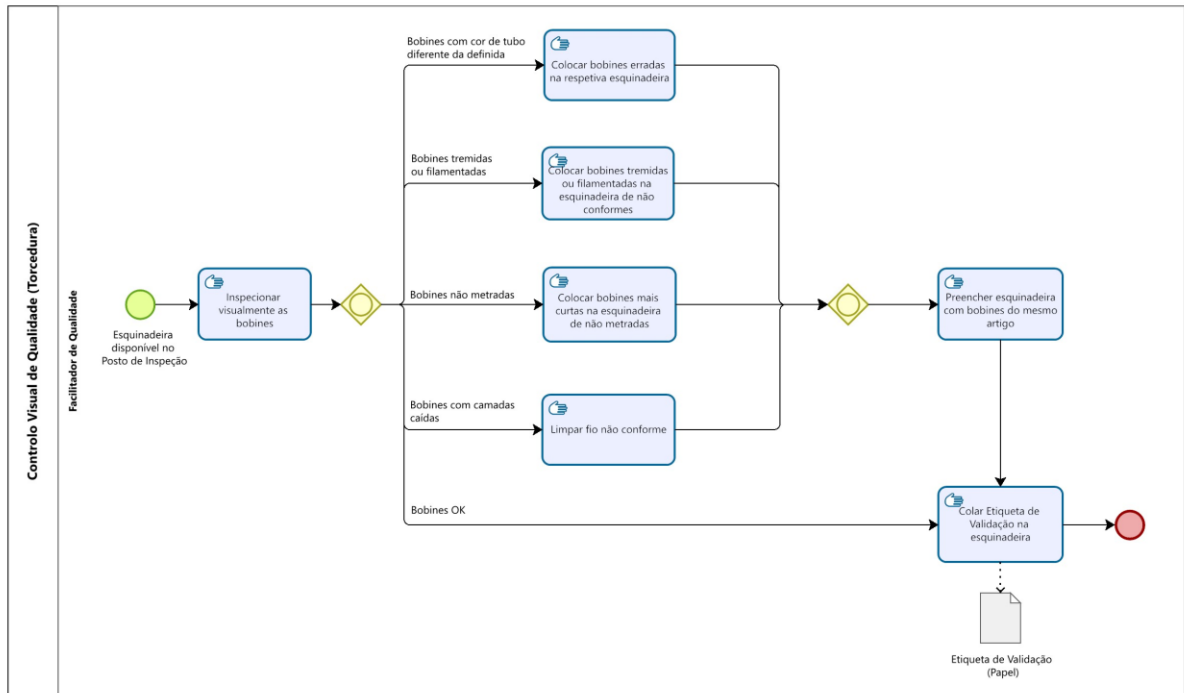


Figura 53 – Subprocesso “Controlo visual de qualidade” (situação atual).

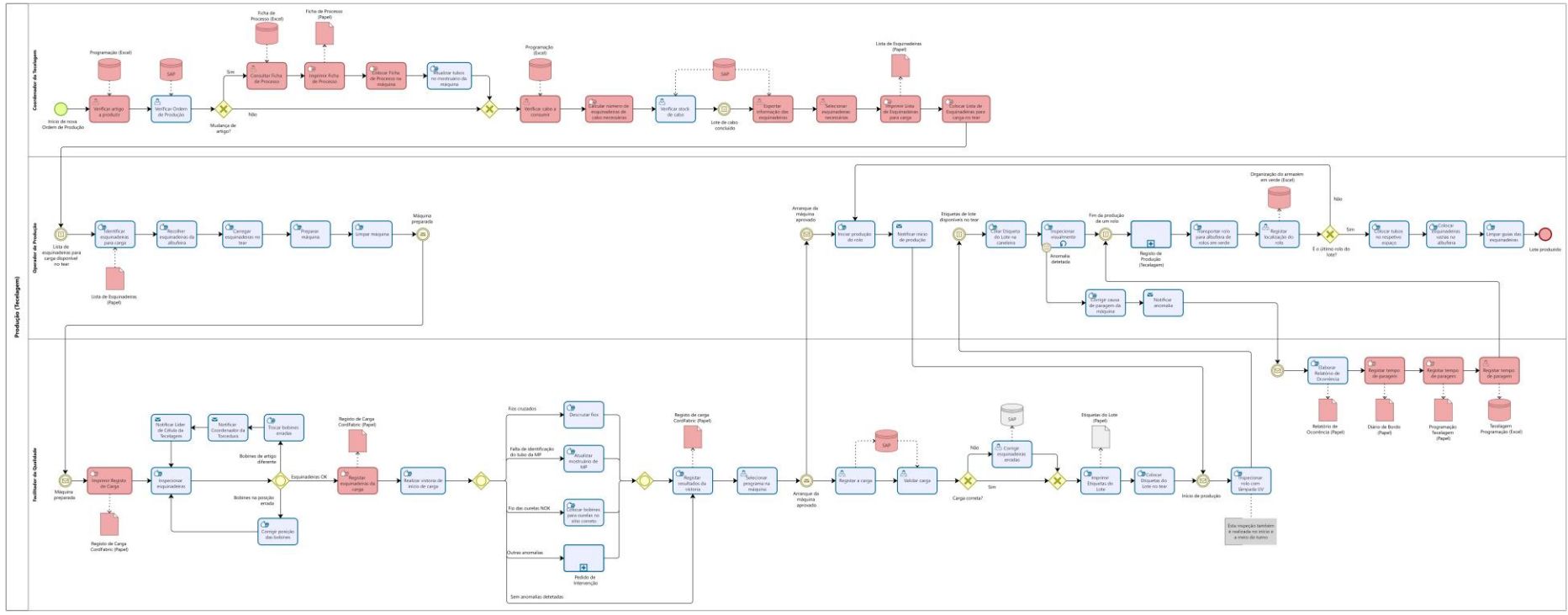


Figura 54 – Processo “Ciclo de produção da Tecelagem” (situação atual).

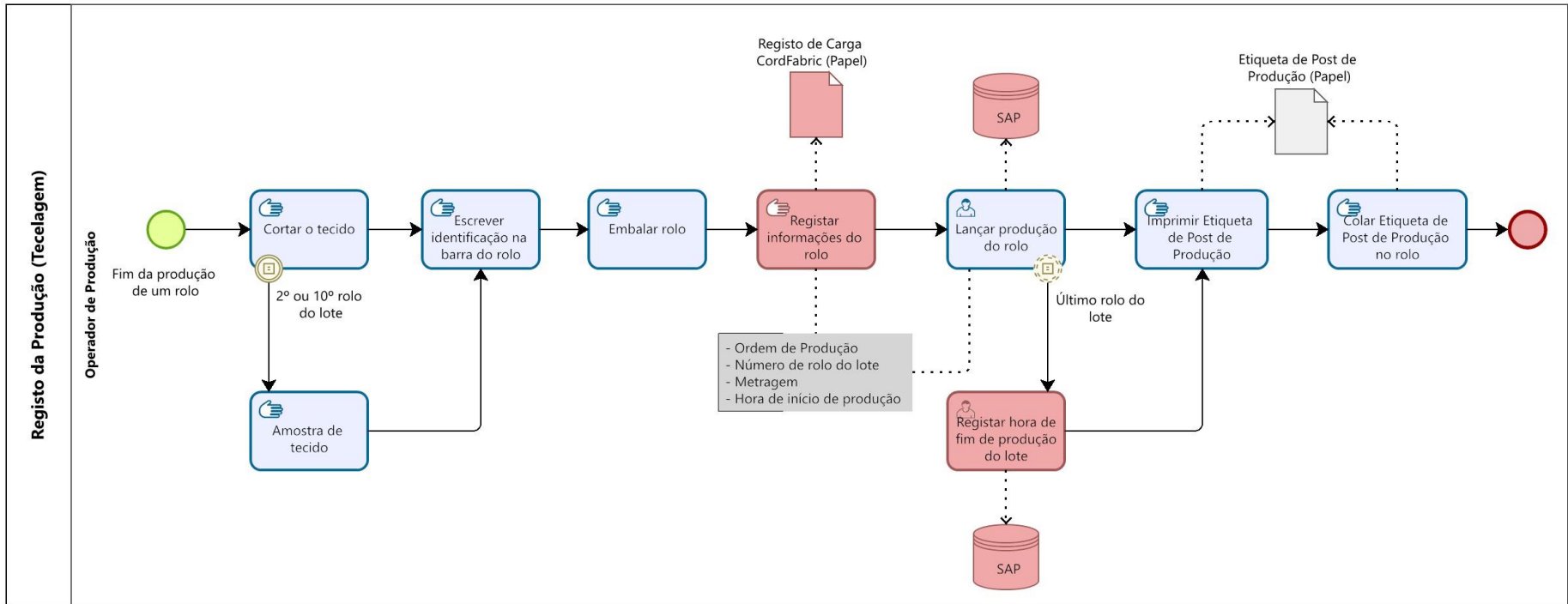


Figura 55 – Subprocesso “Registo de produção (Tecelagem)” (situação atual).

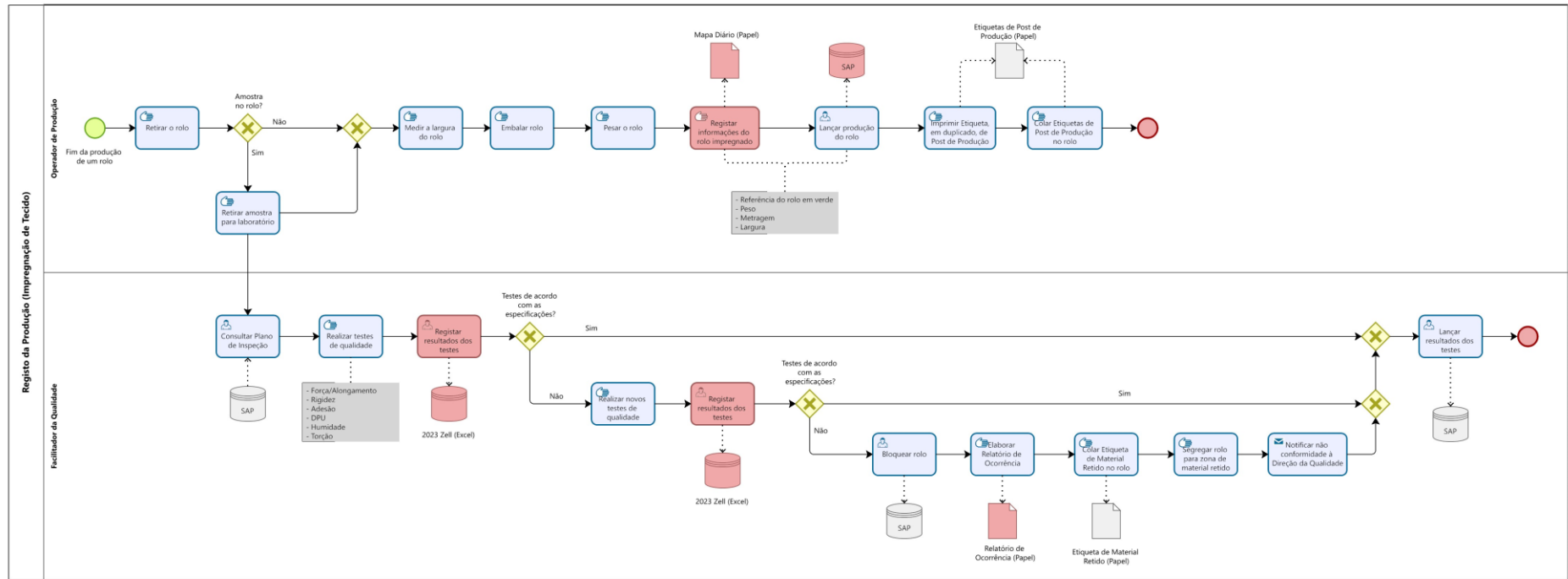


Figura 57 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Tecido)” (situação atual).

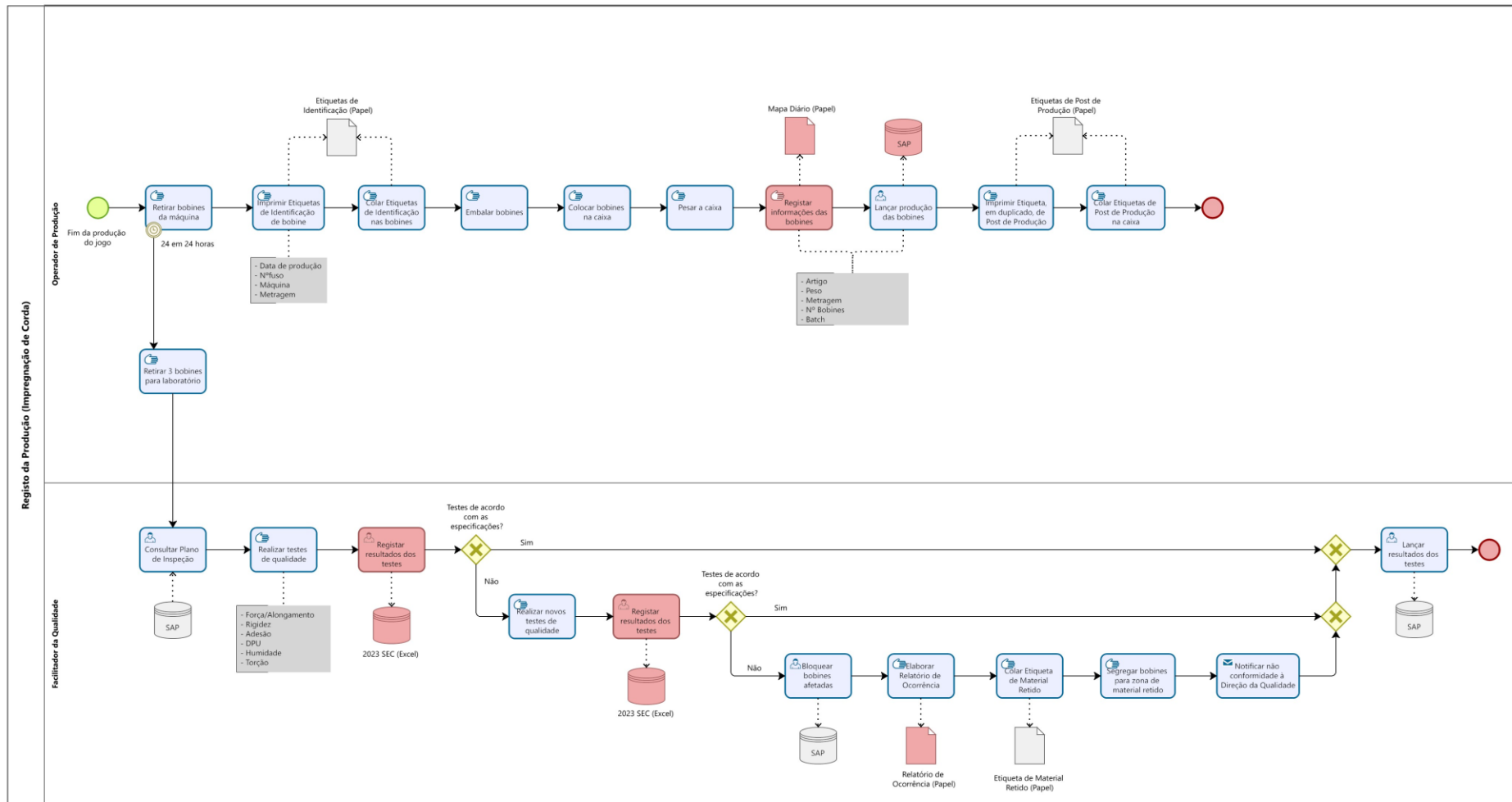


Figura 59 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Cabo)” (situação atual).

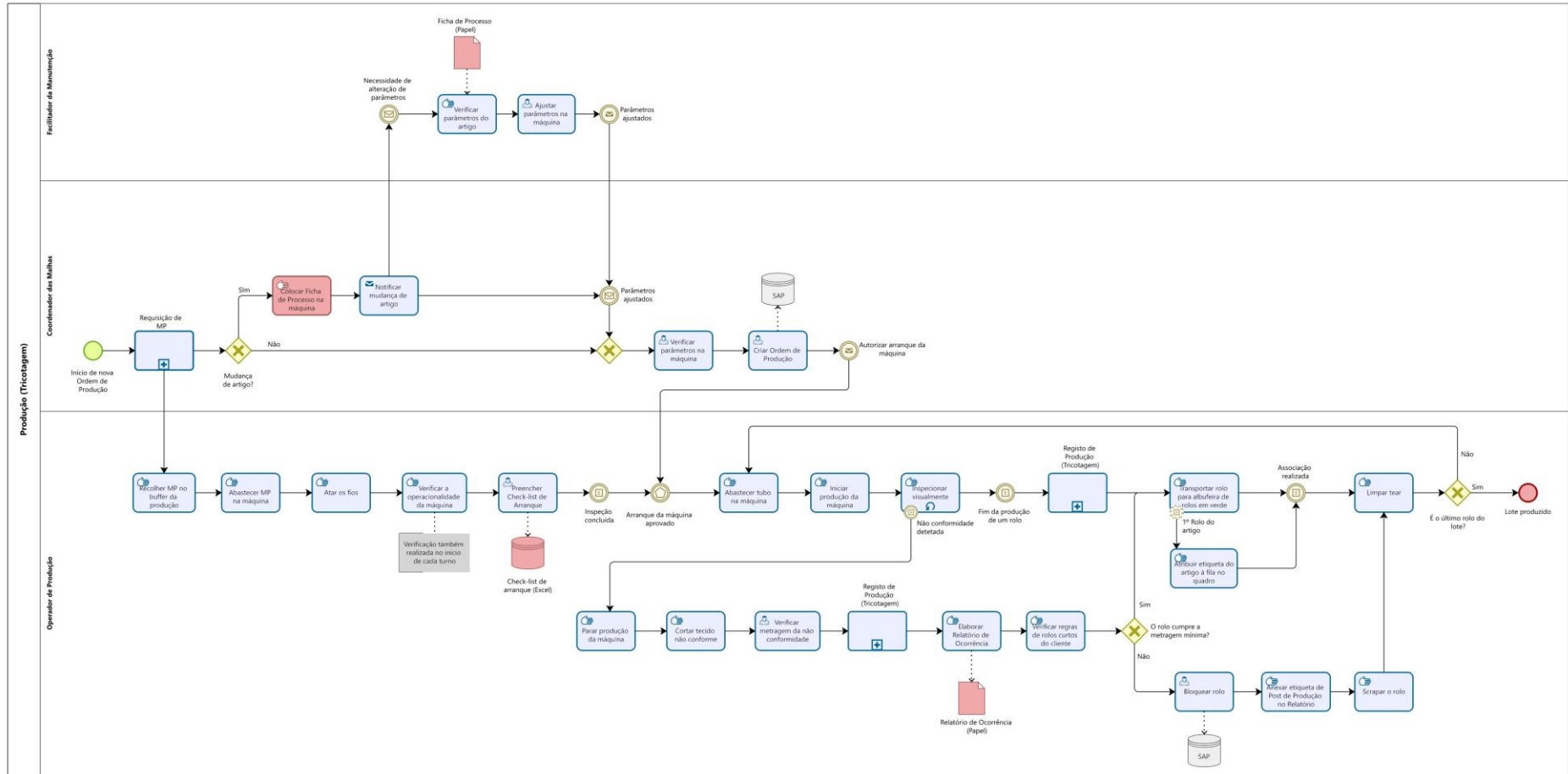


Figura 60 – Processo “Ciclo de produção da Tricotagem” (situação atual).

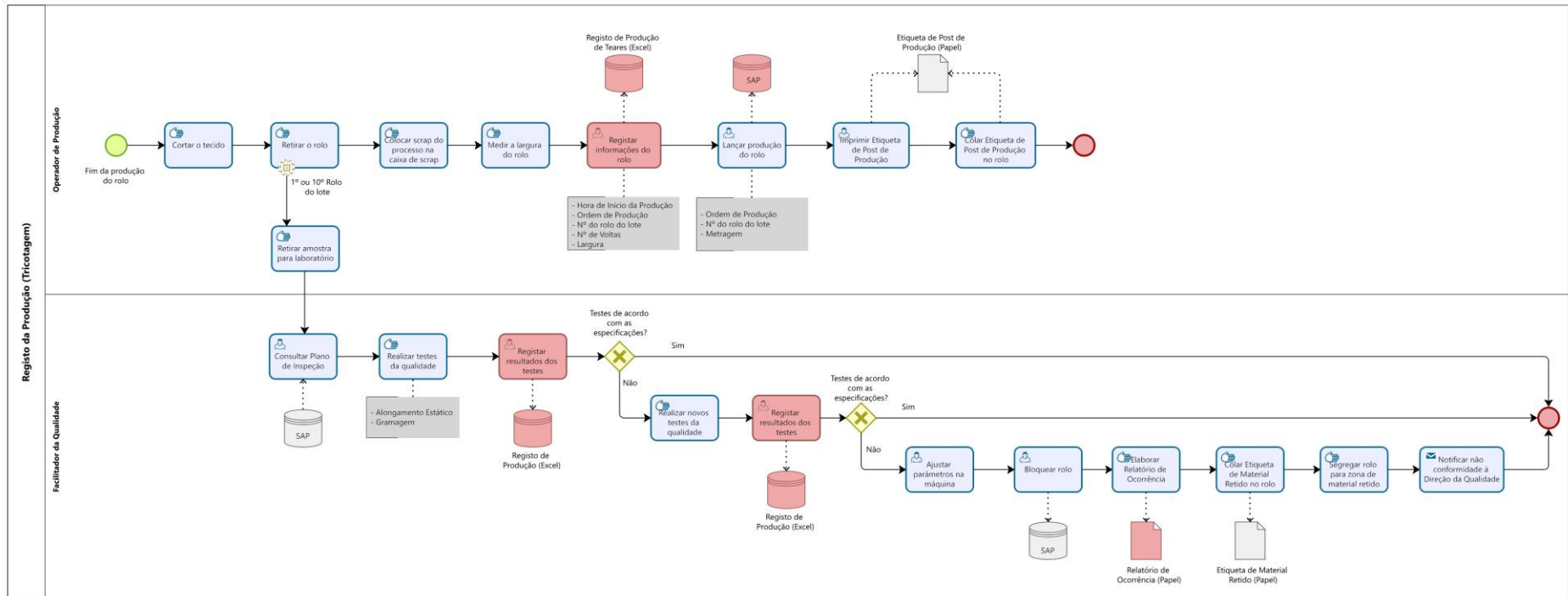


Figura 61 – Subprocesso “Registo de produção (Tricotagem)” (situação atual).

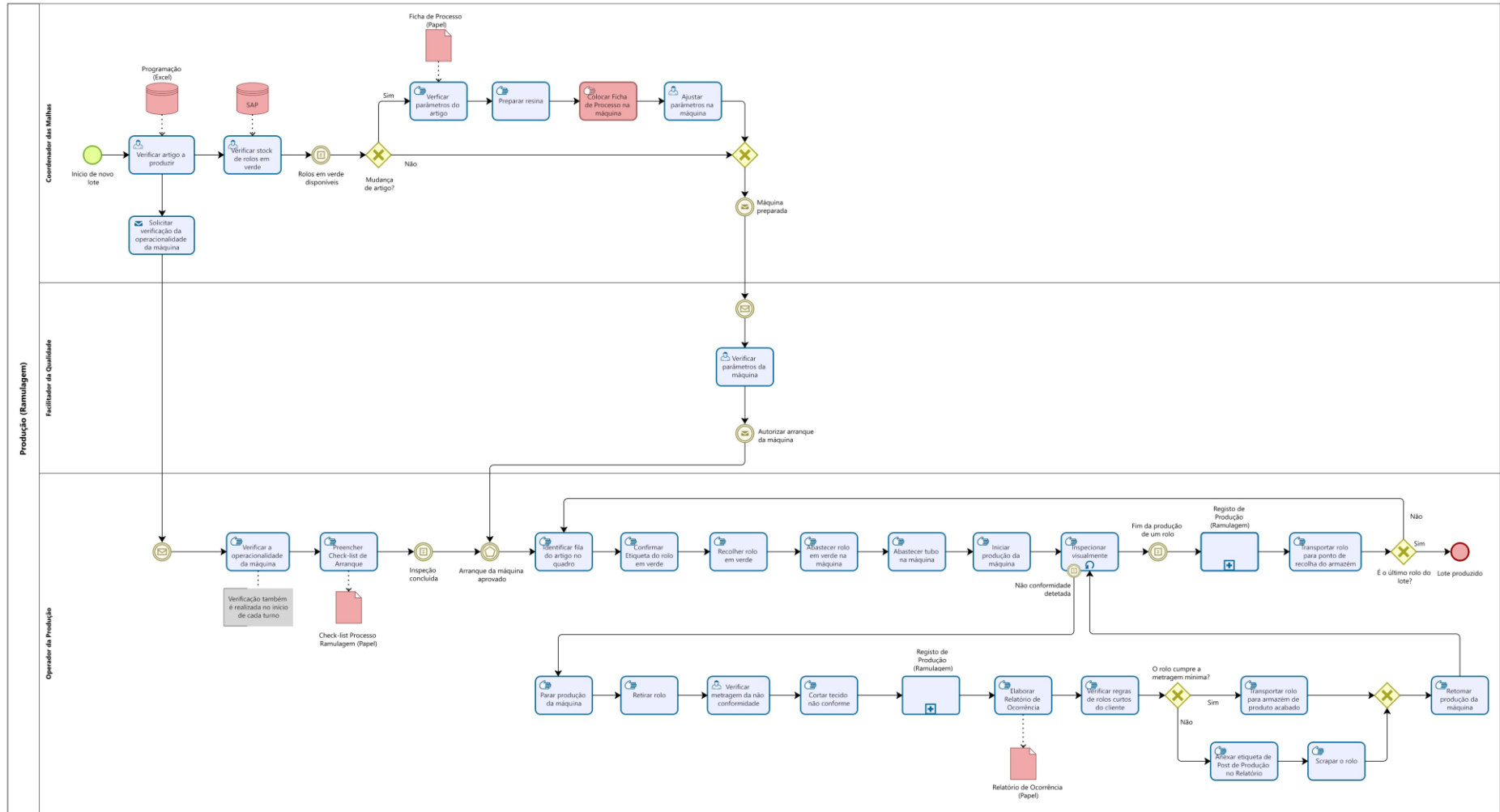


Figura 62 – Processo “Ciclo de produção da Ramulagem” (situação atual).

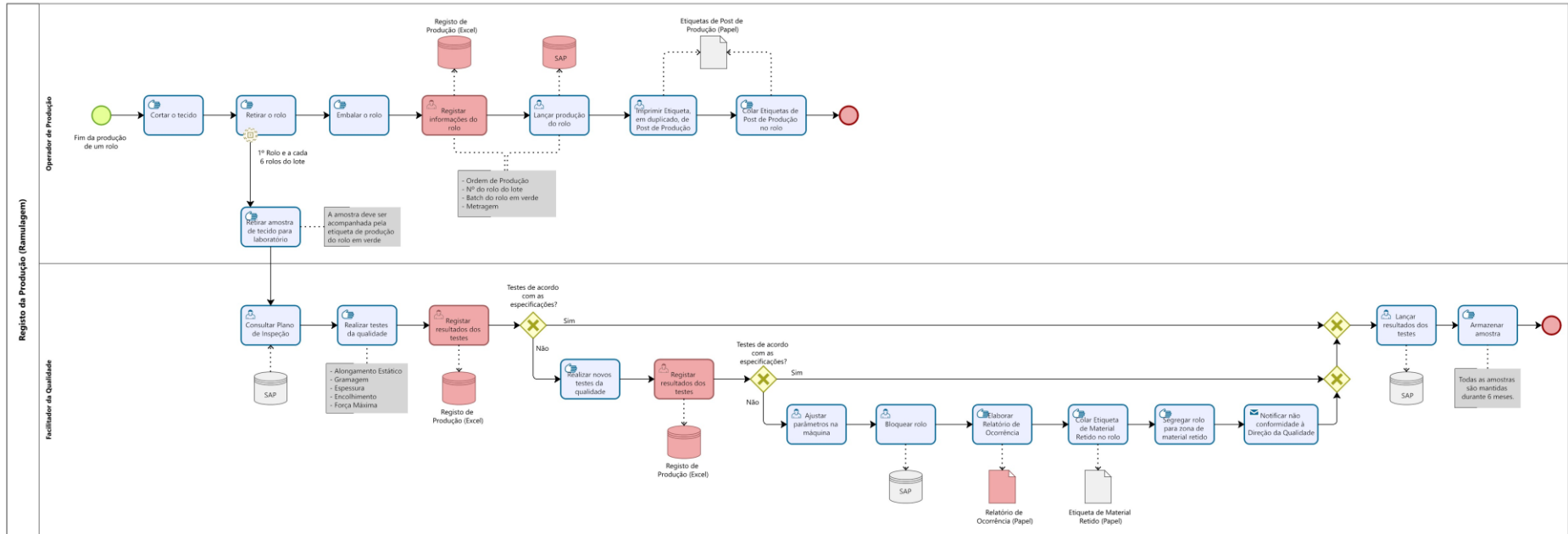


Figura 63 – Subprocesso “Registro de produção (Ramulagem)” (situação atual).

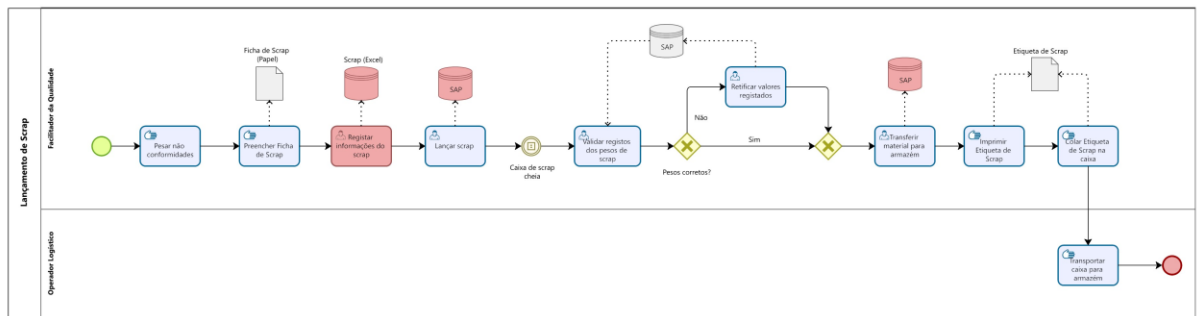


Figura 64 – Processo “Lançamento de scrap” (situação atual).

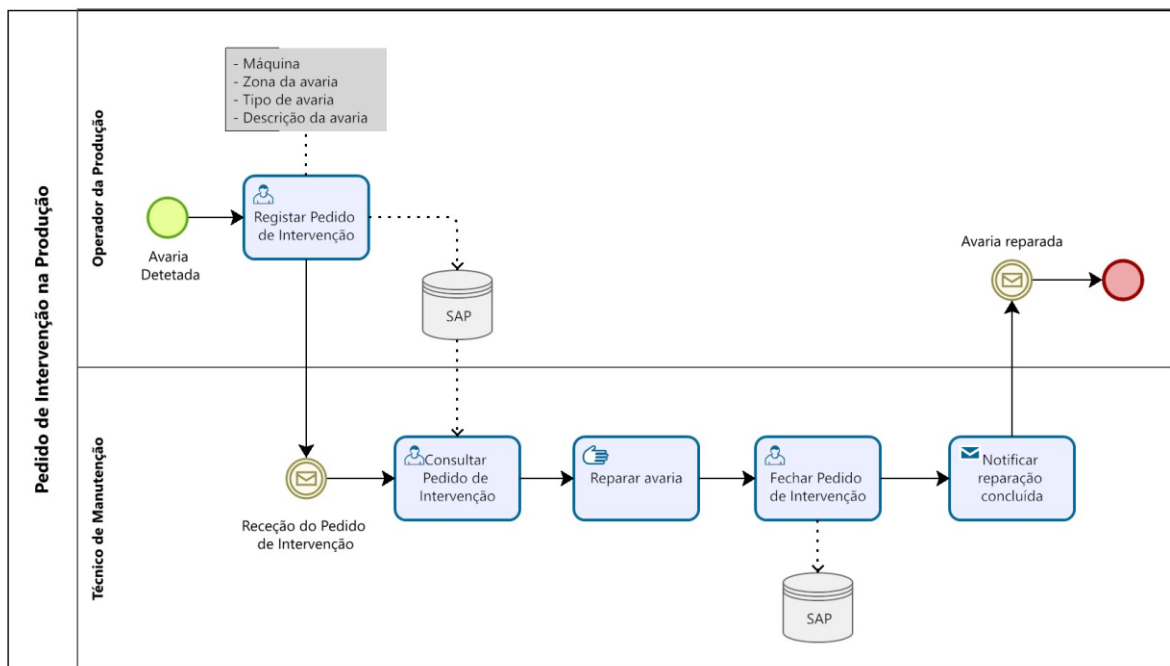


Figura 65 – Processo “Pedido de intervenção na produção” (situação atual).

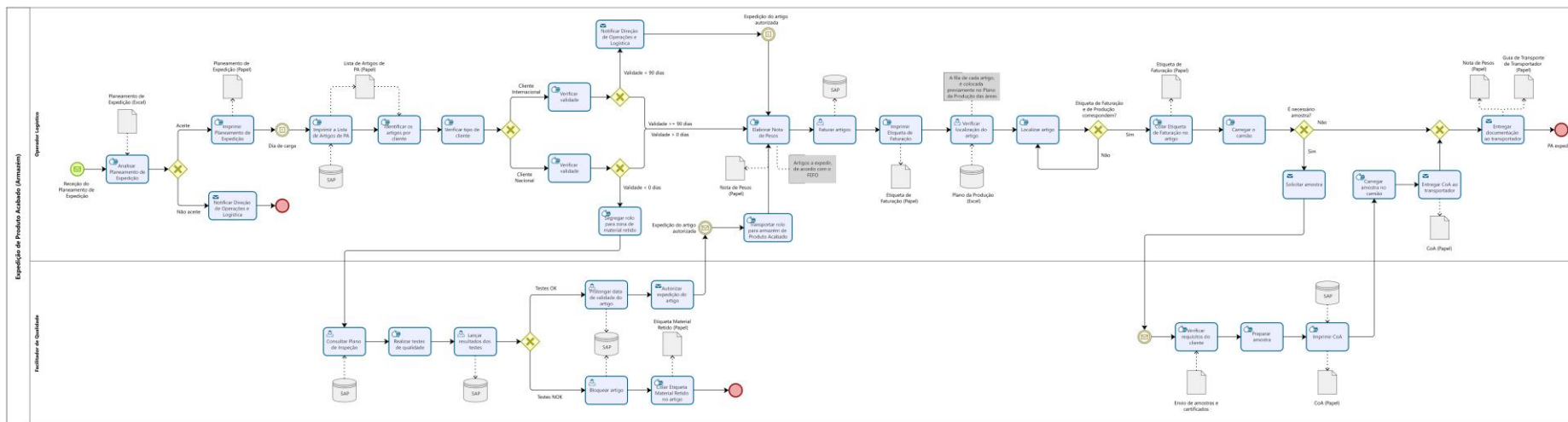


Figura 66 – Processo “Expedição de Produto Acabado” (situação atual).

Apêndice 2 – BPMNs dos processos TO-BE

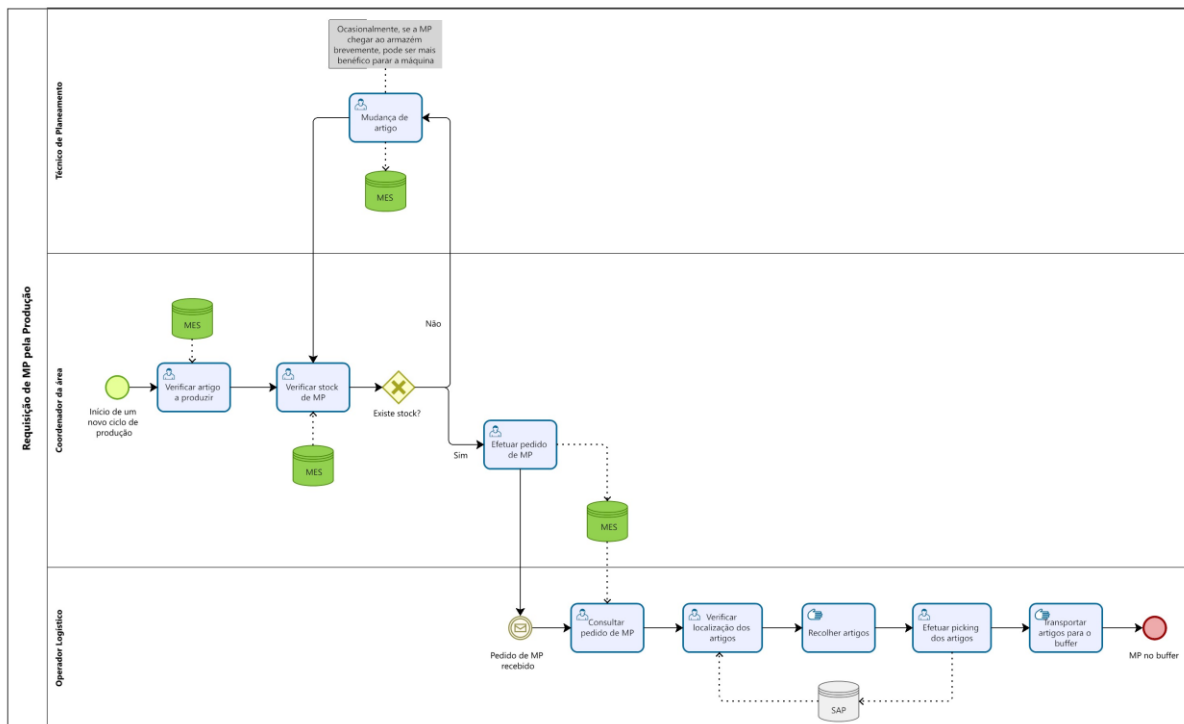


Figura 67 – Processo “Requisição de MP pela produção” (situação futura).

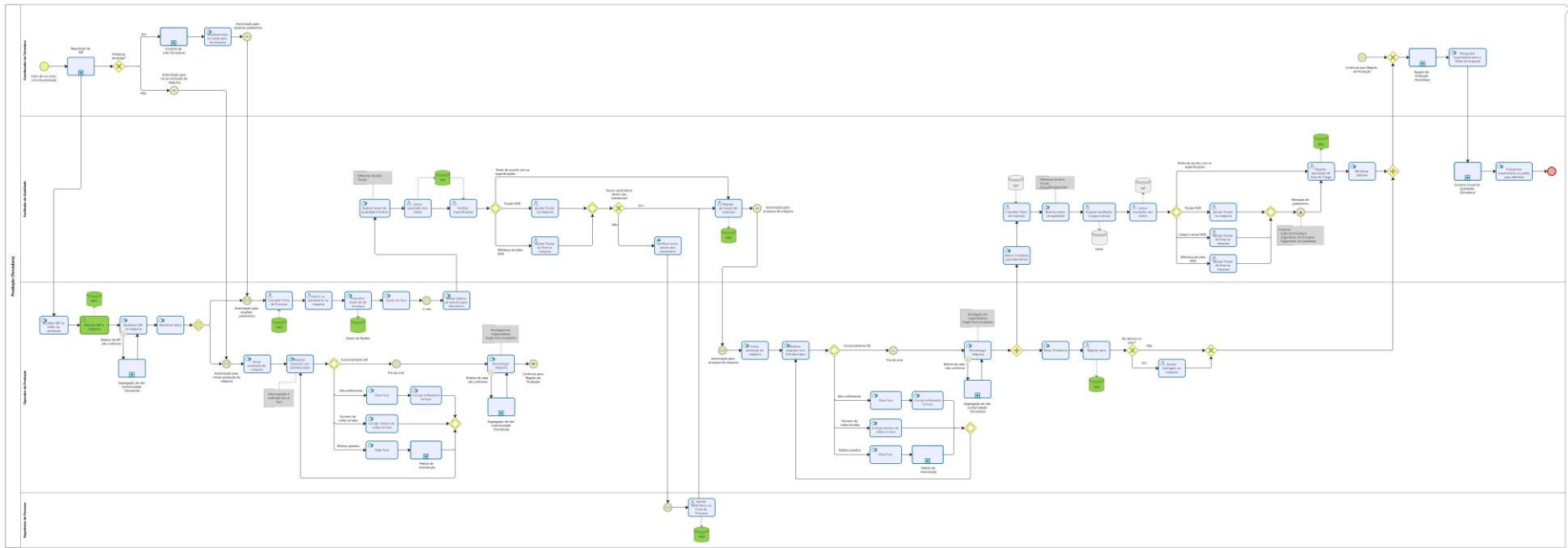


Figura 68 – Processo “Ciclo de produção da Torcedura” (situação futura).

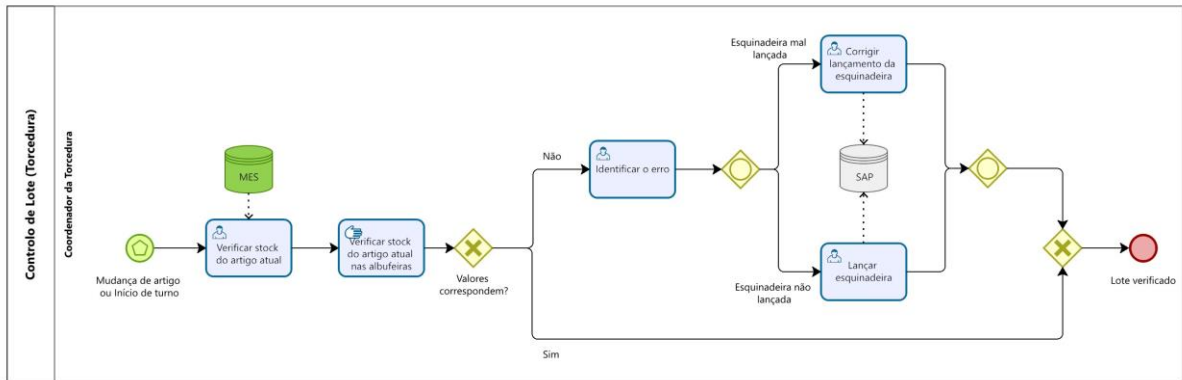


Figura 69 – Subprocesso “Controlo de lote” (situação futura).

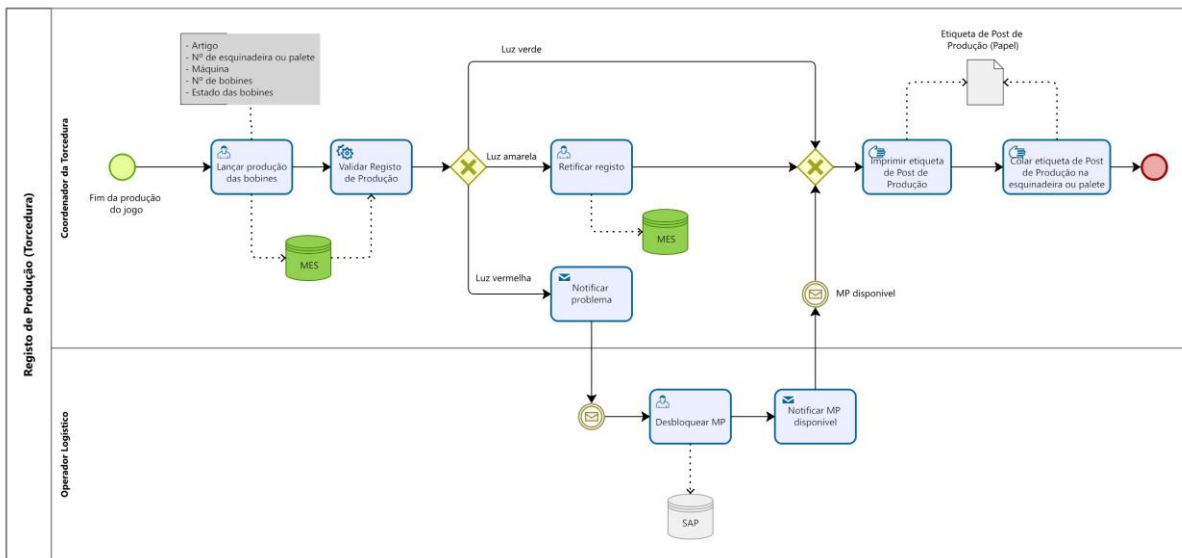


Figura 70 – Subprocesso “Registo de produção (Torcedura)” (situação futura).

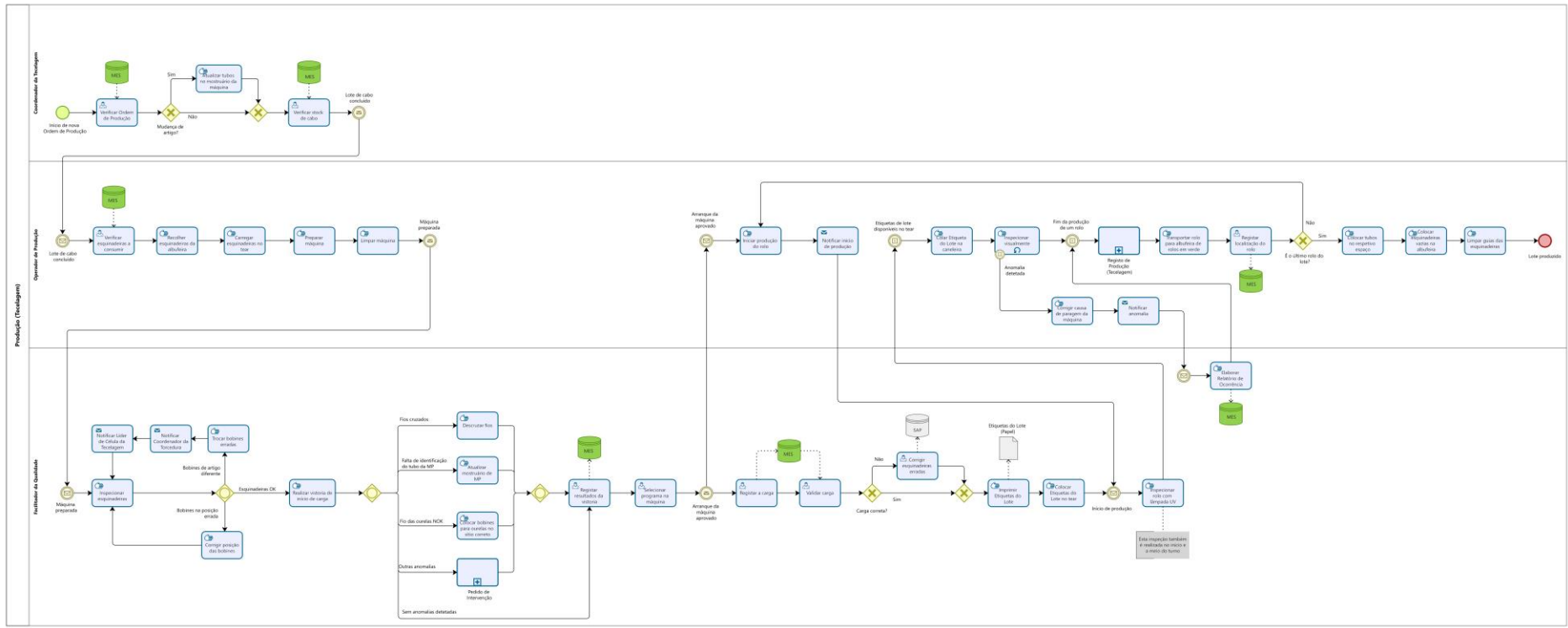


Figura 71 – Processo “Ciclo de produção da Tecelagem” (situação futura).

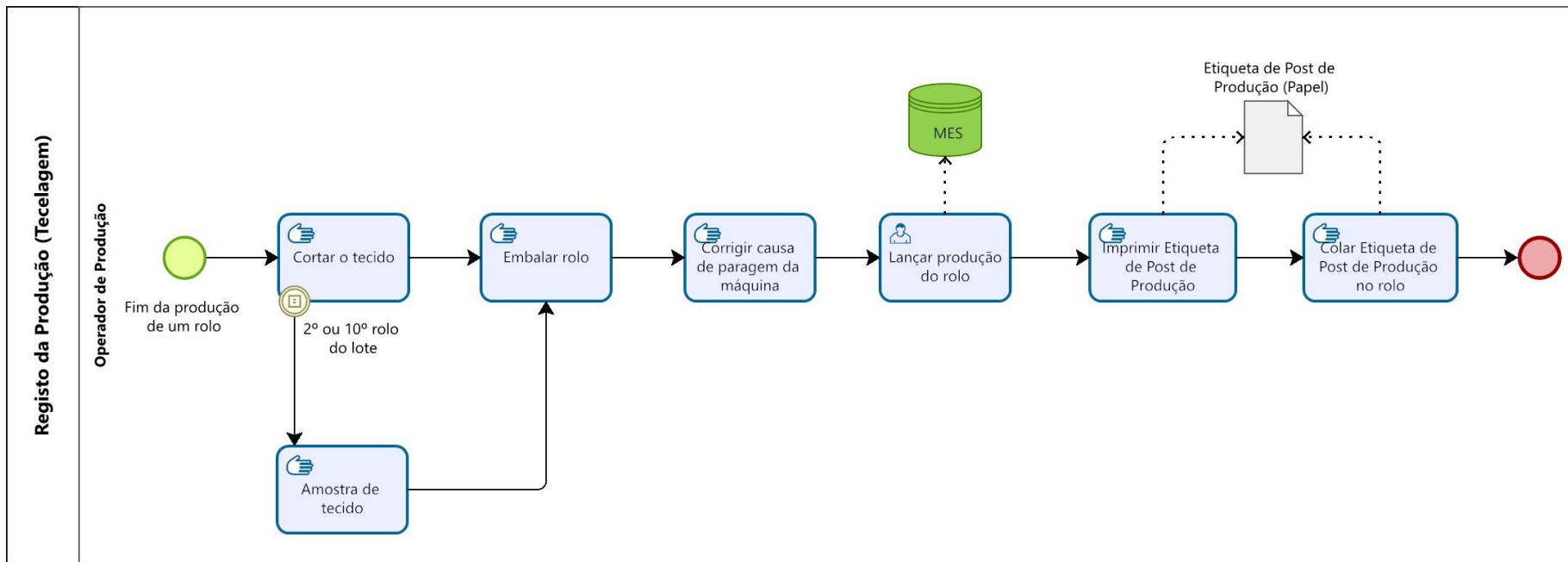


Figura 72 – Subprocesso “Registo de produção (Tecelagem)” (situação futura).

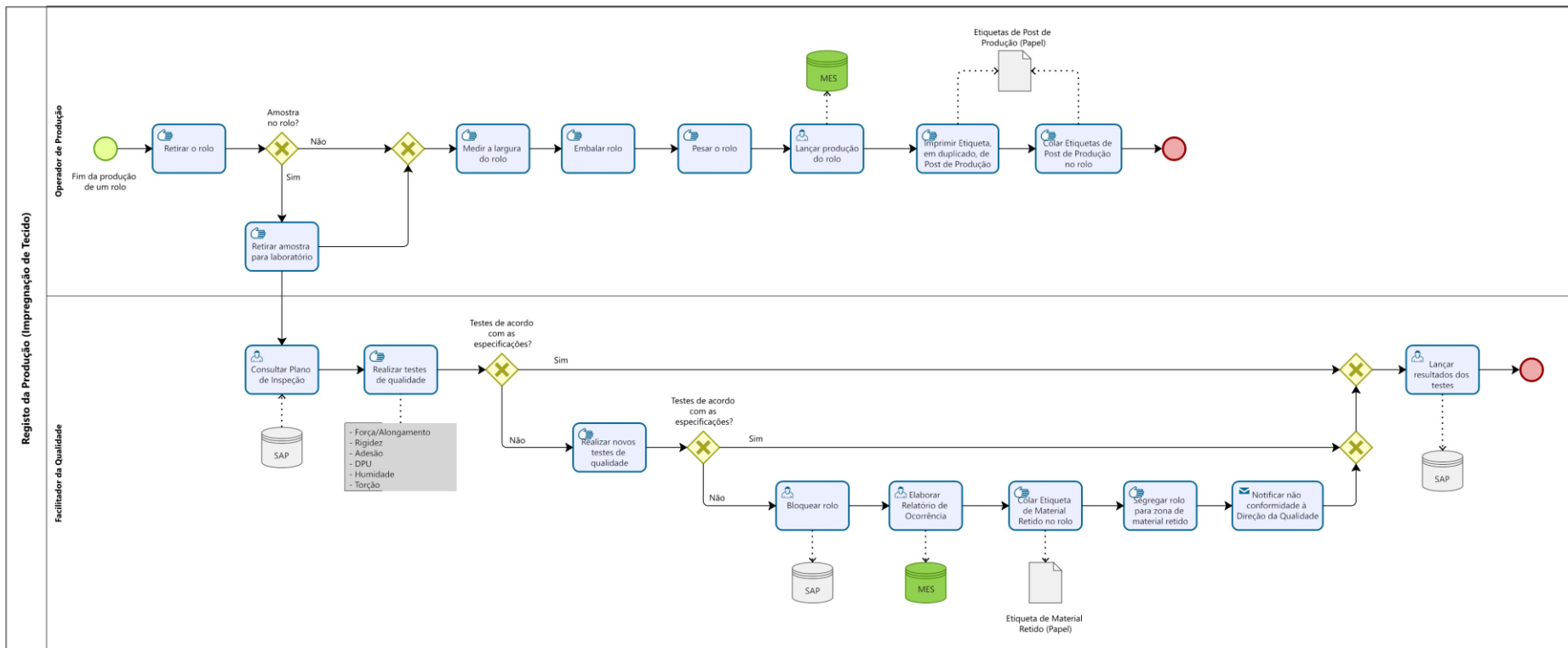


Figura 74 – Subprocesso “Registro de produção (Impregnação de Tecido)” (situação futura).

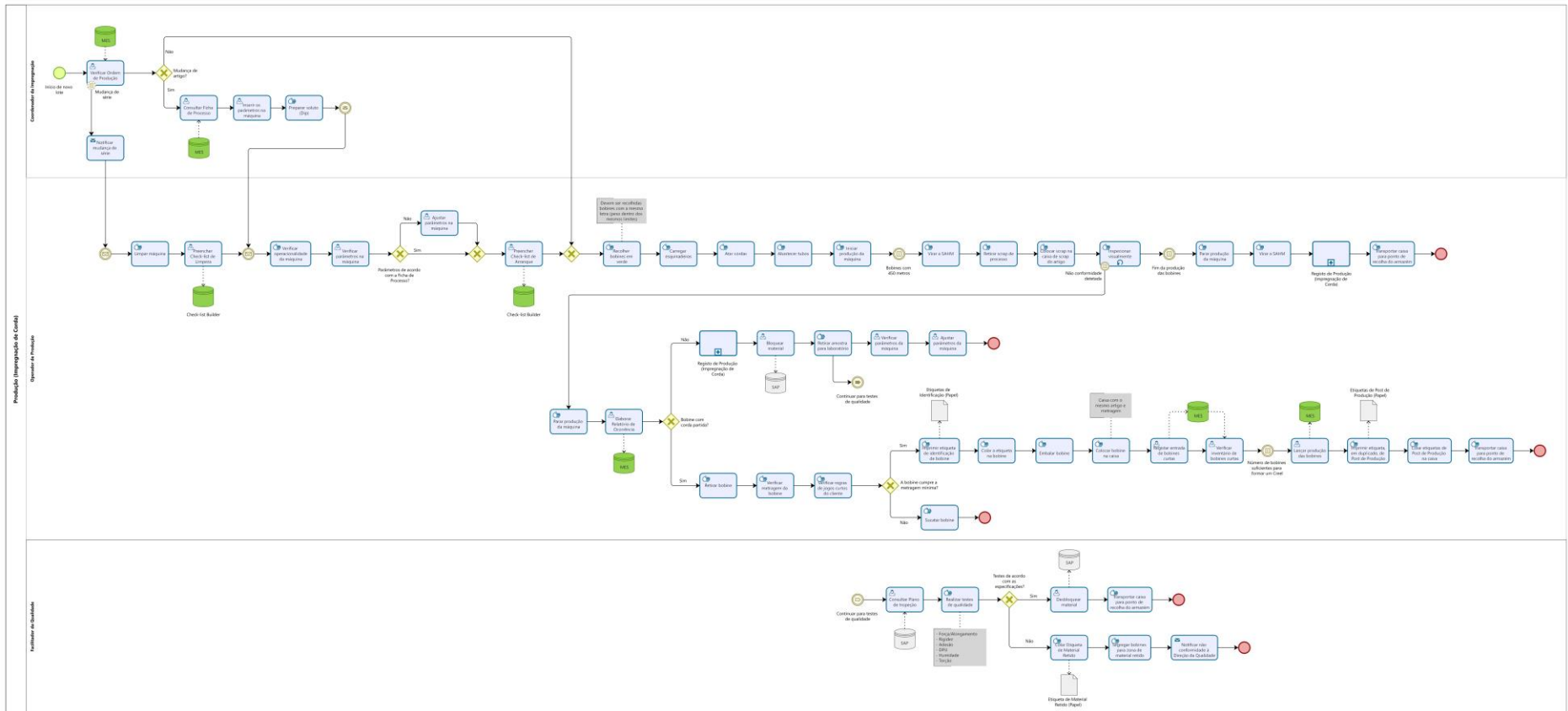


Figura 75 – Processo “Ciclo de produção da Impregnação de Cabo” (situação futura).

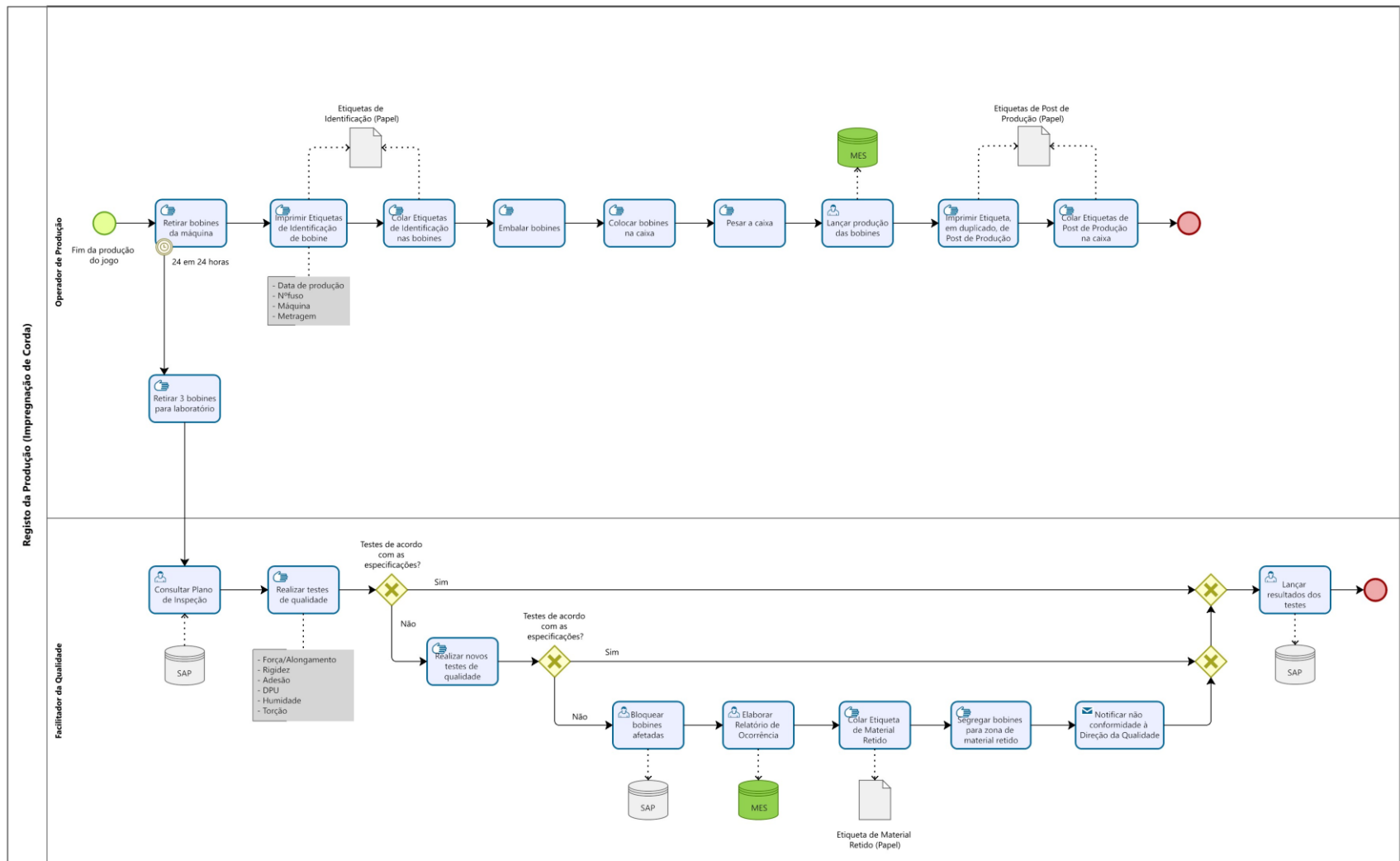


Figura 76 – Subprocesso “Registo de produção (Impregnação de Cabo)” (situação futura).

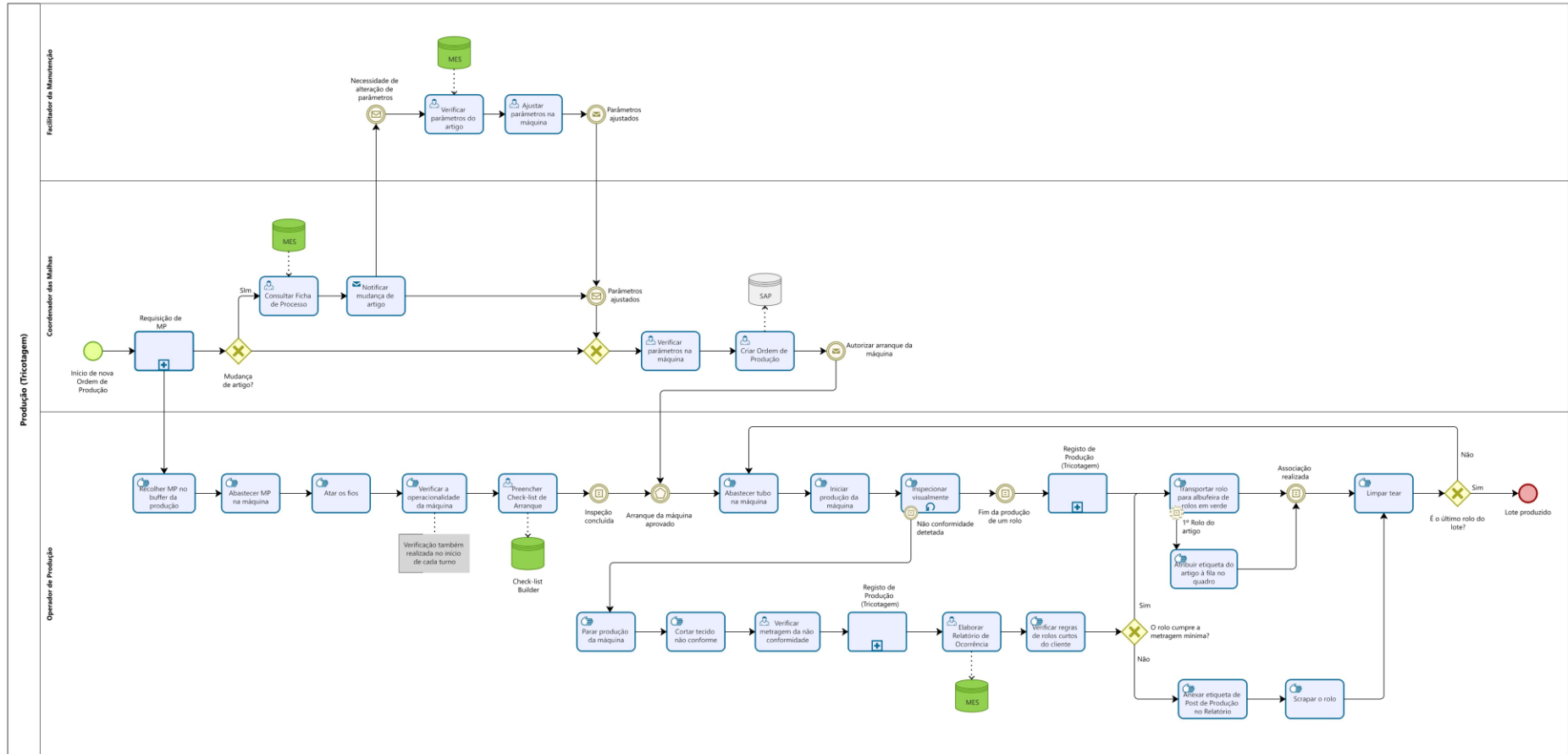


Figura 77 – Processo “Ciclo de produção da Tricotagem” (situação futura).

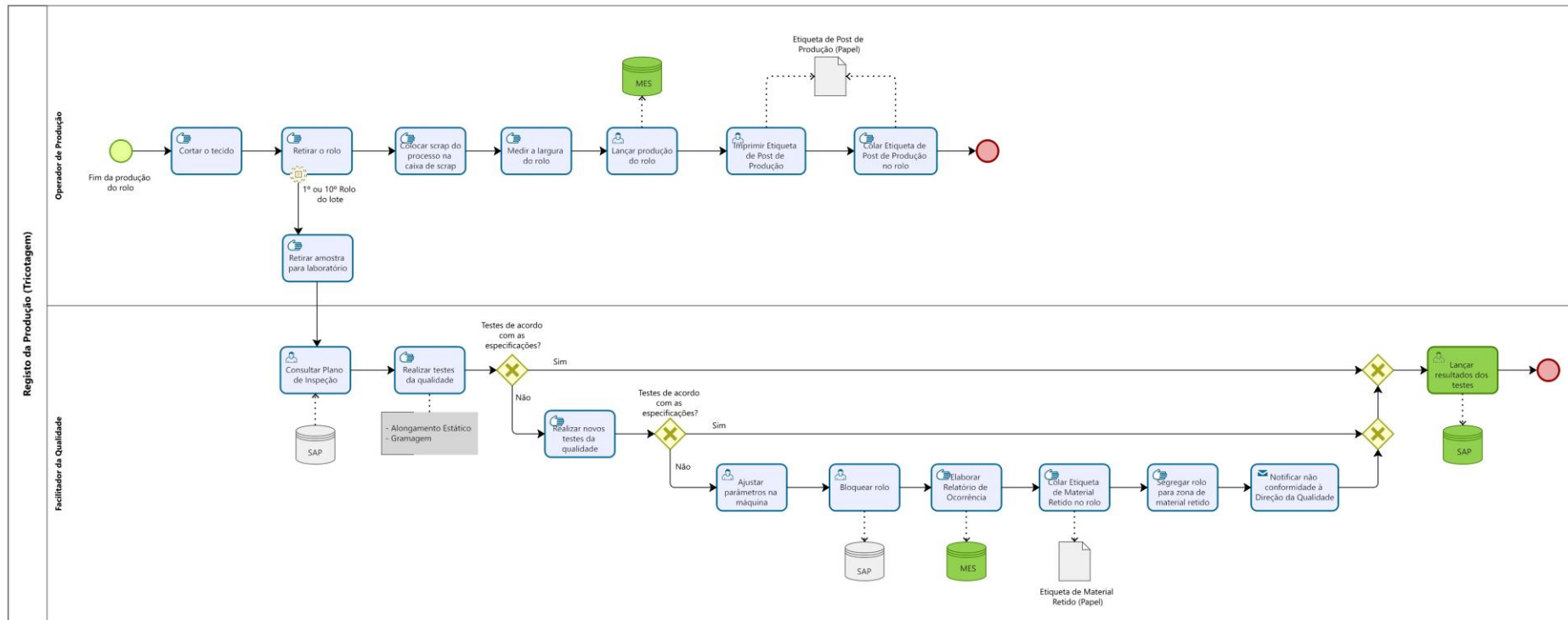


Figura 78 – Subprocesso “Registro de produção (Tricotagem)” (situação futura).

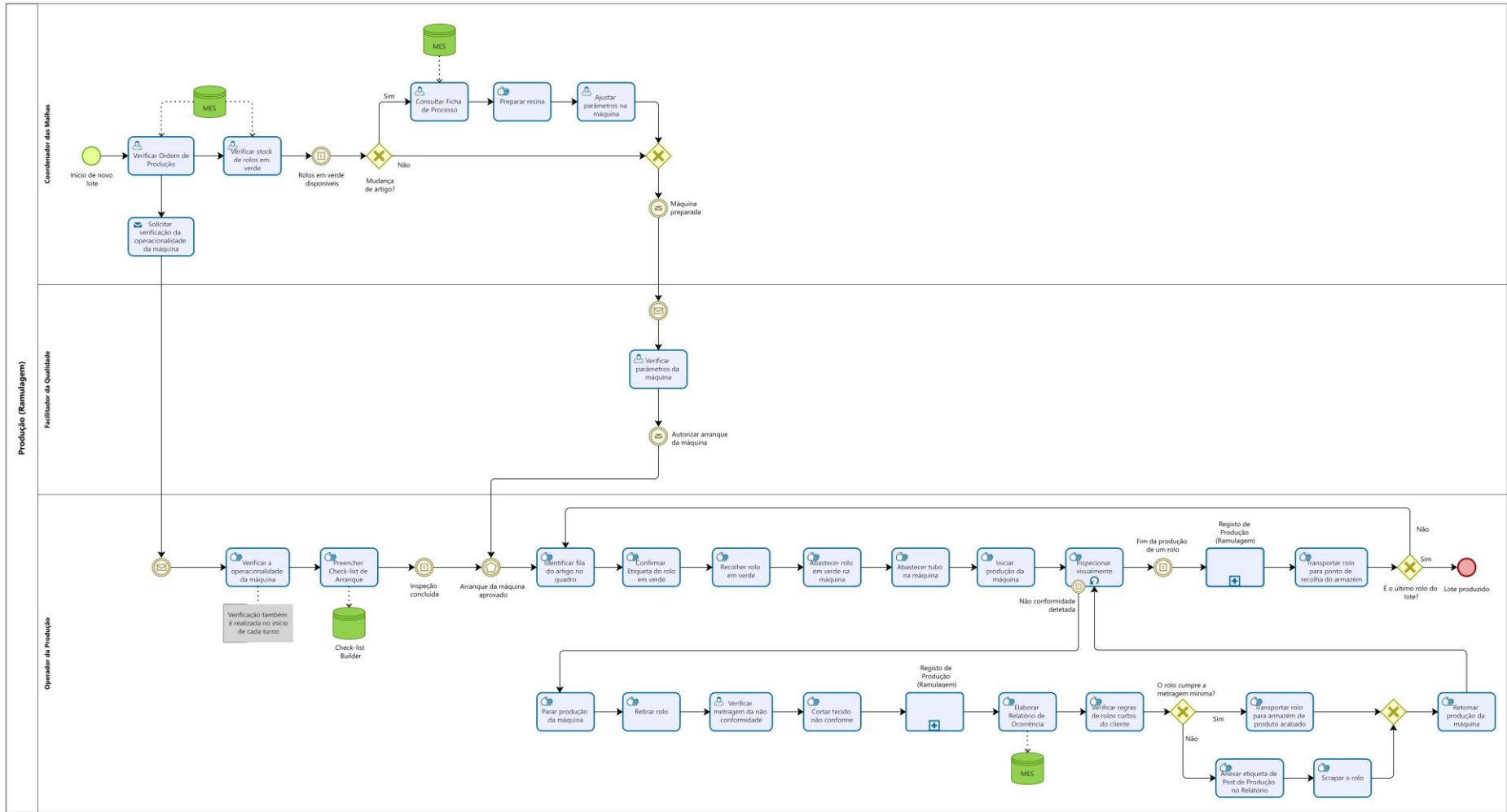


Figura 79 – Processo “Ciclo de produção da Ramulagem” (situação futura).

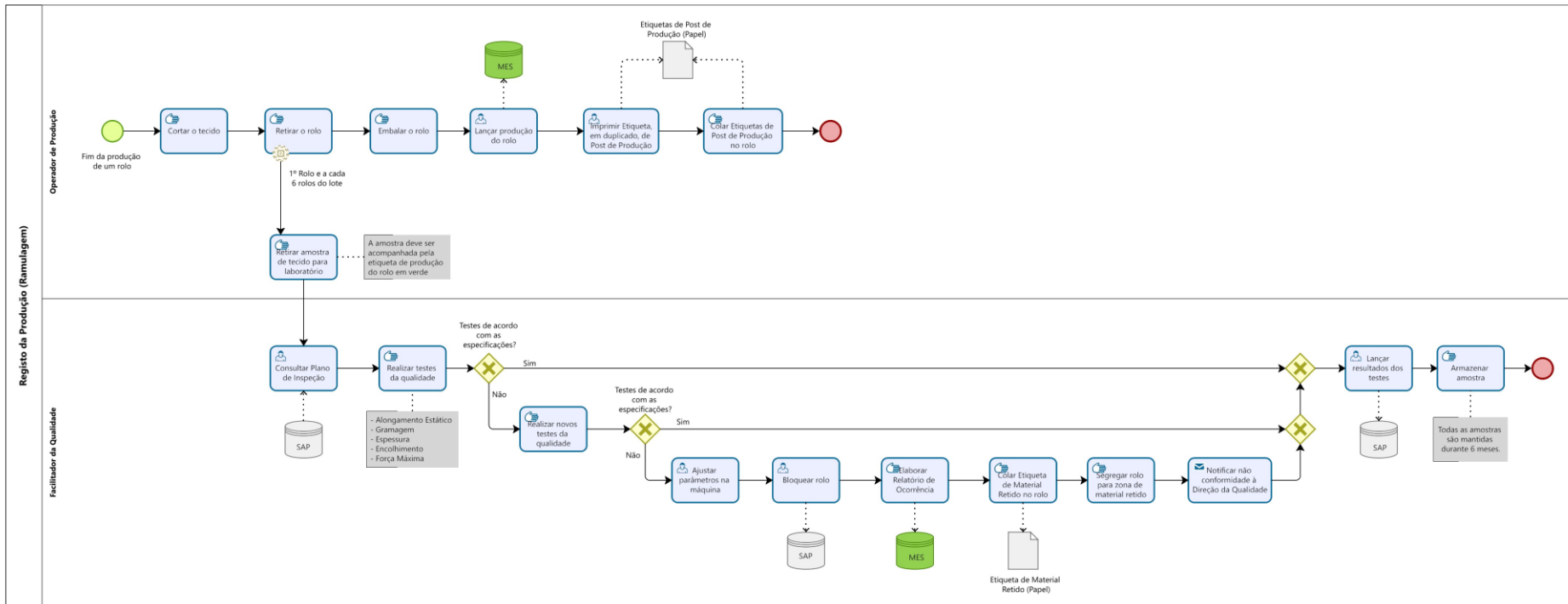


Figura 80 – Subprocesso “Registro de produção (Ramulagem)” (situação futura).

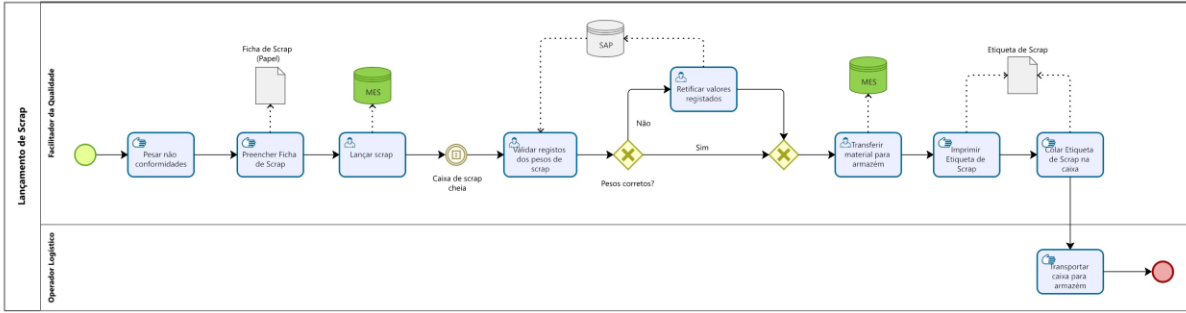


Figura 81 – Processo “Lançamento de scrap” (situação futura).

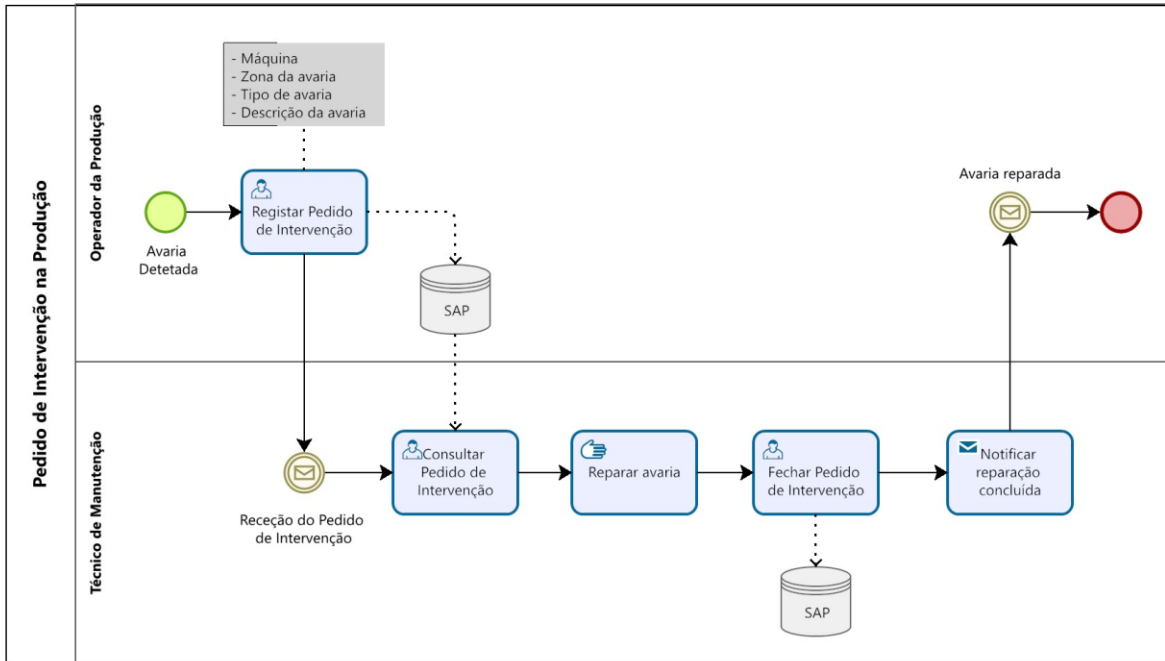


Figura 82 – Processo “Pedido de intervenção na produção” (situação futura).