

Confronto de cadência MES com SAP e melhoria de processos

ANA CATARINA REMA OLIVEIRA

Junho de 2023

POLITÉCNICO DO PORTO
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Confronto de cadência MES com SAP e melhoria de processos

Ana Catarina Rema Oliveira

Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Junho, 2023

*Esta dissertação satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de
Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Área de Especialização em
Sistemas e Planeamento Industrial.*

Candidato: Ana Catarina Rema Oliveira, N.º 1181206, 1181206@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Manuel Fernando dos Santos Silva, mss@isep.ipp.pt



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Junho, 2023

"Nothing is lost, nothing is created, everything is transformed"
Antoine Lavoisier

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os colaboradores da entidade acolhedora do estágio efetuado que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste. Um especial agradecimento ao meu orientador na empresa, Eng.º Francisco Pires, pelo incansável apoio e ajuda prestada durante estes oito meses, e também ao Eng.º Fernando Pinho por todo o conhecimento transmitido durante todo o processo.

Um especial agradecimento ao Eng.º Manuel Silva, orientador do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por aceitar ser meu orientador, pela sua disponibilidade e por todo o apoio e sugestões dadas ao longo do projeto.

Aos meus pais e irmão que sempre foram os que mais me motivaram e apoiaram incondicionalmente nesta fase da minha vida.

A todos os meus amigos por acreditarem em mim. Foram um elemento essencial para o sucesso desta jornada.

Resumo

Com a evolução constante do mercado e aumento da complexidade deste, as organizações têm adotado metodologias de modo a responder a esta evolução. Neste sentido, as organizações tomaram a iniciativa de adoção do modelo *Lean*, que tem como principal objetivo a melhoria contínua e redução de desperdícios. Na mesma sequência de pensamento, estas mesmas organizações têm vindo a aderir à transformação digital, com o objetivo de aumentar a conectividade entre processos e aumentar a capacidade de resposta a problemas em tempo real.

Apesar de *Lean* e a transformação digital serem duas abordagens distintas, quando trabalhadas em conjunto demonstram impactar significativamente nos processos produtivos, aumentando a vantagem competitiva das empresas que adotam estas mesmas abordagens.

O trabalho desenvolvido no presente estágio insere-se no contexto descrito anteriormente, onde, com foco na aquisição e tratamento de dados em tempo real, foi desenvolvida uma ferramenta que permite comparar e tratar todos os dados que ocorrem em chão de fábrica em tempo real, com os registados no sistema de gestão da unidade fabril. Desta forma é possível detetar discrepâncias rapidamente e atuar sobre estas no momento em que ocorrem.

Uma segunda parte deste projeto insere-se na melhoria de processos. Através da ferramenta que foi desenvolvida e anteriormente mencionada, identificaram-se alguns centros de trabalho que não se encontravam a cumprir os valores expectáveis, e foram efetuadas ações de melhoria sobre estes.

Com os resultados obtidos foi possível confirmar a premissa inicial, revelando que a junção de aplicação de métodos *Lean* com a transformação digital permite alcançar bons resultados a nível organizacional.

Palavras-Chave: Transformação digital, Indústria 4.0, Indústria 5.0, *Lean manufacturing*, Simulação e modelação, Processos produtivos

Abstract

With the constant evolution of the market and its increasing complexity, organizations have adopted methodologies in order to respond to this evolution. In this sense, organizations have taken the initiative to adopt the Lean model, whose main objective is continuous improvement and waste reduction. In the same sequence of thought, these same organizations have been adhering to the digital transformation, with the aim of increasing connectivity between processes and the ability to respond to problems in real time.

Although Lean and digital transformation are two distinct approaches, when worked together they demonstrate a significant impact on production processes, increasing the competitive advantage of companies that adopt these same approaches.

The work developed in the present internship is part of the context described above, where, with focus on the acquisition and processing of data in real time, a tool was developed that allows comparing and processing all the data that occurs on the factory floor in real time, with those registered in the manufacturing unit management system. In this way it is possible to detect discrepancies quickly and act on them the moment they occur.

A second part of this project is focused on process improvement. Through the tool that was developed and mentioned above, some work centers were identified as not meeting the expected values, and actions were taken to improve them.

With the results obtained, it was possible to confirm the initial premise, revealing that the combination of the application of *Lean* methods with digital transformation allows achieving good results at an organizational level.

Keywords: Digital transformation, Industry 4.0, Industry 5.0, Lean manufacturing, Simulation and modeling, Productive processes

Índice

Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Acrónimos	xv
1 Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Definição do problema	3
1.2.1 Objetivos	3
1.2.2 Resultados esperados	3
1.3 Plano de trabalho	4
1.4 Organização da dissertação	4
2 Cortiça	7
2.1 O que é a cortiça?	7
2.2 Vantagens e desvantagens	8
2.3 Aplicações	9
3 Enquadramento Teórico	13
3.1 Processos produtivos	13
3.1.1 Tipos de processos produtivos	14
3.1.2 Planeamento e controlo de produção	15
3.1.3 Indicadores de desempenho de processos produtivos	17
Capacidade	17
Eficiência	17
Eficácia	17
Flexibilidade	18
3.2 Indústria 4.0	18
3.2.1 Tecnologias 4.0	19
Produção aditiva	19
Integração vertical e horizontal	19
Realidade aumentada	19
Técnicas de modelação e simulação	20

	Robôs autônomos	20
	<i>Internet of things</i>	20
	Análise de <i>big data</i>	21
	Computação em nuvem	21
	Cibersegurança	21
3.2.2	Indústria 5.0	22
	Valores principais da Indústria 5.0	22
3.3	<i>Lean manufacturing</i>	23
3.3.1	Princípios de <i>lean</i>	23
3.3.2	Desperdícios	24
3.3.3	Ferramentas <i>lean</i>	24
	Metodologia 5S	25
	JIT- <i>Just in Time</i>	25
	<i>Kaizen</i>	25
	Ciclo de <i>Deming</i>	26
	<i>Key Performance Indicators</i> (KPI)	26
	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	27
3.4	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	28
3.4.1	Seis grandes perdas	30
3.4.2	Indicadores alternativos ao OEE	31
	Indicadores que ampliam a abrangência do sistema de operações	31
	Indicadores que ampliam a classificação de perdas	32
3.5	Análise qualitativa da qualidade	33
3.5.1	Diagrama de Ishikawa	33
3.5.2	Histograma	34
4	Comparação de cadências ótimas com cadências reais	37
4.1	Levantamento de problemas	37
4.1.1	Falta de robustez de dados MES	38
4.1.2	Cadências e <i>rates</i> SAP desconcordantes	39
4.2	Proposta de solução	40
4.2.1	Construção do modelo principal	40
4.2.2	Definição de <i>outliers</i>	43
4.2.3	Desenvolvimento de Power BI Desktop	44
4.3	Resultados obtidos	49
4.3.1	Correção de dados	49
4.3.2	Ações de Melhoria Contínua	50
4.4	Outras contribuições	54

5	Melhoria de processos	59
5.1	Processo 1 - Laminagem de placas	60
5.1.1	Levantamento de problemas	60
5.1.2	Proposta de solução	64
5.1.3	Resultados obtidos	66
5.1.4	Sugestão de melhoria	67
5.2	Processo 2 - Moldação	69
5.2.1	Levantamento de problemas	70
5.2.2	Proposta de solução 1	71
5.2.3	Proposta de solução 2	73
5.2.4	Proposta de solução 3	77
5.2.5	Resultados obtidos	78
5.3	Processo 3 - Linha auto de <i>trivets</i>	79
5.3.1	Levantamento de problemas	79
5.3.2	Proposta de solução	80
5.3.3	Resultados obtidos	83
5.4	Conclusões do capítulo	83
6	Conclusões	85
6.1	Trabalho futuro	86
	Referências	88
	Anexo A Fluxograma	93

Lista de Figuras

1.1	Evolução do mercado da Indústria 4.0 [6]	2
1.2	<i>Gantt Chart</i> do projeto	4
2.1	Retirada de cortiça dos sobreiros [9]	8
2.2	Rolhas naturais [13]	9
2.3	Cortiça no calçado e moda [13]	10
2.4	Cortiça no ramo aeroespacial e aeronáutica [13]	10
2.5	Aplicação de cortiça na construção [14].	11
2.6	Cortiça em produtos de <i>Home and Office</i> [15]	11
2.7	Brinquedos Korko [16]	12
3.1	Processo de transformação e processo transacional [19].	14
3.2	Estrutura de planeamento e controlo de produção [20]	16
3.3	Valores da Indústria 5.0 [23]	23
3.4	Oito pilares TPM [19]	28
3.5	Estrutura das seis perdas de tempo no indicador OEE [34].	29
3.6	OEE de acordo com abrangência do sistema produtivo [34]	32
3.7	Indicadores alternativos conforme classificação de paragens e do sistema produtivo [34].	33
3.8	Exemplo de diagrama de Ishikawa [31]	34
3.9	Exemplo de histograma	35
4.1	Diagrama de <i>Ishikawa</i> para falta de robustez de dados <i>Manufacturing Execution System</i> (MES).	38
4.2	Diagrama de <i>Ishikawa</i> para cadências e <i>rates</i> de SAP desconcordantes.	39
4.3	Intercalação de consultas PowerBI	42
4.4	Página de análise geral dos dados	45
4.5	Página para confronto de <i>rates</i> através de histograma com <i>outliers</i>	46
4.6	Página para confronto de <i>rates</i> através de histograma sem <i>outliers</i>	47
4.7	Página com tabela de detalhe das <i>rates</i> e cadências de artigos	47
4.8	Página para verificação de eficácia de melhorias implementadas	48
4.9	Página para confronto de <i>rates</i>	49
4.10	Antes (imagem de cima) e depois (imagem de baixo) de correção de <i>rates</i> em <i>Systems, Applications and Products</i> (SAP)	50

4.11	Menu de registo de eventos antigo	51
4.12	Menu de registo de eventos novo	52
4.13	Efeito de ações de melhoria	52
4.14	Efeito de ações de melhoria em página de análise geral	53
4.15	Gráfico dados ferramenta Engenharia do Produto	54
4.16	Tabela dados ferramenta Engenharia do Produto	56
4.17	<i>One Point Lesson</i> (OPL) ferramenta de Engenharia do Produto . . .	57
5.1	Gráfico de dispersão de análise de centros de trabalho	60
5.2	<i>Rate</i> MES em relação a SAP em laminagem de placas	60
5.3	<i>Layout</i> do processo de laminagem de placas	61
5.4	Diagrama de processo representativo da laminagem de placas	61
5.5	Cenário real simulado em Flexsim	62
5.6	Resultado do cenário real	64
5.7	Cenário com operador extra	65
5.8	Resultados do cenário com operador extra	65
5.9	Cenário com <i>Auto Guided Vehicle</i> (AGV) e operador extra	66
5.10	Resultados do cenário com AGV e operador extra	66
5.11	Acumulação de placas com um operador na embalagem (imagem da esquerda) e após implementação de dois operadores (imagem da direita)	67
5.12	Local de carga de material do lado direito e de montagem de caixas do lado esquerdo	67
5.13	Sugestão de melhoria de centro de embalagem com recurso a manipulador robótico	68
5.14	<i>Layout</i> projetado em 2D da célula com manipulador	68
5.15	<i>Rate</i> ótima em relação a MES na moldação	70
5.16	Prensa	70
5.17	Molde	70
5.18	Peça projetada em 3D	72
5.19	Peça após maquinação	72
5.20	Ferramenta de localização de moldes	73
5.21	Formulário para <i>login</i> inicial	74
5.22	Formulário de seleção de ação	74
5.23	Formulário de acesso a inserção de novo molde	75
5.24	Formulário de inserção de novo molde	75
5.25	Formulário de edição de moldes	76
5.26	OPL da ferramenta de localização de moldes	77
5.27	Situação de contaminação de pó em produto acabado	77
5.28	Solução para evitar a contaminação por pó	78
5.29	<i>Trivet</i> IKEA	79

5.30	Diagrama de processo de <i>trivets</i>	79
5.31	Processo de embalagem de <i>trivets</i>	80
5.32	Possível solução de cintagem de <i>trivets</i>	81
5.33	Exemplos de aplicação da máquina de cintagem proposta	81
A.1	Fluxograma relativo à ferramenta de localização de moldes	94

Lista de Tabelas

3.1	Tipos de processos produtivos [1]	15
3.2	Subgrupos de valor do OEE	30
3.3	Valores de referência para os componentes OEE	30
3.4	Seis grandes perdas por cada componente do OEE	31
4.1	Campos exportados para a ferramenta desenvolvida	41
4.2	Campos calculados para a ferramenta desenvolvida	43
4.3	Definição de cores dos medidores	45
4.4	Campos de dados utilizados para Engenharia do Produto	55
5.1	Legenda do diagrama de processo de laminagem de placas	62
5.2	Configurações dos <i>processors</i> em Flexsim	63
5.3	Legenda de <i>layout</i> da célula com manipulador robótico	69
5.4	Tempo de processo antes e após implementação de solução da peça .	73
5.5	Legenda do diagrama de processo de <i>trivets</i>	80
5.6	Solução atual de <i>trivets</i> em relação à nova sugestão de implementação	82

Lista de Acrónimos

AGV	<i>Auto Guided Vehicle</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
CPS	<i>Cyber Physical Systems</i>
DAX	<i>Data Analysis Expression</i>
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MPS	<i>Master Production Scheduling</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
OAE	<i>Overall Asset Effectiveness</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OEEML	<i>Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line</i>
OF	<i>Ordem de Fabrico</i>
OFE	<i>Overall Factory Effectiveness</i>
OPE	<i>Overall Plant Effectiveness</i>
OPL	<i>One Point Lesson</i>
OTE	<i>Overall Throughput Effectiveness</i>
PEE	<i>Production Equipment Effectiveness</i>

PLA	<i>Polylactid Acid</i>
PPC	<i>Production Planning and Control</i>
SAP	<i>Systems, Applications and Products</i>
TEEP	<i>Total Equipment Effectiveness Performance</i>
TOEE	<i>Total Overall Equipment Effectiveness</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>

Capítulo 1

Introdução

O atual capítulo, e primeiro, tem como principal objetivo inserir o leitor no contexto do presente documento. Inicialmente realiza-se uma contextualização do tema onde o projeto se insere, transformação digital e Indústria 4.0, com o seguimento da definição do problema que levou à elaboração do mesmo. Para melhor orientar o leitor, definem-se quais os principais objetivos para o presente projeto, como também os resultados esperados com o mesmo. Para finalizar é descrito o plano de trabalho, acompanhado de um *Gantt Chart* e qual a organização adotada nos capítulos constituintes do documento.

1.1 Contextualização

Com a evolução da indústria é necessário adequar e melhorar os processos produtivos, dado que estes vão-se tornando mais complexos e necessitam de atender às necessidades dos seus clientes, mantendo uma boa margem de lucro e extraíndo o melhor resultado da sua capacidade produtiva [1]. Estes fatores obrigaram as organizações a olhar para os seus processos com maior detalhe, de modo a melhorá-los, reduzindo desperdícios e atividades que não gerem valor. Com este objetivo em vista, através destas melhorias, as equipas de gestão focam-se na competitividade, um dos fatores chave para a sua sobrevivência no mercado [2].

Este cenário obriga as organizações a procurar modelos de gestão que potenciem o seu desenvolvimento. Um destes modelos que tem vindo a ganhar força na indústria é *Lean Manufacturing*. Este é caracterizado por melhoria contínua e pela redução de

custos através da redução de desperdícios, como por exemplo defeitos, desperdícios de transporte, ou *stocks* [3].

Tendo em conta o mercado movimentado e dinâmico que se enfrenta, outro fator importante a ter em conta pelas organizações é a sua transformação digital. Esta deixou de ser uma tendência futura e tornou-se uma necessidade para as empresas crescerem e se manterem competitivas. A Indústria 4.0 está no centro desta transformação a apoiar organizações a alcançar vantagens competitivas através da boa gestão e aquisição de dados [4].

O acesso a dados transparentes em tempo real durante operações é um dos benefícios chave da quarta revolução industrial. O recurso a estes permite diagnósticos rápidos e precisos, como também correções de desvios que possam ocorrer [5].

Em todo o mundo a Indústria 4.0 constitui de momento um mercado que move grandes quantidades de fundos. Em 2019 o valor de mercado estava estimado em cerca de 71,7 biliões de euros, prevendo-se que em 2024 cresça cerca de 16% face a 2023, atingindo o valor de 156,6 biliões [6]. Na Figura 1.1 encontra-se disposto o gráfico de barras respetivo aos valores anteriormente mencionados, e onde é possível constatar o investimento a nível mundial nesta nova indústria.

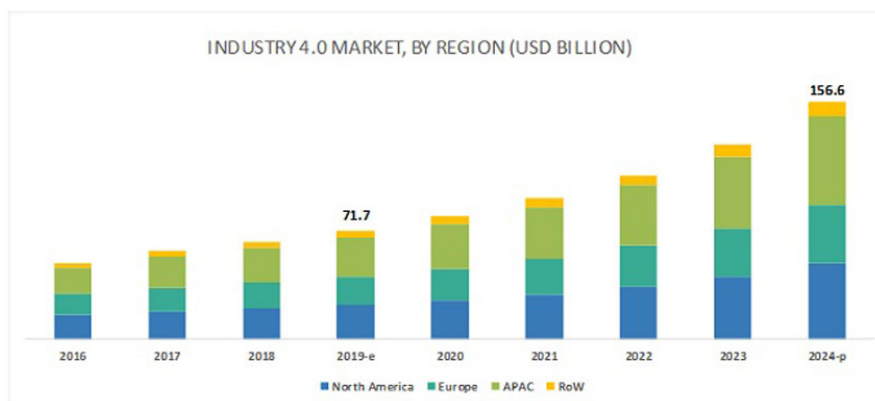


Figura 1.1: Evolução do mercado da Indústria 4.0 [6]

Este crescimento advém das múltiplas vantagens oferecidas pelos sistemas da quarta revolução industrial, que conferem maior qualidade, produtividade e eficiência aos processos [4].

Apesar do modelo *Lean* e da transformação digital representarem duas abordagens distintas, ambas se encontram no objetivo de alcance de excelência operacional e na sua fácil utilização e manutenção. Acredita-se que a junção destas duas metodologias impacta significativamente na melhoria de processos e alcance do sucesso organizacional.

1.2 Definição do problema

A implementação do seguinte projeto decorreu da necessidade de acompanhamento em tempo real de todos os acontecimentos em chão de fábrica e utilização de dados atualizados e fiáveis para as várias tarefas do sistema fabril.

Atualmente a empresa do ramo corticeiro depara-se com o problema de falta de robustez nos dados adquiridos em chão de fábrica. Este problema afeta posteriores tomadas de decisão e ações efetuadas com base nestes. Outro problema, aliado ao anteriormente mencionado, e uma das causas da falta de robustez destes dados, é a necessidade de melhorias em processos e equipamentos.

Tendo em conta os dois problemas anteriores, surge o desenvolvimento da ferramenta de monitorização de dados, o qual constitui título desta dissertação. Através desta irão ser identificados os processos onde são geradas maiores quantidades de *outliers* e posteriormente efetuadas melhorias nestes mesmos processos, conferindo maior robustez gradual a todo o sistema fabril.

O departamento de Engenharia do Produto, onde se realizou o estágio, é um dos que demonstra maior necessidade de implementação do projeto, pois através da consulta destes dados atualizados consegue fazer orçamentos mais competitivos para os produtos, e uma melhor organização do planeamento de encomendas. A Engenharia do Processo é uma área que também carece deste tipo de informação para gestão das suas unidades fabris e fácil acesso a toda a atividade decorrente na respetiva área.

1.2.1 Objetivos

Tendo em conta o problema definido na secção anterior, são os principais objetivos a alcançar para solução deste:

- desenvolvimento de uma ferramenta para comparação de cadências (unidades/hora) e *rates* (unidades/min) teóricas com cadências e *rates* reais em chão de fábrica;
- aumento da robustez e fiabilidade de registos em chão de fábrica;
- identificação de centros de trabalho com necessidades de melhoria;
- sugestão e implementação de melhorias nos centros de trabalho identificados.

1.2.2 Resultados esperados

Espera-se com o presente trabalho tornar a utilização de dados em tempo real uma prática frequente na empresa onde foi realizado o estágio, conferindo robustez a estes e fiabilidade através de todas as correções e melhorias efetuadas.

Espera-se também melhorar processos produtivos através de pequenas melhorias, aplicando o pensamento *Lean*, como também com recurso a novas tecnologias, aumentando produtividade e conferindo maior qualidade ao produto final.

Como complemento, é também expectável abrir caminho a uma indústria mais sustentável, com foco na passagem para uma Indústria 5.0.

1.3 Plano de trabalho

O primeiro objetivo estabelecido foi o desenvolvimento de uma ferramenta para confronto de cadências e *rates* teóricas com reais. Esta tarefa foi planeada com duração de cerca de 2 meses para a sua realização, como se mostra no *Gantt Chart* da Figura 1.2.

Com recurso à ferramenta elaborada, é esperada a realização da segunda tarefa, a seleção e análise de centros de trabalho com maiores desvios e impacto em custos. Estipulou-se a escolha de, pelo menos, três centros de trabalho para uma abordagem mais detalha e estudo de hipóteses. Na terceira tarefa efetuaram-se melhorias nos centros selecionados.

Por fim, o último mês de estágio, o mês de Maio, consiste na escrita da dissertação como também na preparação da apresentação desta.

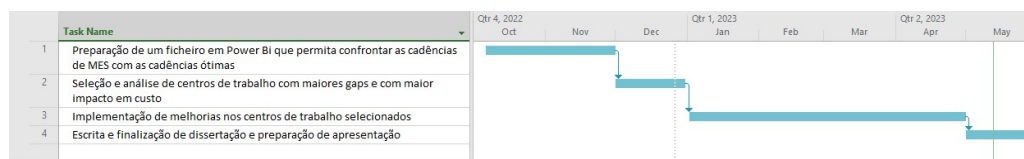


Figura 1.2: *Gantt Chart* do projeto

1.4 Organização da dissertação

A presente dissertação foi organizada em sete capítulos.

No Capítulo 1 encontra-se a introdução e contextualização do presente documento e projeto, com a respetiva motivação e objetivos do trabalho em questão. Para finalizar o capítulo, foi realizado um mapa temporal, um *Gantt Chart*, para situar temporalmente cada um dos objetivos e metas deste projeto.

No Capítulo 2 é realizada uma apresentação da matéria-prima principal trabalhada pela empresa onde foi realizado o estágio, a cortiça. Neste explica-se o que é a cortiça, quais as vantagens e desvantagens da sua utilização, como também alguns setores de atividade onde esta já está presente, acompanhado de exemplos concretos.

No Capítulo 3 abordam-se todos os conceitos teóricos necessários para compreensão e realização do trabalho prático desenvolvido.

No Capítulo 4 é descrito todo o processo de desenvolvimento da ferramenta para comparação de cadências e *rates*, como também as ações de melhoria efetuadas com base nesta ferramenta e os resultados obtidos com essas mesmas ações.

No Capítulo 5 foca-se a otimização de processos, onde se descrevem os processos selecionados para análise e os problemas detetados nestes, as propostas de solução para os mesmos e os resultados obtidos.

O Capítulo 6, é constituído pelas devidas conclusões e algumas sugestões de trabalhos futuros ainda a implementar.

No último Capítulo, correspondente ao Anexo A, encontra-se um fluxograma extenso descritivo da ferramenta desenvolvida para os moldes.

Capítulo 2

Cortiça

Neste capítulo dá-se ênfase à principal matéria-prima, e fonte de origem da atividade da empresa onde foi realizado o estágio, a cortiça. Ao longo deste será efetuada uma breve introdução à cortiça, acompanhada da sua origem e propriedades, mencionadas as vantagens e desvantagens da utilização desta, e referenciadas algumas das aplicações já presentes da cortiça no mundo atual que se vive.

2.1 O que é a cortiça?

A cortiça é um tecido 100% vegetal que provém da casca do sobreiro - *Quercus Suber*.

As células da cortiça, agrupadas numa estrutura alveolar característica idêntica a uma colmeia, estão preenchidas com uma mistura de gases muito semelhante ao ar, sendo as suas paredes maioritariamente revestidas por suberina (uma espécie de cera natural) e lenhina (uma macrocélula tridimensional de resistência a ataques microbiológicos). Polissacáridos, ceroides e taninos, embora com menos expressão, são outros compostos que se encontram no sistema celular da cortiça [7].

Um sobreiro vive em média 200 anos, equivalente a 17 descortiçamentos em toda a sua longevidade. Apenas pode ser descortiçado pela primeira vez aos seus 25 anos, sendo que ao seu terceiro descortiçamento é que este tem cortiça de qualidade para produzir rolhas. Nos dois descortiçamentos anteriores a cortiça é utilizada para isolamentos, desporto, moda entre outras aplicações que serão mencionadas na Secção 2.3 [8].

A extração de cortiça, chamado descortiçamento, representada na Figura 2.1, é realizada entre maio e agosto, na fase mais ativa de crescimento da árvore, pois deste modo não se fere o tronco [8]. Portugal é um dos maiores produtores de cortiça no mundo, responsável por mais de 60% de todas as exportações.



Figura 2.1: Retirada de cortiça dos sobreiros [9]

2.2 Vantagens e desvantagens

A utilização da cortiça como matéria-prima apresenta várias vantagens, tanto de interesse ambiental e sustentável, como interesse industrial para posteriores aplicações. São as seguintes algumas dessas vantagens [10, 11].

A primeira grande vantagem de cariz ambiental depara-se com o facto de que para extrair cortiça não é necessário cortar o sobreiro que lhe dá origem, esta provém da casca, preservando a árvore para posteriores utilizações.

É uma matéria-prima renovável, apesar do primeiro descortiçamento ser efetuado apenas aos 25 anos de vida, depois este processo é efetuado a cada 9 anos até aos 200 anos.

A cortiça é reciclável, a partir de rolhas usadas é possível reaproveitar a cortiça dessas para posteriormente produzir materiais para construção, indústria, aeroespacial e muitas outras aplicações. É reutilizável, antes de ser reciclada, esta pode ser artesanalmente trabalhada, levando um ar rústico para utilização em bijuteria, decoração e outras.

É um material 100% biodegradável, pois na cortiça nada se desperdiça, esta decompõe-se e pode alimentar novamente o solo.

A cortiça é um material resistente a temperaturas altas, até 2000 graus, sendo uma das suas principais aplicações o setor aeroespacial, onde esta característica oferece resistência às altas temperaturas que a aeronave enfrenta ao atravessar a atmosfera.

É um material leve, outra vantagem comercial em relação a outros materiais do mercado, onde cada vez se procura mais reduzir o peso dos materiais, de modo a consequentemente reduzir consumos e aumentar desempenhos.

Esta é impermeável a líquidos e gases, devido à sua estrutura molecular, como também é elástica e compressível. Esta última característica permite que a cortiça seja um material anti vibrático, que apresenta inúmeras vantagens para o setor da construção e de infraestruturas. Confere também um excelente isolamento acústico e térmico, sendo utilizada em revestimentos de casas para manutenção de temperatura e barreira de som.

A cortiça tem uma durabilidade elevada, mantendo as suas características técnicas intactas. Testes comprovam uma durabilidade entre 45 e 50 anos.

As grandes desvantagens deste material prendem com o facto desta ser um material escasso, apesar de provir de uma árvore com capacidade de regeneração, a cortiça tem cada vez mais aplicações, o que fez aumentar a sua necessidade. Hoje em dia estão a ser feitos estudos no sentido de acelerar o processo de regeneração dos sobreiros, para cobrir este problema.

Uma outra desvantagem é o seu custo, é um material caro devido a todas as suas propriedades, sendo este um fator bastante importante também na escolha deste.

2.3 Aplicações

Tal como mencionado na secção anterior, a cortiça apresenta imensas vantagens para aplicações nas mais variadas áreas do mercado. Ao longo dos anos estas têm vindo a aumentar e ainda muitas aplicações faltam por descobrir.

A primeira aplicação da cortiça e mais comum foi para a produção de rolhas naturais, como as ilustradas na Figura 2.2. Neste tipo de aplicação é utilizada a cortiça no seu estado natural, podendo estas rolhas ser utilizadas para vinhos, conhaques, *whiskys*, cidras [12].



Figura 2.2: Rolhas naturais [13]

Outra aplicação insere-se na indústria do calçado. A cortiça pode ser aplicada na constituição das solas ou até no próprio *design* da peça em questão, entrando assim noutra aplicação da cortiça, a moda. Na Figura 2.3 é visível duas aplicações de cortiça nesta indústria. Esta pode ser usada como substituição de vários tecidos ou apenas para embelezamento estético das peças [12].



Figura 2.3: Cortiça no calçado e moda [13]

Uma das aplicações mais recentes reside na área de transportes e aeronáutica. Desde bancos na carruagem do metro de Lisboa, à base de aglomerados de cortiça com borracha para construção de caminhos de ferro com isolamento vibrático, como também em aplicações na área de aeroespacial na *Space X* e revestimento de baterias em veículos elétricos e aviões elétricos [12].

No ramo aeroespacial a cortiça manifesta-se como revestimento da aeronave. Dadas as suas propriedades de resistência a altas temperaturas, a cortiça potencia uma elevada proteção térmica na reentrada na atmosfera terrestre, colocada como mostra a Figura 2.4 [12].

No ramo da aviação esta já se encontra presente nas baterias do avião elétrico mais rápido do mundo, da *Rolls Royce*, permitindo proteger as baterias do risco de incêndio, aproveitando as propriedades de isolamento térmico [12].

Ainda na aviação, o revestimento com pó de cortiça na pintura de aviões furtivos é um dos componentes que contribui para este tipo de veículos não ser detetado por radar [12].



Figura 2.4: Cortiça no ramo aeroespacial e aeronáutica [13]

Um setor que beneficia também bastante do uso da cortiça é o da construção, com aplicações como a Figura 2.5. Neste são conhecidas aplicações como revestimentos de pavimento e isolamentos, utilizando aglomerados de cortiça. Na construção são cada vez mais utilizadas combinações de cortiça com outros materiais, como betão,

para estruturas pré-esforçadas, reduzindo brutalmente o peso destas e funcionando também como um bom isolamento [12].



Figura 2.5: Aplicação de cortiça na construção [14].

Uma outra aplicação cada vez mais comum é em material de escritório e para casa, como na Figura 2.6 o exemplo de um caderno e bancos de cozinha. Um exemplo é o IKEA, uma grande superfície comercial de peças para casa e escritório, que cada vez mais se socorre de materiais com uma pegada verde e de qualidade.



Figura 2.6: Cortiça em produtos de *Home and Office* [15]

Com vista também a uma pegada mais sustentável, a cortiça começa a surgir em aplicações para crianças, com o objetivo de substituir a utilização de plástico nos brinquedos. Um exemplo já em mercado desde 2022 são os blocos Korko da Figura 2.7. Estes atendem à maior preocupação ambiental por parte de pais, professores e educadores ao serem constituídos por uma matéria-prima natural. Testes revelam que estes conseguem ser mais resistentes e duráveis do que brinquedos de materiais convencionais como o plástico [16].



Figura 2.7: Brinquedos Korko [16]

Depois de mencionadas todas as vantagens e aplicações da cortiça, é possível concluir que esta é uma matéria-prima de alta gama, dados os inúmeros segmentos de mercado onde atua e os que ainda tem por descobrir. Dada a maior procura de materiais sustentáveis, a cortiça coloca-se numa posição de destaque associada à sua promessa e garantia de qualidade em todas as suas aplicações.

Capítulo 3

Enquadramento Teórico

Este capítulo tem como principal objetivo definir e caracterizar alguns dos conceitos teóricos relacionados com o trabalho prático desenvolvido. Inicia-se com uma introdução a processos produtivos, e alguns indicadores de desempenho destes, seguidamente aborda-se o tema Indústria 4.0 com alguma profundidade e faz-se uma breve introdução da Indústria 5.0. Outro tema de elevada relevância abordado é *Lean*, com os seus respetivos princípios e algumas das ferramentas que dele fazem parte e são importantes para a realização do presente projeto. Por fim é explorado o conceito de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e algumas ferramentas de análise qualitativa.

3.1 Processos produtivos

Um processo produtivo é um conjunto de operações que uma empresa deve realizar para oferecer um produto ou serviço. Este abrange todos os procedimentos que permitem transformar um recurso, ou uma matéria-prima, num produto final [17]. Pode também ser descrito como sendo um conjunto de atividades ligadas por fluxos de bens físicos e de informação, que transforma um conjunto de entradas num conjunto de saídas úteis, de maior valor acrescentado e da mesma natureza das entradas [18].

Este pode ser classificado como um processo de transformação, onde há conversão de *inputs* em *outputs*, ou um processo transacional, com a troca de *outputs* por *inputs*, como mostra a Figura 3.1.

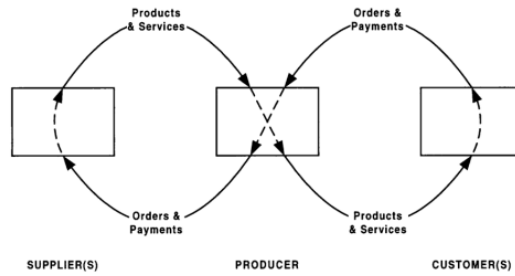


Figura 3.1: Processo de transformação e processo transacional [19].

O processo produtivo pode respeitar a toda a organização ou a partes desta. As entradas (*inputs*) podem ser agrupadas em vários tipos, matéria-prima, mão de obra, energia e informação. As saídas (*outputs*) podem ser bens ou serviços [18].

A transformação é formalizada por operações, controlos, transportes ou fluxos e armazenamentos, quer de bens, quer de informação. Desta forma, um processo não se restringe apenas às operações de fabrico [18].

3.1.1 Tipos de processos produtivos

Antes de se efetuar a implantação de um novo sistema de fabrico, alguns fatores devem ser estudados de modo a decidir qual o mais adequado à situação. São estes fatores o tipo de produto que irá ser produzido, qual o volume e variedade de produção e a natureza das operações de produção.

São conhecidos cinco tipos de processos produtivos tendo em conta a variedade e volume de produção: produção por projeto, *Job Shop*, produção em lotes, produção em massa e produção contínua [1]. Na Tabela 3.1 encontram-se os tipos de processos produtivos mencionados acompanhados das suas respectivas características.

Tabela 3.1: Tipos de processos produtivos [1]

Tipo	Características
Produção por projeto	Elevada variedade e baixo volume de produtos Lote unitário Satisfação de clientes específicos Localização de produto fixa Tempo de fabrico elevado
Produção <i>Job Shop</i>	Baixo volume de produção Lotes pequenos ou unitários Satisfação de clientes específicos Grande variedade de ordens executadas
Produção em lotes	Lotes de tamanho médio Fabrico de produtos com procura pouco elevada mas regular
Produção em massa	Produção especializada de um ou alguns produtos Elevada taxa de produção Alocação do equipamento à produção de um produto particular Elevada procura
Produção contínua	Produtos que não podem ser identificados individualmente Uniformidade de produção e procura Produtos e processos dependentes Elevada procura

3.1.2 Planeamento e controlo de produção

Um bom planeamento e controlo do processo produtivo é um fator determinante para o bom desempenho do mesmo. Com o aumento da complexidade da procura e qualidade dos produtos, este planeamento torna-se um ponto fulcral para as empresas.

Um sistema *Production Planning and Control* (PPC) fornece informação para gestão eficaz de fluxos de materiais, pessoas e equipamentos, coordenar atividades internas e fornecedores, e comunicar com clientes. São as seguintes algumas das atividades típicas suportadas por este tipo de sistemas [20]:

- planeamento de necessidades de recursos, capacidade e disponibilidade;
- planeamento de chegada de materiais no momento certo e quantidade certa;
- utilização eficiente de equipamentos e instalações;

- planeamento de quantidades certas de matéria-prima, produtos em curso e acabados;
- programar atividades de produção;
- rastreio de material, pessoas, ordens dos clientes, equipamentos, sistemas de fixação, ferramentas, sistemas de transporte e outros recursos na fábrica;
- comunicar com clientes e fornecedores;
- ir de encontro às necessidades dos clientes;
- capacidade de resposta rápida.

O sistema de planeamento e controlo da produção deve ir de encontro às necessidades da empresa. Cada empresa dá mais ênfase a um determinado aspeto do planeamento e controlo da produção: algumas focam o planeamento das necessidades de materiais enquanto outras focam a sua atenção no controlo fabril, daí que cada empresa deva encontrar o sistema que melhor responde às suas necessidades [20].

Segundo Vollmann, o planeamento e controlo de produção engloba quatro níveis, representados na Figura 3.2 [20].

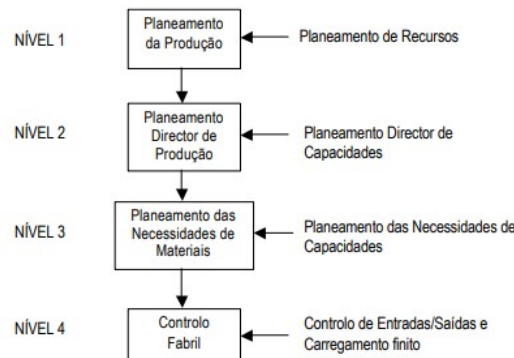


Figura 3.2: Estrutura de planeamento e controlo de produção [20]

No primeiro nível elabora-se o Plano de Produção, que reflete a estratégia de produção e intenção, no período de um ano. Aqui define-se um horizonte de tempo, quantidades a produzir. Neste nível não são conhecidas as encomendas para produtos específicos, apenas se sabe previsões de vendas em termos agregados. Ainda no primeiro nível é elaborado o Plano de Recursos, o qual especifica a capacidade necessária para produzir as quantidades estipuladas no Plano de Produção [20].

No segundo nível encontra-se o *Master Production Scheduling* (MPS). Neste surge um plano de produção para cada produto a produzir, com conhecimento da procura para cada um dos artigos. Paralelamente faz-se um plano de capacidades, com o objetivo de verificar e controlar a existência de capacidade para o MPS [20].

No terceiro nível planeia-se quantidades de material, com informação proveniente do nível superior. O planeamento detalhado de materiais pode envolver o *Material Requirements Planning* (MRP), este determina planos, período a período, para todos os componentes e matérias-primas necessárias para produzir todos os produtos especificados no MPS. Este plano de materiais pode depois ser utilizado no sistema de planeamento detalhado de capacidade para calcular mão de obra ou número de máquinas necessárias para produzir todos os componentes [20].

No último nível efetua-se o controlo da execução dos planos anteriormente elaborados. Trata-se da programação da produção e do controlo da produção de mais baixo nível e em tempo real [20].

3.1.3 Indicadores de desempenho de processos produtivos

De modo a avaliar processos produtivos surgem alguns indicadores para avaliação e análise destes, dos quais fazem parte a capacidade, eficiência, eficácia e flexibilidade.

Capacidade

Capacidade é também chamada de cadência do processo. Esta é medida em unidades de saída por unidades de tempo. É uma característica simples de definir mas difícil de medir, devido à incerteza desta. É possível determinar uma capacidade teórica do processo, isto é, máximo de saídas sob condições ideais e durante um determinado período de tempo, para posterior utilização em planeamento de objetivos e gestão de recursos, porém é mais útil conhecer a capacidade efetiva de um processo [18].

Capacidade efetiva requer um estudo mais aprofundado de informação do processo e uma análise cuidada dos fatores que podem afetar este. Não se trata de uma quantidade absoluta, podendo variar de acordo com a situação enfrentada [18].

Eficiência

Eficiência diz respeito à relação entre entradas necessárias e saídas geradas. O valor das saídas deve ser superior ao valor das entradas para que se gere recursos suficientes para a continuidade do processo [18].

Eficácia

Eficácia é o indicador que mede a relação entre as saídas efetivamente produzidas e as planeadas.

Por vezes eficácia é confundida com eficiência. Eficiência é um parâmetro difícil de obter com rigor, enquanto que eficácia não demonstra tantas dificuldades desde que os *standards* sejam bem estabelecidos. A eficácia é um conceito talvez mais ligado à gestão, já que envolve a fixação de objetivos e a medida de desempenho com respeito a esses objetivos [18].

Flexibilidade

Flexibilidade exprime o tempo necessário para alterar o processo, alterando a combinação de entradas ou tipo de saídas. Esta procura caracterizar a velocidade de resposta a possíveis alterações no processo, constituindo também um indicador de difícil medição [18].

Atualmente, a flexibilidade é uma característica chave nos processos industriais em relação à concorrência.

3.2 Indústria 4.0

A transformação digital deixou de ser uma tendência futura, tornando-se uma necessidade para as empresas se manterem no mercado e crescerem [4]. Indústria 4.0 foi estabelecida globalmente como o paradigma dominante que impulsionou a transformação digital na indústria de manufatura. Esta nova geração de indústria é a base para criação de valor, baseada em dados, modelos de negócio inovadores e formas ágeis de organização [21].

O mundo já passou por três grandes revoluções industriais, cada uma introduziu uma nova tecnologia que não só aumentou produtividade e eficiência, como também revolucionou todo o processo produtivo de criação de valor, daí serem chamadas de Revoluções Industriais.

A primeira revolução industrial deu-se no final do século XVIII, e foi caracterizada por uma mecanização da indústria, com introdução de máquinas movidas a água e vapor. Um século depois, surge a segunda revolução industrial, com introdução de novas tecnologias, sendo descobertas novas fontes de energia, como eletricidade e gás. Com esta é criado o motor de combustão interna, um grande impulsionador da indústria automóvel. Mais um século depois, com a terceira revolução industrial, introduzem-se tecnologias com recurso a eletrónica, telecomunicações e computadores. Esta abriu portas a novas indústrias, como aeroespacial [22].

Indústria 4.0 foi introduzida em 2011 na Feira de Hannover, Alemanha, e representa a interconexão de pessoas, objetos inteligentes e máquinas. Esta tem como objetivo tornar as fábricas inteligentes e, para isso, recorre a um vasto leque de tecnologias, como *Cyber Physical Systems* (CPS), *Internet of Things* (IoT), Automação e Robótica, mencionados na subsecção seguinte [23, 24].

De acordo com Vogel-Heuser e Hess, confere-se os seguintes princípios à Indústria 4.0 [23]:

- arquitetura de referência orientada a serviços;
- CPS inteligentes e auto-organizados;
- interoperabilidade entre CPS e humanos;

- adaptabilidade e flexibilidade aos requisitos em constante mudança;
- otimização para eficácia geral do equipamento;
- segurança de dados.

3.2.1 Tecnologias 4.0

Uma correta utilização de tecnologias 4.0 pode gerar diversos benefícios, como aumentos de produtividade, redução de custos de produção e trabalho colaborativo.

A Indústria 4.0 é construída sobre nove pilares tecnológicos que sustentam os princípios mencionados na subsecção anterior [23]. Essas inovações unem os mundos físico e digital e possibilitam sistemas inteligentes e autônomos. As organizações conseguem extrair todo o potencial da Indústria 4.0 ao combinar algumas destas tecnologias na sua utilização.

Produção aditiva

É uma alternativa para a produção de produtos mais complexos, camada a camada. É um tipo de produção oposta à manufatura subtrativa, onde se vai retirando material até obter o produto final [4].

Produção Aditiva demonstra ter inúmeros benefícios quando se trata de personalização de produtos, flexibilidade de *design*, tempo e relação custo-benefício [4].

Integração vertical e horizontal

Esta tecnologia incorpora dados em toda a cadeia de abastecimento, desde fornecedores a consumidor final. Integração vertical tem como objetivo interligar todos os componentes dos vários níveis hierárquicos, enquanto a integração horizontal apela a cooperação entre organizações ao longo da cadeia de valor [4].

Realidade aumentada

Estudos e implementações de realidade aumentada datam desde 1960, com o desenvolvimento de um visor transparente para mostrar gráficos 3D num capacete. É uma tecnologia que combina elementos do mundo real com elementos virtuais em 3D, permitindo a interatividade entre objetos (reais e virtuais) em tempo real. Este tipo de tecnologia é frequentemente combinada com realidade virtual [4].

O setor industrial beneficia cada vez mais desta tecnologia, pois esta permite ter melhores perspetivas no desenvolvimento de produtos, manutenção de equipamentos, formação de mão de obra, problemas em chão de fábrica, fluxo de processo e garantia de qualidade [4].

Técnicas de modelação e simulação

Técnicas de modelação e simulação fornecem uma representação visual de um produto ou processo, e mostram os efeitos de diferentes condições num ambiente virtual. Através destas é possível otimizar custos, prevendo cenários futuros com base em diferentes modelos. As simulações podem ser usadas para um produto, processo ou fluxo de processo, existindo vários pacotes de *software* disponíveis para o efeito [4].

Inserida na Indústria 4.0, a simulação é um método mais adequado em modelos de produção complexos. Através desta é possível medir riscos, custos, impedimentos de implementação, e até desenvolver um planeamento mais detalhado para a melhoria destes processos.

Atualmente começam a surgir trabalhos inseridos no tema de *Digital Twin*. Este é uma cópia virtual e inteligente do ambiente real que se pretende avaliar, com capacidade para espelhar processos reais e ajudar na tomada de decisão [25]. Já se conhecem implementações onde foi possível simular procura, rotas de fornecimento e quantidades de material entregue. Os autores desta implementação desenvolveram uma interface entre o modelo de simulação e o processo real, permitindo a integração de ambos e tornando o modelo virtual num reflexo do sistema real, atuando como um verdadeiro *Digital Twin*.

Robôs autónomos

A necessidade de implementação de robôs na indústria tem vindo a aumentar devido aos benefícios que estes têm para o setor, como diminuição de produtos defeituosos, melhor qualidade, fiabilidade, desperdícios reduzidos e melhor utilização de espaço [4].

Na indústria 4.0 pessoas e robôs trabalham colaborativamente com interligação de tarefas, com recurso a sensores, protegendo o Humano. A utilização de robôs estende-se para incorporar diferentes capacidades, tais como a fabricação, a coordenação, a gestão de dados, acesso remoto, e controlo [4].

Internet of things

IoT é um sistema de dispositivos interligados, com recurso a sensores, eletrónica e *software* para troca de dados entre estes. Na indústria é referido como *Industrial Internet of Things* (IIoT) que facilita comunicação entre pessoas, máquinas e produtos [4].

Estão a ser integrados sensores nas máquinas industriais e outros dispositivos, que permitem a recolha de dados em tempo real, para posterior utilização destes em tomada de decisão e aumento de eficiência e produtividade [4].

Para um funcionamento eficiente deste sistema, são necessárias quatro camadas: dispositivos, comunicação, armazenamento e processamento de dados, e camada da aplicação.

A camada de dispositivos engloba dispositivos, sensores e atuadores, que adquirem informação e controlam o meio à sua volta. A segunda camada é uma camada de rede, que transporta dados da camada de dispositivos para a Internet, muitas vezes através de um *Gateway* que pode realizar algum processamento adicional e muitas vezes agrega comunicações com muitos dispositivos à volta. A camada de processamento de dados é estruturada para lidar com a análise de dados e pré-processamento. A camada de aplicação está localizada na nuvem, onde os dados são utilizados por aplicações de utilizador final.

Análise de *big data*

As grandes quantidades de dados adquiridos por meio de tecnologias 4.0 precisam de ser analisadas com recurso a protocolos que ajudem a entender estes dados e manuseá-los de modo a serem utilizados para tomada de decisão. Aqui entra a análise de *Big Data*. Esta refere-se a conjuntos massivos de dados que não podem ser analisados por meios convencionais [4].

Business Intelligence (BI) insere-se nestas tecnologias, ao ser um processo que permite transformar uma grande quantidade de dados em conhecimento.

Computação em nuvem

Análise de *Big Data* exige elevadas capacidades de *software* e *hardware* para processamento de dados, limitando a aplicabilidade de tecnologias da Indústria 4.0 [4].

Através da computação em nuvem é possível aliviar esta carga, carregando e armazenando estes dados em sistemas hospedados em nuvem, atualizados em tempo real e acessíveis ao utilizador em qualquer lugar [4].

Cibersegurança

O fluxo de dados interna e externamente a uma organização torna a cibersegurança um elemento-chave da Indústria 4.0. Esta tem como objetivo proteger os sistemas industriais com estratégias, como controlo de acessos [4].

Com a crescente frequência de ciberataques, padronizaram-se protocolos de cibersegurança através de normas *International Organization for Standardization* (ISO). As mais comuns são a ISO/IEC 27001 e 27002, da ISO/IEC 27000, que fornecem uma visão geral sobre sistemas de gestão de informação, como também termos e definições usualmente utilizados neste tipo de sistemas [4, 26].

3.2.2 Indústria 5.0

Em 2021, a Comissão Europeia apresentou formalmente o conceito de quinta revolução industrial, chamada de Indústria 5.0 [23].

Esta reconhece o poder da indústria para além de empregos e crescimento, fazendo com que a produção respeite os limites do nosso planeta e coloque o bem estar do trabalhador no centro do processo de produção. Complementa também a Indústria 4.0 com o objetivo de a tornar mais resiliente [23].

Com o reconhecimento de que os avanços tecnológicos transformam a forma como o valor é criado, trocado e distribuído, há uma necessidade premente para que essas tecnologias sejam projetadas para apoiar o valor futuro. O advento dessas mudanças e questões intimamente ligadas à inovação tecnológica obriga a indústria a repensar o seu posicionamento e papel na sociedade. Isto exigirá uma transição para uma economia mais circular e maior confiança em recursos, incluindo energia [23].

Valores principais da Indústria 5.0

A Indústria 5.0 gira à volta dos três valores mencionados anteriormente e representados na Figura 3.3: centralidade no Humano, sustentabilidade e resiliência.

O foco no Humano coloca as suas principais necessidades e interesses no centro do processo de produção, obrigando o avanço da tecnologia a ser adaptável às necessidades dos trabalhadores. Um ambiente de trabalho seguro e inclusivo é prioridade, tal como a saúde dos trabalhadores, quer física, quer mental, salvaguardar os direitos fundamentais destes e apostar na sua formação e requalificação [23].

Para desenvolver uma indústria que respeite os limites do planeta, esta deve ser sustentável. É necessário apostar em processos circulares que reutilizem, reaproveitem e reciclem os recursos naturais, reduzindo desperdícios [23].

Resiliência refere-se à necessidade de insistir em maior grau de robustez e eficiência na produção industrial, evitando interrupções e garantindo fornecimento em tempos de crise [23].

Indústria 5.0 não é uma revolução impulsionada por tecnologia, como as anteriores, mas sim uma iniciativa orientada por valores.



Figura 3.3: Valores da Indústria 5.0 [23]

3.3 *Lean manufacturing*

O conceito de *Lean manufacturing* teve origem na indústria automóvel no Japão, na Toyota, após a 2ª Guerra Mundial, devido à falta de recursos, dinheiro e mão-de-obra. Até então, o modelo utilizado era a produção em massa, conhecido por produções de altos volumes para produtos padronizados de modo a satisfazer uma grande procura [3, 27].

A situação atual da economia do país mostra que esta não pode manter-se em isolamento, sendo criado o conceito de “economia mundial em rede”, que acabou por levar a uma forte competição entre indústrias. Devido a esta competição, já mencionada anteriormente, é importante garantir qualidade, a baixo custo e alta tecnologia na produção, e nisto entra o conceito de *Lean manufacturing*.

O principal objetivo do pensamento *lean* é a redução de custos, mantendo a qualidade, eliminação de desperdícios e satisfação do cliente.

3.3.1 Princípios de *lean*

De acordo com o livro “*Lean manufacturing*” de James Womack e Dan Jones, foram definidos cinco princípios para o conceito de *lean*, sendo estes os seguintes [27]:

- especificar valor: satisfação do cliente é o objetivo final;
- perfeição: no final o que importa é atingir a perfeição, à medida que se detetam resíduos, estes devem ser eliminados;
- produção *pull*: nenhuma ação é tomada em relação ao produto, até que haja indicação do cliente;
- fluxo contínuo: criar um fluxo sem interrupções, desde o planeamento, à produção e até ao cliente;

- fluxo de valor: efetuar um mapeamento do fluxo de valor do produto, identificando componentes que não lhe conferem valor, eliminando estes.

3.3.2 Desperdícios

Qualquer ação sem importância que gere resultados desnecessários é considerada desperdício. *Lean* trabalha com o objetivo de eliminar estes desperdícios, pois estes afetam a produção e desempenho industrial [27].

Taichi Ohno categorizou os desperdícios em sete categorias no seu livro "*Toyota Production System*" [27]:

- excesso de produção: este tipo de desperdício acontece quando numa indústria se produz mais do que planeado, acabando por afetar todo o sistema. Isto pode levar a perdas de dinheiro, tempo e espaço;
- tempo de espera: desperdícios em tempo podem incluir a espera por uma operação, plano, ordem, informação, entre outros. Tempo é desperdiçado quando uma operação se encontra à espera para iniciar, devido a outra ainda não ter terminado;
- transporte: é um desperdício de tempo e dinheiro a movimentação de materiais de um lado para o outro. Este tipo de atividades não acrescentam valor;
- processamento extra: diz respeito a ações extra não requisitadas pelo cliente. Estas geram desperdícios de trabalho, material, mão-de-obra e recursos;
- *stock*: este é inventário que não é utilizado até ser atribuído um caminho para ele. Este pode ter a forma de produto final/acabado, ou também no seu estado inicial, como matéria-prima;
- defeitos: *Lean manufacturing* baseia-se numa variedade de técnicas e ferramentas para eliminar defeitos. Estes geram má qualidade, insatisfação do cliente, diminuição do valor de mercado e de fiabilidade, reduzindo a venda e o custo do produto. Um defeito não deve ocorrer repetitivamente;
- movimentações desnecessárias: qualquer movimento de pessoas ou material que não acrescente valor ao produto ou serviço é considerado um desperdício de movimento.

3.3.3 Ferramentas *lean*

Lean envolve uma série de ferramentas, que podem ser usadas individualmente ou combinadas entre si, reforçando-se mutuamente. Estas ajudam a reforçar o propósito do *lean* e tornar este mais eficaz [27].

Nesta subsecção não serão mencionadas todas as ferramentas, focando-se apenas as mais importantes para a compreensão e desenvolvimento deste projeto.

Metodologia 5S

Todos os sistemas baseados no *Toyota Production System* (TPS) partilham os mesmos princípios, participação do colaborador, autonomia deste e envolvimento de toda a comunidade nas atividades da organização [28].

A metodologia 5S pode ser explicada de duas perspetivas diferentes, mas complementares, por Osada e Hirano. Osada encara o 5S como uma estratégia para o desenvolvimento organizacional, aprendizagem e mudança, orientada para a melhoria da eficiência e condições de trabalho. Hirano tem uma perspetiva mais prática, onde considera o 5S uma ferramenta capaz de eliminar desperdícios, diferenciando a organização da concorrência [28].

Esta pode ser aplicada não só na linha de produção, como em todas as áreas industriais. Na cultura Japonesa, são as seguintes palavras que constituem os 5S [28]:

- *Seiri* - vontade de atingir um objetivo;
- *Seiton* - colocar as coisas em ordem;
- *Seiso* - merecer respeito e valor por parte dos colegas;
- *Seiketsu* - manter postura;
- *Shitsuke* - construir e manter disciplina.

A grande vantagem desta ferramenta é a sua simplicidade e facilidade de compreensão, no entanto para que esta seja eficaz é necessário a participação de todos os colaboradores.

JIT-Just in Time

Just in Time (JIT) baseia-se em fornecer apenas os produtos necessários, no momento correto e na quantidade necessária. Esta metodologia pode ser aplicada desde a entrada do material, à produção e até entrega deste. Foi desenvolvido para aumentar e otimizar produtividade através da redução de desperdícios e aumento do valor acrescentado nos processos produtivos. Permite reduzir *stocks* e melhorar qualidade do produto [29].

Kaizen

Kaizen significa melhoria contínua, e pode ser aplicado para melhorar constantemente a nossa vida pessoal, familiar, social e profissional [30].

No âmbito profissional, *Kaizen* diz respeito a melhoria contínua para todos os recursos humanos, líderes e colaboradores. Pode também ser definido como uma estratégia que engloba um conjunto de ações, que permite implementar melhorias em relação à concorrência. Este é um sistema que exige trabalho em equipa e cooperação [30].

O conceito *Kaizen* baseia-se em três princípios chave, são estes os seguintes [30]:

- compromisso e persistência: não é possível alcançar melhoria se não houver uma forte motivação em implementar esta melhoria, ou um esforço a longo prazo;
- processos pequenos e incrementais: a metodologia *Kaizen* é contra mudanças radicais, é preferível proceder em pequenos passos frequentes mas controlados;
- participação: num contexto organizacional, é importante que todos os funcionários e departamentos dentro de uma organização adotem e pratiquem o método de trabalho *Kaizen*.

Ciclo de *Deming*

Conhecido por Ciclo PDCA ou Ciclo de *Deming*, este visa reconhecer um conjunto de fatores internos e externos, oportunidades e riscos no presente e a perspetivar no futuro. Esta é uma ferramenta útil para definir, implementar e controlar ações corretivas e de melhoria, tornando mais claros e ágeis os processos [31].

São fases do ciclo PDCA as seguintes: planeamento (P), execução (D), verificação (C) e ação (A).

A fase de planeamento consiste na identificação do problema, observação e análise do processo e definição do plano de ação. Na fase de execução realiza-se o plano desenvolvido na fase de planeamento. Na verificação é efetuada a monitorização e avaliação dos resultados. Na última fase, ação, deve-se agir de acordo com o avaliado, realizando novos planos de modo a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, corrigindo falhas [31].

Key Performance Indicators (KPI)

A indústria está preenchida com vários tipos de equipamentos e processos, que mostram ser um desafio para controlar e manter, a fim de obter maior desempenho e lucro [32].

KPI são fundamentais para medir os desempenhos e progressos. Estes podem fornecer informações destes campos aplicados a diferentes áreas, como energia, material, controlo e operação, manutenção, qualidade do produto, entre outros [32].

Total Productive Maintenance (TPM)

Durante muitos anos, manutenção cingia-se a atividades tradicionais, às quais não era dada grande importância. Com o desenvolvimento de novas estratégias de produção e flexibilidade nas linhas, foi possível aumentar a gama de produtos produzidos. Consequentemente a necessidade de melhores estratégias de manutenção aumentou, também devido à presente automatização, mecanização e exigência de produtos com maior qualidade e fiabilidade.

TPM é uma estratégia desenvolvida para satisfazer as novas necessidades da manutenção.

Esta é uma ferramenta Japonesa, com origem na Toyota em 1970, com foco na melhoria de processos e eficácia de equipamentos, de modo a reduzir também perdas. Nesta não só se inclui o departamento de manutenção, mas também todos os colaboradores da organização.

TPM é sustentada por oito pilares principais, como se apresenta na Figura 3.4. Estes são focados em técnicas proativas e preventivas, com objetivo de aumentar a fiabilidade do sistema/equipamento.

O primeiro pilar que sustenta a TPM é Melhoria Contínua. Este pilar foca a eliminação de desperdícios/perdas, inserido no conceito *Kaizen*, já mencionado anteriormente nesta subsecção. Manutenção Autónoma, outro pilar, delega responsabilidades de manutenção rotineira, como lubrificações ou limpeza, a operadores, libertando pessoal da manutenção para tarefas mais importantes. Na Manutenção Planeada são planeadas ações de manutenção, evitando manutenções corretivas. Formação e Treino é uma medida para corrigir faltas de conhecimento de colaboradores, de modo a atingir os objetivos da TPM. Com Gestão Antecipada pretende-se implementar novos equipamentos com níveis menores de desperdícios, obtendo melhores desempenhos. Manutenção da Qualidade pretende introduzir deteção e correção de erros durante o processo produtivo, como também análise de erros recorrentes para a sua posterior eliminação. TPM no Escritório tem como objetivo a implementação de técnicas TPM em funções administrativas. Por fim, Higiene, Segurança e Ambiente incute práticas que promovem um ambiente seguro e saudável, com o principal objetivo de zero acidentes de trabalho [19, 33].

Como também é visível na Figura 3.4, o ponto de partida de uma iniciativa TPM é a aplicação dos 5S, permitindo a criação de um ambiente de trabalho propício à implementação desta iniciativa.

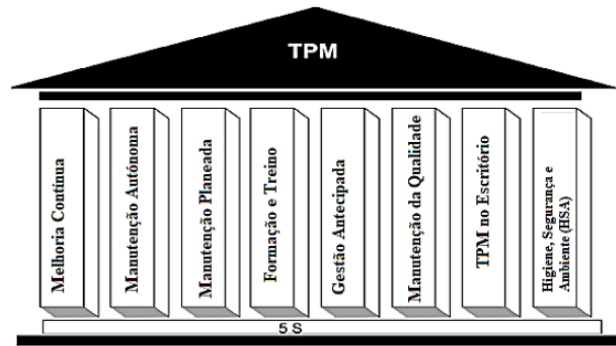


Figura 3.4: Oito pilares TPM [19]

3.4 Overall Equipment Effectiveness

OEE é um KPI que foca a eficácia operacional de um equipamento ou processo produtivo, e teve origem nas práticas de TPM.

Os principais objetivos da TPM são alcançar um desempenho ideal com zero perdas, o que produtivamente significa não haver acidentes, tempos improdutivos ou desperdícios.

Se bem aplicado, o indicador OEE permite reduzir o número de avarias, com posterior aumento da disponibilidade do equipamento, e um melhor desempenho [34, 35].

Este é obtido através do produto de três componentes representativos das seis grandes perdas dos equipamentos, como demonstra a Equação 3.1, que serão mencionadas mais adiante nesta secção, como mostra a Figura 3.5: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade [34, 35].

$$OEE(\%) = Disponibilidade (\%) * Desempenho (\%) * Qualidade (\%) \quad (3.1)$$

- Disponibilidade - percentagem de tempo em que o equipamento se encontra realmente disponível para produzir, isto é, relaciona o tempo total disponível para produção com o tempo efetivo de produção, calculada através da Equação 3.2.

$$\frac{Tempo \ Disponivel - Tempo \ Paragens}{Tempo \ Disponivel} \quad (3.2)$$

- Desempenho - esta representa a percentagem da capacidade de produção, isto é, relaciona a quantidade produzida com a quantidade que o equipamento deveria produzir, calculada com recurso à Equação 3.3.

$$\frac{\text{Tempo Ciclo} * \text{Unidades Produzidas}}{\text{Tempo Operacao}} \quad (3.3)$$

- Qualidade - é a percentagem de produtos que se encontram de acordo com as especificações, isto é, a quantidade de produtos “bons” em relação à quantidade total produzida, como mostra a Equação 3.4.

$$\frac{\text{Unidades Produzidas} - \text{Unidades Defeituosas}}{\text{Unidades Produzidas}} \quad (3.4)$$

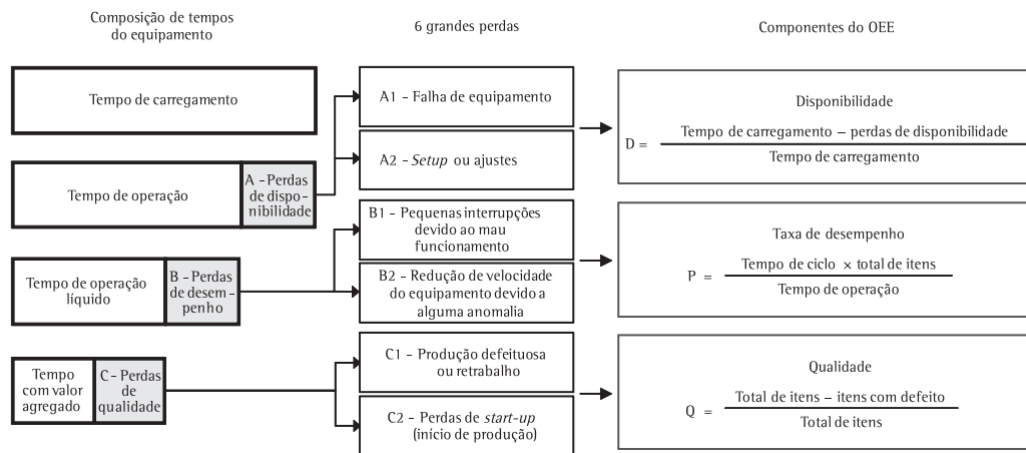


Figura 3.5: Estrutura das seis perdas de tempo no indicador OEE [34].

É indicado e recomendado um cálculo periódico do OEE, permitindo verificar a evolução deste com o tempo e monitorizar o equipamento ou processo produtivo.

Após vários estudos e implementações do conceito, chegou-se à conclusão que este deve ser igual ou superior a 85%, o valor de referência mundial. No entanto, os valores podem ser divididos em quatro subgrupos, como se mostra na Tabela 3.2 [35].

Tabela 3.2: Subgrupos de valor do OEE

Valor OEE	Descrição
<65%	É uma empresa pouco competitiva, com perdas monetárias significativas e necessidade de atuação urgente
65% a 75%	Caso seja um valor com tendências de crescimento, é aconselhável continuar o controlo de perdas de modo a manter a eficiência controlada.
75% a 85%	Perdas controladas e foco no principal objetivo de atingir valor mundial de referência.
>85%	Valor mundial de referência atingido, onde apenas se verificam perdas residuais e um desempenho otimizado.

Para concretização de um OEE de 85% é necessário que os três componentes, Disponibilidade, Desempenho e Qualidade, cumpram também estes um determinado valor. Para isso foram tidos em conta os valores da Tabela 3.3 como referência para cada um [35].

Tabela 3.3: Valores de referência para os componentes OEE

Componente OEE	Valor de referência
Disponibilidade	90%
Desempenho	95%
Qualidade	99,9%

3.4.1 Seis grandes perdas

Um dos principais objetivos do TPM e OEE é reduzir seis das grandes perdas que afetam a eficiência de equipamentos e processos. As seis grandes perdas descrevem-se da seguinte forma [36]:

- *paragens não planeadas*: estas são perdas de quantidade através de produtos defeituosos e perdas de tempo, devido à diminuição da produtividade de equipamentos e avarias dos mesmos;
- *setups e ajustes*: estas perdas são de unidades defeituosas e tempo de inatividade que podem ocorrer quando o equipamento é ajustado para passar de produzir um tipo de produto para outro;

- pequenas paragens: estas pequenas perdas são frequentes, resultando de limpezas por exemplo;
- perdas de velocidade: estas ocorrem quando o equipamento tem uma velocidade inferior à de fabrico ou estipulada;
- defeitos de qualidade: estas perdas resultam de erros de manufatura;
- perdas de arranque: estas perdas ocorrem nas primeiras produções, quando se iniciam as máquinas.

Na Tabela 3.4 encontram-se estas perdas organizadas por cada componente do OEE mencionado na secção anterior, com um exemplo de cada uma destas seis perdas.

Tabela 3.4: Seis grandes perdas por cada componente do OEE

Componente OEE	Perda	Exemplo
Disponibilidade	Paragens não planeadas	Manutenções corretivas, avarias mecânicas
	<i>Setups</i> e ajustes	<i>Warm-up time</i> , afinações, mudanças de produto
Desempenho	Pequenas paragens	Pequenos ajustes, sensor bloqueado, limpeza
	Perdas de velocidade	<i>Setting</i> errado, problemas de abastecimento
Qualidade	Defeitos de qualidade	Erros de processo
	Perdas de arranque	Rejeitado na fase de <i>warm-up</i>

3.4.2 Indicadores alternativos ao OEE

Apesar de ser amplamente aceite como um indicador de medição de desempenho para avaliação de equipamentos, este apresenta limitações em contexto local, pois não inclui na sua análise todos os recursos utilizados [34].

Estes indicadores alternativos podem ser divididos em dois grupos: os que ampliam a abrangência do sistema de operações e os que ampliam a classificação de perdas [34].

Indicadores que ampliam a abrangência do sistema de operações

Para este tipo de indicadores tem-se em conta não só um equipamento isolado, mas sim todas as máquinas, processos, e o modo como estes estão relacionados.

Um dos indicadores alternativos proposto é o *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line* (OEEML). Este, para além das perdas de disponibilidade e qualidade, tem também em conta perdas por problemas de alimentação de matéria-prima na linha, ineficiências do gargalo e paragens por motivos de manutenção [34].

O OEEML considera que entre processos é efetuado *stock* de material, onde um OEEML elevado indica que a linha flui bem e os materiais acumulados são baixos [34].

Para avaliação de uma célula de produção, considerando dados de saída de produtos conformes, tempo médio de ciclo e tempo de carregamento da célula, recorre-se ao indicador OEEL (OEE de uma linha) [34].

Estendendo o conceito de OEE a toda a fábrica, surge o *Overall Factory Effectiveness* (OFE). Este avalia o desempenho global de uma fábrica, admitindo a interação de diferentes máquinas/processos e decisões tomadas pelos diversos subsistemas. Uma extensão do OFE, é o *Overall Throughput Effectiveness* (OTE), que considera a conexão entre equipamentos [34].

Na Figura 3.6 encontra-se a abrangência dos conceitos acima mencionados e descritos.

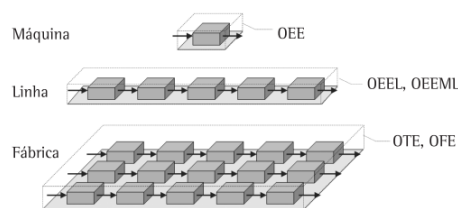


Figura 3.6: OEE de acordo com abrangência do sistema produtivo [34]

Indicadores que ampliam a classificação de perdas

Com este tipo de indicadores tem-se em conta fatores externos, como suprimentos ou vendas, que não permitam a plena utilização da capacidade da fábrica.

Total Equipment Effectiveness Performance (TEEP) é uma variante do OEE que considera paragens planeadas no cálculo do indicador. Este indicador mostra o quanto a manutenção impacta na produtividade da manufatura. Este foi desenvolvido para avaliar a produtividade no nível do equipamento, mas pode também ser estendido à avaliação de um sistema maior, como uma fábrica [34].

Production Equipment Effectiveness (PEE) propõe a medição do OEE conforme o tipo de produção. Em produção discreta consideram-se os mesmos três componentes (disponibilidade, desempenho e qualidade), em processo contínuo inserem-se componentes adicionais, PEE-disc e PEE-cont [34].

Foi também definido *Total Overall Equipment Effectiveness* (TOEE) como um indicador que tem em conta perdas independentes do equipamento, tais como perdas por falta de operador, ou controlos de qualidade, que não dependem das condições de funcionamento do equipamento em si [34].

Também são conhecidos outros dois indicadores, *Overall Plant Effectiveness* (OPE) e *Overall Asset Effectiveness* (OAE) que consideram perdas por causas comerciais, problemas logísticos externos, regulamentações ambientais, causas naturais e causas relacionadas com a gestão do negócio que afetam a fábrica (*stocks*, segurança, investimento em novos produtos) [34].

OPE e OAE diferem entre si pela unidade de cálculo, o OAE é calculado em unidade de produto, em vez de tempo. Toda a informação anteriormente descrita encontra-se na Figura 3.7.

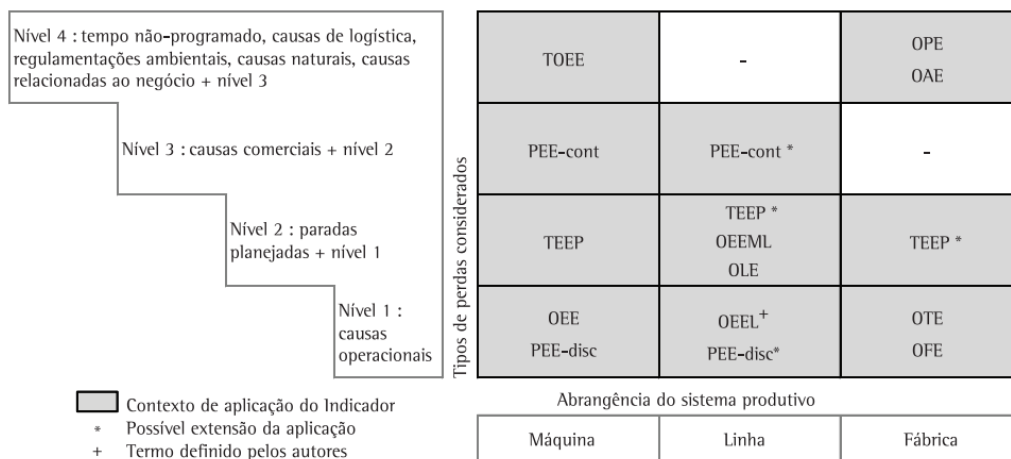


Figura 3.7: Indicadores alternativos conforme classificação de parâmetros e do sistema produtivo [34].

3.5 Análise qualitativa da qualidade

Com vista a assegurar processos controlados e fornecimento de produtos e serviços de acordo com os requisitos impostos, foram, ao longo do tempo, desenvolvidas ferramentas que auxiliam neste propósito. Estas são técnicas que podem ser utilizadas para definir, medir, analisar e controlar resultados, que posteriormente podem vir a ser úteis na tomada de decisão.

3.5.1 Diagrama de Ishikawa

Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, foi criado em 1943 em Tóquio por Kaoru Ishikawa, e é uma representação gráfica que estrutura e representa as causas associadas a um efeito/problema. Este permite

agrupar as ideias em várias categorias, como métodos, máquinas e materiais, conseguindo assim olhar sob várias óticas e perspectivas para o problema [31].

Kaoru Ishikawa definiu seis tipos de causas para a existência do problema a solucionar, começando cada uma por M, como mostra a Figura 3.8, podendo por este mesmo motivo ser também chamado de diagrama 6M [31].

- Mão de obra - todas as pessoas envolvidas no processo;
- Método - caracteriza a forma como o processo é executado;
- Máquina - todos os equipamentos envolvidos no processo;
- Medida - análise das métricas utilizadas;
- Material - avaliar todas as matérias-primas utilizadas, incluindo peças necessárias à produção do produto final;
- Meio ambiente - condições do local de trabalho onde o processo é desenvolvido.

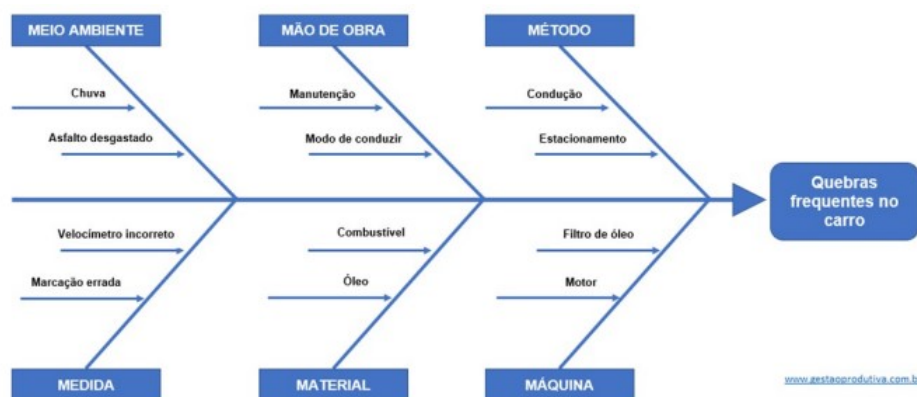


Figura 3.8: Exemplo de diagrama de Ishikawa [31]

Dados os seis tipos de causas possíveis serem de áreas divergentes, a elaboração deste tipo de diagramas deve incluir a participação do maior número possível de pessoas, gerando um *brainstorming* para que nenhuma causa seja omitida.

3.5.2 Histograma

Histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal se encontra subdividido em intervalos e assume os valores de uma variável de interesse. Cada intervalo terá uma barra correspondente, proporcional ao número de observações da amostra no intervalo considerado, tal como representado na Figura 3.9 [31].

Este permite observar graficamente a localização e dispersão dos valores recolhidos de uma população, como também saber com que frequência ocorre um determinado valor e identificar a sua tendência central e dispersão dos resultados [31].

Um histograma é constituído por três elementos, são estes [31]:

- Classes - correspondente às barras;
- Amplitude - representa o tamanho das classes;
- Frequência - indica a variação dos conjuntos de dados.

É ainda possível classificar os histogramas de acordo com a apresentação das barras como simétrico, assimétrico, truncado, dois picos, achatado ou pico isolado [31].

Um histograma simétrico apresenta uma frequência mais alta no centro e as mais baixas nos lados. Assimétrico contém um ponto central de destaque mais alto dos que os restantes, o que indica uma grande variação entre os dados. Troncado os valores mais altos encontram-se localizados numa das extremidades do histograma. No histograma de dois picos os dois pontos mais altos estão em pontos diferentes do gráfico, também chamado de histograma bimodal. No achatado todas as barras têm frequências muito semelhantes, não havendo destaques, e, por fim, no pico isolado uma das barras tem muito destaque em relação às restantes [31].

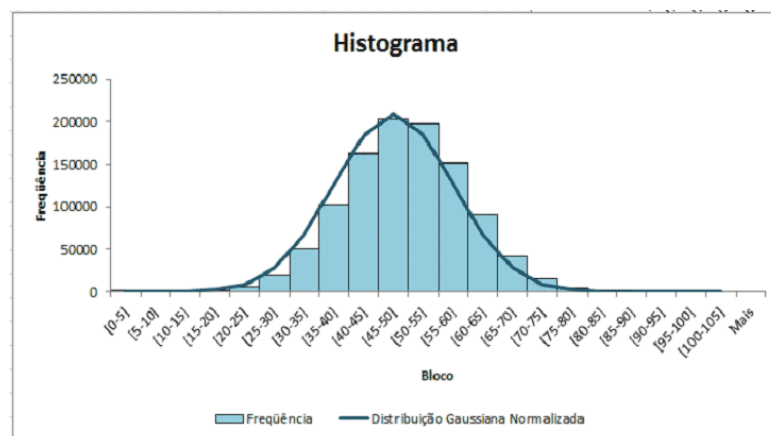


Figura 3.9: Exemplo de histograma

Capítulo 4

Comparação de cadências ótimas com cadências reais

Neste capítulo é abordado todo o processo de construção da ferramenta que constitui título desta dissertação. Inicia-se com um levantamento de problemas que levaram à sua necessidade, o processo de montagem da ferramenta, as ações efetuadas com fundamento nesta e os resultados obtidos.

4.1 Levantamento de problemas

O problema principal identificado no arranque do estágio foi a necessidade de confirmação e correção de *rates* de centros de trabalho que não estavam de acordo com o esperado, isto é, a *rate* real não estar a acompanhar a *rate* ótima registada em sistema.

Uma *rate* ótima é aquela com componente de objetivo, atingida a velocidade cruzado nas condições ideais. Estas encontram-se em sistema SAP, *software* de gestão utilizado por toda a corporativa onde foi realizado o estágio, podendo ser atualizadas pelo devido departamento a que a tarefa compete, Dados Mestre. Este indicador é utilizado para cálculo do OEE dos equipamentos, fazendo parte da componente de desempenho destes.

As *rates* efetivamente realizadas em chão de fábrica encontram-se no sistema MES, recentemente implementado na empresa de indústria corticeira em questão.

Para além de *rates* são também analisadas cadências. Enquanto que as *rates* são registadas em unidades/minuto e utilizadas para cálculo do OEE, as cadências são expressas em unidades/hora e utilizadas para custeios. Estes são dois conceitos distintos utilizados na empresa onde foi realizado o estágio e que foram analisados neste projeto.

Com MES é possível acompanhar ordens de fabrico e eventos em tempo real que possam estar a decorrer na fábrica. Este contém informações relativas a todos os acontecimentos na fábrica, como produções, rejeições, desperdícios ou consumos de material. Em relação a estes, é possível obter dados de quantidades, tempos de início e fim de turno, qual o material produzido com o respetivo código e ordem de fabrico, como também a área onde se deu o acontecimento e o centro de trabalho. Estes são alguns exemplos dos campos e tipos de dados presentes no sistema.

4.1.1 Falta de robustez de dados MES

Ao iniciar a utilização de MES, houve confronto com o primeiro sub-problema inerente ao principal, a falta de robustez dos dados lá existentes, que influencia posteriormente a boa análise de *rates* e cadências. Através do diagrama de *Ishikawa* da Figura 4.1 é possível analisar quais as causas deste problema.

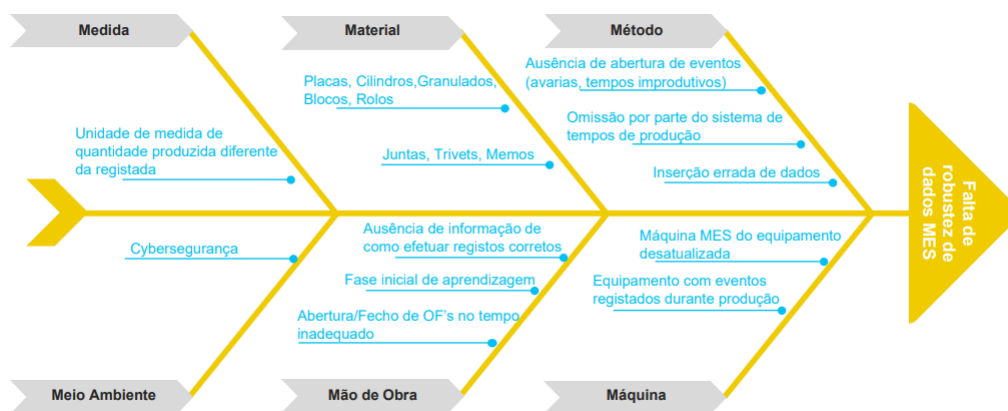


Figura 4.1: Diagrama de *Ishikawa* para falta de robustez de dados MES.

No campo Medida a causa identificada foram as unidades de medida dos dados inseridos recentemente, diferentes das registadas em sistema. Na migração para o novo sistema alguns dados foram inseridos com a unidade errada, gerando discrepâncias com os restantes, “contaminando” a análise destes e posterior tomada de decisão com base nos mesmos. No campo Material foram identificados alguns dos materiais principais produzidos, onde as suas condições podem ser alvo de discrepâncias verificadas mais tarde em sistema. No Método as três causas identificadas são

focadas na má inserção de dados e não declaração de eventos. Eventos são acontecimentos que ocorrem durante produção e que provocam tempos improdutivos e/ou avarias do equipamento. No Meio Ambiente a cibersegurança é uma causa que cada vez mais preocupa a empresa, devido ao forte volume de dados informatizados em sistema e algumas falhas que por vezes ocorrem no fluxo de dados. No campo Mão de Obra foca-se os operadores, mas também a falta de informação e formação destes em relação a este novo sistema. Por fim, na Máquina as causas principais são a desatualização das máquinas de registos MES em relação a novo *software* que possa estar a entrar em vigor.

4.1.2 Cadências e *rates* SAP desconcordantes

Um outro problema identificado ao analisar os registos existentes foi a desatualização de dados presentes no sistema SAP. Estes são utilizados por todas as áreas, desde custeio a planeamento, sendo crucial a sua fiabilidade. Para auxílio na análise deste problema elaborou-se, tal como anteriormente, o diagrama de *Ishikawa* da Figura 4.2.

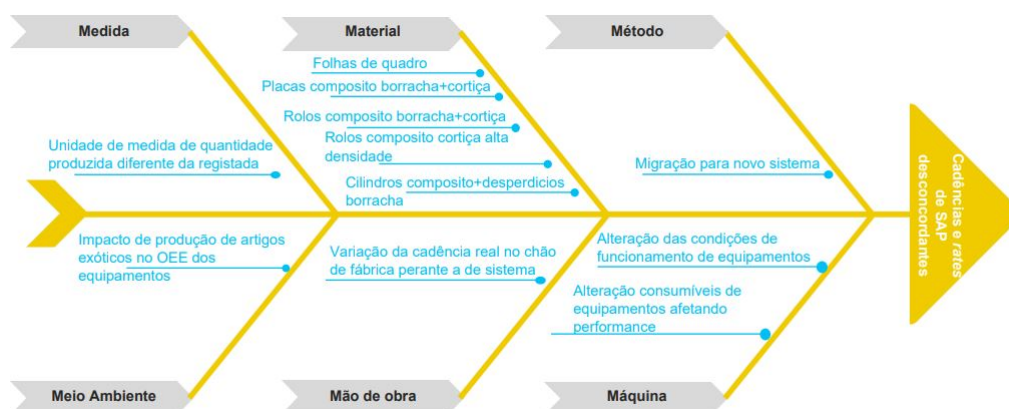


Figura 4.2: Diagrama de *Ishikawa* para cadências e *rates* de SAP desconcordantes.

No campo de Medida, tal como no diagrama da Figura 4.1, as unidades obtidas diferentes das registadas em sistema são mais uma vez uma das causas do problema em análise. No Material foram identificados alguns dos materiais onde se verificaram cadências e *rates* desatualizadas. No Método atribui-se a migração para o novo sistema como a causa principal. Já no Meio Ambiente o impacto da produção de artigos exóticos no OEE dos equipamentos foi a causa identificada, pois estes artigos são produzidos em menores escalas em máquinas com capacidades muito superiores, dando fruto a dados discrepantes para estatísticas produtivas do equipamento. No campo de Mão de Obra mais uma vez direcionado aos operadores, a variação das *rates* reais que estes executam em chão de fábrica é uma das causas que provoca a oscilação de valores registados. Por fim, na Máquina, as alterações de condições

da máquina foi uma das causas, isto é, substituição do equipamento por um novo semelhante ou até adaptação do próprio equipamento a novos produtos pode causar discrepâncias. Também a alteração dos consumíveis pode ser tida em conta, como por exemplo a substituição do consumível utilizado no equipamento regularmente por um de menor qualidade, isto irá ter impacto posteriormente, por exemplo, em velocidades de produção.

4.2 Proposta de solução

Analizados os problemas identificados na secção anterior e as suas respectivas causas, surge na atual secção a proposta de solução para os mesmos.

De modo a solucionar o problema de correção de cadências e *rates*, como também dos dois sub-problemas encontrados, foi desenvolvida uma ferramenta que permite confrontar a cadência e *rate* ótima, presente em SAP, com a efetuada na realidade em chão de fábrica, retirada de MES. Deste modo é possível analisar e filtrar dados pouco robustos, como também identificar possíveis erros em dados de SAP e MES, tomando uma ação sobre estes.

4.2.1 Construção do modelo principal

Foi utilizado Power BI para desenvolvimento desta ferramenta. Nesta, através de uma ligação Azure ao cubo MES foram exportados os dados necessários para a análise e resolução do problema. Em Power BI os dados são armazenados num modelo de dados, neste caso denominado de Modelo Principal. O cubo MES é o local onde estão estes dados, a base de dados dos registos com ligação direta às máquinas MES presentes na fábrica para cada equipamento. Desta exportação retiraram-se os campos de dados da Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Campos exportados para a ferramenta desenvolvida

Campo	Definição
dimSite.SiteKey	Unidade empresarial de interesse
dimShiftDate.Year	O ano onde se inserem os dados
dimDate.MonthName	O mês onde se inserem os dados
dimMaterial.MaterialName	O nome do material
dimMaterial.MaterialKey	O código de material
dimOrder.OrderName	O número da ordem de fabrico
dimOrder.RateOtima	A <i>rate</i> ótima referente ao material
Sum Quantity	A quantidade total produzida
dimTransactionType.TransactionTypeGroup	Identificação de produções
dimArea.AreaAltName	O centro de trabalho em análise
dimTransaction.TransactionUser	Equipamento que efetuou o registro
Sum ProductionTimeMinute	O tempo total de execução da produção, em minutos
dimArea.Level2Area	A área operacional da fábrica em análise
dimSiteMaterial.MaterialMESUnit	Unidades de produção MES
dimSiteMaterial.MaterialSAPUnit	Unidades de produção SAP

A *rate* efetivamente realizada pela máquina não é possível retirar diretamente de MES, pois esta não é um campo de dados presente no cubo. Assim sendo, teve de ser calculada posteriormente através da Equação 4.1:

$$Rate\ MES = \frac{Sum\ Quantity}{Sum\ ProductionTimeMinute} \quad (4.1)$$

Como cadências são expressas em horas e *rates* em minutos, multiplicou-se por sessenta a coluna “Rate MES”, anteriormente obtida, de modo a obter a Cadência MES.

Foi ainda adicionada outra coluna ao modelo desenvolvido, chamada “Porcentagem de”, que compara a *rate* ótima à *rate* de MES e calcula qual a percentagem que a *rate* de MES cumpre a *rate* ótima. Esta função é incorporada já em Power BI, sendo necessário apenas indicar os campos pretendidos para realizar o cálculo.

Outra coluna necessária para finalizar o modelo para posterior análise foi a “Contador de Ordem de Fabrico (OF)”. Esta, tal como o nome indica, calcula o número de ordens de fabrico por cada material, necessário para posterior eliminação de *outliers*. Para o efeito, em Power Query, com recurso à linguagem *Data Analysis Expression* (DAX), foi utilizada a seguinte expressão:

$$\begin{aligned}
 \text{Contador OF} = & \text{CALCULATE}(\text{COUNTROWS}(\text{Modelo Principal}), \\
 & \text{ALLEXCEPT}(\text{Modelo Principal}, \text{Modelo Principal} \\
 & [\text{dimMaterial.MaterialKey}]))
 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Já obtidos e organizados os dados relativos à *rate* ótima, cadência MES e *rate* MES, apenas falta as cadências registadas em SAP. Para inserir estas no modelo foi necessário efetuar uma importação externa em formato .csv. As cadências foram retiradas de SAP, associadas aos respetivos materiais e áreas operacionais e posteriormente inseridas em Power BI. Através da ferramenta de intercalação de consultas disponível em Power BI, e como mostra a Figura 4.3, foi possível juntar o modelo de dados anteriormente desenvolvido aos novos dados de cadências SAP retirados do documento excel exportado, usando como chave desta intercalação o código de material, um campo comum em ambos os modelos.

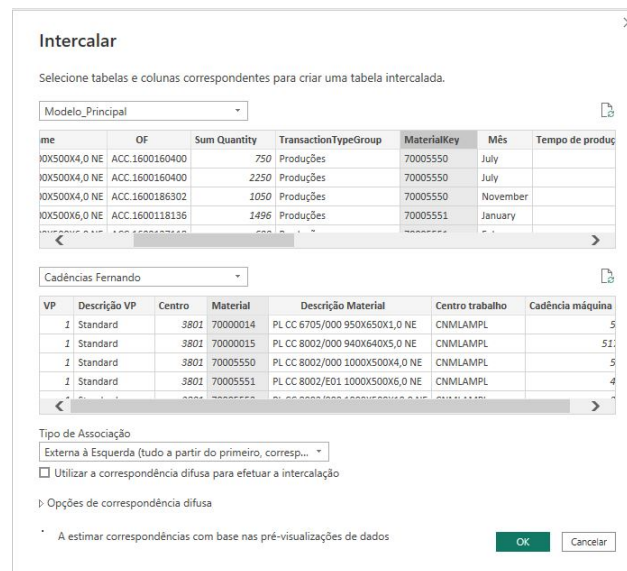


Figura 4.3: Intercalação de consultas PowerBI

Com foco na resolução do problema de cadências e *rates* em SAP desconcordantes, adicionou-se ainda outra coluna denominada de Rate Máquina, com recurso à Equação 4.3, para posteriormente se confirmar se as *rates* registadas em SAP são efetivamente as corretas, dado que devem corresponder ao valor da cadência registada em SAP, mas com unidades referentes a minutos, e não horas.

$$\text{Rate Máquina} = \frac{\text{Cadencia SAP}}{60} \quad (4.3)$$

Ainda no mesmo problema de registos desconcordantes, adicionou-se outra coluna, com recurso à Equação 4.4, onde nesta se compara a *rate* ótima, que se encontra

efetivamente em SAP, com a *rate* máquina, calculada anteriormente na Equação 4.3. Caso as *rates* sejam iguais a coluna devolve o valor “TRUE”, caso contrário devolve “FALSE”. Esta funcionalidade será utilizada mais à frente para confronto e correção de dados em SAP.

$$Verificacao\ rates = IF(Rate\ Maquina = Rate\ otima, "TRUE", "FALSE") \quad (4.4)$$

Concluída a construção do Modelo Principal, organizou-se na Tabela 4.2 todos os campos adicionais anteriormente calculados com as respectivas definições.

Tabela 4.2: Campos calculados para a ferramenta desenvolvida

Campo	Definição
<i>Rate</i> MES	<i>Rate</i> efetivamente realizada em chão de fábrica
Cadência MES	Cadência efetivamente realizada em chão de fábrica
Porcentagem de Contador de OF	Porcentagem que a <i>rate</i> MES corresponde à ótima Número de ordens de fabrico por material
Cadência SAP	Cadência registada em sistema SAP
<i>Rate</i> máquina	Valor de <i>rate</i> correto para sistema SAP
Verificação de <i>rates</i>	Campo de confirmação de <i>rates</i> registadas

Para finalizar a construção da ferramenta, inseriu-se um modelo de data de atualização de dados, utilizando a *query* da Equação 4.5.

$$table(tyetable[Date\ Last\ Refreshed = datetime], DateTime.LocalNow()) \quad (4.5)$$

4.2.2 Definição de *outliers*

Com as colunas todas agrupadas no Modelo Principal, foram definidos *outliers*, de modo a retirar amostras de dados que contaminavam a análise global, formando uma amostra mais fidedigna e robusta.

A definição destes *outliers* envolveu opinião de vários departamentos da empresa, como Planeamento, Operações e Engenharia, de modo a estes serem os mais corretos e concisos possível. Foram estes *outliers* os seguintes:

- materiais com menos de quatro ordens de fabrico;
- ordens de fabrico com tempos de produção inferiores a cinco minutos e superiores a sete horas e meia;

- excluir Embalagem da análise;
- excluir consumíveis, rejeições;
- excluir os anos 2020 e 2021.

Definiu-se analisar quatro ou mais ordens de fabrico, pois materiais com menos ordens não contêm amostras suficientes de dados para uma boa e consistente análise.

Em relação aos tempos de produção, com o departamento de Planeamento, verificou-se que o tempo mínimo ideal a ter em conta seria cinco minutos. Valores inferiores a cinco minutos não correspondem a produções reais, podendo ser inserções efetuadas posteriormente em secretária por um supervisor. O tempo máximo de sete horas e meia foi decidido com base no tempo de turno, tendo em conta que todas as ordens de fabrico devem ser encerradas no final deste.

Os centros de trabalho de embalagem foram excluídos pois encontram-se em constante mudança, e apenas se analisaram produções pois é a ação que mais impacta na empresa. Quanto aos anos escolhidos, apenas se analisa 2022 e 2023 dado que o MES apenas foi implementado na empresa entre 2020 e 2021, logo dados deste período são inconsistentes para análise.

4.2.3 Desenvolvimento de Power BI Desktop

Com todos os dados inseridos no Modelo Principal, e os mesmos verificados, iniciou-se a construção do Power BI Desktop. Este é constituído por seis páginas, cada uma com uma finalidade diferente, mas todas com o principal objetivo de monitorização, análise e tratamento de dados. Em todas as páginas foram aplicados os *outliers* definidos anteriormente, exceto na terceira página.

A página inicial, mostrada na Figura 4.4 e denominada de Análise Geral, tem como principal objetivo organizar visualmente os dados de forma geral, apenas por área operacional, para posterior análise pormenorizada de áreas nas seguintes páginas.

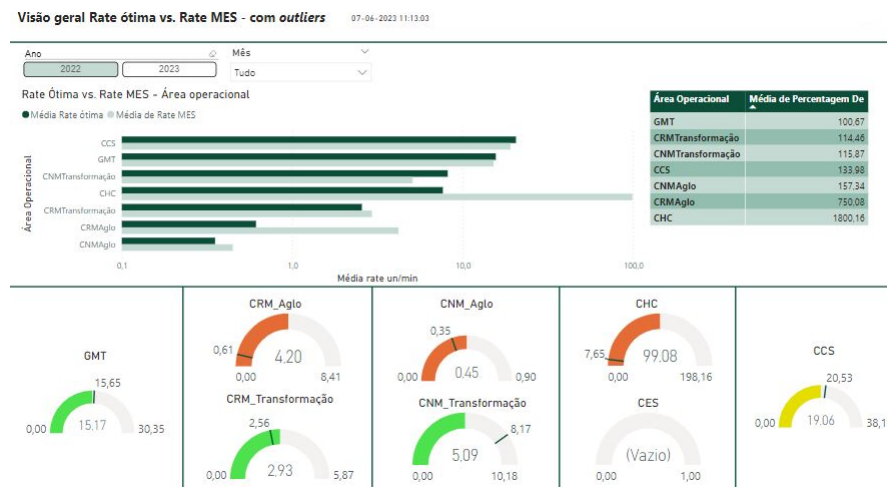


Figura 4.4: Página de análise geral dos dados

Observando a Figura 4.4, estão presentes dois visuais de filtro, para o ano e mês. O primeiro gráfico inserido é um visual de gráfico de barras agrupado, onde a barra de cor verde escura corresponde à *rate* ótima e a barra verde clara à *rate* MES por cada área operacional. Do lado direito foi inserida uma matriz com informação relativa ao cumprimento de *rates*, isto é, em que percentagem a *rate* MES está a cumprir a ótima, utilizando o campo de dados “Percentagem de”.

Na parte final da página, encontram-se oito medidores. O objetivo destes é constatar facilmente a situação de cumprimento das *rates* em cada uma das áreas operacionais. Para configuração destes definiu-se, através de formatação condicional, as seguintes regras da Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Definição de cores dos medidores

Cor	Valor de referência	Unidade
Vermelho	[0, 50] e [150, infinito[	%
Amarelo	[50, 80] e [120, 150]	%
Verde	[80, 120]	%

Por último, no topo da página, junto ao título, inseriu-se o campo desenvolvido no modelo de data de atualização. Assim o utilizador consegue perceber se os dados que analisa ou utiliza estão atualizados e se são fidedignos para posteriores tomadas de decisão.

Na segunda página da ferramenta desenvolvida encontra-se um histograma, como se mostra na Figura 4.5, relativo ao Modelo Principal obtido com aplicação de *outliers*. Nesta é possível filtrar os dados com recurso a quatro visuais de filtro. Os filtros adicionados foram a área operacional, o respetivo centro de trabalho, o ano ou conjunto de anos que se pretende analisar os dados, e o mês. Todos estes filtros

são construídos com base no modelo principal desenvolvido inicialmente, onde se encontram os campos de dados adquiridos através do cubo MES.

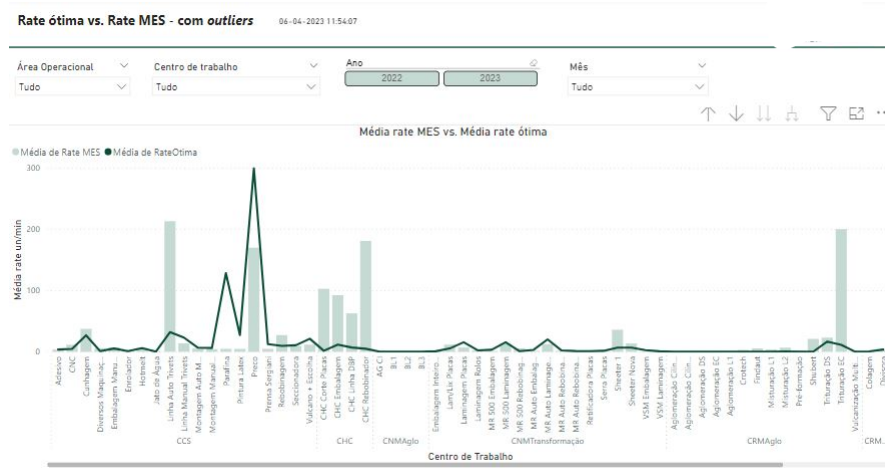


Figura 4.5: Página para confronto de *rates* através de histograma com *outliers*

Ainda na segunda página, encontra-se no topo do cabeçalho a data da atualização do documento. No histograma as barras representam a *rate* obtida em MES, efetivamente realizada em chão de fábrica, e a linha é relativa à *rate* ótima. Deste modo é possível confirmar por cada centro de trabalho e área operacional se o mesmo se encontra a cumprir a *rate* com componente de objetivo ou se está muito desfasado desta. Posteriormente esta análise pode levar à identificação de centros de trabalho para sugestão e implementação de melhorias, como se irá ver no Capítulo 5.

A terceira página é semelhante à da Figura 4.5, exceto que nesta não é aplicado qualquer *outlier* de tempo aos dados obtidos, para permitir análise de uma nova área operacional da empresa, chamada de Moldação. Como esta é uma área ainda em desenvolvimento e adaptação, os seus registos temporais oscilam bastante, provocando que após aplicado o *outlier* de restrição temporal fazia estes mesmos registos desaparecer da análise. Assim sendo, formou-se esta página, apresentada na Figura 4.6, para visualização desses mesmos registos.

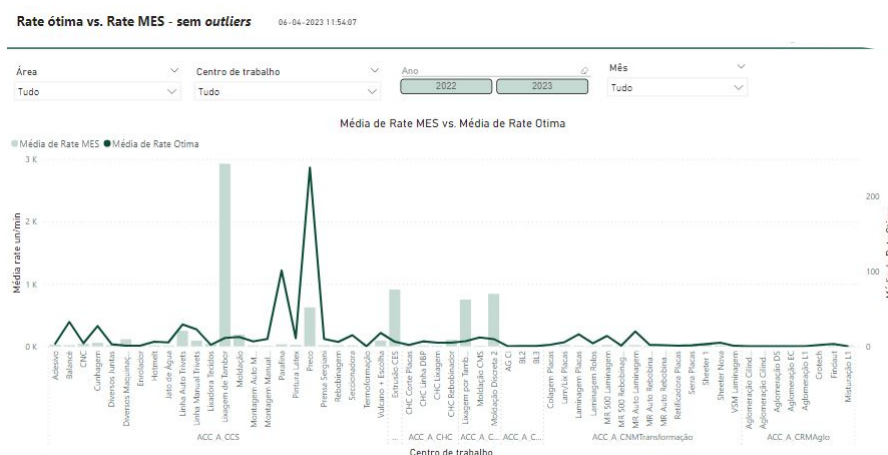


Figura 4.6: Página para confronto de *rates* através de histograma sem outliers

Na página seguinte, da ferramenta em Power BI, é onde se encontra em maior detalhe toda a informação obtida para o Modelo Principal, organizada num visual matriz por área operacional, centro de trabalho e artigo, com o seu respetivo nome e código de material. O objetivo desta é o fácil acesso a informações mais detalhadas.

Tal como nas páginas anteriores, como se constata na Figura 4.7, optou-se por inserir a data da última atualização no cabeçalho. Como filtros de página adicionaram-se a área operacional, o centro de trabalho, o código e nome do material, como também a seleção do ano que se pretende analisar.

Detalhe de rates e cadências por artigo 06-04-2023 11:54:07

Área Operacional: Tudo Centro de trabalho: Tudo Material Key: Tudo Material Name: Tudo Ano: 2022

Área Operacional	Média de Rate MES	Média de Rate Ótima	Mínimo de Rate MES	Máximo de Rate MES	Desvio padrão de Rate MES	Cadência SAP	Cadência MES	Diferença
GMT	12.44	15.80	-15.74	451.67	46.53	945.91	746.64	
CNMTransformação								
Laminagem Placas	7.04	15.60	-4.08	1.250.00	27.58	522.27	422.68	
MR Auto Laminagem	12.65	20.26	0.58	72.80	8.36	1.031.97	758.71	
MR 500 Laminagem	13.11	15.60	0.21	67.14	11.24	933.67	786.76	
VSM Embalagem	0.45	2.72	0.04	18.00	1.19	34.30	26.94	
MR 500 Embalagem	1.31	3.29	0.15	8.57	1.61	171.65	78.78	
MR Auto Embalagem	1.34	3.22	0.10	3.98	0.66	104.60	80.45	
Serra Placas	0.71	1.68	0.03	13.33	1.33	50.89	42.53	
MR Auto Rebobinagem	1.49	2.22	0.01	26.67	2.14	98.05	89.10	
MR Auto Rebobinagem 2	0.61	1.30	0.17	1.71	0.46	78.00	36.89	
VSM Laminagem	0.29	0.84	-0.05	8.00	0.48	36.17	17.70	
Retificadora Placas	0.87	1.09	-0.55	15.00	1.15	77.75	51.97	
Laminagem Rolos	2.41	2.37	0.00	180.00	10.53	127.83	144.49	
Embalagem inteiros CNM	2.59	0.92	0.29	19.20	3.80	52.08	155.63	
MR 500 Rebobinagem	5.63	1.02	0.02	110.77	17.54	49.26	337.96	
Lam/Lix Placas	11.83	5.45	-0.91	375.00	26.40	306.27	709.62	
Sheeter Nova	13.70	6.78	0.23	52.63	13.74	434.28	821.88	
Sheeter 1	36.01	6.70	7.68	90.67	33.34	400.00	2.160.85	
CNMÁgio	0.48	0.35	-0.01	25.13	1.79	18.39	28.90	
CRMTransformação	3.13	2.56	-15.64	393.00	13.84	130.66	187.63	
CCS	22.43	19.22	-3.92	4.294.40	149.00	1.185.76	1.346.07	

Figura 4.7: Página com tabela de detalhe das *rates* e cadências de artigos

Indo de encontro ao título desta dissertação, na tabela foram adicionadas colunas maioritariamente para confronto de *rates* de SAP com as de MES, como também as respetivas cadências.

A primeira coluna diz respeito à média de *rate* MES para o respetivo artigo ou centro de trabalho. Na coluna ao lado adicionou-se a média de *rate* SAP, neste caso *rate* ótima, para permitir a comparação destas lado a lado, caso necessário. Nas duas colunas seguintes integrou-se uma com o valor mínimo de *rate* MES obtida, e a seguinte com o valor máximo. Estas duas colunas foram adicionadas como forma de curiosidade e guia para a média de *rate* MES. O desvio-padrão é uma função incluída no visual implementado, e foi incorporado também como forma de guia em relação aos desvios verificados no confronto das *rates*.

De forma a comparar cadências, as seguintes quatro colunas correspondem respetivamente à cadência SAP, unidade de SAP, cadência MES e unidade de MES. Por último, a coluna final corresponde à contagem de ordens de fabrico por material, para informação dos materiais mais produzidos.

A quinta página, denominada Melhorias, foi desenvolvida para controlo da eficácia das ações de melhoria implementadas. Nesta inseriu-se um gráfico de linhas, com uma base de tempo no eixo X e as *rates* no eixo Y, como mostra a Figura 4.8. Deste modo é possível verificar se as ações implementadas incitaram melhorias, com a aproximação das linhas.

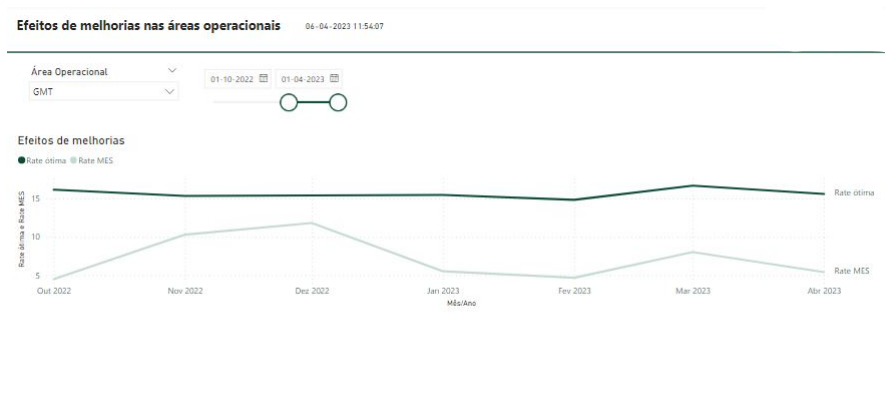


Figura 4.8: Página para verificação de eficácia de melhorias implementadas

Os filtros adotados foram a área operacional, dado que o gráfico mostra as melhorias por área, e uma linha de tempo para delimitar o intervalo que se pretende avaliar.

Por fim, na última página ilustrada na Figura 4.9, encontra-se um confronto entre a *rate* de SAP e a *rate* máquina, calculada na Equação 4.3. Nesta inseriu-se uma matriz com as respetivas *rates* mencionadas anteriormente, e uma coluna com o campo obtido da Equação 4.4. Foi aplicado um filtro para apenas se mostrar os dados respetivos a “False”. Foram ainda adicionados filtros de nome e código de material, como também uma linha de tempo para delimitar a amostra em análise.

Confronto de rates 12-05-2023 13:17:09

Material Name
Tudo

Material Key
Tudo

01-01-2022 01-10-2022

MaterialName	Rate ótima SAP	Rate Máquina	Verificação
JT CR 1521 PFP 50-FM 3.81 NE	15,00	29,35	FALSE
FQ CI 5351 000 100-AU 3,5 NE	19,40	4,85	FALSE
FQ CI 5351 000 100-O 3,3 NE	9,00	6,37	FALSE
FQ CI 5351 CBK 100-O 3,3 NE	37,50	7,50	FALSE
FQ CR 1521 PFM 102-FM 2,3 NE	1,00	2,92	FALSE
FQ CR 1521 PFM 121-FM 2,29 NE	4,60	5,93	FALSE
FQ CR 1521 PFP 367-FM 4,32 NE	9,00	4,17	FALSE
JT CR 1028 C01 104-DIV 5,8 NE	34,00	25,00	FALSE
JT CR 1028 OES VUL013 1,0 NE	16,70	25,00	FALSE
JT CR 1521 000 11-U 5,59 NE	13,60	15,00	FALSE
JT CR 1521 PFM 68-F 3,81 NE	37,50	41,67	FALSE
JT CR 1521 PFM 79-FM 6,35 NE	20,00	16,67	FALSE
JT CR 1521 PFP 231-FM 1,91 NE	27,20	20,00	FALSE
MASTER BATCH	0,40	16,67	FALSE
MB ML C337 12W NT 7 100 NE	6,00	3,00	FALSE
MP CR 1852 BL NE	0,20	1,67	FALSE
MS PLACA CARTÃO 375X288	30,00	10,00	FALSE
MS PLACA CARTÃO 570X375	15,00	13,82	FALSE
MS PLACA MDF 275X375 PRETO	9,00	7,47	FALSE
PC CR W102 521 1100X53X5 01	14,50	1,60	FALSE
PC CR W102 521 1K02 35 00	25,00	1,12	FALSE
PL CC 8002 000 1000X500X2,0 NE	21,20	12,83	FALSE
PL CC 8002 000 1000X500X3,0 NE	19,50	10,33	FALSE
PL CC 8002 000 1000X500X4,0 NE	16,90	9,48	FALSE
PL CC 8002 000 1030X530X10,0 NE	6,80	5,60	FALSE
PL CC 8002 000 1030X530X13,0 ZZ	8,00	3,70	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X10,0 NE	11,50	5,60	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X11,8 NE	10,60	6,15	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X12,0 NE	10,50	4,73	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X12,5 NE	10,20	3,62	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X25,0 NE	6,30	4,20	FALSE

Figura 4.9: Página para confronto de rates

Com esta pretende-se ter num único local, de fácil acesso, todos os códigos que necessitam de alteração de *rate* em sistema. Esta alteração de *rates* é efetuada pelo departamento de Dados Mestre, onde através da ferramenta desenvolvida é possível exportar a tabela obtida da Figura 4.9, e inserir em SAP corrigindo estes automaticamente.

4.3 Resultados obtidos

Com a ferramenta desenvolvida e aplicada foi possível evidenciar um conjunto de resultados que irão ser demonstrados nas seguintes subsecções.

4.3.1 Correção de dados

Com o início de utilização e aplicação da ferramenta, foi imediatamente detetado um erro na aquisição de dados por parte do cubo MES, onde estes apareciam com campos vazios de tempo de produção e de execução.

O problema foi reportado ao departamento responsável que efetuou uma análise cuidada deste e concluiu que a sua causa se devia à migração anómala de dados do sistema antigo. Este foi corrigido, conferindo uma maior robustez aos dados utilizados para análise.

Através da ferramenta desenvolvida, com recurso à página da Figura 4.9, foi possível detetar a necessidade de alteração de *rates* em 495 artigos. Estas foram corrigidas massivamente em sistema SAP nos meses de fevereiro e março, conferindo mais robustez aos dados analisados e ao OEE dos equipamentos. Na imagem superior da Figura 4.10 encontra-se a situação com que se deparou no início do estágio, e na imagem inferior a situação após a alteração de *rates*. É evidente a melhoria obtida

na quantidade de referências com necessidades de alteração através da diminuição dos registos da tabela, que passaram de 495 para 5.

Confronto de rates 12-05-2023 13:17:09

Material Name	MaterialName	Rate ótima SAP	Rate Máquina	Verificação
JT CR 1521 PFP 50-FM 3,81 NE		15,00	29,35	FALSE
FQ CI 5351 000 100-AU 3,5 NE		19,40	4,85	FALSE
FQ CI 5351 000 100-O 3,3 NE		9,00	6,37	FALSE
FQ CI 5351 CBK 100-O 3,3 NE		37,50	7,50	FALSE
FQ CR 1521 PFM 102-FM 2,3 NE		1,00	2,92	FALSE
FQ CR 1521 PFM 121-FM 2,29 NE		4,60	5,39	FALSE
FQ CR 1521 PFP 367-FM 4,32 NE		9,00	4,17	FALSE
JT CR 1028 C01 104-DIV 5,8 NE		34,00	25,00	FALSE
JT CR 1028 OES VUL013 1,0 NE		16,70	25,00	FALSE
JT CR 1521 000 11-U 5,59 NE		13,60	15,00	FALSE
JT CR 1521 PFM 68-F 3,81 NE		37,50	41,67	FALSE
JT CR 1521 PFM 79-FM 6,35 NE		20,00	16,67	FALSE
JT CR 1521 PFP 231-FM 1,91 NE		27,20	20,00	FALSE
MASTER BATCH		0,40	16,67	FALSE
MB ML C337 12W NT 7 100 NE		6,00	3,00	FALSE
MF CR 1852 BL NE		0,20	1,67	FALSE
MS PLACA CARTÃO 375X208		30,00	10,00	FALSE
MS PLACA CARTÃO 570X375		15,00	13,82	FALSE
MS PLACA MDF 275X375 PRETO		9,00	7,47	FALSE
PC CR W02 521 1100X35X35 01		14,50	1,60	FALSE
PC CR W02 521 W02 35 00		25,00	1,12	FALSE
PL CC 8002 000 1000X500X2,0 NE		21,20	12,83	FALSE
PL CC 8002 000 1000X500X3,0 NE		19,50	10,33	FALSE
PL CC 8002 000 1000X500X4,0 NE		16,90	9,48	FALSE
PL CC 8002 000 1030X530X10,0 NE		6,80	5,60	FALSE
PL CC 8002 000 1030X530X13,0 ZZ		8,00	3,70	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X10,0 NE		11,50	5,60	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X11,8 NE		10,60	6,15	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X12,0 NE		10,50	4,73	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X12,5 NE		10,20	3,62	FALSE
PL CC 8002 000 915X610X25,0 NE		6,30	4,20	FALSE

Confronto de rates 05-06-2023 13:21:08

Material Name	MaterialName	Rate ótima SAP	Rate Máquina	Verificação
PL CC 8405 000 878X1578X0,8 NE		23,30	16,70	FALSE
PL CC 8405 000 840X1640X1,3 NE		22,40	12,83	FALSE
PL CC 8747 000 1000X500X19,8 02		5,40	2,75	FALSE
PL CC 8747 000 1030X530X6,5 01		16,00	7,03	FALSE
PL CR 1237 T01 915X915X2,0 NE		5,30	3,75	FALSE

Figura 4.10: Antes (imagem de cima) e depois (imagem de baixo) de correção de *rates* em SAP

Apesar das correções efetuadas algumas *rates* ainda vão surgindo para correção, pois as referências produzidas não são diariamente as mesmas, podendo surgir novas ao longo do tempo. Caso sejam alteradas cadências e haja esquecimento de alteração no momento da *rate* ótima, através da ferramenta também é possível detetar estes casos, que aparecerão mais tarde na tabela desenvolvida.

4.3.2 Ações de Melhoria Contínua

Após correção de registos, já com uma amostra de dados mais estruturada, em conjunto com o departamento de Melhoria Contínua, extraíram-se da ferramenta desenvolvida todos os dados relativos a casos denominados de “problemáticos”, isto é, casos onde se verificavam discrepâncias de dados MES em relação a SAP em valores superiores a 50%, através do campo “Percentagem de”.

Estes dados foram analisados minuciosamente, de modo a inicialmente identificar causas que pudessem estar na origem destes, concluindo que as principais causas se tratavam de erros Humanos, como abertura errada de ordens de fabrico, ou não declaração de eventos.

Procurou-se entender o porquê destes erros humanos junto dos operadores, e verificou-se que em grande parte estes se deviam a:

- menus de registo de eventos pouco intuitivos;
- necessidade de formação a novos colaboradores ou colaboradores provenientes de rotatividade de funções.

Como resultado foram implementadas ações para combater estes mesmos problemas, como:

- ações de sensibilização e formação periódicas junto dos operadores;
- desenvolvimento de novos menus de registo de eventos para as máquinas MES.

Na Figura 4.11 encontra-se representado o menu de eventos utilizado antes da atualização. Este era composto por vários submenus, o que o tornava pouco intuitivo e complexo para utilização, como também todos o registo de eventos era feito manualmente pelo operador.

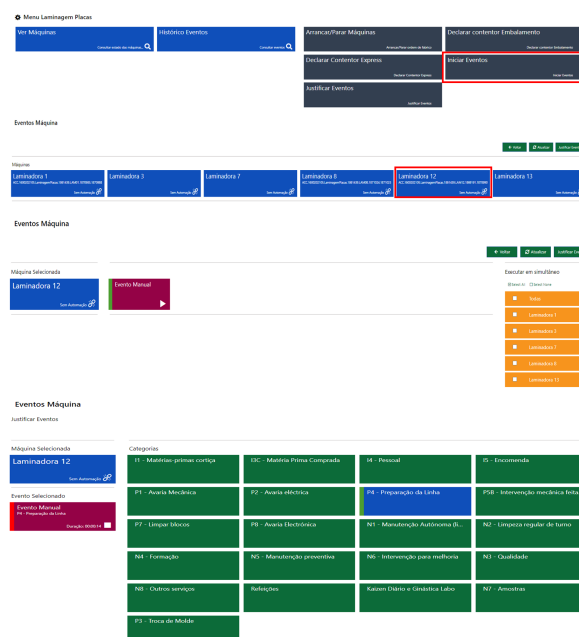


Figura 4.11: Menu de registo de eventos antigo

Na Figura 4.12 encontra-se o novo menu de eventos. Este é mais curto em submenus e mais completo em botões. Nas caixas assinaladas a vermelho encontram-se os botões a selecionar para iniciar um evento. Para além destas alterações, foi adicionado um botão de “Evento refeição”, que após pressionado inicia um evento referente ao tempo de refeição dos operadores. Este evento tem duração de trinta minutos e é automático, logo após terminado o tempo estipulado este encerra, permitindo assim

garantir que as máquinas não se encontram a produzir nesse tempo e que todas as ordens de produção que estavam abertas são encerradas.

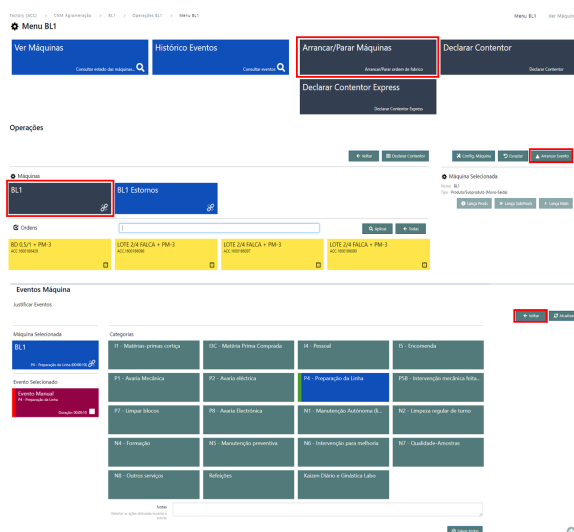


Figura 4.12: Menu de registo de eventos novo

Como se pode apurar na Figura 4.13, recorrendo à página de melhorias na ferramenta desenvolvida em Power BI, após o início das sessões de sensibilização e formação de operadores a partir do mês de janeiro, como também a correção massiva de dados em sistema, verificou-se uma aproximação entre a média global da *rate* ótima com a *rate* MES de toda a fábrica.

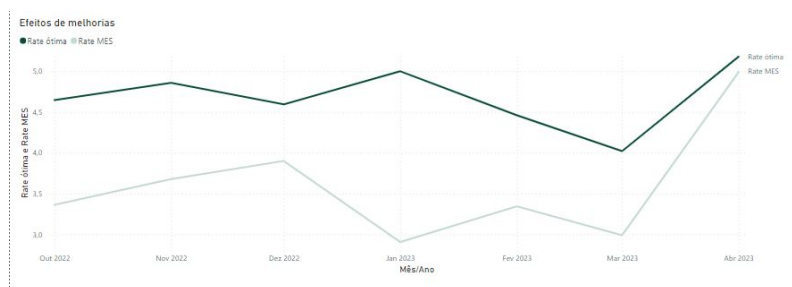


Figura 4.13: Efeito de ações de melhoria

Olhando para a Figura 4.14, no topo mostra-se a situação inicial no mês de dezembro, quando a ferramenta ficou concluída, e na imagem de baixo a situação no mês de junho após todas as ações desenvolvidas.

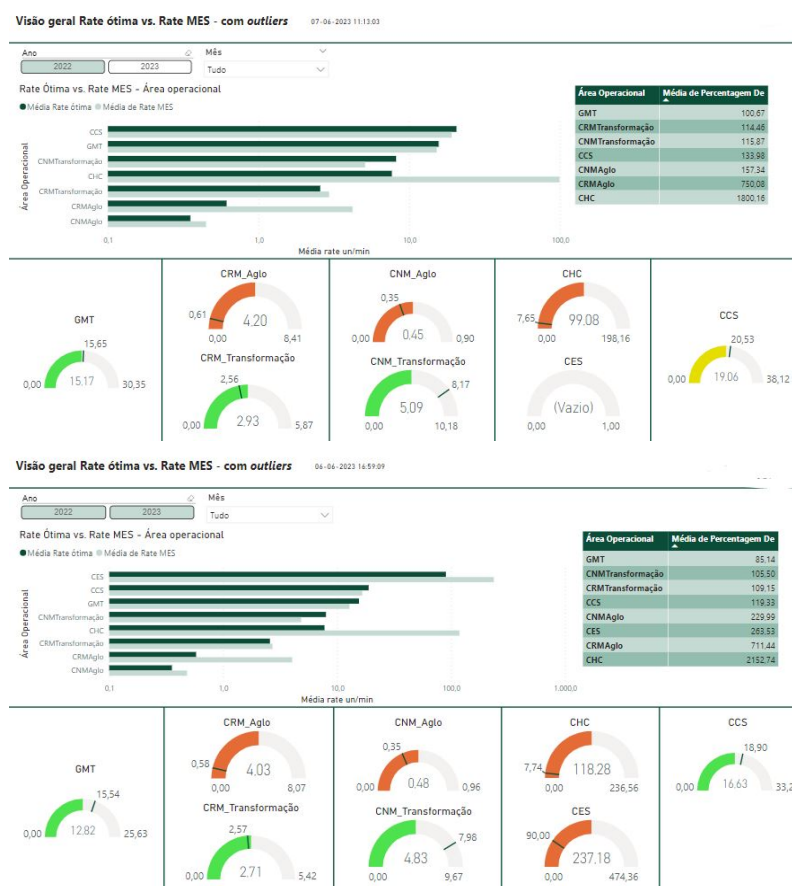


Figura 4.14: Efeito de ações de melhoria em página de análise geral

Anteriormente existiam três áreas a vermelho, três a verde, uma amarelo e outra vazia, pois não se enquadrava na amostra a ser analisada devido aos *outliers* aplicados. Na imagem de baixo, após as ações de melhoria, a área a amarelo passou a cor verde, isto é, cumpre a *rate* ótima em valores entre 80% e 120%, e a área antes em vazio, já aparece para análise.

A aproximação de *rates* na Figura 4.13 e os resultados obtidos na Figura 4.14, permite comprovar que as correções efetuadas com base na ferramenta permitiram um aumento de robustez e fiabilidade dos dados de MES. Também as ações de sensibilização periódicas efetuadas com recurso à utilização da mesma ferramenta contribuíram para esta fiabilização de dados.

A ferramenta permitiu a implementação de uma sistemática de análise dos registos mais discrepantes, sendo estes analisados diariamente e acompanhados pelo departamento de Melhoria Contínua, que faz uso diário da ferramenta para auxílio das suas ações, com o objetivo de promover a correção deste tipo de registos. Promoveu também um incentivo para que toda a organização inicie a utilização de registos MES, algo que anteriormente ao estágio não acontecia.

Outro departamento que utiliza diariamente a ferramenta é o de Dados Mestre,

para confronto de *rates* que necessitem de ser corrigidas e consulta de cadências efetuadas em chão de fábrica em tempo real. Deste modo não necessitam de se deslocar constantemente aos centros de trabalho para análise destas cadências.

4.4 Outras contribuições

Um dos problemas identificado no departamento de Engenharia do Produto foi a necessidade de navegar em diversos sistemas para obter informações relativas a determinados artigos, perdendo os colaboradores tempo nesta pesquisa.

Com base no tema principal do trabalho e na solução da Secção 4.2 desenvolvida no presente documento, foi elaborada uma ferramenta como forma de otimizar o trabalho dos colaboradores que se inserem no departamento, com os campos de dados adaptados às suas necessidades.

Para construção desta ferramenta foram utilizados os campos de dados da Tabela 4.4, onde “Nº Operadores” e “SAP.Cadência máquina” são campos provenientes de documentos externos retirados do sistema SAP, exportados através de Excel.

Com todos os dados necessários já adquiridos, procedeu-se à construção dos modelos visuais em Power BI.

Na primeira página, apresentada na Figura 4.15, montou-se um gráfico de linhas onde se comparam as cadências de MES com as cadências de SAP por centro de trabalho. Neste é possível filtrar qual a área operacional que se pretende ver em pormenor e o ano que se quer visualizar.

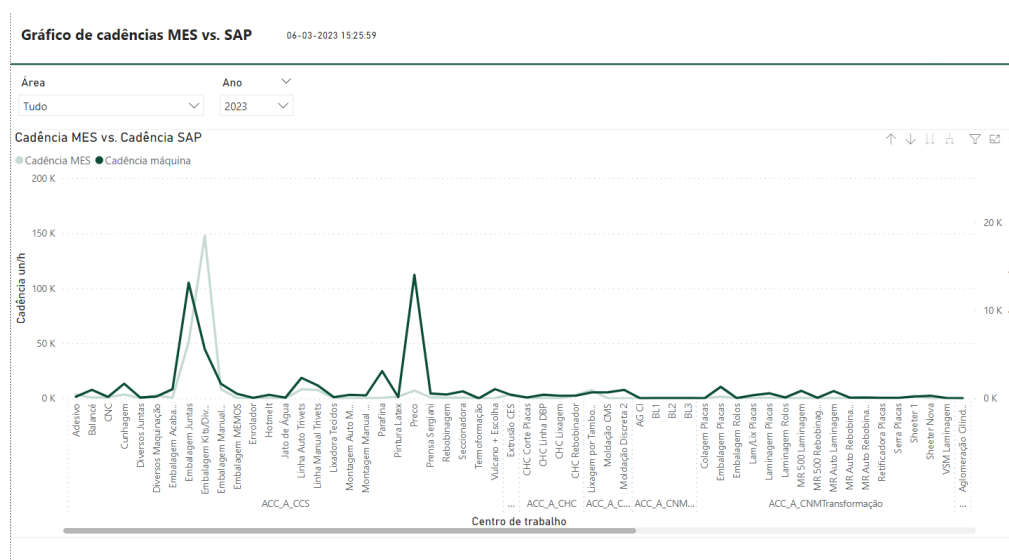


Figura 4.15: Gráfico dados ferramenta Engenharia do Produto

Tabela 4.4: Campos de dados utilizados para Engenharia do Produto

Campo	Definição
dimSite.SiteKey	Unidade empresarial de interesse
dimShiftDate.Year	O ano onde se inserem os dados
dimMaterial.MaterialName	O nome do material
dimMaterial.MaterialKey	O código de material
dimOrder.OrderName	O número da ordem de fabrico
dimOrder.RateOtima	A cadência ótima referente ao material
Sum Quantity	A quantidade total do material produzido
dimTransactionType.TransactionTypeGroup	Identificação de produções
dimArea.AreaAltName	O centro de trabalho em análise
Sum ProductionTimeMinute	O tempo total de execução, ao minuto
dimArea.Level2Area	A área da fábrica em análise
dimDate.MonthName	Mês em que foi inserido o registo
dimDate.Day	Dia de inserção do registo
Transaction.TransactionUser	Colaborador que inseriu o registo
dimShift.ShiftAltName	Turno onde decorreu a operação
Rates MES	<i>Rate</i> de produção do registo
Cadência MES	<i>Rate</i> MES*60
Nº Operadores	Número de operadores para produzir o material
SAP.Cadência máquina	Cadência da máquina em sistema SAP
dimSite.Material.MaterialMESUnit	Unidade quantidade MES
dimSite.Material.MaterialSAPUnit	Unidade quantidade SAP

Na segunda página, mostrada na Figura 4.16, foi desenvolvida uma matriz com o valor médio, mínimo e máximo de cadência MES, como também a moda da cadência associada ao artigo em análise. Foi adicionada a cadência SAP, número de operadores e quantidade total produzida por cada artigo, inserido numa determinada área. Este estudo encontra-se dividido por área operacional e centro de trabalho. Dentro do centro de trabalho é possível ver o nome do artigo lá produzido como também o seu código de material correspondente.

Mais uma vez é possível filtrar a informação apresentada, de acordo com o código de material, nome do material, área e mais uma vez o ano. Em ambas as páginas foi adicionada a data e hora da última atualização do documento.

Tabela detalhada de cadências MES vs. SAP 06-03-2023 15:25:59

Material Key Material Name Área Ano

Tudo Tudo Tudo Tudo

Área	Média de Cadência MES	Mínimo de Cadência MES	Máximo de Cadência MES	Cadência SAP	Unidade SAP	Nº Operadores	Quantidade produzida	Unidade N
ACC_A_CCS	9.831,78	0,00	2.025.000,00	1.935,81	CX	1,82	81.322.090,00	M
ACC_A_CES	16.201,11	0,44	205.080,00	370,24	KG	1,00	219.973,00	KG
ACC_A_CHC	343,57	0,00	504.000,00	313,98	M	1,29	19.404.629,00	M
ACC_A_CMS	14.268,04	0,00	4.800.000,00	880,39	UN	1,33	5.265.296,00	UN
ACC_A_CNMAglo	12,93	0,00	3.084,83	11,36	BL	3,01	5.430.351,00	UN
ACC_A_CNMTTransformação	458,56	0,00	225.000,00	411,03	BL	1,21	105.252.694,00	M
ACC_A_CRMAglo	80.326,94	0,00	1.621.917.774,49	184,09	BL	2,30	40.036.883.911,50	KG
ACC_A_CRMTTransformação	1.626,56	0,00	696.000,00	226,06	BL	1,30	18.515.900,00	M
ACC_A_DESPERDICIOS	20.613,70	0,27	6.000.000,00	1,00	KG	0,94	7.438.336,00	KG
ACC_A_GMT	5.279,27	0,00	1.128.960,00	902,12	KG	1,01	299.451.129,79	KG

Figura 4.16: Tabela dados ferramenta Engenharia do Produto

Deste modo os colaboradores do departamento conseguem ter concentrado numa só ferramenta todos os campos de dados que necessitam no seu dia-a-dia.

Após implementação desta, o *feedback* por parte do departamento foi positivo, conseguindo acelerar o ritmo de trabalho e atingindo-se o objetivo principal de otimização do método de trabalho. Foi possível também incentivar a utilização de dados em tempo real na análise diária que estes efetuam nas suas tarefas e introduzir uma sistemática de confronto de dados MES com SAP.

Como complemento, foi desenvolvida uma OPL de como atualizar os dados e ficheiros utilizados na ferramenta de Engenharia do Produto, para posterior execução da tarefa por parte dos colaboradores do departamento. Esta é constituída por nove passos detalhados, acompanhados de figuras exemplo, como é possível reparar na Figura 4.17.

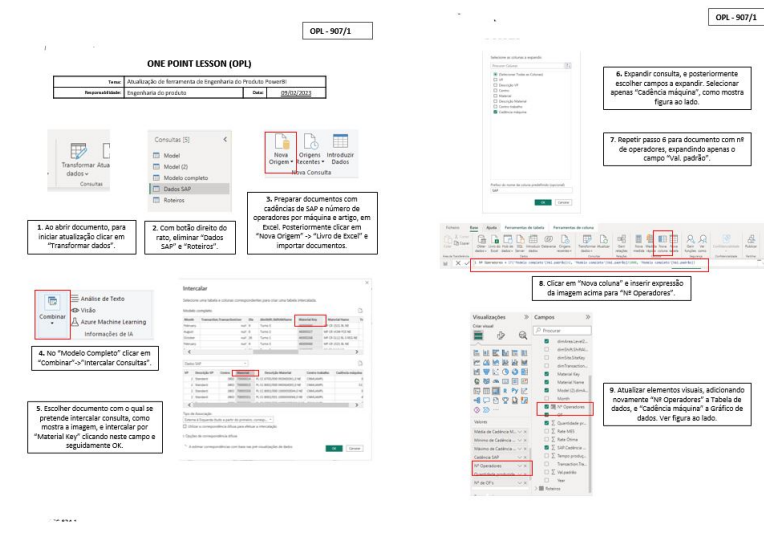


Figura 4.17: OPL ferramenta de Engenharia do Produto

Concluídas ambas as ferramentas desenvolvidas e apresentadas neste capítulo, e iniciada a sua utilização na empresa do ramo corticeiro, foi possível implementar uma ética de utilização mais recorrente de dados adquiridos em tempo real, tal como pretendido no início do desenvolvimento deste projeto. Foi também cumprido o objetivo de aumento de robustez e fiabilidade dos dados presentes em MES e SAP, suportando as tomadas de decisão com base nestes.

Capítulo 5

Melhoria de processos

Através da ferramenta desenvolvida no capítulo anterior, é possível detetar quais os centros de trabalho que se encontram desfasados das suas cadências *standard*, isto é, cadências registadas em SAP. Deste modo, nesta secção, optou-se por escolher três centros de trabalho, os quais são analisados e demonstradas quais as soluções desenvolvidas para melhoria destes como também os resultados obtidos com estas mesmas soluções.

Como complemento à ferramenta de Power BI, foi construído o gráfico de dispersão da Figura 5.1 em Excel, com uma linha tendência de $x=y$, onde x é a *rate* SAP e y a *rate* MES, de forma a verificar quais se encontravam mais afastados desta linha tendência. Todos os centros de trabalho que se encontram acima da linha tendência têm um desempenho superior ao registado em SAP, enquanto que os que se encontram abaixo têm um desempenho inferior, isto é, são mais lentos do que deviam.

Os retângulos a vermelho dizem respeito aos três processos seleccionados como alvos de estudo e implementação de ações de melhoria, são estes a laminagem de placas, moldação e linha automática de *trivets*. *Trivets* são bases para tachos em cortiça produzidas para o IKEA.

acabamento apenas se podem dirigir a essa. Após laminado o bloco, são obtidas placas que necessitam de ser embaladas na operação seguinte na zona de embalagem, representada no retângulo verde da Figura 5.3.

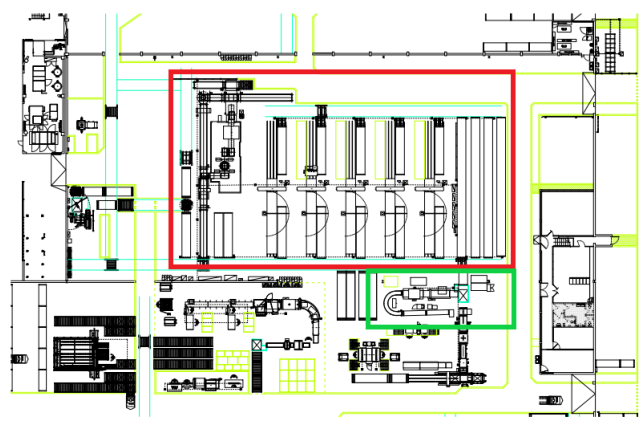


Figura 5.3: *Layout* do processo de laminagem de placas

Para início de análise do processo de laminagem de placas, foi elaborado um diagrama de processo deste, como representado na Figura 5.4, que se faz acompanhar da respetiva legenda na Tabela 5.1.

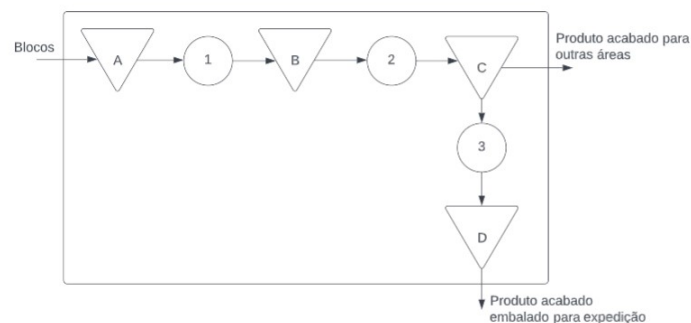


Figura 5.4: Diagrama de processo representativo da laminagem de placas

Tabela 5.1: Legenda do diagrama de processo de laminagem de placas

Componente	Legenda
A	Armazém de blocos
B	Armazém de blocos retificados
C	Armazém de placas
D	Armazém de produto embalado
1	Retificadora
2	Laminagem
3	Embalagem

Para auxílio de estudo deste centro de trabalho recorreu-se ao *software* Flexsim, que permite efetuar simulação de ambiente fabril. Com recurso à Figura 5.3, foi possível basear o *layout* da simulação num *layout* semelhante ao real.

Na simulação construída, como se constata na Figura 5.5, encontra-se uma retificadora no início do processo a cor laranja, cinco laminadoras de cor verde, cada uma com um operador a operá-la, tal como acontece na realidade, e uma máquina de embalagem a amarelo, também com um operador no processo.

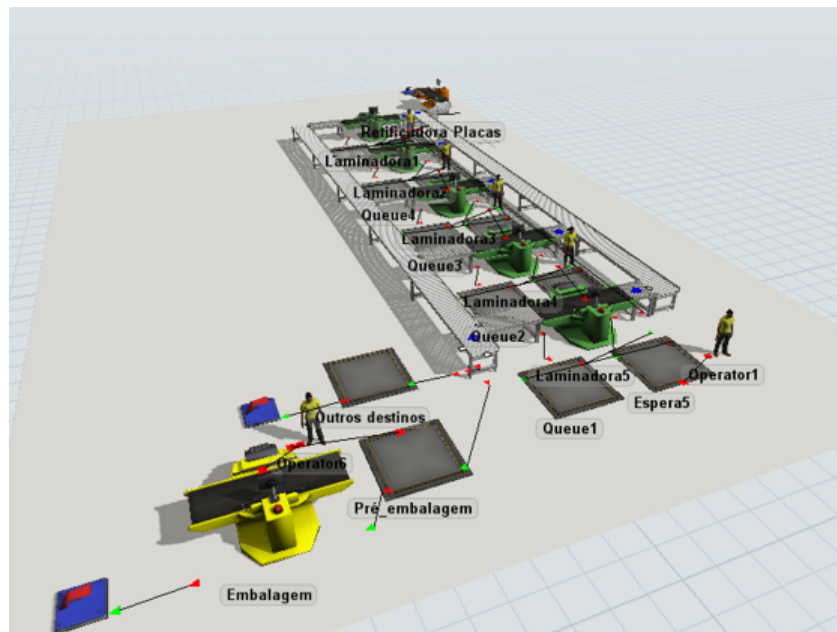


Figura 5.5: Cenário real simulado em Flexsim

O material que entra na retificadora é proveniente de uma armazém de blocos aglomerados, que foi simulado através de uma *source*, onde o material sai de acordo com a expressão de tempo da Equação 5.1.

$$Source = exponential(0, 10, getstream(current)) \quad (5.1)$$

De modo a simular os artigos que vão para as laminadoras, na criação dos blocos à saída da *source*, foi estipulada uma condição para estes terem uma *label* e cor distinta de acordo com o material que se quer representar.

Foi adicionada uma *sink*, denominada de “Outros destinos”, pois nem todas as placas são embaladas e enviadas para o cliente, algumas são utilizadas por outras áreas industriais da empresa, cerca de 15%.

Foram adicionadas *queues* depois da retificadora, laminadoras e antes da embalagem, para armazenagem temporária do material, tal como acontece no processo real.

Para configurar os *processors*, as máquinas, foram definidas as seguintes opções da Tabela 5.2. Os *setup times* foram estudados junto do departamento de Engenharia do Processo da área e os *process times* foram baseados nas cadências registadas na ferramenta em Power BI apresentada no capítulo anterior.

Tabela 5.2: Configurações dos *processors* em Flexsim

<i>Processor</i>	<i>Setup Time</i> (s)	<i>Process Time</i> (s)
Retificadora	50	78
Laminadora 1	60	320
Laminadora 2	60	465
Laminadora 3	60	268
Laminadora 4	60	465
Laminadora 5	60	210
Embalagem	30	120

É necessário ter também em conta o *max content* de cada máquina. A retificadora consegue retificar até três blocos de cada vez, as laminadoras laminam até doze blocos de cada vez, mas a embalagem apenas embala uma placa de cada vez. Todos estes valores foram adicionados à simulação em Flexsim.

Na Figura 5.6 encontra-se o gráfico desenvolvido para análise do cenário real, no qual se pretende identificar o *bottleneck* do processo.

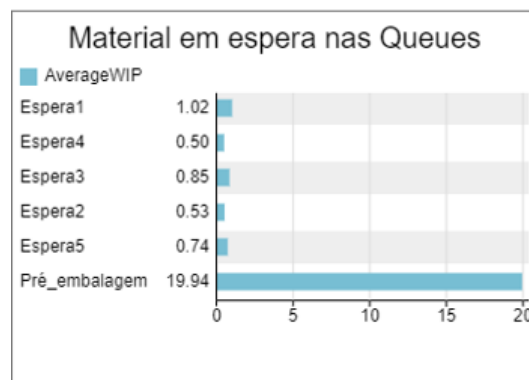


Figura 5.6: Resultado do cenário real

Ao observar o processo descrito anteriormente, e os resultados obtidos no gráfico “Material em espera nas queues”, identifica-se o centro de embalagem como o *bottleneck*, devido à discrepância de valores obtidos em relação às outras *queues*. Isto deve-se ao facto de que a embalagem é constituída apenas por uma máquina e embala material de cinco laminadoras, o que leva a acumulação excessiva de material para embalar e posterior prolongamento nos prazos de entrega de encomendas.

5.1.2 Proposta de solução

Foram propostas duas hipóteses de solução para o problema anteriormente identificado. Para estudar estas hipóteses recorreu-se novamente ao *software* Flexsim para simulação dos cenários possíveis de implementação.

Um dos cenários estudados para solucionar o problema anterior foi a inserção de um operador extra na embalagem. Após observação no centro de trabalho, notou-se que o operador necessitava de efetuar várias tarefas, como montagem de caixas, carga e descarga do material. Para este fazer a montagem de caixas, necessitava de parar a tarefa de carga e descarga, o que se demonstrou uma falta de eficiência no que toca a princípios de economia de movimentos. Como não é possível uma reorganização do *layout* da embalagem, optou-se por inserir mão de obra extra, onde um dos operadores ficaria responsável por montagem de caixas e o processo de embalagem, e o outro pela carga e descarga de material.

Todas as configurações do cenário real foram mantidas, apenas se adicionou um novo operador junto da embalagem, como se observa na Figura 5.7. Este operador extra foi alocado à tarefa de carga e descarga do material, enquanto o outro operador efetua apenas embalagem e a montagem de caixas.

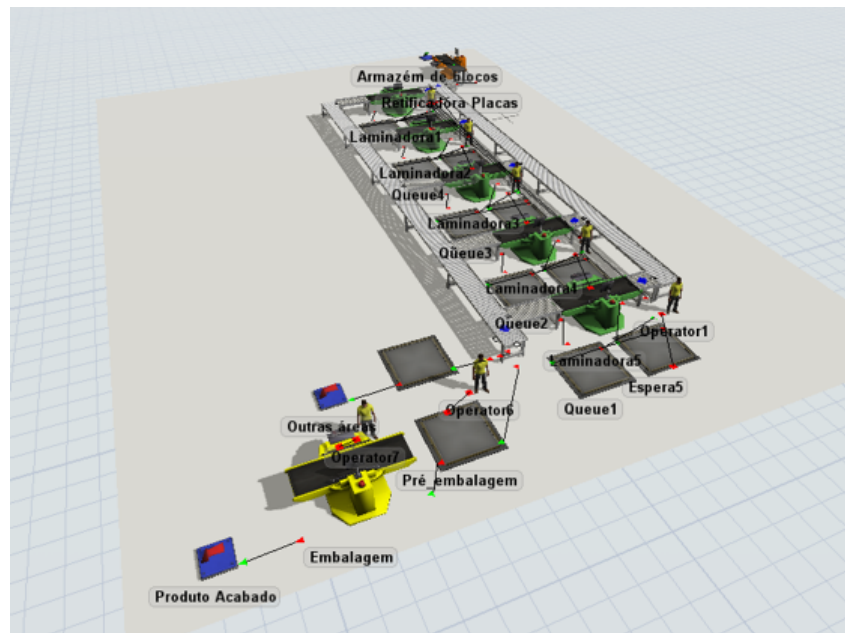


Figura 5.7: Cenário com operador extra

Na Figura 5.8 encontram-se os resultados obtidos com o novo cenário. Como é possível constatar, o material em espera no armazenamento de pré embalagem diminui como esperado. Apesar do material acumulado diminuir, este não é um cenário que soluciona o problema na sua totalidade, daí se ter simulado outro cenário.

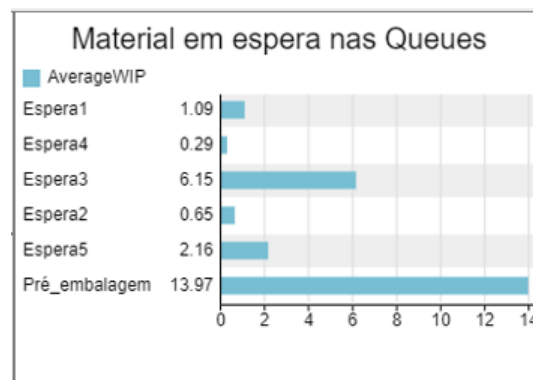


Figura 5.8: Resultados do cenário com operador extra

Um outro cenário analisado foi a hipótese de inserção na área de um AGV para efetuar transporte de blocos desde a retificadora até às laminadoras, mantendo dois operadores na embalagem.

Como demonstrado na Figura 5.9, o AGV percorre desde o armazém de blocos retificados, posterior à retificadora, até à última laminadora, depositando os respetivos blocos em cada *queue* que lhes diz respeito.



Figura 5.9: Cenário com AGV e operador extra

Os resultados obtidos neste cenário foram bastante positivos, como se vê na Figura 5.10, pois foi possível reduzir em cerca de 14 unidades a quantidade média de material em espera na pré embalagem.

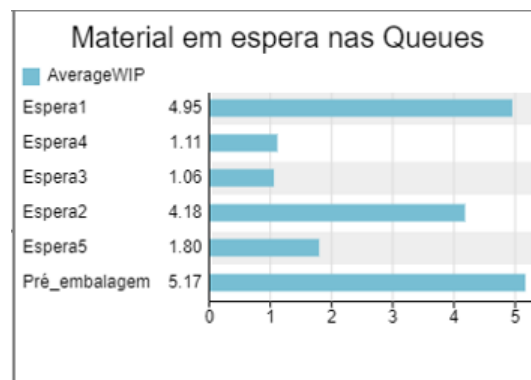


Figura 5.10: Resultados do cenário com AGV e operador extra

Tendo em conta os recursos disponíveis na empresa, optou-se por implementar o cenário com dois operadores na embalagem. O cenário com recurso ao AGV mostrou-se o mais interessante, mas o tempo de aquisição e implementação deste, como também o custo do investimento, foram fatores que o excluíram da solução imediata. Por outro lado, o projeto entrou como proposta de investimento para o ano seguinte, dada a demonstração dos bons resultados que se pode atingir e o interesse de modernização e automatização do processo de laminagem de placas.

5.1.3 Resultados obtidos

Na Figura 5.11 está retratado na imagem do lado esquerdo a situação de acumulação de placas quando operava apenas um operador no centro de embalagem. Na imagem

do lado direito mostra-se a situação com dois operadores a operar na embalagem. É notória a melhoria conseguida após implementação da solução estudada.

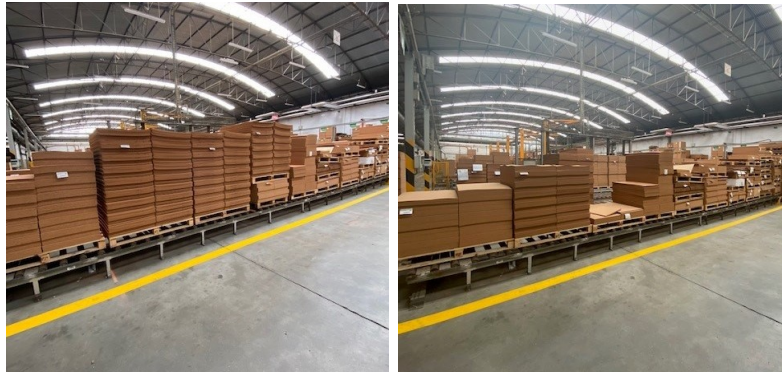


Figura 5.11: Acumulação de placas com um operador na embalagem (imagem da esquerda) e após implementação de dois operadores (imagem da direita)

5.1.4 Sugestão de melhoria

Observando melhor o processo de embalagem, foi notória a situação que provocava a demora neste processo: era esta a montagem de caixas.

No processo de embalagem o operador faz o carregamento das placas para embalar, como também a montagem de caixas para posteriormente empacotar estas placas já embaladas. Como o local de carregamento de material se encontra do lado oposto da montagem de caixas, como se vê na Figura 5.12, de acordo com os princípios de economia de movimentos, este processo torna-se pouco eficiente.



Figura 5.12: Local de carga de material do lado direito e de montagem de caixas do lado esquerdo

Com foco no objetivo por parte da empresa do ramo corticeiro na modernização da empresa, optou-se por sugerir a implementação de um manipulador robótico para efetuar a montagem das caixas.

A solução foi desenvolvida em parceria com uma entidade externa de soluções robóticas, a ESI Robotics.

Inicialmente estudou-se o local onde se poderia instalar um manipulador e a sua área disponível. Ao lado do centro de embalagem existe uma área de armazenamento de material que poderia ser desimpedida para instalação do manipulador, ficando assim mesmo ao lado do centro de trabalho. Seguidamente foram reunidos todos os dados relativos às caixas utilizadas na embalagem, as suas respetivas dimensões e quantas variedades necessitam de montagem. Ao momento, junho de 2023, são utilizadas seis dimensões distintas de caixas que o operador monta.

Após todas estas fases de análise chegou-se à solução da Figura 5.13.

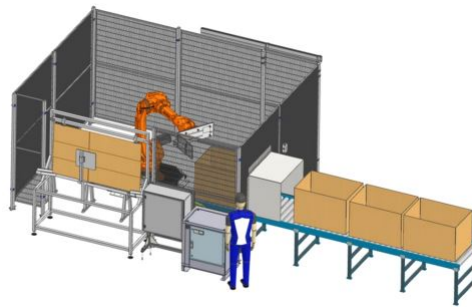


Figura 5.13: Sugestão de melhoria de centro de embalagem com recurso a manipulador robótico

Na Figura 5.14 encontra-se o *layout* projetado em 2D, com a respetiva legenda deste na Tabela 5.3.

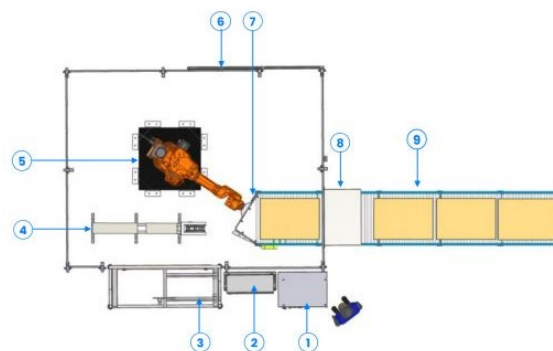


Figura 5.14: *Layout* projetado em 2D da célula com manipulador

Tabela 5.3: Legenda de *layout* da célula com manipulador robótico

Número	Legenda
1	Controlador + consola do robô
2	Quadro elétrico
3	Dispensador de caixas
4	Sistema de formação de caixas
5	Robô KUKA
6	Porta de segurança + Fechadura
7	Garra de manipulação por vácuo
8	Campânula de proteção
9	Transportador de saída

A solução é constituída por um robô KUKA. Optou-se por KUKA pois a empresa já trabalha com a marca noutra unidade industrial e decidiu-se manter a homogeneidade entre as implementações.

A garra projetada é por vácuo, onde esta manipula a caixa e forma-a no sistema de formação de caixas junto ao manipulador, colocando fita cola na base desta. As caixas são colocadas pelo operador num dispensador de caixas, com capacidade para 50 caixas, e posteriormente o operador seleciona o programa pretendido na consola do robô.

A solução contém ainda um sensor no transportador de saída, que permite verificar se existem caixas montadas ou não neste. Caso não detete qualquer caixa no transportador procede à montagem de uma.

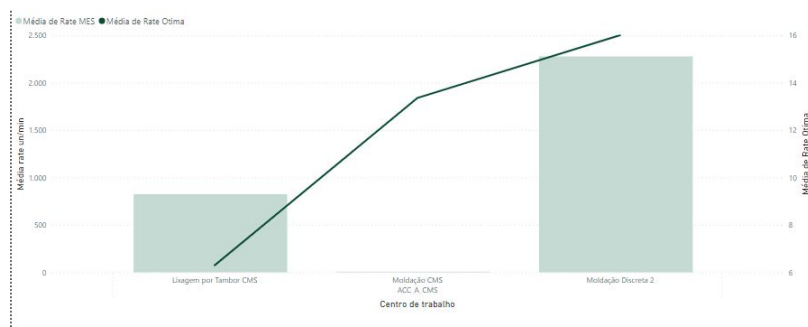
Através desta solução basta o operador alimentar no início do turno o dispensador com o tamanho que irá produzir, e retirar a caixa sempre que necessita desta.

O projeto foi apresentado à direção na empresa do ramo corticeiro e encontra-se em aprovação.

5.2 Processo 2 - Moldação

Um outro centro de trabalho onde se verificou a necessidade de ajustes e melhorias é o de Moldação. Esta é uma área nova em desenvolvimento na empresa, também com elevado impacto em custos e onde houve um forte investimento recentemente, daí que melhorias a esta são de elevado interesse.

Na Figura 5.15 mostra-se a discrepância entre a *rate* ótima e MES. É de notar que a *rate* ótima definida foi de dezasseis peças por minuto, mas em MES estavam registadas cerca de duas mil peças por minuto a ser produzidas.

Figura 5.15: *Rate* ótima em relação a MES na moldação

5.2.1 Levantamento de problemas

O processo de moldação utilizado é por compressão a quente. Este tipo de compressão permite produzir um elevado número de peças, num tempo reduzido, através de prensas como a mostrada na Figura 5.16, onde são inseridos moldes como o apresentado na Figura 5.17.

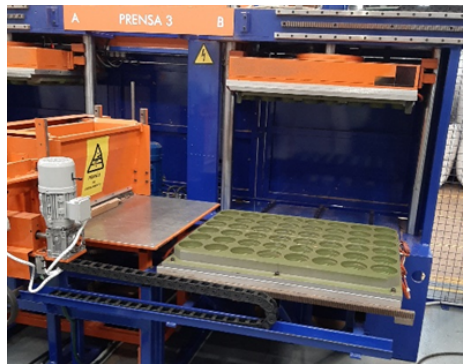


Figura 5.16: Prensa

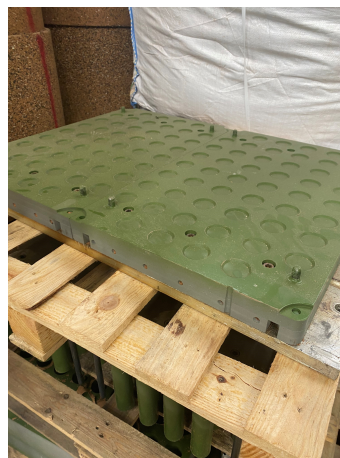


Figura 5.17: Molde

Antes de ser introduzido no molde, o material é obtido através de uma mistura realizada num misturador vertical. Depois de preparada a mistura, esta cai através de um tubo para um peneiro. Posteriormente, a mistura vai para um caixote para transporte até às prensas.

Nas prensas a mistura é atualmente introduzida nos moldes manualmente pelo operador, mas num futuro prevê-se a utilização de um alimentador automático para a tarefa. Depois de introduzida a mistura, esta é comprimida a quente, e no final do processo são extraídas as peças de cada uma das cavidades. Para finalizar, as peças são enviadas para a lixadora, que contém pedras abrasivas para retirar as rebarbas.

Após análise da área foram identificados os seguintes problemas:

- o primeiro problema diagnosticado na área foi a má alimentação de cortiça nos moldes. Esta devia ser automatizada, mas devido a atrasos de fornecedores e manutenção tal não foi possível implementar, pelo que de momento é efetuada à mão por um operador através de uma caixa de cartão. Este processo é pouco eficiente, pois é demoroso e gera muito pó no ar, prejudicial para o operador, e representa um desperdício de matéria prima;
- o segundo problema foi a falta de informação relativa à localização dos moldes. De momento existem catorze moldes na área, e há expectativa deste valor aumentar. Dada a dimensão da área e expansão constante desta, por vezes o operador encontra dificuldades em localizar o molde que pretende utilizar, perdendo tempo neste processo;
- por último, algumas das peças fabricadas encontram-se no estado de produto acabado, sendo apenas necessário embalar. Devido ao pó presente na área, estas peças são embaladas com vestígios de pó de cortiça, o que não cumpre as especificações de qualidade do cliente. De modo a contornar este problema foi adicionado um processo adicional de limpeza de peças antes de embalar, mas tal representa um custo elevado para a empresa.

5.2.2 Proposta de solução 1

Quando se iniciou a análise da área da moldação verificou-se que uma parte do pó produzido provinha do processo de enchimento dos moldes manual. Para além do pó gerado, este processo de alimentação manual estava a provocar desperdícios de matéria prima para o chão, devido à dificuldade de cálculo de quantidade necessária, e um aumento do tempo de ciclo devido à dificuldade do processo para o operador que o efetuava com recurso a uma caixa de cartão grande.

Na perspetiva de desenvolver uma ferramenta de utilização simples e útil para os operadores no processo de enchimento dos moldes, chegou-se à peça ilustrada na Figura 5.18.

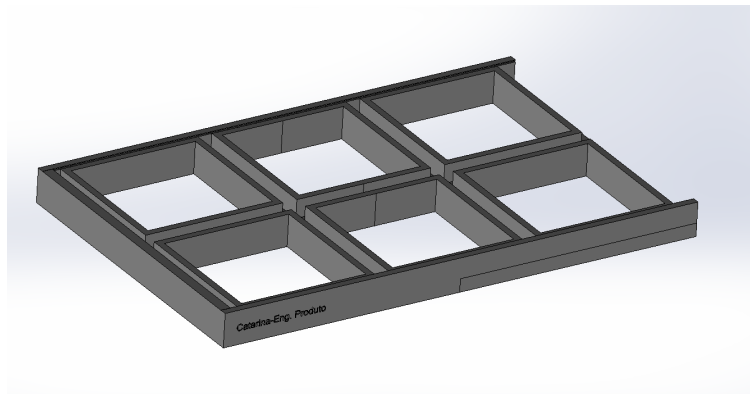


Figura 5.18: Peça projetada em 3D

A peça foi desenhada através do *software* Fusion e posteriormente maquinada em *Computer Numeric Control* (CNC) com recurso a um bloco de cortiça, obtendo-se a peça final da Figura 5.19. Esta tem as dimensões exatas do molde, e cada uma das cavidades contém o volume certo de material necessário para encher o respetivo molde onde será utilizado.

O objetivo inicial desta era a sua impressão em 3D, mas devido às suas dimensões e o facto da necessidade de testar a sua eficácia, tal não foi realizado, optando-se por maquinação de um bloco de cortiça, reaproveitando a matéria prima da empresa.



Figura 5.19: Peça após maquinação

O princípio de funcionamento desta baseia-se num sistema de gaveta. A peça tem uma placa que permite fechar a sua base, é colocada a cortiça em cada uma das cavidades e de seguida basta pousar por cima do molde e retirar a base do sistema de gaveta, permitindo que a cortiça caia dentro do molde.

Inicialmente o processo de alimentação dos moldes demorava cerca de um minuto e meio a ser efetuado. Após implementação da ferramenta o processo demora cerca de 57 segundos, como mostrado na Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Tempo de processo antes e após implementação de solução da peça

Tempo de processo inicial (min)	Tempo de processo com a peça (min)
1:32	0:57

5.2.3 Proposta de solução 2

Focando o segundo problema identificado, de localização de moldes, a solução desenvolvida consiste numa ferramenta, em Excel, que permita aos operadores registrar e consultar a posição dos moldes e alterar esta, caso se efetue movimento do molde, como também dar informação às áreas de suporte do que está a ser produzido.

Ao abrir o documento onde se encontra a ferramenta, o utilizador depara-se com a Figura 5.20. Neste encontra-se uma tabela com os dados inseridos para consulta e um botão verde que permite editar esta. A tabela é constituída por dez colunas, são estas:

- R.N - referência numérica de inserção do molde;
- Data de inserção do registo;
- Data de atualização mais recente do registo;
- Referência do molde - o nome que identifica o molde;
- Dimensões - comprimento e largura do molde;
- Propriedade - quem é o proprietário do molde;
- Localização - onde se encontra o molde;
- Cavidades - quantas cavidades contém o molde;
- Fornecedor - empresa que fornece o molde e efetua a sua manutenção;
- Imagem URL - o *path* para a imagem do molde.

Localização de moldes CMS

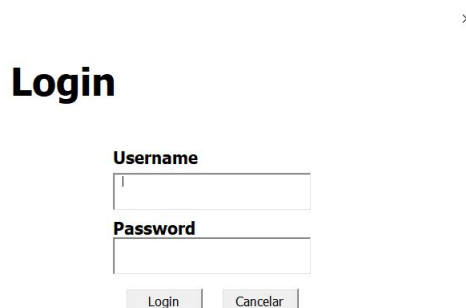
[Editar Tabela](#)

Detalhes do molde									
R.N.	Data de inserção	Data de atualização	Referência Molde	Dimensões	Propriedade	Localizag	Cavidades	Fornecedor	Imagem URL
1	2023-mar-21	2023-abr-18	Hape Triangulos	800x600	ACC	Estante	60	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\1.jpg
2	2023-mar-21	2023-abr-18	Hape Cubo	800x800	ACC	Prensa 2	80	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\2.jpg
3	2023-mar-21	2023-abr-18	Hape Cilindro Grande	800x600	ACC	Estante	80	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\3.jpg
4	2023-mar-21	2023-abr-18	Hape Semi Cubo	800x600	Cliente	Estante	20	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\4.jpg
5	2023-mar-21	2023-abr-18	Stenpot Grande	954x735	Cliente	Estante	12	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\5.jpg
6	2023-mar-31	2023-abr-18	Hape Paralep Grande	800x600	ACC	Prensa 2	60	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\6.jpg
7	2023-mar-31	2023-abr-18	Hape Paralep Pequeno	800x600	ACC	Prensa 3	80	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\7.jpg
8	2023-mar-31		Hape Cilindro Pequeno	800x800	ACC	Estante	90	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\8.jpg
9	2023-mar-31	2023-abr-18	Stenpot Pequeno	935x769	ACC	Prensa 3	30	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\9.jpg
10	2023-mar-31	2023-abr-18	Coaster Ikea	954x764	ACC	Estante	48	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\10.jpg
11	2023-mar-31		Nordgrona Diamond	10x20	Cliente	Prensa 2	1	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\11.jpg
12	2023-mar-31		Nordgrona Feather	20x20	ACC	Prensa 2	6	InduCorte	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\12.jpg
13	2023-mar-31		Abstrata	20x30	ACC	Prensa 2	1	x	C:\Users\lacoliveira\OneDrive - Grupo Amorim\Desktop\Moldação\13.jpg

Figura 5.20: Ferramenta de localização de moldes

Como a ferramenta se destina a utilização por parte dos operadores, para consulta e apenas alteração da localização, optou-se por bloquear e proteger a folha, de modo a evitar alteração indesejada de valores em células da tabela.

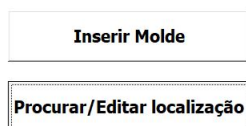
Ao selecionar o botão verde “Editar tabela” surge o formulário de *Login* da Figura 5.21. Nesta é pedido para inserir o *username* definido e a respetiva *password*. De seguida basta apenas clicar em “*Login*” para iniciar.



The image shows a web browser window with a close button (X) in the top right corner. The main content is a login form titled "Login" in a large, bold, black font. Below the title, there are two input fields: the first is labeled "Username" and contains a single character 'l'; the second is labeled "Password" and is empty. At the bottom of the form, there are two buttons: "Login" and "Cancelar".

Figura 5.21: Formulário para *login* inicial

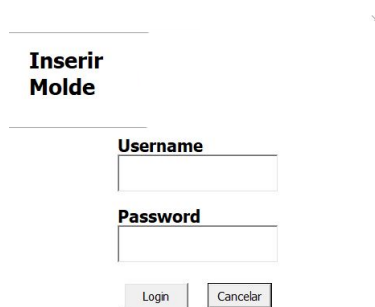
Ao selecionar “*Login*” surge o formulário da Figura 5.22. Neste encontram-se dois botões, onde o primeiro, “Inserir Molde”, permite inserir um novo registo de um molde. O botão “Procurar/Editar localização” é o que deve ser selecionado pelos operadores para procurar ou editar a localização de um molde.



The image shows a form with two buttons. The top button is labeled "Inserir Molde" and has a light blue background. The bottom button is labeled "Procurar/Editar localização" and has a light green background.

Figura 5.22: Formulário de seleção de ação

Selecionada a opção “Inserir Molde”, mostrada na Figura 5.22, surge o formulário de acesso apresentado na Figura 5.23. Este é novamente um formulário que requer um *login* com *username* e *password*, pois apenas colaboradores como o engenheiro de processo da área ou diretor industrial têm permissão para inserir um novo registo na ferramenta.



Formulário de acesso a inserção de novo molde. O formulário possui o título "Inserir Molde" e dois campos de entrada: "Username" e "Password". Abaixo dos campos, há dois botões: "Login" e "Cancelar".

Figura 5.23: Formulário de acesso a inserção de novo molde

Tal como no formulário de *login* inicial, é necessário selecionar o botão de “*Login*” para aceder ao formulário seguinte, que se encontra representado na Figura 5.24.



Formulário de inserção de novo molde. O formulário possui o título "Inserção Molde". No topo, há dois campos de entrada: "Registo No." (com o valor 0014) e "Data de inserção" (com o valor 2023-abr-20). Abaixo, há uma seção "Detalhes do molde" com os seguintes campos: "Referência Molde", "Localização" (com uma seta para baixo), "Dimensões (mm)", "Cavidades", "Propriedade" (com botões "ACC" e "Cliente"), e "Fornecedor". À direita da seção "Detalhes do molde", há uma caixa cinza para upload de foto. No rodapé, há quatro botões: "Save", "Reset", "Exit" e "Upload Foto".

Figura 5.24: Formulário de inserção de novo molde

No topo do formulário de inserção de moldes encontra-se uma referência que é gerada automaticamente, com um valor incrementado ao da referência do último molde inserido. Na caixa ao lado encontra-se a data em que o molde está a ser registado, com o respetivo ano, mês e dia.

Do lado direito está presente uma caixa para *upload* da fotografia do molde; ao clicar em “Upload foto” é aberto o separador para selecionar a imagem pretendida. Esta fotografia é guardada numa pasta junto do respetivo documento Excel da ferramenta. São permitidos formatos jpeg, jpg, png, apesar de posteriormente esta ser armazenada em jpg.

No separador para detalhes do molde estão seis campos obrigatórios a preencher. A referência do molde diz respeito ao nome deste e que se encontra na chapa que o identifica, as dimensões correspondem ao comprimento e largura em milímetros, a propriedade permite saber se o molde pertence à empresa onde foi realizado o estágio ou ao cliente que encomendou o produto, a localização é inserida através de uma *dropbox* com as respetivas localizações existentes, como estante, alguma das prensas, ou até fora da empresa em reparação. Seguindo a sequência, segue-se o número de cavidades do molde e o nome do respetivo fornecedor deste.

Para inserir o registo basta clicar em “Save”, para apagar os campos preenchidos seleciona-se “Reset” e para sair deste formulário deve pressionar-se “Exit”.

Se na Figura 5.22 se selecionar a opção “Procurar/Editar localização” surge o formulário da Figura 5.25. Os campos que o constituem são semelhantes aos da Figura 5.24, com algumas alterações, como a nova adição de uma caixa com a data em que está a ser efetuada a atualização, uma *listbox* para consulta dos dados presentes na tabela, um botão para *update* dos dados e a opção de procura do molde através do seu número de referência.

Editar/Procurar Molde

Registo No. 1 Data de inserção 2023-mar-21 Data de atualização 2023-abr-20

Detalhes do molde

Referência Molde Hape Triangulos Localização Estante

Dimensões (mm) 800x600 Cavidades 60

Propriedade ☐ ACC ☐ Cliente Fornecedor InduCorte

Upload Foto

R.N.	Data de inserção	Data de atualização	Referência Molde	Dimensões	Propriedade	Localização
1	2023-mar-21	2023-abr-18	Hape Triangulos	800x600	ACC	Estante
2	2023-mar-21	2023-abr-18	Hape Cubo	800x800	ACC	Pressa 2

1 Search Update Exit

Figura 5.25: Formulário de edição de moldes

No Anexo A, na Figura A.1, encontra-se um fluxograma relativo ao fluxo de funcionamento da ferramenta. Todo o código foi escrito com recurso à linguagem *Visual Basic for Applications* (VBA).

De modo a orientar e formar os operadores e utilizadores da ferramenta realizou-se uma OPL, exposta na Figura 5.26. Inicialmente explica-se como utilizar as várias funcionalidades da ferramenta, como inserir moldes e editar informação destes. Na última página desta OPL encontra-se informação de como inserir novas localizações na ferramenta.

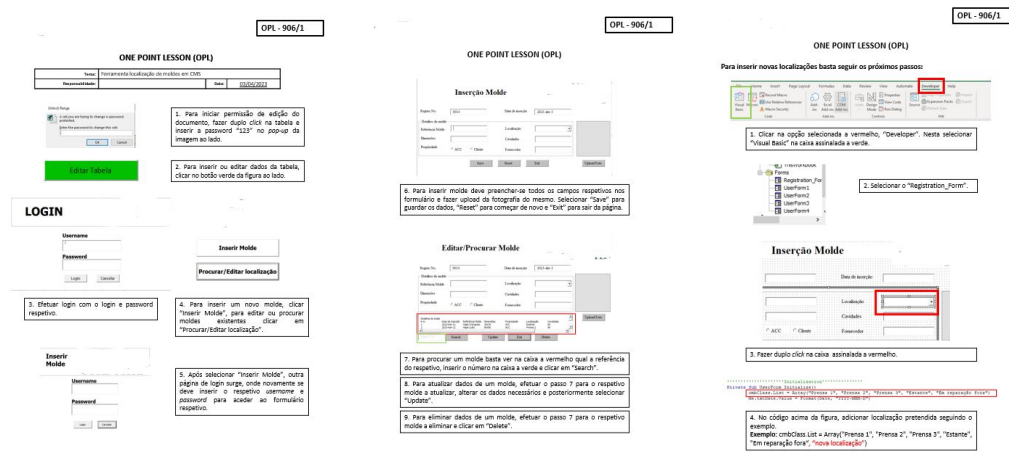


Figura 5.26: OPL da ferramenta de localização de moldes

5.2.4 Proposta de solução 3

Durante a análise e estudo do processo de moldação, foi detetada a presença de pó escuro em peças prontas para embalar devido ao pó presente na área em que estas são produzidas. Isto deve-se ao facto de que, após produzida, a peça é colocada numa paleta ao lado da prensa, e apenas quando a paleta está cheia e termina o turno esta é enviada para outro local para ser embalada. Durante o tempo que se encontra junto à prensa, esta está exposta a pó proveniente da mesma. Na Figura 5.27 está retratada a situação descrita anteriormente, onde do lado direito se encontra a prensa e do lado esquerdo a paleta com o produto armazenado. Como se pode verificar, no chão há uma grande quantidade de pó escuro acumulado e que afeta a qualidade das peças após embaladas.

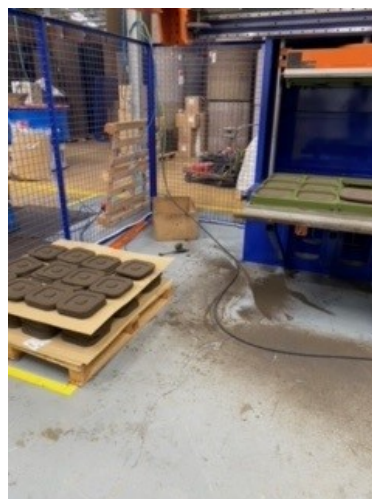


Figura 5.27: Situação de contaminação de pó em produto acabado

Foi pensado como solução efetuar a cobertura da paleta com as peças durante o período de produção, evitando assim que o pó caísse sobre estas. Para isto, e tendo em conta os recursos presentes na empresa, foi utilizado um *big bag*, como mostra a Figura 5.28, que permite cobrir toda a paleta, quer nas laterais, quer no topo, durante a produção. Um *big bag* é utilizado para armazenamento e transporte de granulado de cortiça na empresa. Terminado o ciclo de produção, o operador apenas tem de abrir a parte superior do *big bag* que contém um orifício que se abre e fecha através de um cordão, colocar as peças no seu interior, e fechar este quando estiverem todas no seu interior.



Figura 5.28: Solução para evitar a contaminação por pó

5.2.5 Resultados obtidos

Através da peça desenvolvida para o problema 1 foi possível reduzir o tempo de processo de enchimento dos moldes como também reduzir os desperdícios de cortiça totalmente na área.

Com a implementação da ferramenta de gestão de localização de moldes esta permitiu que a informação dos materiais a ser produzidos seja acompanhada por todas as áreas e chefias da própria área, evitando as constantes deslocações à mesma para verificação da situação de produção. Permitiu também uma melhor organização de todos os moldes, dado que anteriormente estes não tinham um lugar fixo para a sua armazenagem. Com esta organização, por consequente, conseguiu-se poupar o tempo que o operador perdia à procura do molde, que pode agora ser utilizado para realização de mais ciclos produtivos.

Após implementação da solução contra a contaminação de pó, conseguiu-se garantir que as peças cumpriam as especificações de qualidade definidas pelo cliente, fortalecendo a relação com o mesmo, como também eliminar o processo adicional de limpeza antes de embalar.

5.3 Processo 3 - Linha auto de *trivets*

Como já descrito no Processo 1, da laminagem de placas, a empresa do ramo corticeiro onde foi realizado o estágio produz placas de cortiça a partir de blocos. Estas placas podem ser embaladas ou enviadas para outras áreas de modo a sofrerem uma nova transformação.

A linha de *trivets* é um dos destinos das placas provenientes de laminagem de placas, para produção de *trivets* em cortiça para o IKEA, como o da Figura 5.29.



Figura 5.29: *Trivet* IKEA

5.3.1 Levantamento de problemas

Na linha de *trivets*, as placas, provenientes da laminagem de placas, são cortadas em quadrados de dimensões mais reduzidas através de uma guilhotina. Estes quadrados passam prontamente para o processo seguinte, uma fresadora, que lhes confere uma forma redonda. Obtida a forma pretendida, resta lixar as rebarbas da peça para esta estar finalizada.

Com o *trivet* terminado, este é embalado na mesma linha, através de um processo contínuo. São feitos grupos de três unidades, colocada uma etiqueta no topo do monte das três unidades, este de imediato é revestido por película em toda a sua volta, submetido a calor numa estufa e fica pronto para empacotar e enviar.

Como complemento à descrição anterior do processo, e como ferramenta de análise, foi elaborado o diagrama de processo da linha de *trivets* mostrado na Figura 5.30, com a respetiva Tabela 5.5 que constitui a sua legenda.

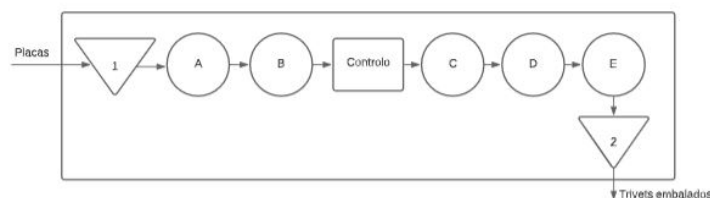


Figura 5.30: Diagrama de processo de *trivets*

Tabela 5.5: Legenda do diagrama de processo de *trivets*

Componente	Legenda
A	Corte
B	Fresagem
C	Etiquetagem
D	Wrap e retratilização de plástico
E	Estufa de embalagem
1	Armazém de placas
2	Armazém de produto embalado
Controlo	Controlo de qualidade

Após análise e observação do centro de trabalho, o problema identificado neste processo é o quão pouco automatizado este é. Todas as etapas da produção de *trivets* integram um operador, desde o corte na guilhotina à colocação de etiquetas, gerando um total de quatro operadores numa única linha.

5.3.2 Proposta de solução

O corte na guilhotina e fresagem são operações efetuadas pelo mesmo operador, pois este coloca as placas para cortar na guilhotina e ao retirá-las prontamente insere na fresadora o material. Como se trata de uma sequência mais mecanizada e eficiente até à data, apesar de integrar mão de obra humana, esta não foi alvo de estudo, sobrando assim a embalagem.

A embalagem é composta por três subprocessos: etiquetagem manual, embalagem e submissão a calor numa estufa. Cada um destes três subprocessos encontram-se representados na Figura 5.31.

Figura 5.31: Processo de embalagem de *trivets*

Tendo em conta o principal objetivo de otimização e automatização do processo foi procurada uma solução, uma máquina, que permitisse aglomerar estes três sub-processos num só.

Após pesquisa e análise, foi encontrada uma possível solução que satisfazia o principal objetivo, como também acrescentava uma marca do tema Indústria 5.0 ao processo, com a redução da utilização de plástico na embalagem deste tipo de produtos.

A máquina da Figura 5.32 foi a solução encontrada para otimização deste processo. Esta é utilizada para cintagem, permitindo a impressão da banda, que será também etiqueta, e a aplicação desta ao produto, reduzindo até 80% de plástico utilizado na embalagem. Para além das vantagens mencionadas anteriormente, a máquina é constituída por quatro rodas, tornando-a portátil, como também permite a utilização de bandas de vários tamanhos, possibilitando a sua aplicação noutras áreas de embalagem da empresa do ramo corticeiro.



Figura 5.32: Possível solução de cintagem de *trivets*

Na Figura 5.33 encontram-se alguns exemplos de produtos embalados com a solução encontrada. Ambos são produtos de forma arredondada como o *trivet*, com a respetiva cinta que embala e identifica o material, servindo também de etiqueta.



Figura 5.33: Exemplos de aplicação da máquina de cintagem proposta

A entidade desenvolvedora desta solução fornece a máquina como também uma solução para uma cinta mais sustentável. A cinta pode ser de vários tamanhos, espessuras e materiais, como papel ou película de *Polylactid Acid* (PLA) biodegradável, um termoplástico constituído por moléculas de ácido láctico.

Na Tabela 5.6 apresenta-se um estudo para comparação de vantagens a nível energético e financeiro da solução atual com a nova sugestão a implementar.

Tabela 5.6: Solução atual de *trivets* em relação à nova sugestão de implementação

	Solução atual	Máquina nova
Rate (un/min)	16-18	20-22
Energia consumida (kWh)	20	12
Consumo de plástico (kg)	0,0025	0
Consumo plástico (€)	0,0135	0
Etiqueta de papel (€)	0,01	0,014
Total de materiais de embalagem (€)	0,0235	0,014

Através desta tabela é possível constatar que a nova máquina apresenta vantagens em todos os campos analisados, pois tem uma *rate* superior à solução que se utiliza atualmente, um menor consumo energético e um custo de produção de etiqueta inferior, como também com esta nova etiqueta será possível diminuir o consumo de plástico e atrair novos mercados mais sustentáveis.

Tendo em conta que um turno opera durante cerca de oito horas, ao efetuar a troca de etiquetas atuais pelas produzidas na nova máquina apresentaria uma poupança de 91,2 € por cada turno.

Em relação à energia consumida, esta varia entre 0,16 €/kWh e 0,24 €/kWh, logo assumindo uma média de 0,2 €/kWh, com a máquina atual num dia esta tem um custo energético de 4 € e a máquina nova de 2,4 €, o que significa uma poupança diária de 1,6 € por dia.

Sintetizando, e tendo em conta 22 dias úteis de trabalho em 12 meses, a poupança obtida operando dois turnos ao dia seria um total de 48 576 €.

Tendo em conta o custo da máquina de 36 359 €, sabe-se que ao operar um ano com a nova máquina se obterá um retorno do investimento efetuado.

Em suma, com esta solução é possível:

- aglomeração e simplificação do processo de embalagem;
- redução do plástico utilizado na empresa do ramo corticeiro onde foi realizado o estágio;
- maior aproveitamento do espaço disponível na linha onde ocorre o processo;

- aumento da cadência de produção;
- reaproveitamento da nova solução, a máquina, para outras áreas que não os *trivets*;
- atração de novos clientes e mercados mais sustentáveis.

5.3.3 Resultados obtidos

Devido ao tempo disponível para realização do estágio, como também o orçamento do ano corrente e tempo de implementação da solução, esta não chegou a ser implementada.

Apesar disso, no mês de junho decorreu uma demonstração desta solução aplicada aos *trivets* na empresa e foi dada a luz verde para aplicação desta no ano corrente de 2023.

5.4 Conclusões do capítulo

Concluído este Capítulo 5 é possível comprovar que através da transformação digital aliada ao pensamento *Lean* se podem tomar ações mais assertivas e de maior impacto, como quando se recorreu à ferramenta desenvolvida no Capítulo 4 para identificação de todos os centros que necessitavam de melhorias e o impacto obtido com essas melhorias.

Capítulo 6

Conclusões

Ao longo do desenvolvimento do presente projeto, procurou-se entender por vias práticas qual a relação entre a transformação digital e o pensamento *Lean*, como também provar que quando trabalhados em conjunto, estes dois conceitos podem impactar positivamente numa organização.

Inicialmente foi desenvolvida a ferramenta para comparação e monitorização de cadências e *rates* na empresa do ramo corticeiro, constituindo esta um impulsionador em toda a fábrica para a utilização de dados em tempo real no apoio a tomada de decisão, algo que no início do estágio não acontecia.

A ferramenta foi implementada como pretendido inicialmente, e através desta tem sido possível efetuar a correção de registos SAP mais rapidamente e levar a cabo ações de sensibilização e melhoria mais focadas no problema real, sustentadas pelos dados obtidos na ferramenta. Foi possível também atingir uns dos objetivos principais, de aumento de robustez e fiabilidade dos dados adquiridos em chão de fábrica como também dos registados em sistema SAP.

Ainda com recurso à ferramenta desenvolvida inicialmente, identificaram-se três centros de trabalho onde se verificava um desvio entre a *rate* MES e a *rate* ótima. Foram estes a laminagem de placas, moldação e linha auto de *trivets*. Em todos estes centros foi realizada uma análise inicial do processo e identificados os problemas. Após este estudo, foram sugeridas e implementadas melhorias para os problemas identificados.

No processo de laminagem de placas foi possível implementar uma melhoria no processo de acordo com os recursos disponíveis na empresa, efetuando a análise

deste com recurso a um *software* de simulação de ambiente fabril. Foi sugerida também a implementação de um manipulador robótico para montagem de caixas, dado que esta tarefa atrapalhava o operador durante o processo. Esta sugestão não foi implementada, mas encontra-se para análise.

Na moldação foram inicialmente identificados três problemas. Após implementadas todas as soluções para os respetivos problemas, foi possível otimizar o processo através de redução de tempos de ciclo, diminuição de desperdícios de matéria prima e maior informatização de dados relativos ao processo, dados úteis quer para áreas de suporte como para a própria área industrial.

Na linha auto de *trivets* foi sugerida uma solução com vista à automatização de processo e implementação de uma pegada mais verde neste. Esta permite aumento de cadência do processo, redução na totalidade do plástico utilizado na embalagem, aproveitamento da máquina para outros processos de embalagem, como também uma possível atração de novos mercados com interesse em produtos mais sustentáveis. Apesar de não ter sido implementada durante o estágio, a solução foi testada na empresa, aprovada por parte da direção, e será implementada ainda no ano 2023.

Assim, concluiu-se que foi possível dar resposta a todos os problemas encontrados ao longo do projeto como também atingir os objetivos definidos inicialmente.

Em suma, conseguiu-se provar que a associação da transformação digital pode criar bases sólidas para aplicação de práticas do pensamento *Lean* e vice-versa. Apesar de representarem abordagens diferentes, têm objetivos mútuos, nomeadamente a excelência operacional, a criação de processos simples e o envolvimento dos colaboradores/utilizadores em processos. A aplicação das duas abordagens (transformação digital e *Lean*) têm capacidade para alcançar melhores resultados organizacionais e eliminar perdas de forma minuciosa e sistemática, gerando elevado valor nas organizações, segundo um ciclo de mútua influência.

Como complemento, o presente estágio foi premiado como o melhor estágio efetuado no grupo corticeiro de todas as unidades industriais, devido ao impacto que teve na organização e os resultados que gerou.

6.1 Trabalho futuro

Como proposta futura de implementação de novas funcionalidades à ferramenta desenvolvida para comparação de cadências e *rates*, sugere-se a implementação de um campo de cálculo de rendimentos dos equipamentos. Este campo será posteriormente utilizado no cálculo de cadências teóricas por algumas áreas operacionais, possibilitando a otimização e aceleração deste processo. Outra sugestão relativa à ferramenta seria a possibilidade de envio automático para o departamento de Melhoria Contínua, por via de correio eletrónico, de todos os casos classificados como

“problemáticos” na ferramenta. Esta funcionalidade permitiria um ataque ainda mais eficaz em ações com necessidade de correção.

Em relação à melhoria de processos, a proposta futura principal seria a implementação de todas as sugestões efetuadas ao longo do Capítulo 5, pois estas demonstraram o impacto positivo que podem ter nos processos quando aplicadas.

Na área da moldação, em relação à ferramenta de localização de moldes, a melhoria futura proposta seria o registo do histórico de movimentações de cada molde, complementando a informação existente em relação a estes.

Por fim, deverá continuar-se o trabalho de aperfeiçoamento da ferramenta de alimentação dos moldes desenvolvida para a moldação, até atingir uma peça robusta e 100% eficiente.

Referências

- [1] M. Silva, “Estudo dos métodos e a simplificação do trabalho,” tech. rep., Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2020. [Citado nas páginas xiii, 1, 14 e 15]
- [2] M. zur Muehlen and M. Indulska, “Modeling languages for business processes and business rules: A representational analysis,” *Information Systems*, vol. 35, no. 4, pp. 379–390, 2010. Vocabularies, Ontologies and Rules for Enterprise and Business Process Modeling and Management. [Citado na página 1]
- [3] R. I. de Oliveira, S. O. Sousa, and F. C. de Campos, “Lean manufacturing implementation: bibliometric analysis 2007-2018,” *International journal of advanced manufacturing technology*, vol. 101, pp. 979–988, Mar 2019. [Citado nas páginas 2 e 23]
- [4] J. Butt, “A conceptual framework to support digital transformation in manufacturing using an integrated business process management approach,” *Designs*, vol. 4, no. 3, 2020. [Citado nas páginas 2, 18, 19, 20 e 21]
- [5] T. Harland, C. Hocken, T. Schröer, and V. Stich, “Towards a democratization of data in the context of industry 4.0,” *Sci*, vol. 4, no. 3, 2022. [Citado na página 2]
- [6] Atria innovation, “Comparison of Industry 4.0 between Spain and the rest of the countries.” https://www.atriainnovation.com/en/comparison-of-industry-4-0-between-spain-and-the-rest-of-the-countries/#Industry_40_in_the_World, Último acesso: Fevereiro 28 2023. [Citado nas páginas ix e 2]
- [7] Amorim, “O que é a Cortiça.” <https://www.amorim.com/pt/cortica/o-que-e/>, Último acesso: Outubro 13 2022. [Citado na página 7]
- [8] visitPortugal, “A cortiça.” <https://www.visitportugal.com/pt-pt/content/cortica-0>, Último acesso: Outubro 13 2022. [Citado nas páginas 7 e 8]
- [9] O Globo, “Vinhos de Portugal 2020: afinal, por que as rolhas de cortiça são tão especiais?.” <https://oglobo.globo.com/gastronomia/vinhos-de-portugal/vinhos-de-portugal-2020-afinal-por-que-as-rolhas-de-cortica-sao- tao-especiais-24658040>, Último acesso: Outubro 13 2022. [Citado nas páginas ix e 8]

-
- [10] Pure Cork, “Porquê a cortiça.” <https://purecork.pt/vantagens-da-cortica-2/>, Último acesso: Outubro 19 2022. [Citado na página 8]
- [11] Amorim Cork Insulation, “Porquê usar esta cortiça?.” <https://www.amorimcorkinsulation.com/vantagens/porque-usar-esta-cortica/>, Último acesso: Outubro 19 2022. [Citado na página 8]
- [12] Florestas, “Aplicações de cortiça: inovação além das rolhas.” <https://florestas.pt/valorizar/aplicacoes-de-cortica-inovacao-alem-das-rolhas/>, Último acesso: Outubro 20 2022. [Citado nas páginas 9, 10 e 11]
- [13] Diário de Notícias, “Nada se desperdiça e tudo se transforma na cortiça.” <https://www.dn.pt/1864/nada-se-desperdica-e-tudo-se-transforma-na-cortica-11710744.html>, Último acesso: Outubro 19 2022. [Citado nas páginas ix, 9 e 10]
- [14] A. Martins, “Cortiça expandida.” <https://www.a-martins.pt/cortica-expandida>, Último acesso: Outubro 20 2022. [Citado nas páginas ix e 11]
- [15] Gift Campaign, “Agenda Natural.” <https://www.giftcampaign.pt/agendas-personalizadas/agenda-publicitaria-cortica-b5.html>, Último acesso: Outubro 20 2022. [Citado nas páginas ix e 11]
- [16] Amorim, “Korko, brinquedos de cortiça ecológicos, seguros e naturais.” <https://www.amorim.com/pt/media/noticias/korko-brinquedos-de-cortica-ecologicos-seguros-e-naturais/4770/>, Último acesso: Março 30 2023. [Citado nas páginas ix, 11 e 12]
- [17] Ebit, “Processo produtivo, definição, etapas e tipos.” <https://ebit.pt/blog/processo-produtivo-o-que-es/>, Último acesso: Novembro 18 2022. [Citado na página 13]
- [18] P. Ávila and I. Cavaco, “Processo conceito e fundamentos,” tech. rep., Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2008. [Citado nas páginas 13, 14, 17 e 18]
- [19] André Neves, “Aplicação do Indicador OEE na Melhoria de Processos Produtivos numa Indústria de Tintas e Vernizes.” https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/12375/1/DM_AndreNeves_2018_MEEC.pdf, Último acesso: Novembro 11 2022. [Citado nas páginas ix, 14, 27 e 28]
- [20] D. Carvalho, “Planeamento e controlo da produção,” tech. rep., Universidade do Minho, 2000. [Citado nas páginas ix, 15, 16 e 17]
- [21] H. Kagermann and W. Wahlster, “Ten years of industrie 4.0,” *Sci*, vol. 4, no. 3, 2022. [Citado na página 18]

-
- [22] iEDTeam, “The 4 Industrial Revolutions.” <https://ied.eu/project-updates/the-4-industrial-revolutions/>, Último acesso: Fevereiro 20 2023. [Citado na página 18]
- [23] X. Xu, Y. Lu, B. Vogel-Heuser, and L. Wang, “Industry 4.0 and industry 5.0—inception, conception and perception,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 61, pp. 530–535, 2021. [Citado nas páginas ix, 18, 19, 22 e 23]
- [24] K.-L. Lee, A. Roesinger, and U. Hommel, “Development and practice of industrie 4.0 in china practical experience of a german industrial software company in china,” *Sci*, vol. 4, no. 3, 2022. [Citado na página 18]
- [25] C. H. dos Santos, J. A. de Queiroz, F. Leal, and J. A. B. Montevechi, “Use of simulation in the industry 4.0 context: Creation of a digital twin to optimise decision making on non-automated process,” *Journal of Simulation*, vol. 16, no. 3, pp. 284–297, 2022. [Citado na página 20]
- [26] ISO, “ISO/IEC 27000 – key International Standard for information security revised.” <https://www.iso.org/news/ref2266.html>, Último acesso: Fevereiro 16 2023. [Citado na página 21]
- [27] N. Kumar, S. S. Hasan, K. Srivastava, R. Akhtar, R. K. Yadav, and V. K. Choubey, “Lean manufacturing techniques and its implementation: A review,” *Materials Today-Proceedings*, vol. 64, no. 3, SI, pp. 1188–1192, 2022. Conference on Innovative Technologies in Mechanical Engineering (ITME), Ghaziabad, Índia, Dec 17-18, 2021. [Citado nas páginas 23 e 24]
- [28] C. Jaca, E. Viles, L. Paipa-Galeano, J. Santos, and R. Mateo, “Learning 5s principles from japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies,” *International Journal of Production Research*, vol. 52, no. 15, pp. 4574–4586, 2014. [Citado na página 25]
- [29] C. Lai, W. Lee, and W. Ip, “A study of system dynamics in just-in-time logistics,” *Journal of materials processing technology*, vol. 138, pp. 265–269, Jul 20 2003. 9th International Manufacturing Conference, Hong Kong, Peoples R China, Aug 16-17, 2000. [Citado na página 25]
- [30] O. Y. Alenezi, “University leadership styles using the kaizen approach,” *Amazonia Investiga*, vol. 11, pp. 109–121, Fev 2022. [Citado nas páginas 25 e 26]
- [31] F. M. Dias, “Fiabilidade 2,” tech. rep., Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2021. [Citado nas páginas ix, 26, 34 e 35]
- [32] C.-F. Lindberg, S. Tan, J. Yan, and F. Starfelt, “Key performance indicators improve industrial performance,” *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 1785–1790, 2015.

- Clean, Efficient and Affordable Energy for a Sustainable Future: The 7th International Conference on Applied Energy (ICAE2015). [Citado na página 26]
- [33] Osama Taisir R.Almeanazel, “Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement.” [http://jjmie.hu.edu.jo/files/v4n4/JJMIE-129-08_Revised\(11\)/JJMIE-129-08_modified.pdf](http://jjmie.hu.edu.jo/files/v4n4/JJMIE-129-08_Revised(11)/JJMIE-129-08_modified.pdf), Último acesso: Novembro 11 2022. [Citado na página 27]
- [34] Christianne Matias Bussoa, Dario Ikuo Miyakeb, “Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica.” <https://www.scielo.br/j/prod/a/ZNJXTx55LBKrrQ33SVdLsyp/>, Último acesso: Novembro 3 2022. [Citado nas páginas ix, 28, 29, 31, 32 e 33]
- [35] João Pinto, “Cálculo do OEE e proposta de implementação da metodologia TPM na Tridec Lda.” https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/11001/1/DM_JoaoPinto_2016_MEM.pdf, Último acesso: Novembro 3 2022. [Citado nas páginas 28, 29 e 30]
- [36] K. Sowmya and N. Chetan, “A review on effective utilization of resources using overall equipment effectiveness by reducing six big losses,” *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol*, vol. 2, no. 1, pp. 2394–4099, 2016. [Citado na página 30]

Anexo A

Fluxograma

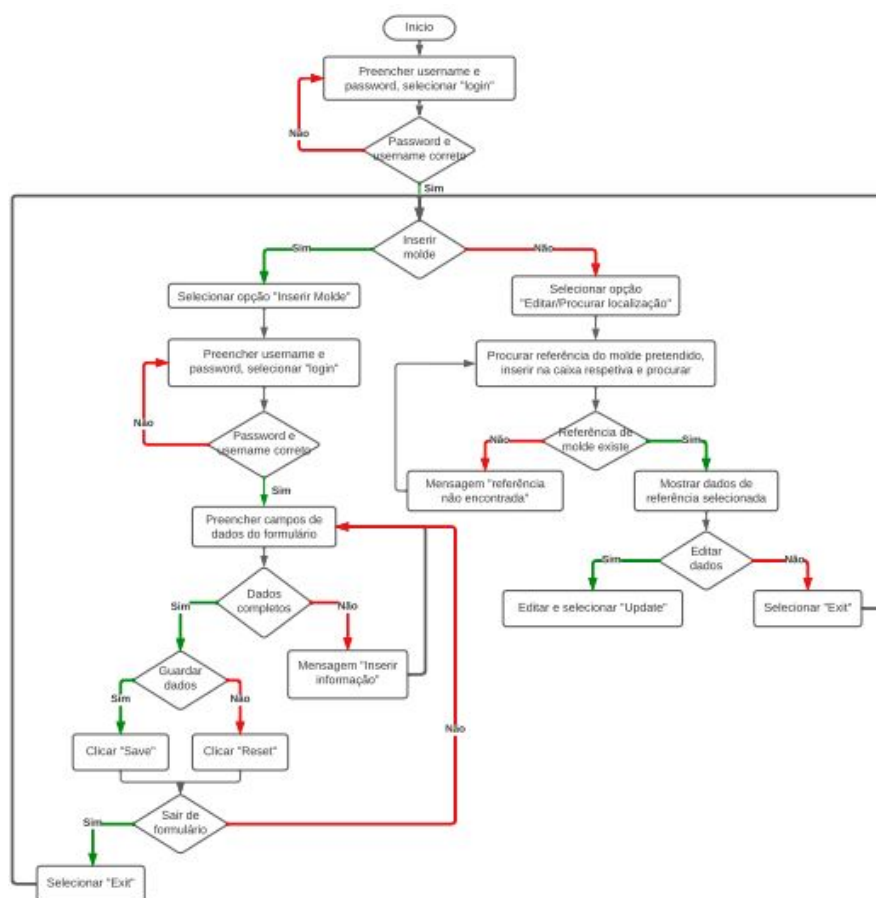


Figura A.1: Fluxograma relativo à ferramenta de localização de moldes