



# Estudo e implementação de um procedimento de rastreabilidade numa empresa metalomecânica

DIOGO PINTO BANDEIRA

outubro de 2023

# ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROCEDIMENTO DE RASTREABILIDADE NUMA EMPRESA METALOMECÂNICA

Diogo Pinto Bandeira

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



# ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROCEDIMENTO DE RASTREABILIDADE NUMA EMPRESA METALOMECÂNICA

Diogo Pinto Bandeira

1170801

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Engenheiro Alberto José Gomes da Silva Malafaya Baptista.

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



## **AGRADECIMENTOS**

Tenho a agradecer ao Engenheiro Raul Campilho por todo o acompanhamento e incentivo na realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Alberto Malafaya e a toda a equipa da Pemel Metal, por toda a disponibilidade e todo o tempo dedicado a este projeto, mesmo em tempos de muito trabalho.

Aos meus amigos, sabem quem são, que estiveram presentes de início ao fim do meu percurso académico, e que garantiram que me mantinha motivado e focado nos objetivos propostos.

Por fim, e mais importante, à minha família, principalmente aos meus pais, que me acompanharam desde sempre, proporcionando todas as ferramentas necessárias para o meu sucesso académico e pessoal.

A todos, muito obrigado!



## RESUMO

Com o grande aumento de volume de informação necessário para analisar e processar, aparece a preocupação em implementar procedimentos, que não só englobem toda essa informação, mas que também garantam um controlo e acompanhamento da informação e do seu estado em cada fase do processo.

Com este trabalho pretende-se descrever o estado atual da indústria metalomecânica e perceber qual o seu impacto na sociedade e quais as lacunas e necessidades que a mesma apresenta. Através de uma análise dos sistemas de informações com maior uso no setor, foi possível uma compreensão mais alargada para posteriormente avançar com a implementação do procedimento. Definidas as necessidades e os melhores sistemas de controlo, fez-se um estudo de ferramentas a aplicar no tipo de rastreabilidade pretendida, de forma a satisfazer as necessidades de controlo e acesso de informação ao longo do processo da organização.

Após a revisão da bibliografia, chegou-se à conclusão de que este setor se encontra num grande atraso temporal em termos de rastreabilidade e sistemas de gestão de informação relativamente a outras indústrias, dificultando assim o controlo necessário para uma boa operação da organização.

Pretende-se totalmente implementar o procedimento de rastreabilidade de materiais e evoluí-lo para um sistema de informação com recurso a códigos de barra para a obtenção da rastreabilidade de materiais por peças.

## PALAVRAS-CHAVE

Rastreabilidade; Metalomecânica; Sistemas de Informação; Indústria 4.0.



## **ABSTRACT**

With the large increase in the volume of information needed to analyze and process, there is a concern to implement procedures that not only encompass all this information but also ensure the control and monitoring of information and its status at each stage of the process.

With this work we intend to describe the current state of the metal-mechanic industry and understand what its impact on society is and what gaps and needs it has. Through an analysis of the information systems with greater use in the sector, it was possible to have a broader understanding to later move forward with the implementation of the procedure. Once the needs and the best control systems were defined, a study was made of the tools to be applied to the type of traceability desired, to satisfy the needs of control and access of information throughout the organization's process.

After reviewing the bibliography was concluded that this sector is far behind other industries in terms of traceability and information management systems, thus hindering the necessary control for a good operation of the organization.

The aim is to fully implement the materials traceability procedure and develop it into an information system using barcodes to obtain traceability of materials by parts.

## **KEYWORDS**

Traceability; Metalworks; Information Systems; Industry 4.0.



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO .....	VII
ABSTRACT .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS .....	XV
ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	XVII
LISTAS DE SIGLAS E UNIDADES.....	XIX
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia .....	1
1.4. Estrutura da dissertação.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Indústria metalomecânica.....	3
2.1.1. Caracterização do setor a nível mundial e nacional .....	3
2.1.2. Papel da indústria metalomecânica na sociedade.....	3
2.1.3. Processos envolvidos .....	3
2.1.4. Aplicações principais .....	4
2.1.5. Princípios de qualidade na indústria metalomecânica .....	4
2.1.6. Desafios e tendências de futuro .....	5
2.2. Sistemas de informação na indústria .....	6
2.2.1. Contextualização e âmbito da aplicação.....	6
2.2.2. Vantagens na aplicação.....	6
2.2.3. <i>Entreprise Resource Planning</i> (ERP) .....	7
2.2.4. <i>Manufacturing Execution System</i> (MES).....	8
2.2.5. <i>Advanced Planning and Scheduling</i> (APS).....	8
2.2.6. <i>Supply Chain Management</i> (SCM) .....	9
2.2.7. Indústria 4.0 .....	10
2.2.8. Estado da arte .....	12
2.3. Rastreabilidade na indústria.....	12
2.3.1. Conceito de rastreabilidade .....	12
2.3.2. Tipos de rastreabilidade.....	13
2.3.3. Importância na indústria.....	13
2.3.4. Ferramentas e tecnologias.....	14
2.3.4.1 Códigos de barras e QR code.....	14
2.3.4.2 <i>Radio Frequency Identification</i> (RFID) .....	15
2.3.5. Aplicabilidade para gestão de qualidade .....	16

---

2.3.6. Casos industriais de sucesso .....	17
2.3.7. Estado da arte .....	19
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO .....	21
3.1. Apresentação da empresa.....	21
3.1.1. Valores e missão da empresa.....	21
3.1.2. Infraestruturas e história .....	22
3.2. Portfólio de projetos .....	22
3.3. Objetivos da rastreabilidade e diferentes tipos .....	24
3.3.1. Rastreabilidade parcial.....	28
3.3.2. Rastreabilidade total .....	31
3.3.3. Rastreabilidade total individual .....	32
3.4. Procedimento .....	32
3.5. Descrição de processos de fabrico .....	34
3.5.1. Ponte rolante .....	37
3.5.2. Pantógrafo (corte de chapa) .....	37
3.5.3. Serrote (corte de perfis).....	38
3.5.4. Calandra .....	38
3.5.5. Furadoras radiais.....	39
3.5.6. Mandriladora .....	39
3.5.7. Máquina de soldadura manual .....	40
3.5.8. Cristo de soldadura .....	40
4. ANÁLISE DE RISCOS E OPORTUNIDADES DE MELHORIA .....	41
4.1. Identificação de problemas no processo .....	41
4.1.1. Análise FMEA .....	41
4.2. Análise de riscos .....	42
4.3. Oportunidades de melhoria .....	42
5. RESULTADOS E MEDIÇÕES .....	43
5.1. Implementação de ações de melhoria .....	43
5.1.1. Plano de ações e responsabilidades .....	43
5.2. Quantificação de melhorias e indicadores .....	46
6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Placa de sinalização [6].....	5
Figura 2 - Análise SWOT da indústria metalomecânica [7] .....	6
Figura 3 - Funções ERP [9] .....	7
Figura 4 - Funcionamento APS [13].....	9
Figura 5 - Fluxo Cadeia de Abastecimento [15] .....	9
Figura 6 - Evolução histórica da indústria [17].....	11
Figura 7 - Código de Barras [20].....	14
Figura 8 - Exemplo QR Code [22] .....	15
Figura 9 - Princípios fundamentais da rastreabilidade [24] .....	16
Figura 10 - Cadeia de fornecimento na indústria têxtil [25] .....	17
Figura 11 - Rastreabilidade indústria alimentar [27] .....	18
Figura 12 - História da PEMEL .....	22
Figura 13 - Comportas Mericourt (França).....	23
Figura 14 - <i>Check gate</i> Levvel (Holanda) .....	23
Figura 15 - Turbinas hidroelétricas Andritz (Áustria) .....	23
Figura 16 - PRS para ponte rodoviária (Angola) .....	24
Figura 17 - Rastreabilidade parcial.....	26
Figura 18 - Rastreabilidade total .....	27
Figura 19 - Rastreabilidade total individual .....	28
Figura 20 - Levantamento de marcas no impresso MOD.4058.....	29
Figura 21 - Marcação de peças.....	29
Figura 22 - CNC de corte.....	30
Figura 23 - Plano de rastreabilidade no impresso MOD. 4010 .....	31
Figura 24 - Plano de rastreabilidade total.....	31
Figura 25 - Fluxograma processos PRS.....	35
Figura 26 - Fluxograma processos de turbina .....	36
Figura 27 - Ponte Rolante 16t .....	37
Figura 28 - Pantógrafo DAMI.....	37
Figura 29 – Serrote FICEP .....	38
Figura 30 - Calandra .....	38
Figura 31 - Furadoras radiais.....	39
Figura 32 - Mandriladora.....	39
Figura 33 – Máquina de soldadura MIG/MAG .....	40
Figura 34 - Cristo de soldadura .....	40



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Estado da arte sistemas de informação .....	12
Tabela 2 - Estado de arte rastreabilidade .....	19
Tabela 3 - Procedimento de rastreabilidade .....	32
Tabela 4 - Análise FMEA.....	41
Tabela 5 - Plano de ações e responsabilidades.....	43
Tabela 6 - Indicadores de melhorias .....	47



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fiabilidade do sistema de rastreabilidade.....	46
Equação 2 - Rentabilidade de retalhos .....	46
Equação 3 - Economia proporcionada .....	47



## LISTAS DE SIGLAS E UNIDADES

### Lista de siglas

AMR	<i>Advanced Manufacturing Research</i>
APS	<i>Advanced Planning and Scheduling</i>
DQ	Departamento de Qualidade
EAN	<i>European Article Number</i>
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
METIP	Metodologias de Investigação e Planeamento
MP	Matéria Prima
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PRS	Perfil Reconstituído Soldado
QAS	Qualidade Ambiente e Segurança
QR	<i>Quick Response</i>
QT	<i>Quenched and Tempered</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SC	<i>Supply Chain</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SI	Sistemas de Informação

### Lista de unidades

km	Quilómetros
m	Metros
t	Toneladas



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização

Na indústria metalomecânica, especialmente na construção soldada, é essencial garantir que requisitos de clientes, referentes a materiais de base, materiais de adição, materiais de fixação, ferramentas e equipamentos e processos, são tidos em consideração ao longo de todo o processo, inclusive na entrega final. Para garantir o cumprimento destes requisitos, existe a necessidade de implementação de um procedimento de rastreabilidade de materiais que, para além de processar o registo inicial destes requisitos, os mantenha interligados por toda a organização e processos inerentes, para promover uma facilidade de acesso e análise da informação em qualquer ponto temporal do projeto.

## 1.2. Objetivos

A dissertação tem como objetivo o estudo e implementação de um procedimento de rastreabilidade numa empresa metalomecânica. Para atingir este objetivo, procedeu-se à elaboração de uma revisão bibliográfica dos temas inerentes à dissertação. No sentido de aprofundar o conhecimento nesta matéria, os temas a serem abordados serão o enquadramento da indústria metalomecânica, os sistemas de informação na indústria e a rastreabilidade na indústria. Com o conhecimento adquirido na revisão bibliográfica, efetua-se uma avaliação das necessidades da empresa e desenvolve-se um procedimento de rastreabilidade de acordo com estas, e procede-se à implementação e avaliação de resultados obtidos.

## 1.3. Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento do presente relatório tem como base os seguintes pontos:

- Pesquisa bibliográfica da indústria metalomecânica e do seu estado de arte, no sentido de compreender o funcionamento do setor e as suas necessidades por forma a fazer um estudo mais focado no tema em causa.
- Pesquisa bibliográfica dos sistemas de informação usados na indústria metalomecânica, as vantagens da implementação de cada um e o seu funcionamento, para analisar qual o melhor caminho para a implementação.
- Pesquisa bibliográfica do tema principal da tese, rastreabilidade, percebendo qual o conceito do que se quer implementar, os diferentes tipos e quais ferramentas podem auxiliar à sua implementação.
- Avaliação de necessidades e falhas da indústria metalomecânica e da empresa na rastreabilidade e desenvolvimento de métodos para a mitigação de destas falhas.
- Análise dos métodos desenvolvidos e quais os seus riscos no sistema a implementar, e também o levantamento das oportunidades de melhoria disponíveis para considerar.

- Definição de indicadores de acompanhamento de melhoria e avaliação crítica dos resultados obtidos.

#### **1.4. Estrutura da dissertação**

A dissertação apresentada aborda todos os temas achados pertinentes para o desenvolvimento da tese. Os temas abordados na dissertação seguem ordenadamente com introdução, revisão bibliográfica, métodos e aplicação, análise de riscos e oportunidades de melhoria, resultados e medições, e conclusões e propostas de trabalhos futuros. No presente capítulo, foi apresentada uma contextualização ao tema, definidos os objetivos do trabalho, apresentada a metodologia utilizada na realização do presente trabalho, e descrita a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, revisão bibliográfica, é apresentada a indústria metalomecânica, avaliados os sistemas de informação na indústria, e descrito o conceito de rastreabilidade, os vários tipos e a sua aplicabilidade e importância na indústria, referindo quais ferramentas existem para o efeito.

No capítulo 3 são apresentados os métodos adotados para avaliação das falhas a minimizar, bem como as suas soluções, aplicando-as ao caso real em estudo.

Em seguida, no capítulo 4, analisam-se os riscos associados aos métodos aplicados e, através de uma análise FMEA, selecionaram-se os pontos com maior necessidade de implementação de ações e aqueles onde se podia melhorar.

No penúltimo capítulo, capítulo 5, apresentaram-se os resultados e medições, bem como os indicadores criados para a obtenção desses resultados.

Por fim no capítulo 6, são expostas as principais conclusões obtidas com o presente relatório, destacando a importância do tema em estudo, e apresentam-se as propostas de trabalho futuro e posterior implementação e melhoria.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Indústria metalomecânica**

A indústria metalomecânica é a indústria que se foca na manipulação e transformação de metais em produtos para o consumidor final ou para a indústria. É responsável por diversas formas de produção e transformação de metais, e com a evolução significativa que tem apresentado nos últimos anos, torna-se cada vez mais complexa.

#### **2.1.1. Caracterização do setor a nível mundial e nacional**

A nível nacional, a indústria metalomecânica tem sido a indústria mais exportadora da economia e com o aumento da qualidade e variedade dos produtos, o reconhecimento internacional tem sido cada vez mais elevado, o que torna este setor cada vez mais presente em mercados externos de países vizinhos, como a Espanha, Alemanha, França, Reino Unido, Itália e Angola [1].

Com uma avaliação feita em 2017 [1], as exportações totais feitas nesse ano, provaram que era a indústria portuguesa mais exportadora, com uma receita de 16,4 mil milhões de euros.

#### **2.1.2. Papel da indústria metalomecânica na sociedade**

Uma indústria desta dimensão, com um crescimento proporcional ao que se tem verificado, tem um papel muito importante na sociedade pois com o aumento do volume de trabalho no setor mais recursos humanos serão necessários para acompanhar este crescimento. Não só são necessários recursos humanos, mas este setor exige milhares de trabalhadores qualificados, estando aqui uma oportunidade de investimento na formação especializada.

#### **2.1.3. Processos envolvidos**

A indústria metalomecânica engloba diversos processos para a obtenção de produtos pela transformação de metais. Entre as principais áreas estão, a fundição, a soldadura, a deformação plástica e a usinagem.

A fundição é o processo de colocar metal líquido num molde, em que este dará a forma desejada ao material, depois de este ser retirado do molde e solidificar devido ao arrefecimento. Este processo é um dos primordiais, vindo a permitir a criação de objetos de forma barata, como o caso de joias, armas e ferramentas [2].

A soldadura é o processo responsável pela união localizada de materiais, não necessariamente idênticos. É um processo que é visto como permanente, uma vez que, depois de aplicado, não pode ser retificado pois recorre à ligação atómica dos dois ou mais materiais para garantir que oferece a resistência e durabilidade pretendidas [3]. Há dois grandes processos de soldadura, por fusão e por pressão.

A deformação plástica acontece depois de se ultrapassar o limite elástico de um material. Este processo de transformação recorre ao deslocamento de átomos ou moléculas dos materiais para

novas posições para alterar a sua geometria. Para a metalomecânica, a deformação plástica ocorre maioritariamente por escorregamento, estampagem, forjamento e laminagem [4].

O processo de usinagem concentra-se em criar peças através de processos de desgaste, inicialmente totalmente manuais, agora apoiado por ferramentas de tecnologia de ponta, processos como torneamento, fresagem e furação, tornaram-se mais rápidos e seguros para quem os desempenha. Estes processos têm o seu maior uso na indústria automóvel, naval, aeroespacial, eletrónica e de eletrodomésticos [5].

#### **2.1.4. Aplicações principais**

Grande parte do desenvolvimento da economia é devido à existência e evolução da metalomecânica, foi através disto que a maior parte dos bens e serviços que circulam ao redor do mundo, começaram.

Sem a metalomecânica, o mundo não seria conforme o conhecemos hoje, pois a produção e transformação de metais tem como principais aplicações as mais pequenas coisas do nosso dia a dia, máquinas, equipamentos, veículos, materiais de transporte, construção civil, nada disso seria uma realidade sem os trabalhos da metalomecânica.

#### **2.1.5. Princípios de qualidade na indústria metalomecânica**

Para garantir sucesso e qualidade na indústria metalomecânica, há alguns princípios a serem considerados de forma a manter um funcionamento constante e equilibrado dos processos do setor. Este setor tem como principais fatores de sucesso e qualidade, as máquinas e equipamentos e os recursos humanos.

Com estes dois a serem o cerne do funcionamento da metalomecânica, há princípios que devem ser adotados pelas organizações.

Criar uma rotina de manutenção, a manutenção preventiva, apesar de pouco adotada pelas empresas, é essencial para a redução de riscos de acidente e para evitar uma redução de produtividade de toda a operação, conforme acontece uma falha ou defeito no equipamento. Assim, ao desenvolver uma rotina regular de manutenções, não só as organizações garantem uma maior segurança aos seus trabalhadores, como redução de custos de reparações, proporcionando maior produtividade.

Manter um ambiente de trabalho seguro, este princípio é o melhor caminho para proteger os colaboradores e garantir que o seu trabalho pode ser realizado sem preocupações adjacentes. Este princípio assenta na implementação de dois tipos de equipamentos, Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Os EPC são equipamentos colocados no ambiente de trabalho com o objetivo de proteger e precaver os colaboradores de riscos existentes nos processos industriais, como se pode ver na Figura 1 [6], um dos dispositivos usados são placas de sinalização, podendo também adotar-se o uso de cones e faixas de segurança para delimitar áreas, sirenes e alertas luminosos, bloqueios de disjuntores, entre outros.



Figura 1 - Placa de sinalização [6]

Já os EPI, são obrigatoriamente fornecidos aos colaboradores pela empresa para o desenvolvimento de cada atividade, estes equipamentos têm de ser fundamentalmente escolhidos de acordo com o grau de proteção exigido para o risco inerente de cada atividade individual.

O último princípio, mais focado no colaborador recai sobre a necessidade de garantir uma formação adequada dos colaboradores, uma vez que esta indústria necessita de trabalhadores altamente especializados para a realização das atividades industriais.

### 2.1.6. Desafios e tendências de futuro

Análise SWOT é uma ferramenta de gestão que serve para fazer o planeamento estratégico de empresas e novos projetos. A sigla SWOT significa: *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças) e também é conhecida como Matriz SWOT. Provavelmente você pense que, por ser um método de gestão de projetos, quem deve aplicar a análise SWOT são os gestores. Porém, quem são as pessoas que conhecem de perto os meandros da empresa? São os funcionários que vivem o dia a dia do negócio!

Por isso, a análise SWOT é mais rica quando integra toda a equipa para levantar informações. Assim, cada pessoa pode contribuir com a realidade que vive nas suas rotinas. É interessante reunir os especialistas de cada área para relatar as qualidades, as dores, os desafios do seu trabalho, enquanto os gestores contribuem com a sua visão global do negócio.

Com a indústria metalomecânica a ser um setor que engloba várias atividades ligadas à indústria como um todo, tem um grande número de diferentes produtos. Analisando a Figura 2 [7], como todos os setores, apesar das dificuldades existentes e desafios presentes, também a metalomecânica tem os seus pontos fortes e fracos e apresenta algumas oportunidades e ameaças ao seu futuro.

<p style="text-align: center;"><b>Pontos Fortes (S)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Domínio das tecnologias básicas e utilização das tecnologias avançadas em alguns setores;</li> <li>- Alianças com parceiros externos;</li> <li>- Potencial e Custos de mão de obra;</li> </ul> <p>Segmentos com bom posicionamento nos mercados externos</p>	<p style="text-align: center;"><b>Pontos Fracos (W)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependência externa em relação a matéria-prima e preço e qualidade destas;</li> <li>- Baixa produtividade;</li> <li>- Insuficiente desenvolvimento tecnológico, utilização de tecnologias ultrapassadas e baixo investimento em I&amp;D.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades (O)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apostas na internacionalização por algumas empresas;</li> <li>- Modernização tecnológica e flexibilidade produtiva no setor automóvel;</li> <li>- Redes de subcontratação de crescente valor acrescentado.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Ameaças (T)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Promoção do investimento direto estrangeiro com base no baixo custo da mão-de-obra;</li> </ul>

Figura 2 - Análise SWOT da indústria metalomecânica [7]

Para além dos pontos tocados na análise SWOT da Figura 2 [7], devido à grande variedade de produtos com que a metalomecânica trabalha, advém a necessidade da implementação de um procedimento de rastreabilidade capaz de garantir um controlo contínuo e organizado de toda a informação essencial à obtenção de cada tipo de produto a ser produzido, por vezes em simultâneo. Como tal, a implementação de rastreabilidade, acompanhada de um desenvolvimento tecnológico ao nível dos sistemas de informação e ferramentas de identificação e acompanhamento de produtos, pode transformar os atuais pontos fracos do setor em pontos fortes, garantindo um aumento de produtividade e uma melhor gestão da qualidade.

## 2.2. Sistemas de informação na indústria

### 2.2.1. Contextualização e âmbito da aplicação

Os sistemas de informação (SI) na indústria são projetados para o comércio eletrónico e móvel, controlo de processos e suporte às decisões. Quando implementados, procuram satisfazer uma necessidade específica ou ser solução para um problema.

### 2.2.2. Vantagens na aplicação

Com a evolução constante das organizações e da sociedade, existe um reflexo direto no aumento do volume de informação e dados a tratar. Daqui cresce a necessidade da existência e implementação de SI que assegurem a recolha, armazenamento, processamento, consulta e comunicação da informação chave ao desenvolvimento de atividades.

Um SI é uma entidade que recolhe, armazena, processa e comunica informação importante para a organização, mantendo-a disponível e útil para quem a pretende utilizar.

De forma mais simples, é um conjunto de meios e procedimentos que pretende assegurar a informação útil necessária às diversas áreas e níveis da organização, bem como à sua envolvente externa.

A utilização de um SI garante uma melhor gestão de informação recebida, transformada e enviada, de forma a existir um maior controlo sobre os processos da organização [8].

### 2.2.3. *Enterprise Resource Planning (ERP)*

Planeamento de Recursos Empresariais ou *Enterprise Resource Planning (ERP)* é um sistema centralizado e completo integrador de todos os recursos, informações e atividades de uma organização. Um software ERP une, padroniza e agiliza todos os processos comerciais, incluindo as finanças, os recursos humanos, os processos de gestão de qualidade, os inventários, as vendas e os relatórios. Na Figura 3 [9], este abrangimento pode ser verificado. Um sistema ERP conta com uma única base de dados partilhada que consegue a visibilidade de dados em tempo real. Com a utilização de uma base de dados comum partilhada, a visibilidade de dados em tempo real proporciona uma única fonte de informação para todas as partes interessadas da organização [10].

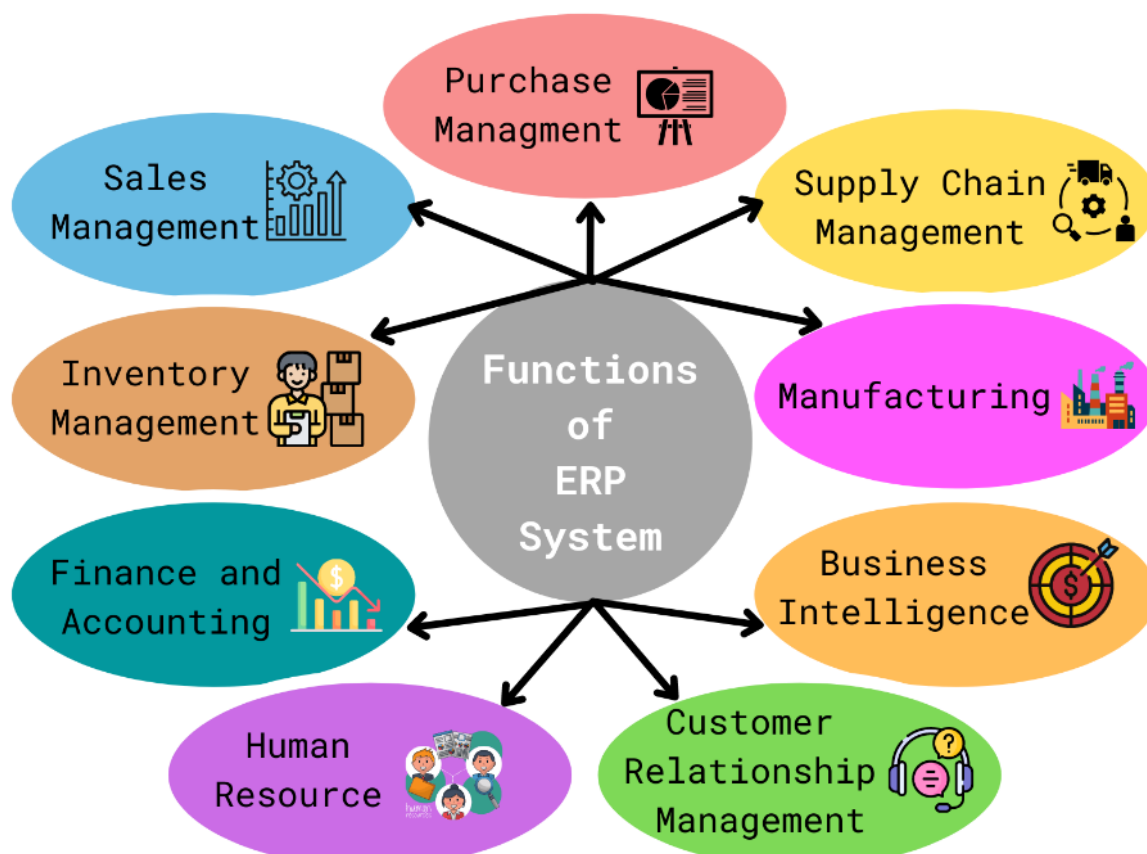


Figura 3 - Funções ERP [9]

Uma vez que é um sistema completo de gestão comercial desde o início da entrada de encomendas até ao processo de fabrico e contabilidade, uma solução ERP centraliza as funções comerciais ao mesmo tempo que integra soluções, como a utilização eficiente de recursos, um sistema de gestão de serviços, gestão e transferências de inventário em tempo real, a capacidade de garantir a

rastreabilidade de produtos e processos, encomendas, vendas e expedições, gestão de contactos e atividades, acessibilidade de informações comerciais a clientes e colaboradores [10].

#### **2.2.4. Manufacturing Execution System (MES)**

O Sistema de Execução de Produção, *Manufacturing Execution System (MES)*, foi desenvolvido pela *Advanced Manufacturing Research (AMR)*, e é um sistema de produção focado na recolha de dados para a gestão das atividades dos processos de produção, criando uma ligação direta entre o planeamento e a produção [11].

O sistema de informação e comunicação, MES, é maioritariamente utilizado par ao ambiente de produção de uma organização, onde é responsável pela tradução entre os processos de informação em produção e a organização. O MES tem também o objetivo de melhorar e controlar aspetos que influenciam o processo de produção, procurando alcançar alta flexibilidade e reduzir *lead times* e custos de produção, tendo funcionalidades como registos da produção, relatórios de desempenho, histórico de processos e detalhes do planeamento [11].

O sistema MES funciona como uma central de distribuição de dados da produção, para todos os outros sistemas da empresa, visando agilizar a troca de informações e facilitando a tomada de decisões, de acordo com a necessidade das organizações de obterem vantagens competitivas num mercado cada vez mais exigente, onde a tecnologia se desenvolve de forma rápida, tendo como foco custos menores [11].

#### **2.2.5. Advanced Planning and Scheduling (APS)**

Os Sistemas Avançados de Planeamento, *Advanced Planning and Scheduling (APS)*, orientados para a gestão de produção, surgiram face à necessidade de se utilizarem ferramentas que fossem eficazes para a programação detalhada de produção, que compreendem as aplicações de apoio à decisão aos níveis operacional e tático, através de técnicas avançadas de programação para a otimização do planeamento da produção [12]. Na Figura 4 [13], pode-se ver o funcionamento do APS.

Devido ao uso de algoritmos de otimização, que se regem por restrições e metas pré-definidas, têm a capacidade de gerar um planeamento e programação da produção em tempo real, apresentando simulações de possíveis cenários em pouco tempo, respeitando os critérios selecionados anteriormente [12].

Com isto, consegue-se um auxílio à tomada de decisões no que diz respeito à gestão de produção, baixando custos operacionais de organizações, juntamente com um melhor suporte a todos os intervenientes dos processos [12].

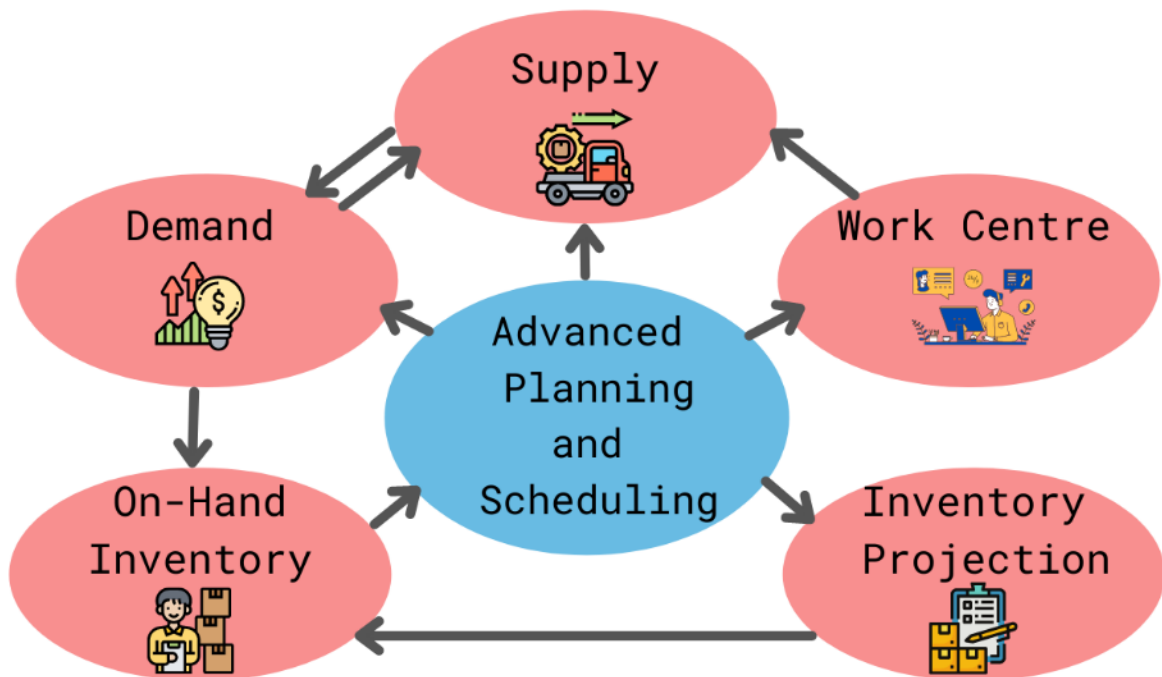


Figura 4 - Funcionamento APS [13]

### 2.2.6. Supply Chain Management (SCM)

A Gestão da Cadeia de Abastecimento, *Supply Chain Management (SCM)*, pode ser definida como "a gestão das relações a montante e a jusante com fornecedores e clientes, a fim de fornecer valor superior ao cliente a um custo menor para a cadeia de fornecimento como um todo" [14]. A Figura 5 [15] pretende ilustrar o fluxo de materiais e informação através da Cadeia de Abastecimento, *Supply Chain (SC)*.



Figura 5 - Fluxo Cadeia de Abastecimento [15]

A SCM envolve a coordenação e colaboração de atividades entre os seus vários intervenientes. Isto engloba o planeamento e a gestão de todas as atividades relacionadas com o fornecimento e a compra de materiais, processamento, e atividades de gestão de logística tais como previsões de procura, processamento e cumprimento de encomendas, transportes, faturação e processamento de pagamentos [14]. As principais características da SCM incluem relações de longo prazo entre os principais intervenientes da cadeia de produtos, com orientação para o cliente final, com benefícios

mútuos e compartilhando as informações, lucros e riscos. Essa ação é definida a cadeia de produtos de causa e efeito que proporciona uma vantagem competitiva mútua. Este efeito permite o aumento da competitividade ou a efetividade organizacional relativamente aos seus competidores reduzindo os custos e aumentando os lucros e fazendo crescer a satisfação do cliente [16].

### **2.2.7. Indústria 4.0**

A indústria tem sofrido inúmeras transformações até chegar à Indústria 4.0, conhecida como a Quarta Revolução Industrial, que consiste na junção do uso em massa das novas tecnologias na utilização de máquinas em determinadas tarefas ou no desenvolvimento de novas tarefas. A transformação significativa da experiência humana em apenas alguns séculos é consequência de uma série de revoluções monumentais. A Revolução Industrial refere-se a um conjunto de tecnologias que aumentaram imensamente a produtividade, levando a uma série de mudanças, na longevidade, na qualidade de vida, nas concentrações populacionais e no crescimento demográfico. A Indústria 4.0 nasce como uma alusão às três outras revoluções que mudaram drasticamente os processos de fabrico. Portanto, para um melhor entendimento da Indústria 4.0 é preciso entender, antes, como surgiu, e para tal, é necessária uma retrospectiva sobre as mudanças que se deram nos processos que levaram à identificação dos cenários de todas as revoluções industriais [17].

Com a Primeira Revolução Industrial, no século XVIII, a produção artesanal começou a entrar em declínio, devido à substituição da força humana por máquinas a vapor. As desvantagens da produção artesanal começam a aparecer: os custos elevados não diminuam com o volume de produção; o sistema era incapaz de garantir qualidade e de desenvolver novas tecnologias. Assim, a Primeira Revolução Industrial ocorreu entre 1760 e 1840, provocando a construção de linhas ferroviárias, a invenção das máquinas a vapor e o início das primeiras fábricas, fazendo com que a indústria atingisse um novo patamar com a produção mecânica [17].

A Segunda Revolução Industrial começou no fim do século XIX e entrou no século XX com o aparecimento da energia elétrica e da linha de montagem, possibilitando a produção em massa. No início do século XX, portanto, havia a produção em grande escala e o uso de peças substituíveis produzidas por máquinas. Porém, as produções de altos volumes eram comuns em setores industriais específicos, como: tabaco, aço, óleo, entre outros. Nesse período, houve o surgimento de um setor industrial que seria, ao longo desse século, o mais influente no desenvolvimento das técnicas de gestão de operações: o setor automóvel [17].

A Terceira Revolução Industrial começou na década de 1960, também denominada como revolução digital ou do computador, uma vez que foi impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação em mainframe, da computação pessoal e da internet. Ao contrário da primeira e da segunda revolução industrial, que mecanizaram os processos manuais, a terceira revolução é caracterizada pela digitalização, em que a tecnologia mecânica e analógica dá lugar à eletrônica digital [17].

A Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, surge então pela primeira vez na Alemanha, em 2011, na feira de Hannover, que traz para discussão a forma como as novas tecnologias revolucionarão a organização das cadeias globais de valor. Criando um novo mundo nas fábricas inteligentes, em que sistemas físicos e virtuais de fabrico cooperam de forma global e flexível, permitindo a total personalização de produtos e a criação de novos modelos operacionais.

A Quarta Revolução Industrial é caracterizada por uma internet mais móvel, por sensores menores e mais poderosos, que se tornaram mais baratos, bem como pela inteligência artificial e aprendizagem automática. As tecnologias digitais fundamentadas no computador, software e redes não são novas, mas estão a causar ruturas com a Terceira Revolução Industrial; estão a tornar-se mais sofisticadas e integradas e, conseqüentemente, a transformar a sociedade e a economia global [17]. Na Figura 6 [17], estão representadas as quatro revoluções.

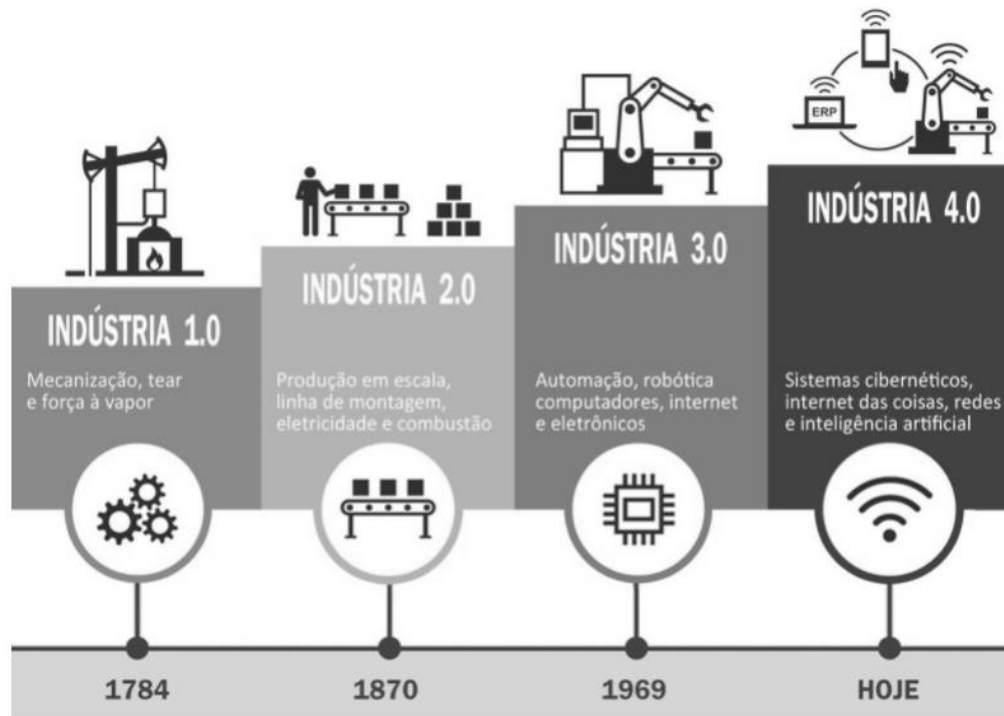


Figura 6 - Evolução histórica da indústria [17]

## 2.2.8. Estado da arte

Para avaliar o estado atual dos sistemas de informação na indústria, foram avaliados dois casos de estudo de duas empresas do setor, tirando da Tabela 1, as conclusões chegadas.

Tabela 1 - Estado da arte sistemas de informação

Autores	Foco da Pesquisa	Métodos	Conclusões
Pedro Lopes [18]	Identificação de quais são as necessidades atuais das empresas, para criar um serviço, de forma a que este tenha adesão por parte das organizações. Análise do estado atual de algumas empresas relativamente ao nível de digitalização e também ao nível de implementação da indústria 4.0 - Jofebar	Caso de estudo	Apresentando a empresa interesse na evolução digital de sistemas e implementação da indústria 4.0, apesar de classificada como recém-chegada, a já existente integração de sistemas, não só vertical como também horizontal, permite a obtenção de planeamentos de produção mais precisos.
Pedro Lopes [18]	Identificação de quais são as necessidades atuais das empresas, para criar um serviço, de forma a que este tenha adesão por parte das organizações. Análise do estado atual de algumas empresas relativamente ao nível de digitalização e também ao nível de implementação da indústria 4.0 - Autofer	Caso de estudo	Por falta de uma estratégia de implementação da indústria 4.0 esta empresa foi classificada como recém-chegada. A digitalização não é um imperativo estratégico da empresa, sendo que, desta forma, a transformação só poderá realizar-se num futuro a longo prazo.

## 2.3. Rastreabilidade na indústria

### 2.3.1. Conceito de rastreabilidade

Rastreabilidade consiste na capacidade de acompanhar um lote de produto e o seu histórico através de toda a sua cadeia de abastecimento, desde a receção até à expedição, inclusive todos os processos intermédios, transporte, armazenamento, e produção do produto. De acordo com a norma ISO 9000:2005, rastreabilidade é a capacidade de rastrear o histórico, a aplicação ou a localização do que está sob consideração. No caso particular de um produto, é a capacidade de rastrear a origem das peças e materiais, o histórico de transformação, a distribuição e a localização do produto após a entrega [19].

A rastreabilidade é a capacidade de identificar qual o passado e presente de um produto, e fazê-lo de forma única [19].

### 2.3.2. Tipos de rastreabilidade

Existem quatro principais tipos de rastreabilidade, a Jusante (*foward traceability*), a Montante (*backward traceability*), passiva e ativa [19].

A Rastreabilidade a Jusante, assenta no fornecimento de informação sobre determinada matéria-prima de interesse que deu origem a determinados produtos finais.

A Rastreabilidade a Montante, mostra, para a produção de um produto em particular, quais os lotes de matéria-prima forma consumidos em determinadas operações.

A Rastreabilidade Passiva, tem disponível a informação sobre qual o estado atual dos itens. Com a criação de um registo histórico, a função de rastrear permite saber qual o lote de matéria-prima dos itens e qual a sua utilização no produto final, garantindo assim uma rastreabilidade tanto a jusante como a montante.

A Rastreabilidade Ativa, engloba a rastreabilidade passiva. As informações de rastreabilidade da anterior são utilizadas para o processamento, otimização e controlo de processos ao longo de toda a cadeia, tornando assim a a rastreabilidade numa ferramenta de gestão e otimização de informação de qualidade ao longo da produção [19].

### 2.3.3. Importância na indústria

A implementação de sistemas de rastreabilidade apresenta diversas vantagens na indústria, tais como,

- Melhor gestão e controlo de inventários, bem como maior controlo e eficiência de processos;
- Garantia de cumprimento de requisitos de cliente;
- Contribuição para a qualidade e certificação de produtos;
- Capacidade de deteção de possíveis falhas;
- Em caso de falhas, permite a apuração de responsabilidades;
- Fácil acesso à informação para gestão da qualidade;
- Facilidade na localização dos produtos em caso de necessidade de imobilização do processo de produção;
- Contribuição para a diminuição de custos de produção;
- Garantias da proteção do cliente final.

A implementação de sistemas de rastreabilidade é essencial para o sucesso das organizações. É o instrumento que permite evitar ou ultrapassar incidentes como os descritos anteriormente, algo que é fundamental num ambiente cada vez mais competitivo e onde a perda de confiança dos clientes pode resultar em fortes perdas [19]. Os dados de rastreabilidade são essenciais para o

aumento da competitividade. A sua recolha permite, entre outras coisas, melhorar e certificar a qualidade do processo de produção e dos produtos finais. Desta forma, consegue-se fortalecer ou restabelecer a confiança dos clientes. Permite também a redução dos custos decorrentes da recolha de produtos defeituosos ou mesmo a possibilidade de evitar que os mesmos cheguem a ser finalizados.

## 2.3.4. Ferramentas e tecnologias

### 2.3.4.1 Códigos de barras e QR code

O Código de Barras, é uma representação gráfica dos dados numéricos associada ao EAN (*European Article Number*) composto por uma sequência numérica de 13 algarismos [20]. Estes 13 algarismos são divididos conforme a Figura 7 [20], para identificar:

- País;
- Identificação da Empresa;
- Identificação do Produto;
- Dígitos Verificador.



Figura 7 - Código de Barras [20]

No caso de Portugal, o número indicador é o 560.

Já o *Quick Response (QR) Code*, é um símbolo em duas dimensões (2D), conforme se pode ver na Figura 8 [22], cuja função, tal como o código de barras, é criar códigos de armazenamento de informações. Apesar de desempenhar as mesmas funções que o código de barras tradicional, a sua arquitetura permite uma maior capacidade de armazenamento de informação [21].



Figura 8 - Exemplo QR Code [22]

Devido à sua capacidade de armazenamento de dados, o *QR Code* rapidamente se tornou uma tecnologia adotada por várias empresas, de várias áreas, pois consegue abranger todo o tipo de informações, como, bilhetes de cinema e avião, texto, contactos, localizações, entre outros e também pois a sua leitura é simples e gratuita, em que apenas é necessário um dispositivo com câmara e uma aplicação capaz de ler e decodificar a informação [21].

#### **2.3.4.2 Radio Frequency Identification (RFID)**

Como facilitadora da tecnologia digital, a *Radio Frequency Identification* (RFID) é uma ferramenta competitiva na gestão de cadeias de fornecimento e fornece um interesse de investigação significativo numa série de atividades, incluindo armazenamento, embalagem, processamento e distribuição através das cadeias de valor.

A RFID permite a criação e introdução de dados em tempo real. A análise destes dados produz conhecimentos que permitem a identificação, o acompanhamento, e a rastreabilidade do inventário nas cadeias de abastecimento, resultando numa maior eficiência e na construção de uma vantagem competitiva sustentável através da garantia de qualidade do produto. A tecnologia RFID necessita de um leitor e uma etiqueta para identificar objetos através de ondas de rádio. A etiqueta recebe informação de um objeto e depois transmite-a ao leitor. A RFID automatiza o reabastecimento contínuo ou os inventários geridos pelo fornecedor. As etiquetas são utilizadas para identificar e seguir os objetos. Os leitores registam a informação da etiqueta e enviam os dados a um servidor para análise através de interfaces de *software* [23].

A revisão aprofundada da literatura resultou nas seguintes considerações para a incorporação da RFID nas cadeias de fornecimento:

- A empresa determina e dita os requisitos chave para otimizar as cadeias de fornecimento, especialmente as operações de fabrico.
- As estratégias e regulamentos comerciais estabelecidos pelos intervenientes empresariais fornecem os parâmetros limitantes para a aplicação da RFID na cadeia.
- Modelação e estudo das atuais condições de funcionamento e acordos empresariais é essencial para a compreensão das questões e desafios nas cadeias de fornecimento existentes.
- O processo de otimização da cadeia de fornecimento é influenciado pelo tipo e quantidade de entradas (matérias-primas) e saídas (produtos ou objetos) a ser fabricado e transportado [23].

### 2.3.5. Aplicabilidade para gestão de qualidade

Para se obter uma gestão de qualidade com recurso à rastreabilidade é necessário o bom funcionamento de quatro princípios principais: identificar, gerir, armazenar e comunicar [24].

Como se verifica na Figura 9 [24], as interligações dos princípios e todas as etapas têm de estar completamente coordenadas para garantir uma rastreabilidade completa.

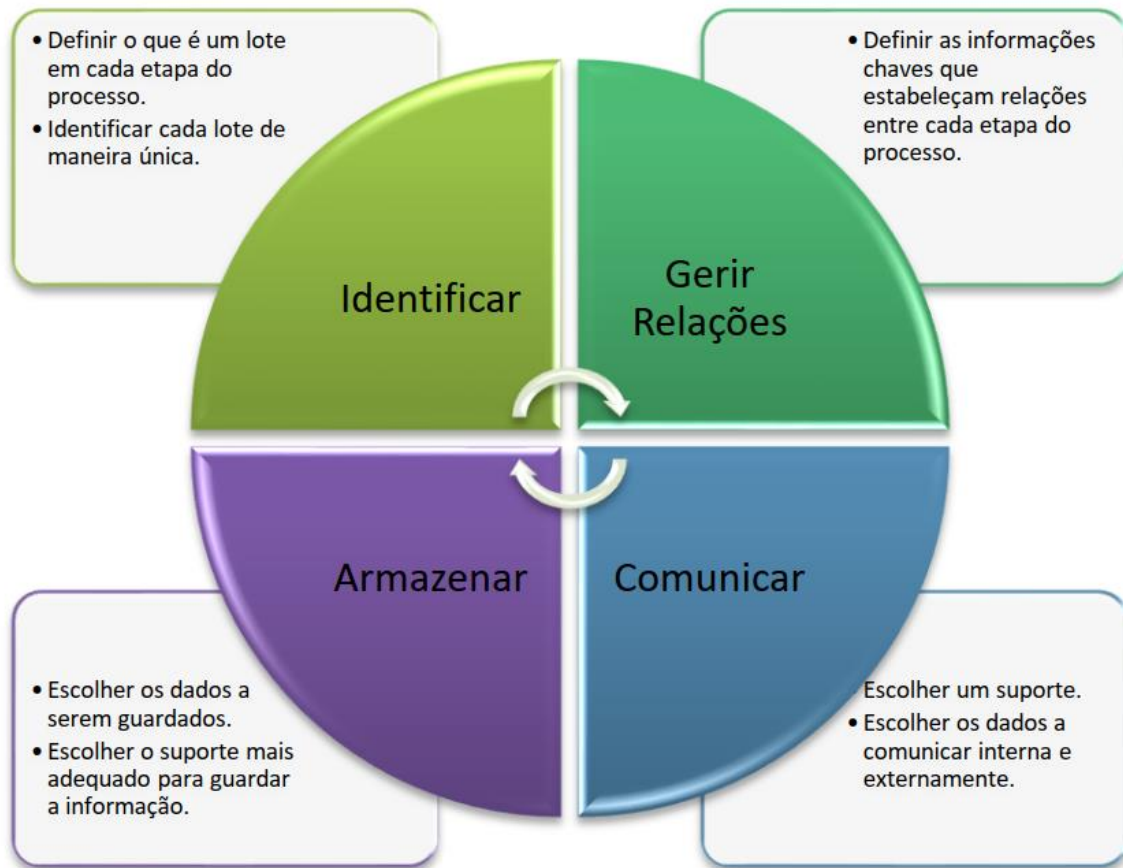


Figura 9 - Princípios fundamentais da rastreabilidade [24]

A identificação de cada lote é única ao longo de todas as etapas do processo, ou seja, um lote, na sua receção, nunca terá a mesma identificação na sua expedição depois de todas as transformações sofridas [24].

A gestão de relações define um identificador chave de forma a conseguir relacionar etapas para garantir uma rastreabilidade contínua. Na eventualidade de um problema ou defeito, consegue-se identificar de qual lote veio determinado componente [24].

Para o funcionamento desta relação de etapas, ao longo das mesmas é importante registar-se e guardar os dados importantes dos processos [24].

Toda esta informação deve estar facilmente acessível e compreensível para que cada departamento consiga manter uma rastreabilidade eficaz.

### 2.3.6. Casos industriais de sucesso

Com a rastreabilidade a ser um conceito com inúmeras vantagens no funcionamento da indústria, consegue-se averiguar o sucesso da implantação da mesma, por exemplo, na indústria têxtil e de vestuário.

Tendo inicialmente os mesmos problemas que a indústria metalomecânica, os benefícios tirados da implantação da rastreabilidade para lidar com cadeias de bloqueio, por exemplo, na cadeia de fornecimento têxtil, a maioria dos parceiros a montante recebem as matérias-primas de diferentes formas como input dos fornecedores, realizam várias operações para obter o produto final que é passado para o próximo parceiro da cadeia de fornecimento. Isto é replicado repetidamente por vários parceiros da cadeia de fornecimento até o produto final ser fornecido ao retalhista. Como resultado, é fornecido ao retalhista uma quantidade de informação em cada fase da cadeia de fornecimento que requerem procedimentos adequados de recolha e gestão. A informação gerada atua como um componente crítico da cadeia de fornecimento e cada parceiro precisa de trabalhar no sentido de controlar o seu fluxo e proteger informação confidencial. Como resultado, todas as informações podem ser registadas, mas apenas a informação essencial deve ser partilhada [25].

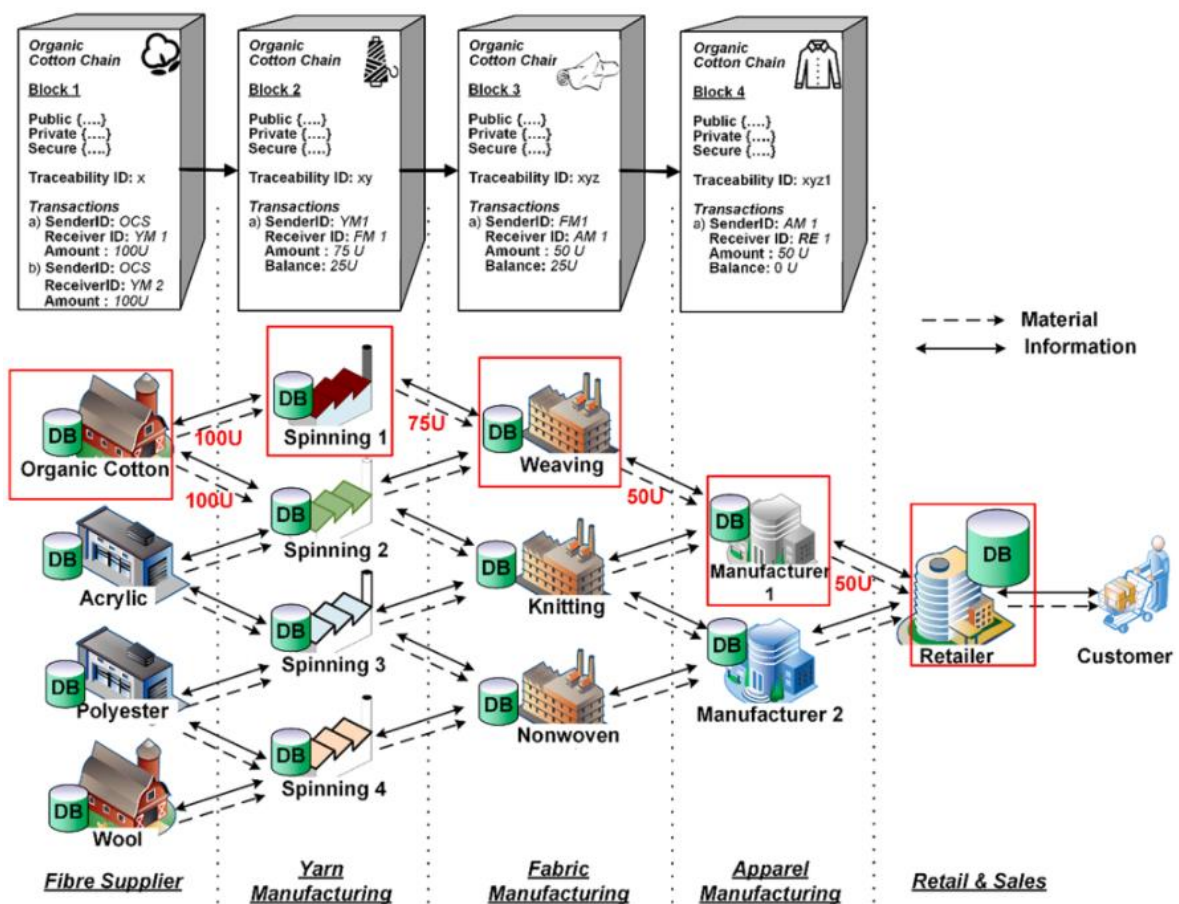


Figura 10 - Cadeia de fornecimento na indústria têxtil [25]

O sistema de rastreabilidade da empresa em estudo, da indústria alimentar, demonstra verdadeiramente que os sistemas de rastreabilidade não devem ser vistos de forma leviana: um sistema de rastreabilidade informatizado representa uma forma ótima de saber a todo o momento

o que está a acontecer ao longo de toda a cadeia de fornecimento. De facto, para esta empresa, a rastreabilidade constitui um sistema de circulação de informação. A empresa conseguiu extrair informação decisiva para a enorme quantidade de dados fornecidos pelo seu sistema de gestão. Apesar de alguma relutância inicial, a implementação do sistema de rastreabilidade tem sido um grande sucesso: o investimento inicial foi recuperado em menos de 2 anos; e a empresa teve melhorias significativas, tanto qualitativas como quantitativas no fornecimento, armazenagem, inventário e produção [26].

No momento do estudo, o sistema da empresa está 100% operacional e funciona perfeitamente e tornou-se certamente uma fonte de vantagens competitivas. Como forma de ilustrar isto, não há muito tempo, um potencial cliente que visitou a fábrica teve o prazer de verificar a forma como a empresa pôde fornecer toda a informação pertinente de um produto em apenas alguns segundos, devido à organização da informação em todo o seu processo como mostra a Figura 11 [27], após a introdução do código de barras no sistema [26].

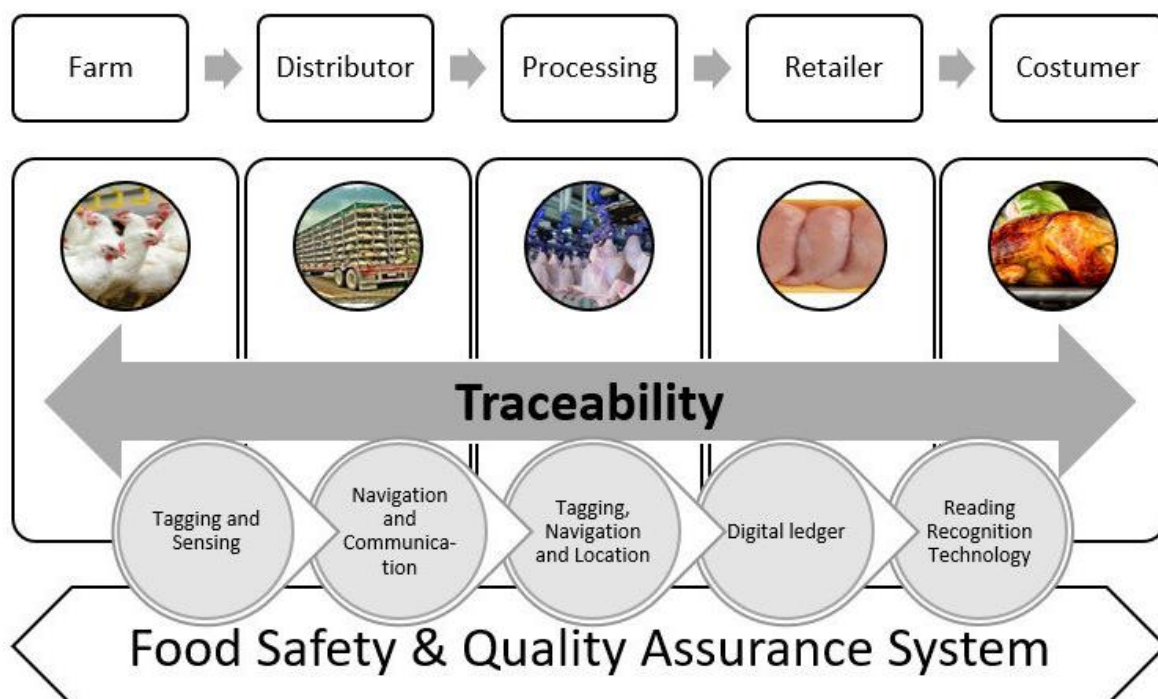


Figura 11 - Rastreabilidade indústria alimentícia [27]

### 2.3.7. Estado da arte

Depois de compreendida a rastreabilidade e a sua importância, procurou-se estabelecer qual o estado atual da rastreabilidade na indústria, apresentando na Tabela 2, as conclusões tiradas da implementação da rastreabilidade em duas indústrias que conseguiram sucesso.

Tabela 2 - Estado de arte rastreabilidade

Autores	Foco da Pesquisa	Métodos	Conclusões
B. Unhelkar, S. Joshi, M. Sharma, S. Prakash, A. K. Mani, and M. Prasad [23]	Implementação de rastreabilidade com o auxílio de tecnologia RFID para aumento do controlo ao longo das cadeias de fornecimento, aumentando a precisão e rapidez.	Artigo de Revisão	Poupança de até 84% do tempo total de transporte e de atraso, quase 60% de redução no tempo para fornecer materiais que melhoram a eficiência total de uma cadeia de abastecimento em quase 80%. A tecnologia RFID é estabelecida como uma tecnologia global que dá vantagens industriais em todas as indústrias, incluindo as cadeias de fornecimento de cuidados de saúde.
M. Hader, D. Tchoffa, A. el Mhamedi, P. Ghodous, A. Dolgui, and A. Abouabdellah [28]	Criação de uma cadeia de fornecimento rastreável e transparente para a indústria têxtil de forma a ajudar os clientes a fazer escolhas informadas sobre os produtos que compram e as empresas que apoiam.	Caso de estudo	Este sistema fornecerá informação em tempo real a todos os membros da cadeia de fornecimento sobre o estado dos produtos têxteis, o que reduzirá extremamente os riscos relacionados com sistemas de informação centralizados, e permitirá um sistema mais seguro, distribuído, transparente e colaborativo. Além disso, a avaliação do quadro proposto demonstrou o seu impacto positivo no lucro do fabricante no caso de uma indústria têxtil. O quadro de rastreabilidade proposto mostra também que os proprietários de marcas podem ter melhor informação sobre as suas cadeias de fornecimento. No caso de problemas de qualidade ou de uma recolha, esta informação pode ser utilizada de forma eficiente para rastrear os intervenientes envolvidos para resolver a questão.



## 3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

### 3.1. Apresentação da empresa

A PEMEL é um grupo industrial especializado na construção em aço, com ampla participação em grandes projetos mundiais para as Indústrias de Petróleo, Química, Cimento, Naval e Celulose. Fundada em 1995, a PEMEL iniciou as suas atividades aproveitando uma falha de mercado deixada pelo fecho da grande empresa metalúrgica SEPSA. Aproveitando o amplo espaço histórico da empresa de 32.600 m<sup>2</sup>, os principais técnicos e engenheiros especializados, a PEMEL garantiu a sua posição no mercado. Em 2006, para manter o crescimento rápido, foi criado o grupo PEMEL. O objetivo era otimizar o uso de instalações, equipamentos e pessoas para ter uma resposta maior e mais rápida ao mercado global. Em 2019 o grupo PEMEL foi comprado pelo grupo Omatapalo e com isso a empresa tem um novo começo. A profunda reorganização da estrutura tem como visão se tornar referência no mercado por tratar o cliente com rigor e profissionalismo. Hoje o grupo PEMEL é proprietário da PEMEL Metal, PEMEL Instalações e H2OM.

#### 3.1.1. Valores e missão da empresa

A empresa estando já inserida neste mercado durante tantos anos, tem tido a oportunidade de aprender com o desenvolvimento da indústria e manter os seus princípios sempre atualizados com as considerações do mundo. Como tal, com toda a experiência adquirida ao longo de todos os anos nesta área, a PEMEL adotou valores que hoje regem o seu funcionamento.

A PEMEL preocupa-se com:

- Satisfação do cliente;
- Qualidade no que faz;
- Uniformização e dinamização do grupo, sempre elevada ética institucional;
- Respeito pelo meio ambiente;
- Adoção contínua das normas de segurança;
- Manutenção das excelentes relações com todos os seus *stakeholders*.

Os objetivos da PEMEL são:

- Tornar os projetos dos seus clientes exequíveis, viáveis e sempre com a qualidade destacada;
- Desenvolver projetos de acordo com as normas em vigor, de forma a maximizar a vida útil dos equipamentos fabricados;
- Executar todo o tipo de projetos a nível mundial, dentro do espectro da sua área de negócio.

### 3.1.2. Infraestruturas e história

Atualmente a PEMEL conta com uma área de 32.600 m<sup>2</sup>. A empresa possui 2 naves de produção e um armazém com 4.128 m<sup>2</sup> cada uma e uma Nave de produção e montagem com 4.400 m<sup>2</sup>. O setor administrativo e técnico conta com uma área total de 554 m<sup>2</sup>. A PEMEL ainda possui uma área descoberta de 19.397 m<sup>2</sup>.

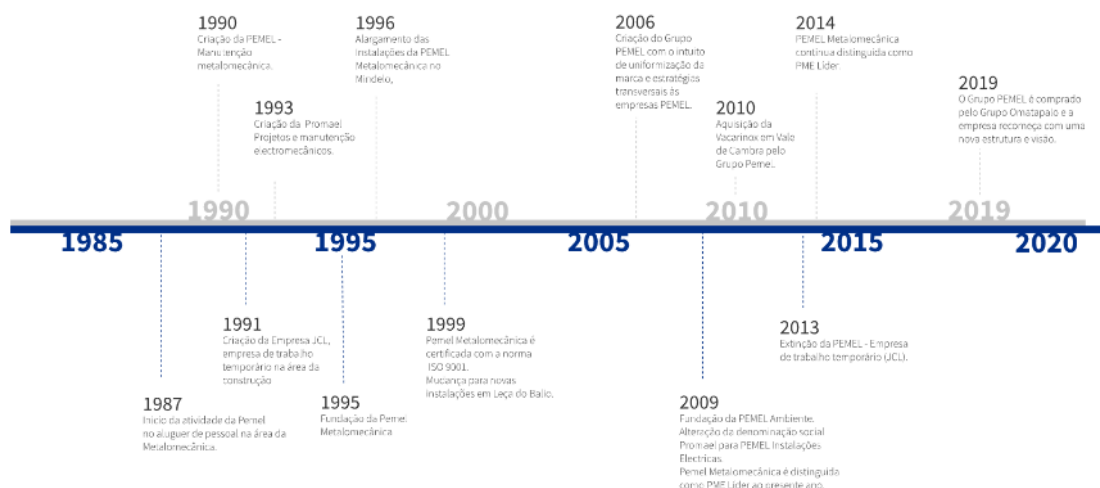


Figura 12 - História da PEMEL

### 3.2. Portfólio de projetos

A PEMEL fornece peças em aço para várias áreas onde se aplica construção soldada pesada, como guias, comportas, turbinas, chaminés, perfis reconstituídos soldados (PRS) para pontes rodoviárias, condutas, todos estes equipamentos em diferentes materiais, tamanhos e pesos. Nas figuras abaixo podem observar-se alguns dos projetos realizados pela PEMEL.

De entre os maiores projetos que a PEMEL realizou recentemente, estão as comportas apresentadas na Figura 13, comportas estas com dimensões de 12 metros (m) de altura e 10 m de largura, pesam 80 toneladas (Ton) cada e foram instaladas em *Yveslines* a 60 quilómetros (km) de Paris.

Na Figura 14, pode-se visualizar uma das dezasseis *check gates* do cliente Level EPC V.O.F., equipamentos estes com 4 m de comprimento por 3 m de largura, pesando aproximadamente 4 Ton cada.

Na Figura 15, está o projeto mais desafiante que a PEMEL realizou, seis turbinas hidroelétricas para instalação na Áustria. Turbinas estas que foram construídas numa mistura de aço ao carbono e aço inoxidável *Quenched and Tempered* (QT), mostraram-se um desafio devido às inúmeras soldaduras de transição onde se uniu os dois tipos de materiais distintos. Tendo 5 m de diâmetro exterior e 3 m de altura em posição de funcionamento, estas peças tiveram de ser construídas em duas metades.

Os projetos mais recentes da PEMEL e ainda em curso, passam pela construção de PRS da Figura 16, para construção de pontes rodoviárias para Angola. Pertencendo agora a empresa ao Grupo Omatapalo, com grande influência no desenvolvimento de Angola, a PEMEL já forneceu mais 6 pontes para o Grupo.

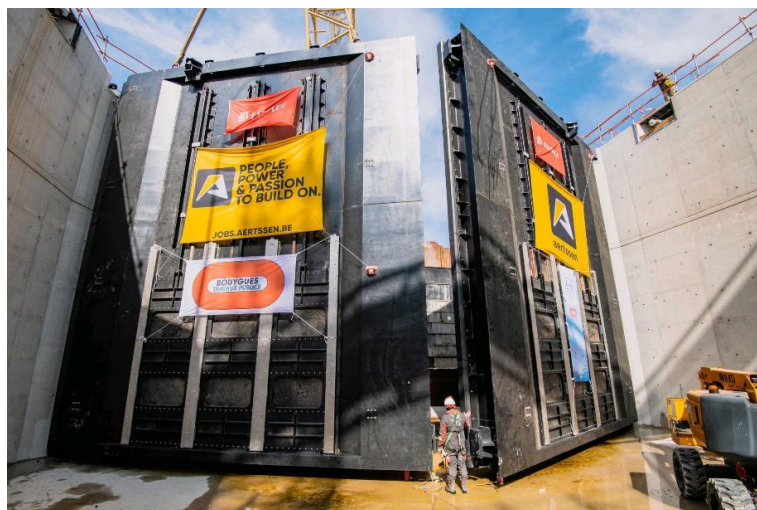


Figura 13 - Comportas Mericourt (França)



Figura 14 - Check gate Levvel (Holanda)



Figura 15 - Turbinas hidroelétricas Andritz (Áustria)



Figura 16 - PRS para ponte rodoviária (Angola)

### 3.3. Objetivos da rastreabilidade e diferentes tipos

A rastreabilidade tem como objetivo o controlo de um processo desde o seu início até ao seu fim, e pode ser aplicada a diferentes vertentes da indústria, como rastreabilidade de soldaduras, rastreabilidade de materiais de adição, rastreabilidade de ensaios não destrutivos, entre outros. Contudo, o procedimento desenvolvido neste trabalho é focado na rastreabilidade de materiais.

Os diferentes tipos de rastreabilidade preveem diferentes níveis de restrições no que toca ao controlo de materiais de peças usadas em projetos. A rastreabilidade parcial é usada de maneira *standard* em todos os projetos, ou seja, se nada for indicado pelos requisitos do cliente que se deve proceder a um controlo de material mais rígido, assume-se uma rastreabilidade de materiais parcial. As restantes duas, total e total individual, são solicitadas pelo cliente por motivos suportados pelo cliente, para melhor controlo das peças solicitados.

Com isto, surgem duas questões chave para compreender os objetivos da rastreabilidade e os seus tipos. Estas questões são “Para quê ter rastreabilidade?” e “Porquê ter rastreabilidade?”. A rastreabilidade, quando implementada, permite garantir o cumprimento de pressupostos de normas e/ou códigos, de forma a assegurar que todos os materiais usados cumprem as especificações de cliente e requisitos legais, e tem também como função a averiguação de causas de falhas durante o uso, permitindo a identificação da zona de falha, rastrear cada peça ao seu lote inicial de MP, para posterior apuramento de responsabilidades, providenciando evidência objetiva.

Um sistema de gestão que tem requisitos de rastreabilidade definidos garante o total controlo sobre a complexidade de informações e dados dentro de um processo, independentemente do volume. Quando projetada corretamente, a rastreabilidade serve como uma base eficaz e eficiente para a identificação de documentação, responsabilidades, recursos, processos, produtos e serviços.

Os requisitos da rastreabilidade estão diretamente ligados aos requisitos dos clientes, legislações e normas que todos os produtos colocados no mercado devem possuir consoante a sua finalidade. Com o risco, a rastreabilidade permite que as empresas e autoridades retirem os produtos identificados como inseguros.

Uma correta implementação da rastreabilidade, permite a minimização de custos, tornando o processo mais eficaz, permite identificar ações orientadas para a prevenção de recorrências, auxilia no diagnóstico em caso de problemas, passando a responsabilidade quando assim é pertinente, promove a confiança do cliente no produto e proteção do nome da empresa, otimiza a eficiência da produção e do controlo de qualidade. A rastreabilidade também garante que a segurança dos produtos e atributos de qualidade foram verificados. É importante definir lotes de produtos e MP para que essa informação seja retida durante as etapas do processo e assim facilitar a investigação.

A rastreabilidade é também um elemento fundamental para a melhoria contínua. Através de um sistema que permita rastrear informações, a empresa tem subsídios para identificar oportunidades de melhoria de processos, produtos e serviços. Na rastreabilidade de material na indústria metalomecânica, existem tipicamente três tipos principais de rastreabilidade, sendo eles, a rastreabilidade parcial, rastreabilidade total e rastreabilidade total individual. As diferenças entre estas rastreabilidades estão relacionadas com a forma de rastrear uma peça de um conjunto até à sua MP.

Na rastreabilidade parcial (Figura 17) todo o material do projeto é cortado e gera peças que serão usadas em todos os conjuntos do projeto, sem definição prévia do seu destino. As peças do projeto são todas identificadas de acordo com a suas características, sendo que peças idênticas possuem a mesma referência para as identificar, não sendo necessário a criação de referências para identificar peças idênticas.

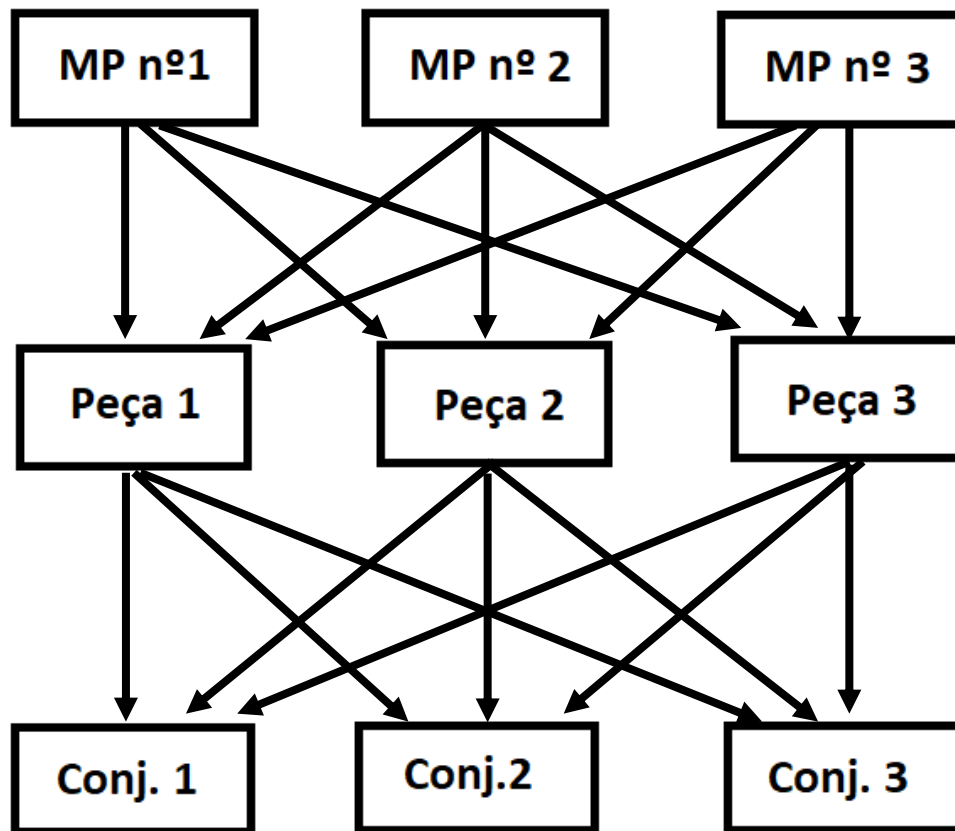


Figura 17 - Rastreabilidade parcial

A rastreabilidade total prevê que as peças possam ter como origem qualquer uma das MP. Contudo a sua localização em cada conjunto é conhecida. Este tipo de rastreabilidade prevê que independentemente da origem das peças, estas têm de ser identificadas diretamente na sua localização no conjunto. Ou seja, da mesma maneira que na rastreabilidade parcial, peças idênticas têm a mesma referência, na rastreabilidade total, peças idênticas podem possuir a referência que as identifica individualmente, mas tem de se garantir que conseguem ser rastreadas ao conjunto onde se encontram. Como se representa na Figura 18, as peças 1, 2 e 3 podem ser obtidas que qualquer uma das três MP, contudo temos conhecimento à priori que a peça 1 vai estar presente no conjunto 1, a peça 2 no conjunto 2 e a peça 3 no conjunto 3.

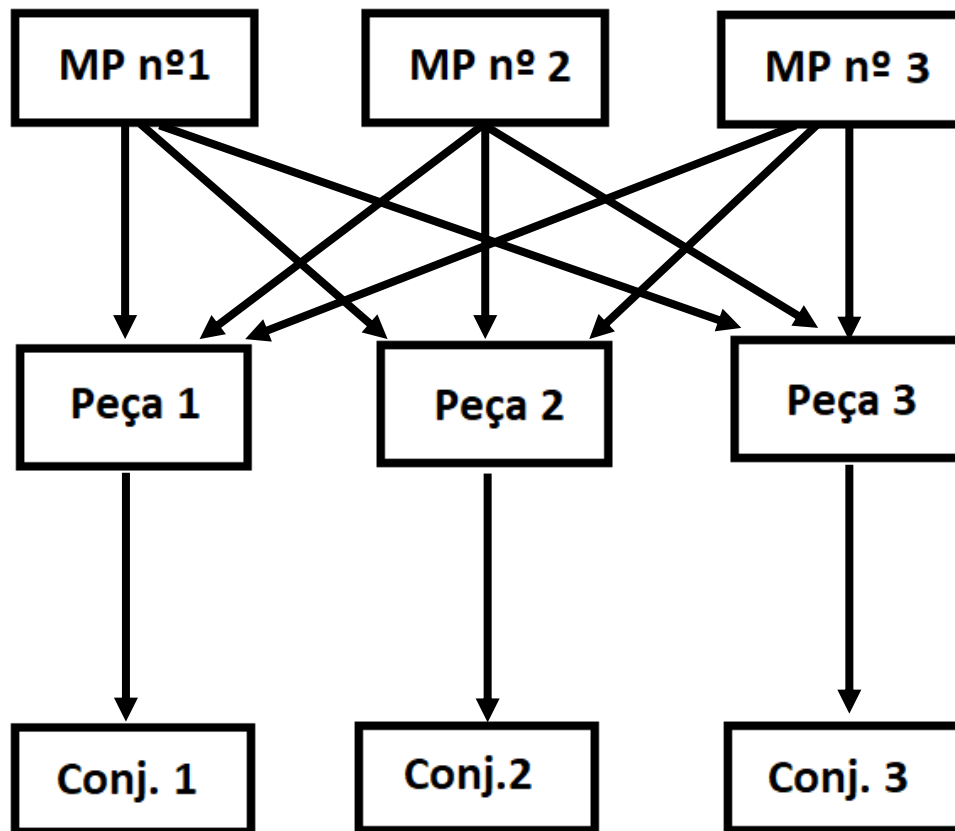


Figura 18 - Rastreabilidade total

A rastreabilidade total individual garante que não existem duas peças iguais em todo o projeto, ou seja, cada peça tem a sua única MP e por sua vez só tem o seu único conjunto, criando uma linha direta de rastreabilidade do conjunto à respectiva MP, sendo que cada peça tem a sua identidade própria. Mesmo havendo inúmeras peças com características idênticas, todas elas têm a sua própria referência, de forma a se ter uma ligação direta dessa peça à sua localização no projeto e a sua origem nas MP usadas no projeto, não podendo assim ser confundidas.

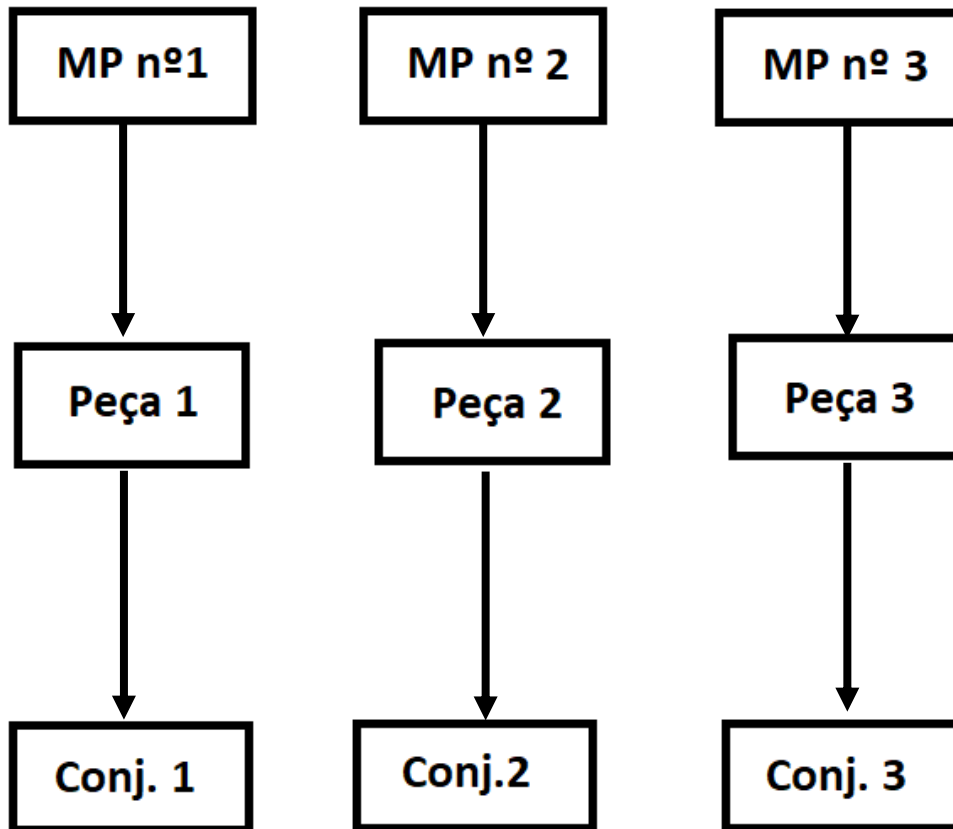


Figura 19 - Rastreabilidade total individual

### 3.3.1. Rastreabilidade parcial

Todas as MP (chapas, perfis e tubos) para o projeto são rececionadas e são identificadas a tinta, com o n.º de projeto, qualidade do aço, dimensões e lote.

Na altura do corte, o operador do corte de chapa regista o n.º sequencial de corte (CH1, CH2, ...) e faz o levantamento das marcas, que se pode ver na Figura 20 (qualidade e número de vazamento) inscritas na matéria prima e regista-as num impresso (MOD.4058) para posterior tratamento.

N° OBRA  
20221155

**PEMEL**  
metal

**LEVANTAMENTO DE MARCAS**  
**MARKS REGISTER**

PEMEL Ref. CH	N° Lote PEMEL	Plano de Fabrico	Descrição do Material Material Description		
			Marcas (N° Vazamento / N°Chapa) Marks (Heat N°/ Plate N°)	Dimensões Dimensions	Qualidade Quality
1	230243	128	308282-04/2x3190	8x12000x2500	S355JR
2	230244	132	305581-02/2w2750	8x12000x2500	S355JR
3	230245	136	305580-01/2w2750	8x12000x2500	S355JR

Figura 20 - Levantamento de marcas no impresso MOD.4058

Todas as peças cortadas são marcadas individualmente com todas as informações necessárias para o acompanhamento das peças ao longo de todo o processo de fabrico. São efetuadas as seguintes marcações (Figura 21):

- N° de encomenda;
- Referência da peça;
- N° sequencial de corte (CH1, CH2, ...).



Figura 21 - Marcação de peças

Na Figura 22, é possível visualizar o registo do número sequencial de corte, no respetivo programa de corte, por forma a identificar qual a chapa origem das peças cortadas.

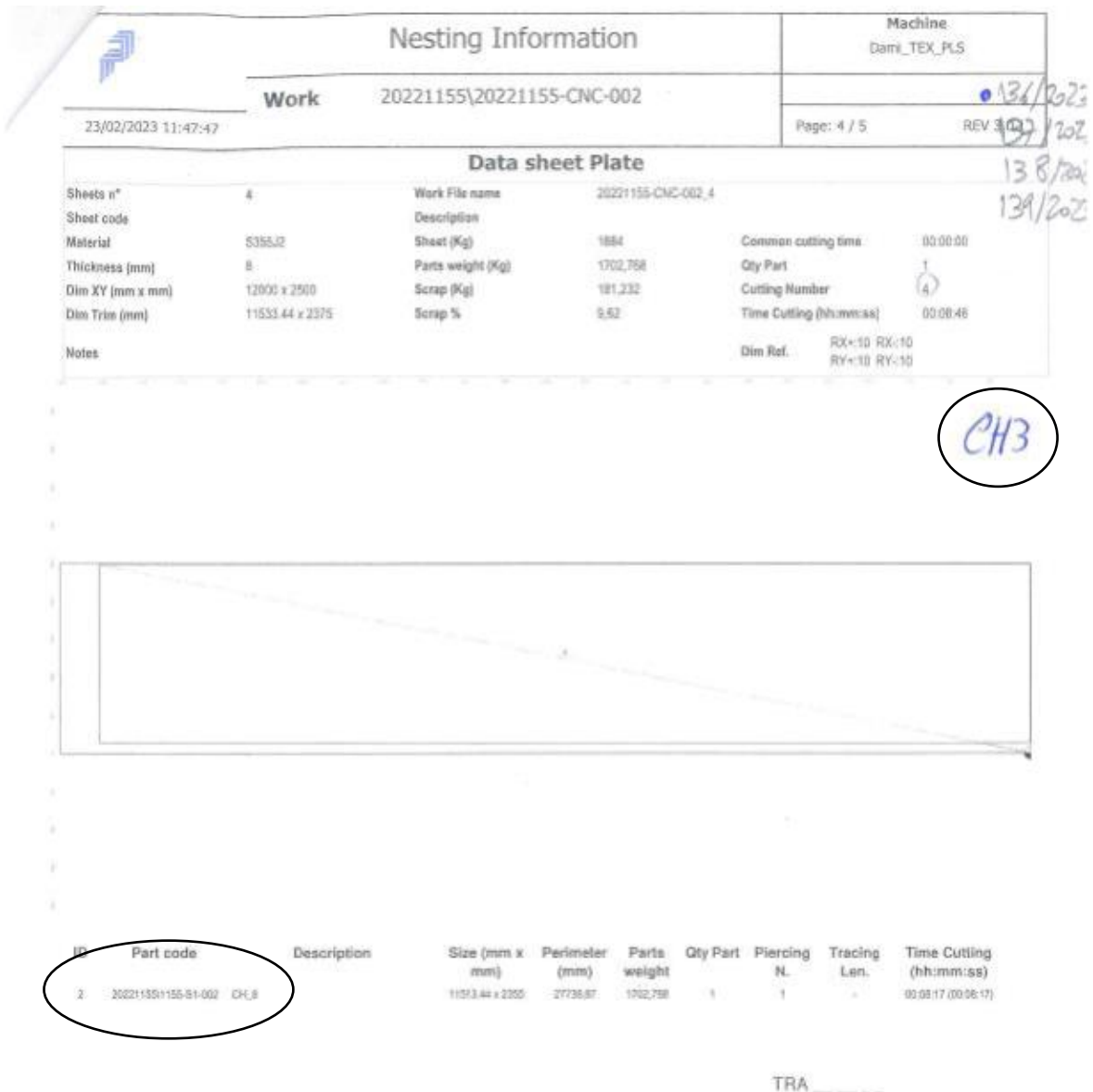


Figura 22 - CNC de corte

O Departamento de Qualidade (DQ) elabora o Plano de Rastreabilidade (Figura 23) utilizando para o efeito o impresso modelo (MOD.4010). São disponibilizados todos os certificados de MP que deram origem às peças cortadas para o projeto sem as rastrear a cada conjunto. Com base nas listas de levantamento de marcas (MOD. 4058), são reunidos todos os certificados de chapa, tubos e perfis utilizados para o projeto, não sendo rastreados individualmente a cada conjunto, mas sim à totalidade dos conjuntos. Para o projeto é de seguida elaborado um dossier de qualidade que contempla todos os certificados do material utilizado. No fim do processo, o plano de rastreabilidade resume todas as informações.

PEMEL metal				PLANO DE RASTREABILIDADE / TRACEABILITY PLAN					DATA	
				Cliente / Client Ref:			Pemel ref. 20221155		DATE	
				Item:			Rev. 0		01-03-2023	
Ref.	Dwg. Pos.	Qtd. Qty.	Descrição Description	Material Material	Fornecedor Supplier	Nr. Certificado Certificate N°	Tipo Type	N° Laminagem Heat n°	N°Chapa Plate n°	
STACK P1, P2, P3, P4 (partial traceability)										
CH20	1155-83-007	146 de 176	Plate 15 mm	S355J2+N	Nippon steel Corp.	YE 2200221	3.1	ZW3042	305564-04	
CH22	1155-83-007	30 de 176	Plate 15 mm	S355J2+N	Nippon steel Corp.	YE 2200314	3.1	ZW4023	305792-02	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Figura 23 - Plano de rastreabilidade no impresso MOD. 4010

### 3.3.2. Rastreabilidade total

Da mesma forma que é efetuado na rastreabilidade parcial, descrito no ponto anterior, todas as MP são identificadas e registadas.

Desta forma, todas as peças cortadas são marcadas individualmente com todas as informações necessárias para o acompanhamento das mesmas ao longo de todo o processo de fabrico. São efetuadas as seguintes marcações (Figura 21):

- Nº de encomenda;
- Referência da peça;
- Nº sequencial de corte (CH1, CH2, ...).

Neste pressuposto de rastreabilidade, o conjunto final é constituído pelas suas peças, sendo estas rastreadas especificamente ao seu conjunto, na eventualidade de existirem inúmeros conjuntos iguais. Apesar de uma peça com o mesmo código pode estar presente em vários conjuntos, esta tem de ser identificada no seu conjunto com a identificação da sua matéria-prima base.

Na Figura 22 é possível visualizar o registo do número sequencial de corte, no respetivo programa de corte, por forma a identificar qual a chapa origem das peças cortadas.

O DQ elabora o plano de rastreabilidade (Figura 24), utilizando para o efeito o impresso modelo (MOD.4010).

PEMEL metal				PLANO DE RASTREABILIDADE / TRACEABILITY PLAN					DATA	
				Cliente / Client Ref: CECO			Pemel ref. 20221155		DATE	
				Item:			Rev. 0		01-03-2023	
Ref.	Dwg. Pos.	Qtd. Qty.	Descrição Description	Material Material	Fornecedor Supplier	Nr. Certificado Certificate N°	Tipo Type	N° Laminagem Heat n°	N°Chapa Plate n°	
STACK P1 (Shells and flanges-Full Traceability)										
CH3	1155-81-002	1	Plate 8 mm	S355J2+N	Nippon steel Corp.	YE 2200220	3.1	ZW2750	305580-01	
CH 12	1155-83-002	1	Plate 8 mm	S355J2+N	Nippon steel Corp.	YE 2200235	3.1	ZX3190	308283-04	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

Figura 24 - Plano de rastreabilidade total

Serão disponibilizados todos os certificados de MP que deram origem às peças cortadas para o projeto rastreando-as através de uma verificação física a cada conjunto em que foram aplicadas. Com base nas listas de levantamento de marcas (MOD. 4058) serão reunidos todos os certificados de chapa, tubos e perfis utilizados para o projeto, sendo rastreados individualmente a cada conjunto, conseguindo assim rastrear qual a matéria-prima base de peças com o mesmo código,

em conjuntos diferentes. Para o projeto será elaborado um dossier de qualidade que contemplará todos os certificados do material utilizado. No fim do processo, o plano de rastreabilidade resume todas as informações.

### 3.3.3. Rastreabilidade total individual

Mantendo neste pressuposto os processos de identificação, registo e corte da rastreabilidade total, nesta, todos os conjuntos e as suas peças são diferentes, ou seja, não existem peças com o mesmo código. Apesar de existirem peças geometricamente iguais, estas são individualmente identificadas com o seu código próprio, não havendo lugar para a repetição de códigos de peças em conjuntos diferentes.

Na Figura 22, vê-se o registo do número sequencial de corte, no respetivo programa de corte, por forma a identificar qual a chapa origem das peças cortadas. O DQ elabora o plano de rastreabilidade utilizando para o efeito o impresso modelo (MOD.4010).

Serão disponibilizados todos os certificados de MP que deram origem às peças cortadas para o projeto rastreando-as através de uma verificação física a cada conjunto em que foram aplicadas. Com base nas listas de levantamento de marcas (MOD. 4058) serão reunidos todos os certificados de chapa, tubos e perfis utilizados para o projeto, sendo rastreados individualmente a cada conjunto, conseguindo assim rastrear qual a matéria-prima base de peças com o mesmo código, em conjuntos diferentes. Para o projeto será elaborado um dossier de qualidade que contemplará todos os certificados do material utilizado. No fim do processo, o plano de rastreabilidade resume todas as informações.

### 3.4. Procedimento

Com o atual volume de exportação da metalurgia e metalomecânica em Portugal, torna-se essencial que o registo, acompanhamento e documentação de requisitos de clientes seja rastreado de forma completa, fácil e organizada. Para tal, desenvolveu-se um procedimento cuja implementação se pretende que impulse a empresa para o topo da indústria metalomecânica e de construção soldada, como pioneira da rastreabilidade de materiais, este procedimento desenvolvido e apresentado na Tabela 3 tem como objetivo criar um funcionamento de todos os departamentos envolvidos diretamente no processo de fabrico de projetos, pelo que este procedimento é válido para os três tipos de rastreabilidade de materiais, de forma a generalizar o fluxo de todos os processos envolvidos.

Tabela 3 - Procedimento de rastreabilidade

Nº	Departamento/Área	Ação a implementar
1	Comercial	Registo de encomenda com todas as especificações de cliente a considerar no aprovisionamento do material e controlo de documentação
2	Todos os departamentos	Reunião de passagem de obra de forma a informar todos os intervenientes das especificações para o projeto

3	Gestão de projeto	Levantamento de material necessário para a realização do projeto
4	Gestão de projeto/preparação	Gestão de projeto apoia na preparação do projeto de forma a garantir o uso correto de materiais conforme especificações de cliente
5	Gestão de projeto	Aproveitamento do material a comprar usando a preparação de projeto realizada
6	Gestão de projeto	Aprovisionamento da matéria prima indicando no pedido todas as especificações do cliente, qualidade do material, acabamento de proteção anticorrosiva, certificados, entre outra informação
7	Compras	Transposição da informação presente na requisição de material para o pedido de cotação a apresentar aos fornecedores
8	Compras	Compilar em mapa comparativo todas as propostas recebidas dos fornecedores, indicando qualquer alternativa recebida com especificações diferentes das presentes na requisição
9	Gestão de projeto	Avaliação do mapa comparativo recebido, tendo em conta todas as alternativas fora das especificações, de forma a perceber se são viáveis para uso no projeto ou descartadas como possibilidades, podendo como tal apresentá-las ao cliente para aprovação na falta de propostas que satisfaçam as especificações originais
10	Gestão de projeto	Aprovação do mapa comparativo de acordo com o pressuposto anterior
11	Compras	Envio de encomenda ao fornecedor aprovado pedindo que o mesmo inclua em conjunto com o material os certificados requisitados
12	Armazém/fabrico	Receção do material, verificando dimensões e certificados conforme encomenda
13	Armazém/fabrico	Marcação no material, nº de projeto, qualidade, nº de lote, nº de vazamento e dimensões

14	Gestão de projeto	Emissão de documento para o uso do material por parte do fabrico, indicando quais lotes a usar
15	Fabrico	Criação de planos de fabrico, associando o nº de lote a cada plano
16	Preparação	Prever a potencial existência de retalhos aquando o programa de corte, "batizando-os" sequencialmente de acordo com o ficheiro de controlo de retalhos em vigor
17	Fabrico	Finalizado o plano de fabrico e obtido o retalho previsto, transferir para o mesmo as marcas do material original e incluir nº de "batismo" e dimensões
18	Preparação	Inserir a informação do retalho obtido no ficheiro de controlo de retalhos.
19	Fabrico	Corte de material e obtenção de peças para o projeto
20	Fabrico	Montagem de conjuntos com as peças, de acordo com os desenhos de preparação do projeto
21	Qualidade	Verificação da montagem dos conjuntos com o auxílio dos desenhos de preparação
22	Qualidade	Elaboração de plano de rastreabilidade de material, identificando as peças constantes de cada conjunto e sua origem
23	Gestão de projeto	Geração de documento de transferência de material para expedição do projeto
24	Gestão de projeto/qualidade	Envio de toda a documentação de rastreabilidade para o cliente

### 3.5. Descrição de processos de fabrico

A PEMEL possui diferentes processos de fabrico de forma a se adaptar facilmente às necessidades de diversos clientes, o que permite assim incrementar a sua competitividade na indústria metalomecânica. Assim, apresentam-se algumas das principais máquinas usadas nos diferentes processos de fabrico e o seu funcionamento. Com a empresa a fornecer para várias áreas da metalomecânica, possui diversos processos de fabrico de acordo com o projeto final a obter. De acordo com alguns dos projetos já efetuados pela PEMEL, definem-se dois grandes processos de fabrico, peças simples e peças complexas. Para exemplificar, apresentam-se o fluxograma de um PRS na Figura 25 e o fluxograma de uma turbina na Figura 26.

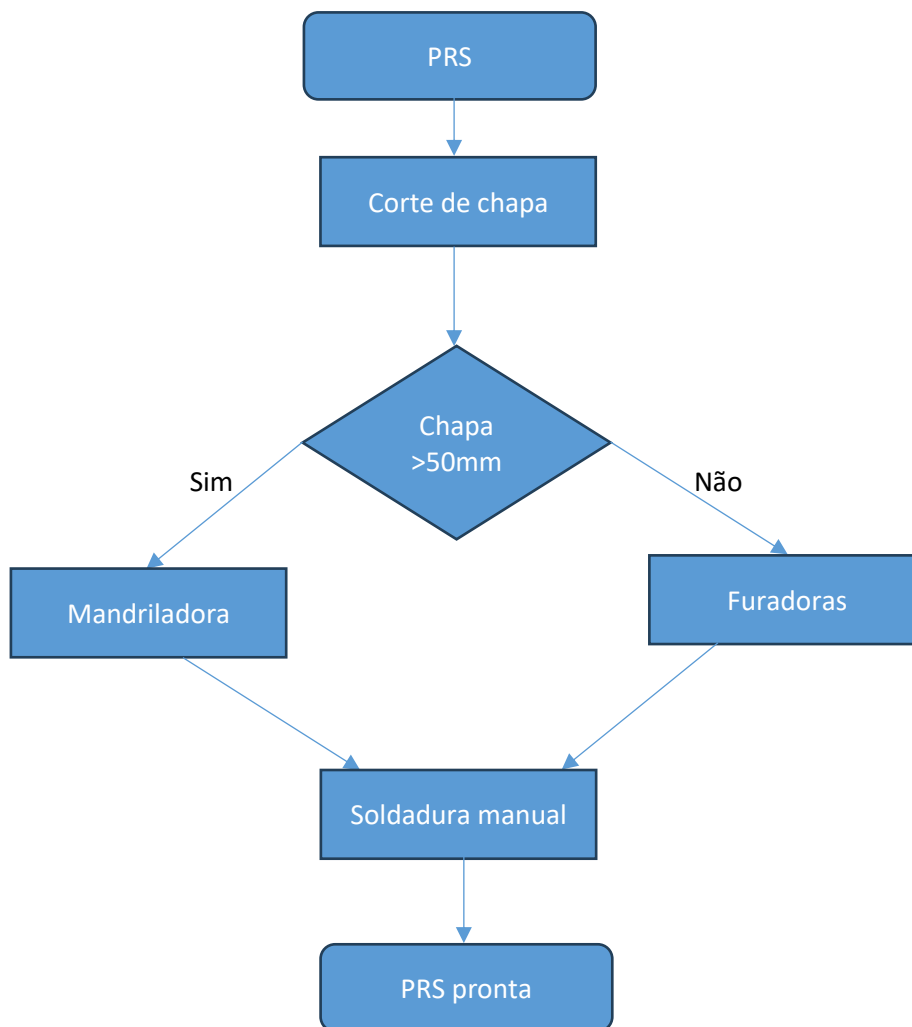


Figura 25 - Fluxograma processos PRS

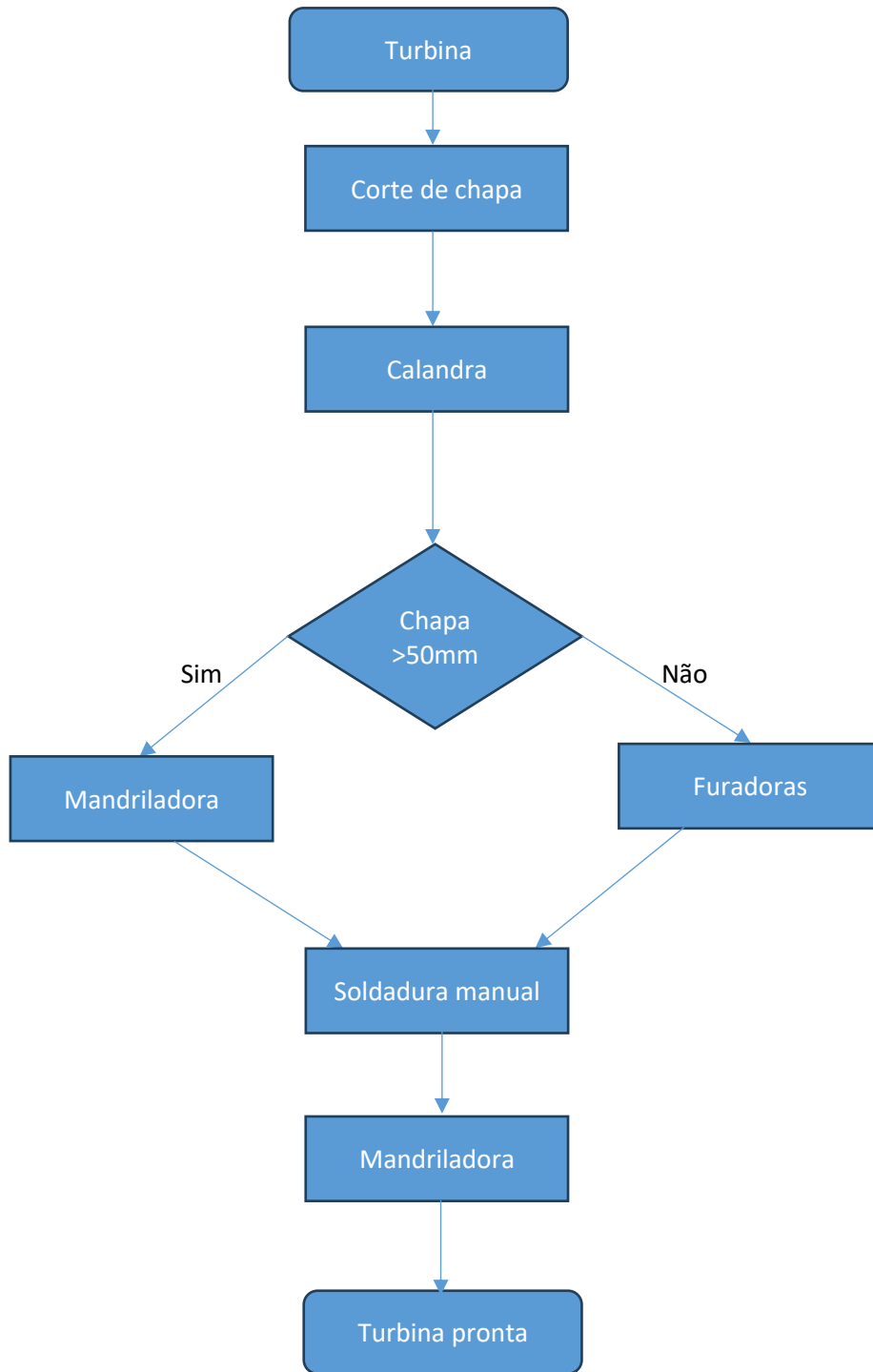


Figura 26 - Fluxograma processos de turbina

### 3.5.1. Ponte rolante

Usadas para a elevação de cargas, as pontes rolantes da PEMEL são ferramentas essenciais à sua atividade, sendo esta o grande foco a construção soldada de grandes dimensões. Para além de pontes de 16 toneladas como a vista na Figura 27, a empresa tem disponíveis pontes de 5, 10 e 2x 25 toneladas.

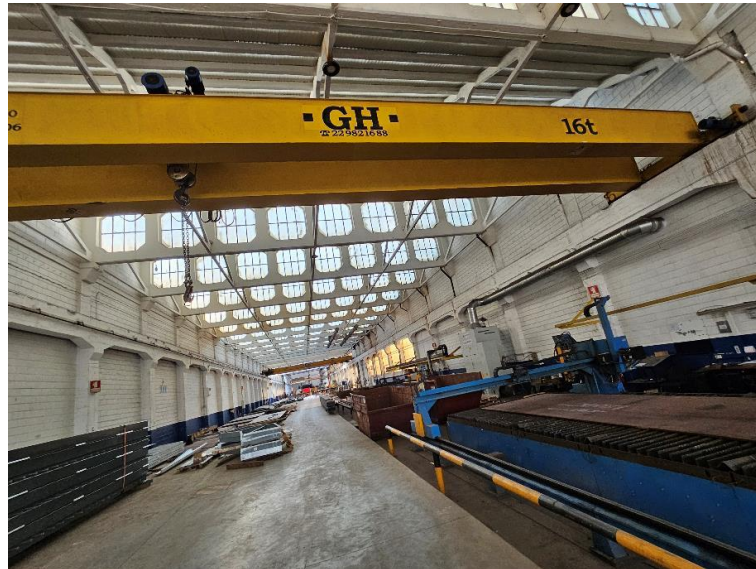


Figura 27 - Ponte Rolante 16t

### 3.5.2. Pantógrafo (corte de chapa)

O pantógrafo DAMI, que se vê na Figura 28, com a capacidade de corte em oxi-corte e plasma, é um dos equipamentos principais para os restantes processos da PEMEL, conseguindo cortar chapas até uma espessura 30mm, proporcionando uma grande variedade de oportunidades de mercado.



Figura 28 - Pantógrafo DAMI

### 3.5.3. Serrote (corte de perfis)

Para o corte linear de perfis, a PEMEL tem à sua disposição um serrote FICEP. um serrote de serra de fita, robusto e veloz, utilizando fitas bimetálicas, com cortes +45/ -60 graus.



Figura 29 – Serrote FICEP

### 3.5.4. Calandra

A calandra, usada para a conformação de chapa, a calandra, constituída por rolos, é alimentada por uma chapa lisa à entrada, conformando-a pela força exercida pelos rolos, podendo obter peças curvas consoantes as necessidades dos projetos, como o projeto das Turbinas Hidroelétricas, que se viram na Figura 15.

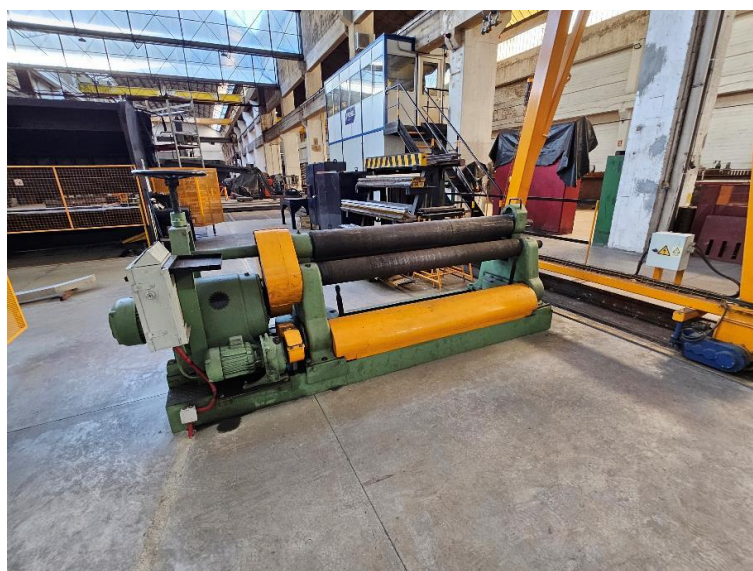


Figura 30 - Calandra

### 3.5.5. Furadoras radiais

As furadoras radiais da PEMEL, vistas na Figura 31, são usadas para a furação da maioria das peças fabricadas sendo a primeira opção para esta operação, excetuando quando existe a necessidade de furação de chapas bastante espessuradas num pequeno espaço de tempo, altura em que estas peças são furadas na mandriladora.



Figura 31 - Furadoras radiais

### 3.5.6. Mandriladora

A mandriladora, ou centro de maquinação, que se pode visualizar na Figura 32 é usada maioritariamente para furação de chapas com grandes espessuras, sendo auxiliada pelas furadoras radiais a realizar este processo. Esta máquina também tem as ferramentas para executar maquinações com acabamentos de muito baixas rugosidades, assim como também a criação de roscas.



Figura 32 - Mandriladora

### 3.5.7. Máquina de soldadura manual

Máquina de soldadura MIG/MAG manual, que constitui 80% do âmbito da PEMEL, sendo esta uma empresa maioritariamente de construção soldada. A máquina ilustrada na Figura 33 é uma máquina da marca Kempii, para fios sólidos ou fluxados e proteção gasosa inerte ou ativa, processos de soldadura 131, 135, 136 e 138.



Figura 33 – Máquina de soldadura MIG/MAG

### 3.5.8. Cristo de soldadura

O cristo de soldadura, com a capacidade de depósito de material com taxas de depósito muito superiores relativamente ao equipamento da Figura 33, é idealizado para soldaduras contínuas de grande comprimento, de arco submerso, processo 121, onde o seu uso proporciona um grande rendimento de soldadura para estas situações. Na Figura 34 visualiza-se o equipamento a efetuar uma soldadura longitudinal num tubo redondo de 14 metros.



Figura 34 - Cristo de soldadura

## 4. ANÁLISE DE RISCOS E OPORTUNIDADES DE MELHORIA

### 4.1. Identificação de problemas no processo

Para a identificação de problemas no processo procedeu à elaboração de uma análise FMEA, que permitiu quantificar inúmeras falhas previamente detetadas, por forma a realizar uma análise de riscos e averiguar quais as oportunidades de melhoria presentes no processo.

#### 4.1.1. Análise FMEA

A sigla FMEA significa *Failure Mode and Effect Analysis* ou, em português, Análise de Modo e Efeito de Falha. Neste contexto, “falha” significa perda de rastreabilidade, enquanto “modo de falha” designa a forma como a falha ocorre. É uma das ferramentas mais comuns de análise de causa. A análise FMEA pode ser funcional, de processos, ou executada ainda na fase de design/projeto (sobretudo para gestão de riscos). Neste caso, estando a analisar a implementação de um procedimento completamente novo à empresa, esta análise é vantajosa para a visualizar os possíveis impactos a causar no funcionamento da produção e da empresa. O principal objetivo da análise FMEA da Tabela 4 é melhorar a qualidade, a confiabilidade e a segurança do procedimento que se está a explorar.

Os índices de avaliação são quantificados de 1 a 10, sendo que 1 representa “risco nulo” no caso da severidade, “nada provável” na probabilidade de ocorrência e “muito provável” na deteção. Já o nível 10 representa “risco crítico” na severidade, “inevitável” na probabilidade de ocorrência e “nada provável” na deteção. Para o cálculo do índice de risco, efetua-se o produto do índice de severidade, o índice de ocorrência e o índice de deteção. Quanto maior o índice de risco, maior a necessidade de efetuar ações de melhoria.

Tabela 4 - Análise FMEA

Etapa do processo	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causas da falha	Probabilidade de ocorrência	Controlo do processo	Deteção	Índice de risco
Corte / Receção de material	Perda de Marcas	Perda de rastreabilidade	7	Material não marcado	4	Marcar todo o material rececionado	4	112
	Marcas Erradas	Falha em serviço	10	Material mal marcado	5	Verificação de marcas	6	300
	Marcação duplicada	Material errado	3	Perda de numeração	2	Controlo de Retalhos	5	30
Preparação / Engenharia	Material Errado	Falha em serviço	10	Falha de informação	2	Requisitos de Cliente	7	140
	Incorreta indicação de material a fornecedores	Material errado / Perda de rastreabilidade	7	Falha de informação	5	Requisitar certificados de material a fornecedores	5	175

## 4.2. Análise de riscos

Com o auxílio da análise FMEA, consegue-se selecionar quais modos de falha são críticos e que requerem uma ação de correção imediata. Nesse sentido, consegue-se, por ordem decrescente, selecionar as falhas por ordem de prioridade de implementação de ações, sendo a marcação errada de retalhos por parte dos operadores do corte, a mais gravosa, podendo causar uma falha em serviço aquando da entrada em funcionamento da peça.

Em seguimento, a indicação errada de materiais a fornecedores, seguida da requisição de matérias de qualidade errada, ou seja, inferior à necessária ao projeto, pode causar toda uma entropia que resultará numa solução dispendiosa de tornar a realizar a compra de material apropriado.

A incorreta marcação de características de materiais pode proporcionar o uso de materiais de capacidades inferiores àquelas que foram projetadas, podendo isto causar em projetos com requisitos elevados a falha em serviço, podendo levar a consequências dispendiosas e até fatais dependendo da aplicação das peças fornecidas.

## 4.3. Oportunidades de melhoria

Pode-se também tirar da análise FMEA duas oportunidades de melhoria do processo, onde ambas são facilmente minimizadas com a implementação de uma folha de levantamento de marcas, onde se regista todas as marcas do material cortado, interligando-o com o número PEMEL do material em questão.

Com a possibilidade de implementação de um processo mais otimizado para o controlo da rastreabilidade, vai ser possível no futuro efetuar uma análise de custos e retorno de investimento da implementação do mesmo. Dada a avaliação efetuada até ao momento, estas áreas podem ser melhoradas com a implementação de um sistema de informação de registo de marcas pelo que com a entrada do material em stock da empresa, toda a informação do mesmo é registada em sistema e esta informação fica interligada a um código de barras. O operador de corte no momento da operação, lê o código de barras do material a cortar e inicia o processo, registando o código das peças que são provenientes deste material, ficando assim as peças rastreadas ao material original. Este procedimento manter-se-ia nos processos posteriores, interligando as peças aos respetivos conjuntos, tendo sempre disponível a informação do material base presente em cada conjunto.

## 5. RESULTADOS E MEDIÇÕES

### 5.1. Implementação de ações de melhoria

Neste último capítulo, apresenta-se a avaliação efetuada da parte do procedimento já implementada e quais os indicadores principais que foram possíveis observar no curto espaço de tempo disponível e qual foi a meta obtida para cada um deles. Com o uso destes indicadores, é possível elaborar o percurso a percorrer para desenvolvimento da rastreabilidade na empresa.

#### 5.1.1. Plano de ações e responsabilidades

A Tabela 5 compila o plano idealizado com as ações a implementar para a melhoria do procedimento de rastreabilidade dos processos da empresa, e este foi partilhado por todos os intervenientes-chave, por forma a iniciar a implementação e avaliar o resultado.

Tabela 5 - Plano de ações e responsabilidades

N.º	Data	Ações a implementar	Departamento/ área	Estado
1	6/30/2023	Será acrescentada uma coluna no “Levantamento de marcas” para registo do n.º do lote.	Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS)	Fechada
2	6/30/2023	O n.º do lote será preenchido no “Levantamento de marcas” pelo corte em simultâneo com os registos habituais.	Fabrico / corte	Fechada
3	6/30/2023	Registar o n.º do lote nos equipamentos	Fabrico / corte	Fechada
4	6/30/2023	Lançar alerta sempre que hajam incongruências (Ex: utilizar retalho com qualidade de aço carbono inferior, alteração da qualidade do aço inoxidável ou eventual erro na indicação da qualidade de aço). À partida não é permitida a utilização de aço de qualidade inferior à especificada (tensão de cedência e rutura, e tenacidade). Eventuais exceções são estudadas caso a caso e comunicadas sempre à qualidade.	Fabrico / corte	Fechada

5	6/30/2023	Antes de qualquer perfil ou tubo entrar no serrote, tem de ser garantido à partida que este tem n.º de vazamento e n.º de lote Pemel. Para tal é necessário que na receção deste tipo de material fique claro qual o vazamento de cada perfil ou tubo, mesmo que seja por atribuição, nos casos em que o vazamento não existe. Esta verificação pode ser realizada por análise das GR ou dos certificados.	Aprovisionamento Fabrico Qualidade	Em curso
6	6/30/2023	Chapas empilhadas (não cintadas) – podem ser descarregadas empilhadas. Na primeira oportunidade os operadores do pantógrafo desempilham as chapas e chamam o Armazém. Procedese à receção e identificação individualmente. O Armazém atribui o n.º. de lote Pemel a cada chapa deixando de o fazer aleatoriamente às chapas a que não havia acesso. É preciso garantir a receção de todas as chapas num período curto de tempo.	Aprovisionamento Fabrico Qualidade	Em curso
7	6/30/2023	Nota importante: as chapas que tenham identificação na espessura dispensam este procedimento mencionado no ponto nº6. As marcas colocadas a tinta pelo armazém serão também colocadas na espessura e transpostas pelo corte para a face superior quando forem manuseadas para corte.	Aprovisionamento Fabrico	Fechada
8	6/30/2023	Chapas cintadas – sendo chapas de baixa espessura, pertencendo todas ao mesmo n.º de vazamento apenas se garante a marcação da chapa que está por cima. Quando esta for manuseada para corte, os operadores garantem a transferência de marcas para a chapa seguinte.	Aprovisionamento Fabrico	Fechada

9	6/30/2023	Duas listas de retalhos, tal como atualmente, uma para aço ao carbono e outra para aço inoxidável. É importante que os retalhos de aço inox QT (usado por exemplo nas turbinas da Andritz) seja incluído na lista de retalhos de aço inoxidável.	Técnico Fabrico	Fechada
10	6/30/2023	Fazer levantamento dos retalhos (um a um) e rever toda a lista de retalhos. Simplificar os ficheiros ex.: limpar cores, remover colunas desnecessárias, uniformizar qualidades de materiais. Fazer em folhas de papel quadriculado o desenho do retalho e coloca-los numa pasta.	Fabrico / corte	Em curso
11	6/30/2023	Todos os retalhos terão que ter a toda a informação. Quando não for possível saber o n.º do lote, terá que ser escrito no retalho – “Lote ----”.	Fabrico / corte	Fechada
12	6/30/2023	Diferentes espaços para armazenamento de aço inoxidável e aço ao carbono ou, pelo menos, evitar o contacto (evitar contaminações)	Fabrico / corte	Fechada
13	6/30/2023	Definir, em documento escrito, as dimensões limites para o que se considera retalho ou sucata.	Fabrico Qualidade	Em curso
14	6/30/2023	Nunca numerar um retalho novo com números de retalhos anteriores (já gastos). Números de retalhos sequenciais. Cada número de retalho nunca mais é utilizado quando o retalho é gasto.	Técnico Fabrico	Fechada
15	6/30/2023	Retalhos utilizados que não sejam totalmente consumidos mantêm a identificação original.	Técnico	Fechada
16	6/30/2023	Se num retalho desaparecerem as marcas, estas têm de ser transferidas para a sobra	Fabrico / corte	Fechada

17	6/30/2023	Simplificar os ficheiros dos retalhos ex.: limpar cores, remover colunas desnecessárias, uniformizar qualidades de materiais.	Técnico	Em curso
18	6/30/2023	No sistema ERP Primavera, verificar se o lote atribuído às chapas está correto.	Fabrico	Em curso
19	6/30/2023	Solicitar a fornecedores que procedam a corte de material, a transferência de marcas (n.º de encomenda, n.º de chapa e ref.ª. da peça). Solicitar a fornecedores que procedam à identificação de retalho como indicado em 11. O documento de transferência de armazém tem de indicar o lote.	Gestão de projeto	Em curso

## 5.2. Quantificação de melhorias e indicadores

O indicador de fiabilidade do sistema de rastreabilidade é medido através da Equação 1 que avalia o número de itens durante auditorias internas, normalmente efetuados duas vezes por ano. Durante estas auditorias, vários itens de diferentes projetos são avaliados em termos de rastreabilidade de material, que depois de registados e quantificados, proporcionam um número total de observados. De todos os observados, quantificam-se então os que se apresentaram não conformes. Para a obtenção da meta de percentagem de itens não conformes, efetua-se a fração de itens não conformes pelo total de itens observados. Na última auditoria efetuada, a meta registada foi de 0%, pelo que não houveram itens não conformes nos observados.

$$Fiabilidade (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de itens não conformes}}{N^{\circ} \text{ de itens observados}} \times 100$$

Equação 1 - Fiabilidade do sistema de rastreabilidade

De igual modo, a confiabilidade no sistema de rastreabilidade é avaliada pelo número de constatações de itens não conformes, mas neste caso em auditorias de 2ª ou 3ª parte. Na última auditoria a que a empresa foi sujeita, nenhuma constatação foi observada.

A rentabilidade de aproveitamento e a economia proporcionada caem sobre o mesmo pressuposto de avaliação, isto é, uma vez que a rastreabilidade funciona e garante a boa e correta avaliação de retalhos, com a marcação de características corretas, estes retalhos tornam-se válidos e aceites para uso em projetos futuros, pelo que se consegue melhorar a economia da empresa, diminuindo a quantidade de material necessária comprar para a realização dos projetos, e estas métricas são calculadas através da Equação 2 e da Equação 3.

$$Rentabilidade (\%) = \frac{\% \text{ peças provenientes de retalhos}}{\% \text{ total de peças do projeto}}$$

Equação 2 - Rentabilidade de retalhos

$$Economia\ proporcionada\ (\%) = \frac{Peso\ de\ MP\ de\ retalhos}{Peso\ total\ de\ MP} \times 100$$

Equação 3 - Economia proporcionada

Com o início da implementação deste procedimento, no curto espaço de tempo avaliado, consideraram-se na Tabela 6 alguns indicadores a observar, a métrica para a sua obtenção e a meta. Tirando da tabela estes indicadores, pode-se decompô-los para perceber o seu impacto no sistema de rastreabilidade.

Tabela 6 - Indicadores de melhorias

<b>Indicador</b>	<b>Métrica</b>	<b>Meta</b>
<b>Fiabilidade do sistema de rastreabilidade</b>	Número de itens não conformes/número total de itens em auditorias internas	0%
<b>Rentabilidade de aproveitamento</b>	% (peso) de peças provenientes de retalhos identificados / % (peso) do total de peças	≥ 1%
<b>Confiabilidade no sistema de rastreabilidade</b>	Número de constatações em auditorias de 2ª ou 3ª parte	0
<b>Economia proporcionada</b>	Peso de matéria prima não comprada por aproveitamento de retalhos	5%

Em função destas metas pretendidas pela empresa, foi iniciada a implementação de um procedimento que devido à sua recenticidade, ainda não foi possível obter o desempenho para estes indicadores.



## 6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Com este procedimento encontrou-se os pontos fracos da empresa no que toca à rastreabilidade de materiais, podendo avaliar quais os problemas existentes, quais os riscos inerentes, não só da falta de um procedimento de rastreabilidade de materiais, mas também da má implementação e mau uso de um. Conseguiu-se assim, analisar quais ações se devem minimizar e quais as melhorias a implementar, junto de todos os softwares e métodos disponíveis que podem impulsionar o funcionamento da rastreabilidade de materiais de maneira correta e completa.

Apesar dos métodos e funcionamento do procedimento ainda se encontraram-se abaixo do que é desejado, é necessário compreender que todo o processo de implementação de um procedimento desta natureza requer uma vasta mudança no fluxo de trabalho dos colaboradores, mudança esta que nem sempre é aceite por eles. Contudo, e sem descurar, o trabalho já alcançado junto dos trabalhadores tem sido essencial a abertura à mudança que tem sido vista por parte de alguns colaboradores, o que tornou possível a obtenção dos dados obtidos neste trabalho.

Por fim, a PEMEL conseguiu começar a implementação do procedimento numa forma muito básica e manual, de maneira que os resultados obtidos não são os esperados, pelo que com a continuação do trabalho efetuado e com a colaboração dos trabalhadores, a PEMEL irá totalmente implementar o procedimento de rastreabilidade de materiais e evoluí-lo para um sistema de informação com recurso a códigos de barra para a obtenção da rastreabilidade de materiais por peças.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. // Adegas and D. E. Borba, “Entrevista // Aníbal José da Costa Campos presidente da aimmap mercados // Bélgica metalurgia e metalomecânica número um das exportações,” 2018. [Online]. Available: [www.portugalsiteselection.pt](http://www.portugalsiteselection.pt)
- [2] R. Miguel Monteiro Duarte, O. na FEUP, and T. Margarida Guerra Pereira Duarte, “Desenvolvimento do processo de fundição por baixa pressão para a obtenção de puxadores em ligas de alumínio INEGI Dissertação do MIEM Orientador no INEGI: Rui Jorge de Lemos Neto,” 2014.
- [3] C. Alexandra Dos Reis Pereira, D. João Fernando Pereira Gomes Mestre Paula Cristina da Silva Albuquerque Júri, D. Manuel José de Matos Vogais, and D. Rosa Maria Mendes Miranda Doutora Ana Maria da Gama Mateus Cabral Doutor João Fernando Pereira Gomes Mestre Paula Cristina da Silva Albuquerque, “Contribuição para a caracterização da emissão de nanopartículas em processos de soldadura e avaliação de riscos decorrentes do processo.”
- [4] A. L. M. Costa, “Processos de conformação de metais por deformação plástica severa: desafios e oportunidades,” 2010. [Online]. Available: [www.nanospd.org](http://www.nanospd.org)
- [5] A. M. Silva Júnior, B. A. Cabral, E. L. Luciano, E. A. Raymundo, J. L. Rosa, and R. B. Ribeiro, “Análise da usinagem na recuperação por soldagem do pescoço do cilindro de laminação de ferro fundido,” *Research, Society and Development*, vol. 11, no. 3, p. e20011326091, Feb. 2022, doi: 10.33448/rsd-v11i3.26091.
- [6] “<https://wandersonmonteiro.wordpress.com/2017/09/09/-movimentacao-de-cargas-suspensas/>.”
- [7] A. Sofia and S. Rodrigues, “Melhoria contínua no sistema de Gestão da Qualidade na empresa Mário da Costa Martins & Filhos, Lda.”
- [8] J. E. Quintela and A. de Sousa Varajão, “Contributos para a melhoria do sucesso da adopção de tecnologias de informação e desenvolvimento de sistemas de informação nas organizações Dissertação de Doutoramento apresentada por,” 2002.
- [9] “<https://www.erp-information.com/what-is-erp.html>.”
- [10] I. Madanhire and C. Mbohwa, “Enterprise Resource Planning (ERP) in Improving Operational Efficiency: Case Study,” in *Procedia CIRP*, 2016, vol. 40, pp. 225–229. doi: 10.1016/j.procir.2016.01.108.
- [11] L. Michel Andreazza and ucsbr Michele Otobelli Bertéli, “Estudo para implantação do manufacturing execution system (MES) em uma fábrica de injeção plástica study for the implementation of the manufacturing execution system (MES) in a plastic injection factory.”
- [12] F. P. Sequeira and I. Seruca, “Contribuição dos Sistemas APS na Gestão da Produção: o caso do Sistema Izaro APS®.”
- [13] “<https://www.erp-information.com/advanced-planning-and-scheduling.html>.”
- [14] F. Costa, M. do S. Carvalho, J. M. Fernandes, A. C. Alves, and P. Silva, “Improving visibility using RFID – the case of a company in the automotive sector,” *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1261–1268, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.048.
- [15] “<https://www.dicionariofinanceiro.com/cadeia-de-suprimentos/>.”
- [16] H. Pozo, T. Tachizawa, and J. H. Souza, “Supply Chain Management nas Micro e Pequenas Empresas (MPE): Impactos de sua Aplicação na Redução de Custos e na Competitividade,” *Revista de Administração da Unimep*, vol. 9, no. 3, pp. 114–136, Dec. 2011, doi: 10.15600/1679-5350/rau.v9n3p114-136.
- [17] T. De and S. Albertos, “Proposição de um Método para Gestão de Projetos na Indústria 4.0,” 2021.
- [18] J. Pedro Almeida Lopes Ponte Reis, O. na FEUP, and T. Margarida Guerra Pereira Duarte, “Indústria 4.0: Estado da arte, análise de casos de estudo e proposta de um serviço de consultoria.”
- [19] R. Catarina Ribeiro Gonçalves Rianço Pereira *et al.*, “Rastreabilidade na Indústria das Rolhas.”

- [20] F. Siaw-Yeboah, F. A. Adebayo, P. Appiahene, and B. A. Weyori, "GHBS-13 as an enhanced EAN-13 barcode module for monitoring processed consumable products in Ghana," *Engineering Reports*, 2022, doi: 10.1002/eng2.12612.
- [21] E. L. Vieira, "Proposta de implantação de sistema de rastreabilidade em uma empresa de tecnologia na cidade de Florianópolis-SC Lean enterprise and manufacturing View project," 2016. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/303753015>
- [22] "<https://www.quality-assurance-solutions.com/qr-code-definition.html>."
- [23] B. Unhelkar, S. Joshi, M. Sharma, S. Prakash, A. K. Mani, and M. Prasad, "Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 2, no. 2, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jjime.2022.100084.
- [24] Pinheiro; Thomas, "Análise financeira de um sistema de rastreabilidade e codificação de produtos numa empresa metalomecânica," 2019.
- [25] T. K. Agrawal, V. Kumar, R. Pal, L. Wang, and Y. Chen, "Blockchain-based framework for supply chain traceability: A case example of textile and clothing industry," *Comput Ind Eng*, vol. 154, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107130.
- [26] J. A. Alfaro and L. A. Rábade, "Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry," *Int J Prod Econ*, vol. 118, no. 1, pp. 104–110, Mar. 2009, doi: 10.1016/j.ijpe.2008.08.030.
- [27] D. Prashar, N. Jha, S. Jha, Y. Lee, and G. P. Joshi, "Blockchain-based traceability and visibility for agricultural products: A decentralized way of ensuring food safety in India," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 8, Apr. 2020, doi: 10.3390/SU12083497.
- [28] M. Hader, D. Tchoffa, A. el Mhamedi, P. Ghodous, A. Dolgui, and A. Abouabdellah, "Applying integrated Blockchain and Big Data technologies to improve supply chain traceability and information sharing in the textile sector," *J Ind Inf Integr*, vol. 28, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.jii.2022.100345.