



# INDÚSTRIA 4.0 ? TROCA DE INFORMAÇÃO ENTRE MES E GESTÃO DA PRODUÇÃO

**LUTH IRACLENES DE SOUSA RAÚL**

novembro de 2022

# INDÚSTRIA 4.0 – TROCA DE INFORMAÇÃO ENTRE MES E GESTÃO DA PRODUÇÃO

Luth Iraclenes de Sousa Raúl

Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Automação e Sistemas



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de  
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Luth Iraclenes de Sousa Raúl, Nº 1191225, 1191225@isep.ipp.pt

Orientação científica: Cecília Maria Reis, cmr@isep.ipp.pt

Empresa: A.S. Connect

Supervisão: Alberto Santos, alberto.santos@asconnect.eu



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Automação e Sistemas

**2022**







## *Agradecimentos*

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à professora Cecília Maria Reis pela orientação dada para a elaboração da presente dissertação e dedicação.

Ao Sr. Alberto pela possibilidade de desenvolver a minha dissertação utilizando um projeto da A.S. Connect.

Aos meus colegas de trabalho, pois sem eles não era possível concretizar este projeto.

À minha esposa Inês Gonçalves por estar sempre ao meu lado e pela sua paciência ao longo deste percurso.



## Resumo

A indústria 4.0 ou quarta revolução industrial é o atual cenário industrial que estabelece um novo paradigma para os sistemas de produção. Este novo conceito de indústria é compreendido como a implementação de fábricas inteligentes que operam de forma autónoma e com pouca intervenção humana. A quarta revolução industrial valoriza os sistemas ciber-físicos (CPS) e a internet das coisas (IoT). Neste cenário, todos os equipamentos envolvidos comunicam entre si de forma a rentabilizar os desperdícios e melhorar a forma como funcionam. É exigida uma qualidade elevada, sendo a competitividade enorme entre os produtos fabricados e a capacidade de produção. Assim sendo, surge a necessidade de monitorizar todos os equipamentos e máquinas existentes em cada indústria e a obtenção de dados para ser possível melhorar o funcionamento global das indústrias. Com isso, obter dados no chão de fábrica e tratá-los ajuda a que estes sejam úteis para as diferentes áreas inerentes à indústria, como a manutenção, produção, departamento financeiro, gestão de *stocks* e administração.

O conceito de *Manufacturing Execution System* (MES) permite controlar os passos do processo de produção, estabelecendo a comunicação entre o chão de fábrica e o *Enterprise Resources Planning* (ERP), fornecendo informações em tempo real para ajudar na gestão industrial.

Assim, este trabalho apresenta uma proposta de implementação de um sistema MES numa empresa de fabricação de válvulas por injeção de plástico. Através de várias etapas na implementação do sistema foram conseguidos parâmetros importantes que irão ajudar a empresa, tanto ao nível da gestão de recursos, como tempos de paragens de manutenção, rentabilidade do tempo e também diminuição de custos alocados a processos não produtivos.

## *Palavras-Chave*

EUROMAP 63, Gestão da Produção, Indústria 4.0, Manufacturing Execution System,

Máquina de injeção de plástico, MQTT



## *Abstract*

Industry 4.0 or fourth industrial revolution is the current industrial scenario that establishes a new paradigm for production systems. This new concept of industry is understood as the implementation of intelligent factories that operate autonomously and with little human intervention. The fourth industrial revolution values cyber-physical systems (CPS) and the internet of things (IoT). In this scenario, all the surrounding equipment communicates with each other in order to optimize waste and improve the way they work. High quality is required, being the competitiveness between the products manufactured and the production capacity. Therefore, the need emerges to monitor all existing equipment and machines in each industry and to obtain data to improve global functioning of industries. As a result, obtaining data on the plant floor and processing them helps to make them useful for the different inherent areas of the industry, such as maintenance, production, financial department, stock management, and administration.

The Manufacturing Execution System (MES) concept allows to control the steps of the production process, establishing communication between the shop floor and Enterprise Resources Planning (ERP), providing real-time information to help the industrial management.

So, this work presents one proposal for implementing an MES system in a plastic injection molding valve manufacturing company. Through several steps in the implementation of the system were accomplished important parameters that will help the company, either at the level of resource management, such as maintenance downtime, time efficiency and also decrease of costs allocated to non-productive processes.

## *Keywords*

EUROMAP 63, Production Management, Industry 4.0, Manufacturing Execution System, Plastic injection machine, MQTT



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2.OBJETIVOS.....	3
1.3.CALENDARIZAÇÃO .....	4
1.4.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO.....	5
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA</b> .....	<b>7</b>
2.1.A.S. CONNECT.....	7
2.2.EMPRESA COM FOCO NA INDÚSTRIA DAS VÁLVULAS POR INJEÇÃO PLÁSTICA .....	8
2.3.PROCESSOS DE FABRICO DE VÁLVULAS EM PLÁSTICO.....	9
2.4.APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO INICIAL .....	10
2.5.CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
<b>3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
3.1.INTRODUÇÃO .....	13
3.2.MÁQUINA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO.....	14
3.3.INDÚSTRIA DE MOLDES PARA INJEÇÃO PLÁSTICA EM PORTUGAL .....	15
3.4.INDÚSTRIA 4.0 .....	16
3.5.GESTÃO DA PRODUÇÃO .....	27
3.6.SISTEMAS DE REDE UTILIZADOS NA INDÚSTRIA 4.0 .....	33
<b>4. PROJETO DESENVOLVIDO</b> .....	<b>48</b>
4.1.ESTRUTURA DO DESENVOLVIMENTO .....	49
4.2.ENGEL .....	50
4.3.PROTOCOLO EUROMAP 63.....	51
4.4.MQTT .....	60

4.5.SIGNALR.....	67
4.6.BASE DE DADOS .....	69
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>72</b>
5.1.PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	74
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....	76
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>82</b>
6.1.ANEXO A : FLUXOGRAMA DE SOLICITAÇÃO DE SESSÃO .....	83
6.2.ANEXO B : FLUXOGRAMA DE REPETIÇÃO DE SESSÃO .....	84
6.3.ANEXO C : FICHEIRO JSON E TABELA COM DEFINIÇÕES.....	85



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Válvulas de colar.....	9
<b>Figura 2</b> Protótipo John Wesley Hyatt 1868.....	14
<b>Figura 3</b> Projeto da primeira injetora de James Hendry 1948.....	15
<b>Figura 4</b> As quatro revoluções industriais.....	19
<b>Figura 5</b> Áreas abrangidas pela gestão da produção e operações.....	30
<b>Figura 6</b> Pirâmide de automação <i>versus</i> Sistema de controlo de fluxo de material .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Local area network</i> .....	33
<b>Figura 8</b> <i>Wide area network</i> .....	34
<b>Figura 9</b> <i>Personal area network</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Metropolitan area network</i> .....	35
<b>Figura 11</b> Estrutura do modelo OSI de referência.....	36
<b>Figura 12</b> Estrutura do projeto.....	49
<b>Figura 13</b> Máquina injeção ENGEL.....	50
<b>Figura 14</b> Comunicação baseada em arquivos.....	53
<b>Figura 15</b> Painel de controlo da máquina ENGEL.....	56
<b>Figura 16</b> Painel de configuração de máquinas.....	57
<b>Figura 17</b> Teste de comunicação com as máquinas através do configurador.....	57
<b>Figura 18</b> Teste de comunicação com as máquinas através de linha de comandos.....	58

<b>Figura 19</b> Aplicação teste de envio de notificações <i>telegram</i> .....	63
<b>Figura 20</b> Motivos de Paragem.....	64
<b>Figura 21</b> Mensagens recebidas pelo aplicativo <i>telegram</i> .....	66
<b>Figura 22</b> Motivos de paragem em alerta.....	68
<b>Figura 23</b> Dados guardados em base de dados SQL.....	70



## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> Calendarização.....	4
<b>Tabela 2</b> Conceitos Indústria 4.0.....	16
<b>Tabela 3</b> Tecnologias da indústria 4.0.....	21
<b>Tabela 4</b> Conceitos Gestão da Produção.....	27
<b>Tabela 5</b> Tecnologias da Gestão da Produção.....	31
<b>Tabela 6</b> Tecnologias de rede <i>Sensor Bus</i> .....	41
<b>Tabela 7</b> Tecnologias de rede <i>Device Bus</i> .....	43
<b>Tabela 8</b> Tecnologias de rede <i>Profi Bus</i> .....	45
<b>Tabela 9</b> Definição do modelo OSI para EUROMAP – SPI (CCP).....	54
<b>Tabela 10</b> Conceitos básicos MQTT.....	60



## *Acrónimos*

- ABS – Acrilnitrilo, Butadieno, Copolímeros de estireno dos três
- API – Application Programming Interface
- CCP – Committee on Communication Protocol
- CPS – Cyber-Physical System
- DCS – Sistemas de controle distribuído
- DP – Decentralized Periphery
- ERP – Enterprise Resource Planning
- FD – Field Devices
- FMS – FieldBus Message Specification
- ID – Identity
- IIS – Internet Information Services
- IoD – Internet of Data
- IoS – Internet of Services
- IoT – Internet of Things
- ISO – International Organization for Standardization
- IP – Internet Protocol
- LAN – Local Area Network
- LLC – Logic Link Control

- MAC – Media Access Control
- MAN – Metropolitan Area Network
- MES – Manufacturing Execution System
- MFC – Material Flow Control
- MQTT – Message Queuing Telemetry Transport
- MRP – Material Requirements Planning
- OSI – Open System Interconnection
- PA – Process Automation
- PAN – Personal Area Network
- PLC – Controlador lógico programável
- PP – Polipropileno
- PVC – Cloreto de Polivinilo
- REST – Representational State Transfer
- SCADA – Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados
- SMS – Short Message Service
- SOA – Arquitetura Orientada a Serviços
- SQL – Structured Query Language
- SPI – Serial Peripheral Interface
- TCP – Transmission Control Protocol

TI – Tecnologia de Informação

UDP – User Datagram Protocol

USB – Universal Serial Bus

WAN – Wide Area Network



# 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a indústria presenciou grandes desafios ao nível da automatização das linhas, dos sistemas e da tecnologia utilizada. Com o passar dos anos, existiram várias revoluções industriais, desde o início que o objetivo principal era a evolução dos métodos e aceleração de processos. A primeira revolução industrial aconteceu no século XVIII onde foi possível controlar a mecânica criando novas máquinas e ferramentas, utilizar a energia à vapor e a hidráulica. Passados cerca de dez anos, ou seja, no século XIX surge a segunda revolução industrial onde já se utilizou a eletricidade, a produção em massa e as linhas de montagem. Com a terceira revolução industrial, no século XX, surge os sistemas computacionais, a introdução da robótica para controlar máquinas, avanços na eletrónica e nos controladores lógicos programáveis que estão presentes até aos dias de hoje. Com

os avanços tecnológicos surge o conceito da indústria 4.0 que consiste na produção inteligente, sistemas cyber físicos (CPS), internet das coisas (IoT), internet de serviços (IoS) e a descentralização dos processos de manufatura.

A utilização de diversas máquinas e várias linhas de produção apresentam um grande desafio para a gestão de todos os recursos dentro da indústria. Para controlar e ajudar as organizações começa a existir a necessidade da implementação de um sistema que permita fazer essa gestão. Para além dos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) que é necessária para fazer uma gestão mais abrangente, ou seja, uma gestão macro da organização surge também a necessidade da utilização do MES (*Manufacturing Execution System*) que tem uma visão mais microscópica e focada de dados específicos a produção.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Este projeto surge do desejo de realizar um trabalho baseado na obtenção de dados de máquinas de molde de injeção de plástico utilizando o protocolo de comunicação EUROMAP 63.

Com isto será possível a troca de informação relacionada a máquinas, robôs ou linhas de produção através de um MES (*Manufacturing Execution System*) e a gestão da produção. Um sistema de gestão da produção deve ser alimentado com informação que não deve ultrapassar as dezenas por intervalo de tempo (normalmente a hora), ou seja, é necessário existir registos constantes de forma a otimizar todo o processo. Esta diferenciação entre as duas escalas de tempo obriga a que tenha de existir uma “camada” de *software* que permita fazer a ponte entre a informação dos dois sistemas de forma a que estes possam utilizar a informação gerada para automatizar com fiabilidade a recolha de dados fabris, não só para alimentar a análise instantânea do processo permitida pelo MES como ajuda na análise estatística de dados de produção.

## 1.2.OBJETIVOS

O objetivo principal deste projeto é a aquisição dos dados provenientes de máquinas de molde de injeção de plástico através do protocolo de comunicação EUROMAP 63. Com isto será possível ajudar as empresas a terem uma melhor gestão da produção e melhoria contínua. Devido à complexidade deste trabalho, foi necessário a divisão em múltiplas tarefas que permitissem uma organização e a realização deste projeto de forma coerente e simples conforme os pontos mencionados:

- Análise de requisitos;
- Estudo do protocolo de comunicação EUROMAP 63;
- Estudo das diferentes máquinas de molde de injeção de plástico;
- Obtenção de dados;
- O desenvolvimento de um programa que transforma os dados obtidos em dados úteis para a gestão da produção;
- Transformação de dados que irão ajudar a uma melhor gestão da produção e melhoria contínua.

## 1.3. CALENDARIZAÇÃO

Sendo a obtenção de dados para a gestão da produção a motivação desta dissertação, a sua realização conduz à calendarização apresentada na Tabela 1. Seguindo deste modo um conjunto de tarefas a serem realizadas durante o desenvolvimento deste relatório. Para que este projeto seja finalizado com sucesso foram feitas calendarizações para o estudo da documentação referente aos protocolos de comunicação, as máquinas de molde de injeção de plástico, o levantamento e aquisição de dados, desenvolvimentos para o tratamento dos dados obtidos durante a componente prática e a validação de todo o projeto proposto.

**Tabela 1** Calendarização.

ID	TAREFA	MAIO			JUNHO				JULHO				AGOSTO					SETEMBRO			
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	Estudo da dissertação																				
2	Elaboração da fase inicial da dissertação																				
3	Estabelecer comunicação com máquinas de moldes por injeção de plástico																				
4	Leitura da documentação relacionada com as máquinas																				
5	Análise dos dados																				
6	Desenvolvimento de <i>software</i> de leitura de dados																				
7	Configuração de todo <i>hardware</i>																				
8	Estado de arte e definição de vários conceitos																				
9	Desenvolvimento da dissertação																				
10	Testes e validações																				
11	Conclusão da dissertação																				

## 1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

A presente dissertação é constituída por cinco capítulos, onde serão descritos todos os processos e desenvolvimentos efetuados.

O capítulo 1 tem como seu propósito introduzir o tema, contextualizar, definir os objetivos a serem alcançados e a calendarização das tarefas a serem realizadas.

No capítulo 2, tem-se a caracterização das empresas e a análise dos processos e problemas a resolver.

No capítulo 3, encontra-se o enquadramento teórico, onde serão abordados os temas como a indústria 4.0, gestão da produção e protocolos de comunicação.

No capítulo seguinte, 4, encontra-se a estrutura do projeto, diagrama de blocos, desenvolvimentos e validações efetuadas do trabalho realizado.

Por último, designado como capítulo 5, apresenta a conclusão e as propostas de trabalhos futuros.



## 2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

### 2.1.A.S. CONNECT

A A.S. CONNECT é uma empresa que implementa um conjunto de soluções e sistemas de informação direcionados para a gestão, dispondo de um conjunto de serviços céleres e eficientes aliados à experiência e ao conhecimento técnico. Uma empresa que fornece desenvolvimentos a medida de forma a automatizar as dificuldades dos seus clientes nos sistemas de gestão da produção, análise de dados, análise das operações de produção nos sistemas de gestão, recolha de informação para a elaboração de indicadores de desempenho e atividade.

## 2.2. EMPRESA COM FOCO NA INDÚSTRIA DAS VÁLVULAS POR INJEÇÃO PLÁSTICA

Esta empresa surge da necessidade de dar respostas adequadas às exigências de mercado, altamente especializada na produção de válvulas de alta qualidade para a condução de água potável e outros fluídos. Os produtos são devidamente estudados e concebidos, sendo testados e controlados em laboratório. Estão de acordo com as normalizações existentes para cada tipo de acessório. A evolução da empresa, ao longo do seu percurso, tem sido caracterizada por um crescimento constante e equilibrado dos vários valores e indicadores, resultado de uma política e estratégia centrada na investigação, no desenvolvimento e na qualidade. Esta atitude permitiu alcançar uma posição cimeira no mercado português, sendo atualmente a única empresa portuguesa produtora de válvulas em matéria plástica (PVC, PP, ABS) e estando entre as melhores a nível mundial no que respeita à qualidade. A empresa dispõe do mais avançado equipamento tecnológico, seja na área produtiva, no controlo de qualidade ou no que respeita ao projeto.

## 2.3. PROCESSOS DE FABRICO DE VÁLVULAS EM PLÁSTICO

Os processos de fabrico de válvulas em plástico para os diversos setores até serem entregues ao consumidor final. Estes processos complementam a transformação de pequenos granulados de polímeros através de um fuso ou dois fusos contidos numa máquina de injeção de plástico. Os fusos que se encontram a uma temperatura elevada transformam e homogeneízam os polímeros nele contidos de modo a que estes cheguem a um molde que irá dar forma e arrefecer, originando assim o formato final de cada componente. Os processos que as válvulas devem passar até serem entregues ao consumidor final são:

1. Fabricação dos componentes individuais para montagem das válvulas (O'Rings, terminais, manivela, cesto, mola, etc);
2. Primeira verificação de qualidade, feita pelo utilizador da máquina;
3. Armazém;
4. Montadores de válvulas;
5. Testes de qualidade envolvendo fluidos a alta pressão;
6. Armazém;
7. Entrega ao consumidor final.



**Figura 1** Válvulas de colar

## 2.4. APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO INICIAL

Atualmente esta empresa de fabricação de válvulas faz uma gestão interna de todos os processos que envolvem a concepção dos seus produtos, desde a identificação dos requisitos, projeto, desenvolvimento, produção de amostras, produção do produto, montagem e expedição do produto final. Com esta composição de etapas é necessário ter vários sistemas automatizados de forma a ajudar essa gestão. Sendo que é uma empresa que já possui várias implementações ao nível da automação que fornecem dados ao *software* de gestão, é necessário e urgente que este processo seja cada vez mais fluído e simplificado de modo a facilitar a sua organização e gestão.

## 2.5. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A indústria da injeção de plástico é um tipo de indústria com equipamentos dedicados e procedimentos próprios para o desenvolvimento de peças complexas com características especiais.

Nos dias de hoje, existem numerosas implicações que podem influenciar de forma negativa as margens de lucro e a qualidade de um produto, com isto, é necessário a redução de processos não lucrativos, eliminação de tempos desnecessários, custos indiretos, entre outros.

Neste trabalho, realizado na área da automação da indústria do plástico, desenvolveu-se um mecanismo que permite controlar todos os processos e motivos envolventes às máquinas de injeção. A recolha de dados, o tratamento e o controlo dos processos tornam-se um ponto chave quando a gestão depende da fiabilidade e rastreabilidade da informação de forma *online*.

O problema colocado para melhoria é a obtenção e o tratamento de dados das máquinas de injeção como o tempo de ciclo, paragens, motivos de paragens, temperaturas dos fusos, entre outros. Com isto foi possível fornecer informação importante ao ERP e às pessoas responsáveis por cada setor de modo a melhorar, prevenir e corrigir eventuais problemas que possam surgir.



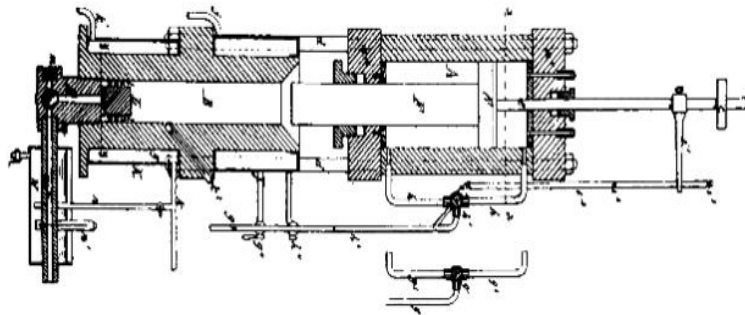
# 3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

## 3.1. INTRODUÇÃO

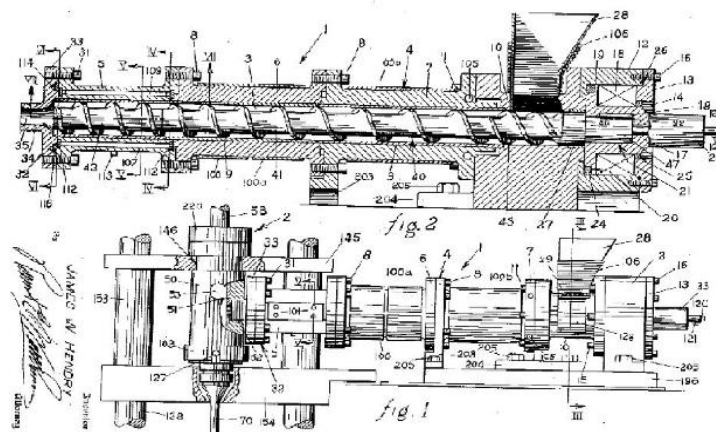
Neste capítulo pretende-se fazer uma revisão bibliográfica relacionada com a origem das máquinas de injeção, a indústria dos moldes para injeção de plástico em Portugal, indústria 4.0, uma abordagem à gestão da produção e os protocolos de comunicação utilizados na indústria.

## 3.2. MÁQUINA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICO

A origem das máquinas de injeção surge no ano de 1868 (Figura 2) através de John Wesley Hyatt que inicialmente injetava celuloide para um molde, produzindo inicialmente bolas de bilhar. John Wesley Hyatt e o seu irmão Isaiah patentearam uma máquina de injeção de plástico utilizando moldes na década de 1872 (Narad et al., 2017). Este processo de injeção dura cerca de 70 anos até à década 1948 quando James Hendry projeta e constrói a primeira máquina de injeção de moldes através do método de parafuso sem-fim (Figura 3), revolucionando assim a indústria dos plásticos. Esta versão mais aprimorada permite uma melhor homogeneização do material plasticizado, possibilitando a transformação de maiores volumes de material e consequentemente originando peças de maior dimensão (Kulkarni, 2010). Atualmente as máquinas de injeção de plástico estão bastante evoluídas, com os avanços dos diversos setores da engenharia e com máquinas totalmente automatizadas estas são capazes de produzir peças complexas para os mais variados tipos de indústria como o setor automóvel e o setor habitacional (Kulkarni, 2010).



**Figura 2** Protótipo John Wesley Hyatt 1868 (Schleich, 2020)



**Figura 3** Projeto da primeira injetora de James Hendry 1948 (Schleich, 2020)

### 3.3. INDÚSTRIA DE MOLDES PARA INJEÇÃO PLÁSTICA EM PORTUGAL

O plástico possui características importantes que vieram facilitar e substituir algumas matérias-primas mais difíceis de serem produzidas. Devido a este ser um material resistente, imóvel e leve, permite que empresas e os seus consumidores tirem partido do mesmo. Um dos métodos a ser utilizado para a conformação de materiais plásticos é a transformação sob pressão, utilizando moldes para injetar o plástico. No ano de 1929, Aires Roque juntamente com o seu irmão Aníbal H. Abrantes fundaram a indústria destinada a moldagem de vidro. Entre os anos de 1936 e 1943, Anibal H. Abrantes começava a fabricar moldes para a indústria do plástico na Marinha Grande introduzindo assim um novo tipo de indústria em Portugal com o propósito a fabricação de plásticos por injeção (Callapez, 2021).

## 3.4. INDÚSTRIA 4.0

### 3.4.1. Conceito

O conceito de indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial, surge pela potência da fabricação alemã no ano de 2011. Esta ideia conceitual foi amplamente adotada por alguns países dentro da União Europeia, China, Índia e outros Países asiáticos. Uma definição certa seria a revolução para a digitalização, destacando deste modo a mudança de uma sociedade industrializada para uma sociedade pós-industrializada baseada no conhecimento e informação através da introdução de máquinas customizadas e conectadas (Bartodziej, 2017). A indústria 4.0 não deve ser abordada como um sistema fechado, mas sim como um elemento essencial para diversas áreas da indústria (Gilchrist, 2016). Existem vários conceitos que descrevem a indústria 4.0, na tabela 2 é possível verificar alguns destes:

**Tabela 2** Conceitos Indústria 4.0

Autor	Conceito
(Bartodziej, 2017)	A indústria baseada na produção manual está sujeita a mudanças estruturais consideráveis devido às megatendências globais. Westkämper (2013) aponta vários desenvolvimentos em andamento, que influenciarão substancialmente todo ambiente fabril. Características como a individualização, volatilidade, eficiência energética e de recursos são considerados para a evolução. Uma abordagem mais detalhada em termos de tecnologias de fabricação é mencionada por Bauer et al. (2013), identificando cinco campos tecnológicos que considera estar na esfera de influência do conceito da indústria 4.0. Sendo estes os sistemas embebidos, objetos inteligentes, CPS, redes robustas, <i>Smart Factory</i> , computação em nuvem e segurança de TI.

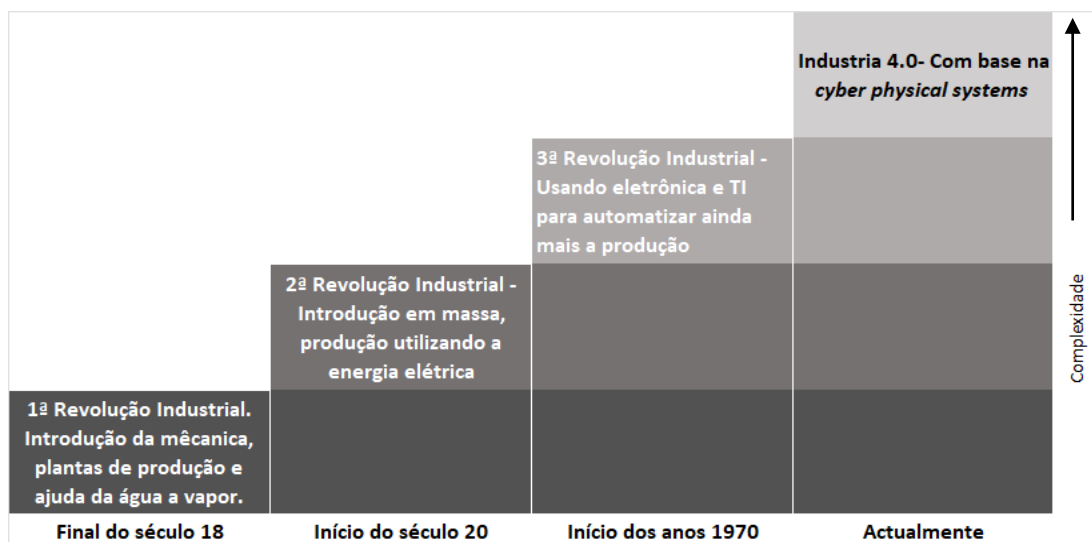
<p>(Gilchrist, 2016)</p>	<p>O termo indústria 4.0 representa a quarta revolução industrial. Um nível de organização e de controlo sobre toda a cadeia de valor do ciclo de vida de produtos, para produtos cada vez mais individualizados através dos requisitos dos clientes. Uma estrutura para a indústria 4.0 depende dos seguintes fatores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Digitalização e integração das cadeias de valor horizontal e vertical;</li> <li>-Digitalização de produtos e serviços;</li> <li>-Introdução de modelos de valor.</li> </ul>
<p>(Ustundag &amp; Cevikcan, 2017)</p>	<p>A indústria 4.0 é composta pela integração de instalações de produtos, cadeias de abastecimento e serviços para permitir o estabelecimento de redes de valor agregado. Assim surgiu uma estrutura conceitual, como a tecnologia <i>big data analytics</i>, robôs autónomos ou adaptativos, CPS, simulação, interação horizontal e vertical, internet, sistemas de nuvem, produção aditiva e realidade aumentada são necessários para uma adaptação bem-sucedida.</p>
<p>(Sendler, 2018)</p>	<p>A quarta revolução industrial indica um novo patamar na organização e controlo de toda a cadeia de criação de valor. Para que não existam dúvidas sobre o que esta inclui, esta cadeia de criação de valor é definida de forma específica e abrangente, desde a sua criação até aos serviços relacionados com produtos. Estando deste modo a lidar com uma transformação fundamental nos métodos da produção industrial, e não simplesmente uma mudança de qualquer parte desses métodos.</p>
<p>(Detecon Management Report, 2015)</p>	<p>Segundo <i>L. G. Mauch</i>, é um assunto de fabricação cruzada envolvendo processos semelhantes, tendo como desafio geral o agrupamento de expertise e a proximidade com o cliente final.</p>

A indústria 4.0 abrange três características fundamentais que terão um alcance implicativo tanto a nível económico na forma de novas oportunidades de negócio como em termos de novas infraestruturas sociais, estruturas organizacionais e preocupações legais (Bartodziej, 2017):

- Integração horizontal através de redes de valor – Integração de vários sistemas de tecnologias de informação utilizadas nas diferentes etapas do processo de fabricação e planeamento de negócios, envolvendo assim, a troca de materiais, energia e informações dentro e fora de uma empresa originando deste modo um ciclo mais fluído e dinâmico (Bartodziej, 2017; Stock & Seliger, 2016).
- Engenharia de ponta-a-ponta, em todo o ciclo de vida do produto – Com sistemas de tecnologias de informação mais apropriados para cada tipo de indústria, podendo fornecer suporte ponta-a-ponta durante todo o ciclo de vida do produto. Desde o desenvolvimento do produto, até ao sistema de fabricação, produção e serviços. Assim sendo, é possível melhorar um produto durante o todo o seu ciclo (Bartodziej, 2017; Stock & Seliger, 2016).
- Integração vertical e sistemas de produção tradicional em rede – Integração de vários sistemas de tecnologias de informação em diferentes níveis hierárquicos de uma empresa. Através de sistemas no chão de fábrica, é estabelecida a comunicação entre todos os subsistemas (Bartodziej, 2017; Stock & Seliger, 2016).

Depois de analisar os diferentes conceitos, conclui-se que cada autor descreve a digitalização industrial de forma a cumprir com as necessidades e estratégias adotadas na indústria a que se propõem. Como resultado, diferentes definições e abordagens relacionadas com desafios distintos e tecnologias podem ser encontradas, existindo assim um consenso sobre a descrição das características da indústria 4.0.

As fases que a indústria ultrapassou até se chegar a quarta revolução industrial são apresentadas na figura 4:



**Figura 4** As quatro revoluções industriais (Adaptado de (Matt et al., 2020))

### 3.4.2. Critérios de análise

Com o aparecimento do conceito de indústria 4.0 surgiu várias soluções para os problemas inerentes dentro e fora de portas que dificultavam a sua resolução. Através de acesso direto a processos controlados que podem estar conectados a controladores lógicos programáveis (PLC), controlo de sistemas de supervisor e aquisição de dados (SCADA), sistemas de controlo distribuídos (DCS), sistemas de controlo de produção (MES) e sistemas integrado de gestão empresarial (ERP) (Khan et al., 2017). Para uma implementação bem-sucedida desse conceito deve-se ter em consideração os seis critérios de análise (Ibarra et al., 2018):

- **Virtualização** – Resolução de problemas relacionados com a flexibilidade e personalização, através de simulação de diversos cenários;
- **Interoperabilidade** – Comunicações de rede e redução de barreiras, permitindo deste modo que exista comunicação entre diversos tipos de tecnologias sendo estas integradas num único modelo;
- **Descentralização** – Permite que os próprios sistemas tomem decisões e atuem sem existir a necessidade de um controlo central, utilização da produção em massa individualizada;
- **Capacidade em tempo real** – Capacidade de recolher informação de forma a encontrar e resolver problemas o mais rápido possível e originando assim um custo inferior para as empresas;
- **Orientação a serviços** – Utilização de serviços CPS, fábrica e humanos num contexto de orientação de serviços;
- **Modularidade** – Fragmentação da cadeia de valores, a globalização e descentralização da produção e sistemas de produção integrados. Possibilidade de atualizar módulos isolados.

### 3.4.3. Tecnologias novas e inovadoras

Nos sistemas tradicionais, a satisfação dos requisitos individuais do cliente só é possível com a mudança frequente de várias variantes ou pela execução de etapas de produção individuais, significando muitas das vezes custos mais elevados devido aos custos da produção (Matt et al., 2020). As tecnologias que abrangem o conceito de Indústria 4.0 estão descritas na tabela 3:

**Tabela 3** Tecnologias da indústria 4.0 (Matt et al., 2020)

Tecnologia	Descrição
Sistemas de assistência digital para trabalhadores humanos	Existem formas de facilitar e integrar os operadores dentro da Indústria 4.0, seja através do trabalho em equipa, introdução de robôs cooperativos, sistemas de ajuda inteligentes, organização ou participação em processos de melhoria contínua. Um conceito que também pode ser utilizado para a pesquisa sociológica é a psicologia industrial e organizacional que ajuda os funcionários a lidar com o stress, menos lesões, mais qualidade de vida e produtividade (Krzywdzinski et al., 2022).

Tecnologias de  
informação e  
comunicação

Digitalização da informação e sistemas integrados em todas as fases da criação de um produto fora e dentro da própria empresa (Matt et al., 2020). Existem algumas dependências entre os paradigmas centrais e a indústria 4.0. Sendo que as propriedades dos paradigmas podem ser encontradas em vários facilitadores tecnológicos (Aceto et al., 2019).

- Operador aumentado – O papel desempenhado pelo ser humano é ainda fundamental, pois muitos processos de produção ainda necessitam da supervisão e suporte do mesmo para o bom funcionamento. Atualmente já se fazem máquinas e robôs cooperativos que conseguem trabalhar em simultâneo com os seres humanos.
- Produto inteligente – Para que um produto inteligente se torne um participante ativo no processo de produção deve ser capaz de comunicar a sua presença, características e requisitos para as máquinas ou seres humanos circundantes. A IoT fornece os meios para essas necessidades que por sua vez depende de computação em nuvem e as suas variantes para a computação.
- Máquina inteligente – A máquina inteligente é capaz de auto-organizar-se para atender as necessidades da produção derivada de produtos inteligentes e o ambiente de produção, comunicando em rede com outras máquinas.

<p>Simulação</p>	<p>Modelagem, virtualização no design de produtos e estabelecimento do processo de fabricação de um sistema real ou hipotético. Os principais componentes desta definição são (de Paula Ferreira et al., 2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Modelagem</u> – Desenvolvimento de um modelo;</li> <li>• <u>Modelo</u> – Representação abstrata e simplificada de um sistema, composta por um conjunto de suposições, por vezes representada com relações lógicas ou matematicamente;</li> <li>• <u>Sistema</u> – Processo que será analisado;</li> <li>• <u>Processo</u> – Coleção de elementos inter-relacionados;</li> <li>• <u>Simulação</u> – Operação de um modelo ao longo do tempo. É uma metodologia primária que tem como princípio analisar produtos complexos. Uma das razões para ser utilizada é o custo elevado para experimentos com o sistema real, ou com um modelo físico. Existem várias abordagens baseadas em simulação, podemos considerar os sistemas dinâmicos, realidade virtual, inteligência artificial, modelagem e simulação baseada em agentes, realidade aumentada, simulação híbrida e a simulação de eventos discretos como uma abordagem muito utilizada pela indústria 4.0.</li> </ul>
<p>Comunicações de rede</p>	<p>Sistemas e equipamentos automatizados, logística interna e abastecimentos operacionais são interligados com tecnologias sem fio e de internet que servem para estabelecer a comunicação entre máquinas, produtos de trabalho, sistemas e pessoas, tanto dentro de portas como para fornecedores e distribuidores (Jazdi, 2014).</p>

## Análise do *Big Data*

No chão de fábrica ou por meio de computação em nuvem. O conceito de *Big Data* é mencionado inicialmente por Roger Mougalas em 2005. Refere-se a dados em larga escala, não sendo possível o seu armazenamento em um único computador e é quase impossível de ser manuseado utilizando abordagens tradicionais de análise de dados. O *Big Data* é caracterizado pelos 5V's (Le & Pham, 2021):

- Volume – Para várias escalas de conjunto de dados. Atualmente não existe um limite universal para que o volume de dados seja considerado como *Big Data*, devido ao tempo e diversidade do tipo de dados. Geralmente este pode ter o volume a partir de exabyte ( $10^{18}$ ) ou zettabyte ( $10^{21}$ ).
- Variedade – Diferentes formas de dados estruturados, semiestruturados ou não estruturados. O conjunto de dados do mundo atual, proveniente das fontes heterogêneas, estão normalmente sob a forma não estruturada ou semiestruturada, tornando assim a análise de dados desafiadora devido a sua inconsistência.
- Velocidade – A velocidade de processamento de dados pode enquadrada em três categorias diferentes, processamento de *streaming*, processamento em tempo real e processamento em lote.
- Veracidade – Qualidade e confiabilidade dos dados. Devido a variedade dos tipos de dados existente, a precisão e a confiança tornam-se mais difíceis de serem alcançadas, desempenhando assim um papel essencial em aplicações de *Big Data*.
- Valor – O valor dos dados adquiridos é utilizado muitas vezes para tomadas de decisões. Empresas grandes analisam diariamente conjuntos de dados de clientes para melhorar, fornecer, publicitar e vender o seu serviço.

*Cyber Physical  
Systems*

É um sistema complexo que integra computação, comunicação, controlo de processos e sistemas. A indústria 4.0 pode tornar a fabricação mais eficiente, flexível e sustentável por meio da comunicação e inteligência. Estes podem envolver sensores embutidos, robôs inteligentes, *Internet of things*, análise de *Big Data*, computação em nuvem, comunicações máquina a máquina e impressão 3D. Todas estas soluções podem ser configuradas para atender as necessidades imediatas do produto a ser criado, produção aditiva de dispositivos. Um CPS geralmente consiste em dois componentes funcionais (Lidong & Guanghui, 2016):

- Conectividade avançada que garante a aquisição de dados em tempo real do mundo físico e *feedback* de informações;
- Gestão inteligente de dados, capacidade computacional e analítica que constrói o espaço cibernético.

Existe uma estrutura CPS de cinco níveis que define como as pessoas podem construir um sistema a partir da aquisição inicial de dados, depois a análise e a criação do valor final (Lidong & Guanghui, 2016):

- Conexão Inteligente – Aquisição de dados precisos e confiáveis de máquinas e os seus componentes;
- Dados para informação (Conversão) – Informações significativas devem ser inferidas a partir de dados;
- Cyber – Este nível atua como um concentrador de informações nesta arquitetura. Para quando existe grande quantidade de informações adquiridas, deve ser filtrada um conjunto de informações específicas de forma a fornecer uma melhor visão;
- Conhecimento – A implementação do CPS neste nível, gera por norma um conhecimento profundo do sistema a ser controlado. Um bom conhecimento dessa informação irá facilitar a tomada de decisões;
- Configuração – Este é o nível que opera como um controlo supervisor para fazer máquinas autoconfiguráveis e auto adaptáveis. Esta etapa atua como um sistema de controlo de resiliência para aplicar decisões preventivas;

<i>Internet of Things</i>	<p>A tecnologia da internet fornece abordagens para melhorar o desempenho de <i>Cyber Physical Systems</i> através dos seguintes conceitos (Lidong &amp; Guanghui, 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <u><i>Internet of Things (IoT)</i></u> – Designada por “<i>Internet das coisas</i>” esta procura compreender a comunicação de sistemas inteligentes utilizando endereços IP, permitindo que cada objeto físico seja equipado com um endereço IP único;</li><li>• <u><i>Internet of Service (IoS)</i></u> – Compreende novos paradigmas de serviço, como a arquitetura orientada a serviços (SOA) ou a tecnologia REST;</li><li>• <u><i>Internet of Data (IoD)</i></u> – Permite armazenar e transferir dados em massa de forma adequada, fornecendo deste modo métodos de análise inovadores para interpretar dados em massa.</li></ul>
---------------------------	---

Como se pode verificar existem metodologias e tecnologias que ajudam na implementação da indústria 4.0 permitindo assim a diminuição de erros pela intervenção humana. Para que estas tecnologias sejam implementadas e executadas com sucesso é necessário o seu estudo prévio e formação do meio envolvente.

### 3.5. GESTÃO DA PRODUÇÃO

A gestão da produção é um processo que combina e transforma vários recursos utilizados na cadeia produtiva de uma organização em valor agregado de produtos ou serviços, conforme as políticas existentes dentro da organização. Resumidamente, é uma parte da organização que se preocupa com a transformação das várias etapas de um produto de forma a que este esteja com a qualidade pretendida. O conjunto de atividades que estão envolvidas na fabricação de certos produtos como o controlo de matérias primas, transformação de produtos, ordens de produção, gestão da qualidade, entre outros processos é designado por gestão da produção (Anil Kumar & Suresh, 2006).

#### 3.5.1. Conceito de Gestão da Produção

Existem vários conceitos que podem definir a gestão da produção. Na tabela 4 apresenta-se a definição deste conceito escrita por alguns autores:

**Tabela 4** Conceitos Gestão da Produção

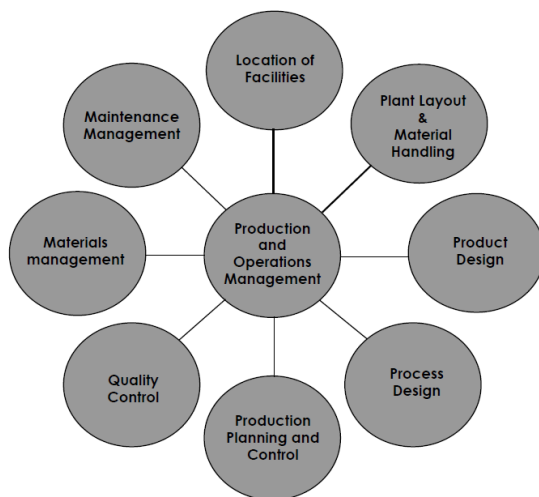
Autor	Conceito
(S. Buffa, 1977)	<p>A produção é o processo pelo qual bens e serviços são criados. São encontrados processos produtivos em diferentes setores como por exemplo nas fábricas, escritórios ou hospitais. A gestão da produção assume um papel importante para a tomada de decisões no que se refere a processos produtivos, para que os resultados finais de um serviço cumpram as suas especificações, tanto a nível de tempo, quantidades, qualidade e custo mínimo do produto. A gestão da produção esta associada a duas grandes áreas de intervenção:</p> <ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="523 1671 1219 1704">• Decisões estratégicas focadas no <i>design</i> dos sistemas;</li><li data-bbox="523 1760 1015 1794">• Decisões do dia-a-dia das operações.</li></ul>

(Anil Kumar & Suresh, 2006)	<p>A função da produção é a parte da organização que tem como responsabilidade a transformação de uma série de entradas para as saídas de produto com o nível de qualidade exigido. Tendo por definição “a conversão passo a passo de uma forma de material em outra forma por meio de processo químico ou mecânico para criar ou aumentar a utilidade do produto ao utilizador”. Deste modo a produção torna-se num processo de agregação de valor pois em cada etapa haverá adição de valor.</p>
(Tikoo, n.d.)	<p>Gestão da produção, muitas vezes descrito como gestão da produção e operações refere-se a gestão de sistemas produtivos cujo objetivo é converter ou transformar entradas de recursos em bens úteis e serviços como saídas. Em organizações menores onde a concorrência é sensível, o preço e as necessidades dos clientes são bem definidas e o foco está na redução dos custos associado as operações.</p>
(Gupta & Starr, 2013)	<p>Utilização de métodos que consistem em procedimentos, regras e algoritmos para analisar situações. Estes métodos são aplicados a diversas operações e serviços durante a fabricação de um produto. A gestão da produção baseia-se em diversas táticas que aumentam a produtividade como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agendamento do trabalho;</li> <li>• Atribuição de recursos humanos e máquinas;</li> <li>• Gestão de <i>Stocks</i>;</li> <li>• Decisões do tipo de processo que inclui decisões de capacidade;</li> <li>• Políticas de manutenção.</li> </ul>

(Ferreira, 2016)	<p>A gestão da produção visa flexibilizar os sistemas de produção, reduzindo os tempos de produção e <i>stocks</i> direcionados ao atendimento das necessidades dos clientes. A gestão da produção tem como princípio utilizar um melhor desempenho estratégico em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Custo</u> – Reduzindo os custos da produção, obtendo maiores margens de lucro assim como preços mais competitivos;</li> <li>• <u>Desempenho na entrega</u> – Ser confiável e rapidez nos prazos de entrega;</li> <li>• <u>Flexibilidade</u> – Estar preparado para situações inesperadas reagindo de forma rápida e eficaz;</li> <li>• <u>Outros</u> – Inovação sem agredir o meio ambiente.</li> </ul>
------------------	---

### 3.5.2. Gestão da Produção *versus* Gestão de Operações

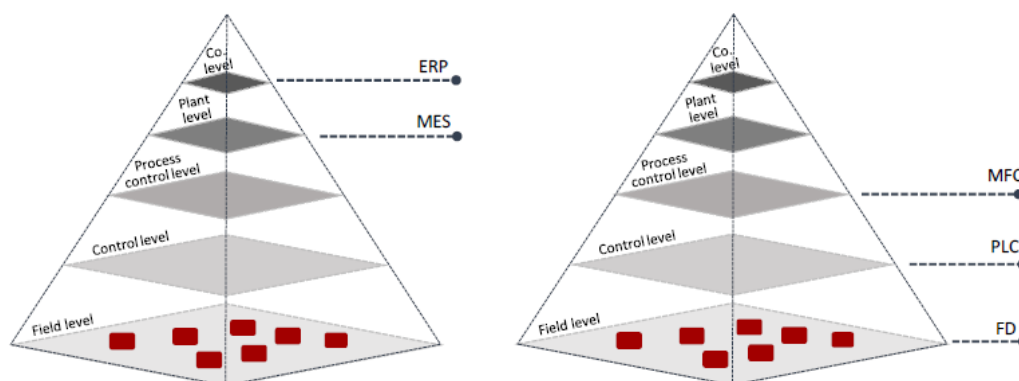
Existe dois pontos distintos entre gestão da produção e gestão das operações. Em primeiro, a gestão da produção é mais utilizada para um sistema onde são produzidos componentes reais. Considerando assim que as operações são transformadas em serviços intangíveis. Nestas condições a gestão das operações incluirá organizações de serviços como bancos, serviços públicos, agências de controlo, instituições de ensino, bibliotecas e empresas de produção. O segundo ponto diz respeito a evolução, ou seja, é o termo utilizado hoje em dia (Syllabus, 2016). Na figura 5 pode-se verificar as áreas abrangidas pela gestão da produção e gestão de operações.



**Figura 5** Áreas abrangidas pela gestão da produção e operações (Syllabus, 2016)

### 3.5.3. Tecnologias existentes para gestão da produção

Na indústria existe um sistema de planeamento e controlo de produção com uma estrutura centralizada e hierárquica em forma de pirâmide que ajuda a compreender como são utilizados diversos métodos dentro da mesma. Esta estrutura tem a sua origem na tecnologia de automação e maioritariamente na arquitetura de controlo. A estrutura apresentada na figura 6 tem como objetivo definir as regras de transporte, garantir a utilização dos recursos de transporte físico, visualização para interagir com os operadores, recolha de dados, gravação, armazenamento e fornecimento de dados para outros setores (Bartodziej, 2017).



**Figura 6** Pirâmide de automação *versus* Sistema de controlo de fluxo de material (Bartodziej, 2017)

Existe um conjunto de tecnologias que permitem um melhor controlo sobre a gestão da produção. Sejam estas a nível de controlo da logística, recursos humanos, compras ou vendas, ou por outro lado, a gestão de materiais e obtenção de dados no chão de fábrica. Na tabela 5 pode-se analisar algumas dessas tecnologias:

**Tabela 5** Tecnologias da Gestão da Produção

Tecnologia	Descrição
ERP	<p>Os sistemas ERP são programas de <i>software</i> que ajudam as organizações a gerenciar processos de negócios em toda a empresa integrando e coordenando informações em todas as áreas envolvidas. Um processo de negócio são todas as atividades que decorrem durante um determinado período de tempo até a sua conclusão, originando assim um relatório ou uma previsão, que é um valor para o cliente (Monk &amp; Wagner, 2013). Um ERP é concebido para ser uma solução integrada, que consiste em vários módulos, como compras, vendas, marketing, finanças, produção, logística, contabilidade e recursos humanos. Estando estes módulos interligados e centralizados numa base de dados (Bartodziej, 2017). Existem várias vantagens em utilizar um sistema ERP dentro de uma empresa, desde à melhoria de eficiência dos processos de produção, vendas e compras através do planeamento antecipado. Utilizando estas informações ao longo de todo o processo pode resultar em economias de custo muito significativos (Monk &amp; Wagner, 2013).</p>
MRP	<p>O MRP é provavelmente a ferramenta de planeamento de materiais mais utilizada nos tempos de hoje. Mostrando um grande progresso ao longo dos anos ajudando com as necessidades da indústria desde a sua introdução nos anos de 1960 (Drexl &amp; Kimms, 1998). O planeamento de materiais é uma técnica para determinar os requisitos das matérias primas, componentes, entre outros fatores, necessários para a fabricação de um produto. Como metodologia de inventário alternativa responsável por todas as atividades relacionadas à especificação do produto como o tipo, quantidade, <i>stock</i>, prazos de entrega e tempo. O MRP pode lidar com a falta de procura, através da precisão e cálculos matemáticos tornando o planeamento do trabalho a ser realizado durante o produto final conhecido e de certo modo cumprirá com os requisitos do cliente (Gupta &amp; Starr, 2013; SAP AG, 2001; Tikoo, n.d.).</p>

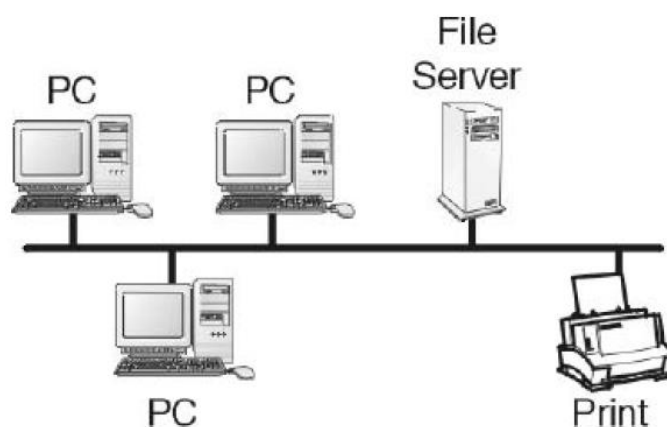
MES	<p>Um sistema MES é um sistema de <i>software</i> que surgiu nos anos de 1980, com a intenção de estabelecer a comunicação entre monitores e dispositivos de controlo aos sistemas de fabricação e obtenção de fluxos de dados que ocorrem no chão de fábrica. O objetivo principal é garantir que todos os processos sejam rigorosamente cumpridos melhorando assim a produção, tendo o seu principal foco a pouca intervenção humana (Ortiz, 2020). Pode-se classificar o MES como um sistema de recolha de dados em vários setores como a gestão empresarial, planeamento de produção, planeamento pessoal e garantia de qualidade foram fornecidos com sistemas de recolha de dados dedicados (Kletti (Ed.), 2007). Pode-se considerar o MES como uma abordagem orientada ao fluxo de trabalho, aos quais são alocados a três fluxos distintos (MEYER et al., 2009):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Projeto orientado ao fluxo de produção</u> – Um cronograma com as tarefas detalhas e o planeamento da produção deve ser mapeado de forma gráfica (quando possível) de forma a facilitar a interação com o utilizador. Este fluxo de produção deve ser salvo como um modelo de dados, de forma consistente e o mais completo possível, para que sejam produzidos todos os artigos;</li> <li>• <u>Planeamento orientado ao fluxo de produção</u> – O fluxo da produção é planeado na forma de ordens de fabrico consecutivas. Quando abordamos o fluxo não estamos apenas a detalhar a sequência das ordens, mas também todos os recursos com uma solução ao nível da sequência operacional. O fornecimento de recursos humanos, equipamento, matérias primas ou componentes também devem ser planeados;</li> <li>• <u>Processamento do pedido</u> – Todos os processamentos mencionados anteriormente acontecem em tempo real. Todos os processos envolvidos durante a produção são controlados e monitorizados, sendo que os dados relevantes do produto e da produção são recolhidos e documentados de forma orientada ao fluxo e para os diferentes responsáveis.</li> </ul>
-----	---

### 3.6.SISTEMAS DE REDE UTILIZADOS NA INDÚSTRIA 4.0

As necessidades diárias nos processos de produção exigem que exista uma necessidade de automação em todos os processos existentes na indústria. As redes industriais são uma forma de automação industrial, que consiste em protocolos de comunicação utilizados para supervisionar, controlar, regular e gerenciar os processos. Tornando assim um meio físico praticamente único a trabalhar com diversas variáveis e deste modo formar uma rede industrial. As diversas redes podem ser classificadas de acordo com a tecnologia de transmissão utilizada e as suas necessidades, podendo ser do tipo ponto-a-ponto, por difusão ou de acordo com a sua escala.

Existem vários tipos comunicações que podem ser utilizados de forma a estabelecer uma ligação entre os equipamentos inerentes a indústria. Os tipos de comunicações existentes são:

- **LAN** – São caracterizadas pela transmissão em alta velocidade num espaço relativamente pequeno, área geográfica, edifício ou grupo de edifícios. O seu funcionamento consiste em estabelecer a comunicação de computadores, impressoras, computadores lógicos, entre outros tipos de dispositivos através de cabos ou *links* sem fios (Figura 7). Existem muitos tipos de LAN, que podem ser caracterizadas pelo tipo de protocolo a ser utilizado, dispositivos na rede, métodos de acesso e comunicação a estabelecer (Mackay & Wright, 2004).



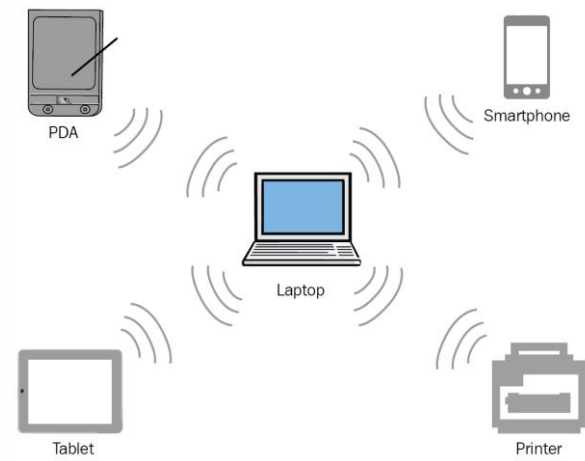
**Figura 7** Local area network (Mackay & Wright, 2004)

- **WAN** – São caracterizadas por redes de longo alcance que consistem em LAN interligadas que estão separadas por grandes distâncias que podem variar nas dezenas ou milhares de quilómetros como mostra a figura 8. Normalmente são utilizadas operadoras de telecomunicações para fornecer uma conexão económica entre as LAN. Através do uso de *gateways* é possível utilizar uma “nuvem de comunicação” que permite armazenar as mensagens trocadas com a velocidade das LAN e transmitir através da velocidade de interligação das operadoras. Quando uma mensagem é recebida por uma LAN remota, a mesma mensagem será reinserida a uma velocidade da LAN local (Mackay & Wright, 2004).



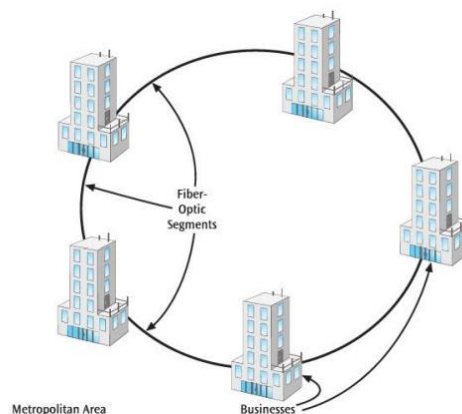
**Figura 8** Wide area network (Mackay & Wright, 2004)

- **PAN** – Uma rede PAN é uma rede local projetada para transmitir dados entre dispositivos de uso pessoal, como computadores, assistentes digitais pessoais e telefones. Normalmente este tipo de rede lida com interconexão de dispositivos baseado num único utilizador. O alcance deste tipo de rede é de alguns metros, podendo ser conectadas através de barramentos como a ligação USB, ou por meio de outras tecnologias como o bluetooth (IEEE, 2000).



**Figura 9** *Personal area network*

- MAN** – Possui várias características que a tornam ideais para dar suporte à sistemas de recuperação, sistemas de *backup* de transações em tempo real, interconexões entre centros de dados corporativos e serviços de internet, suportando deste modo conexões de alta velocidade entre governos, empresas e instalações educacionais. MAN são exclusivamente de fibra ótica capaz de suportar taxas de dados de dezenas de milhões e centenas de milhões de dados. As características que o diferenciam são, a capacidade de cobrirem distâncias muito maiores do que as LAN, capazes de suportar áreas metropolitanas inteiras. As redes MAN são projetadas para ter circuitos altamente redundantes para caso exista uma falha de algum componente, seja rapidamente direcionado o tráfego (White & White, 2016).

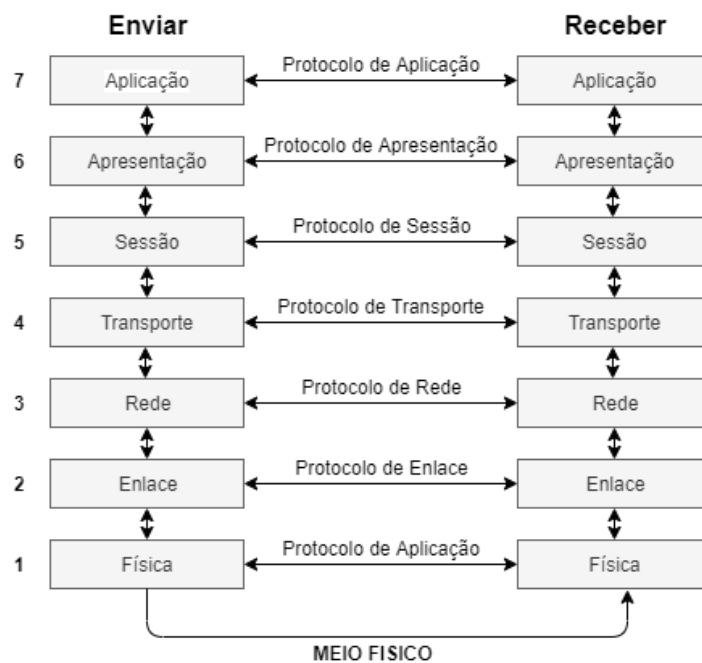


**Figura 10** *Metropolitan area network* (White & White, 2016)

### 3.6.1. Modelo OSI

O modelo *Open Systems Interconnection* (OSI), é um produto que começou na década de 1980 pela *International Organization for Standardization* (ISO) como referência para a comunicação de sistemas abertos. É uma maneira de subdividir um sistema de comunicação em várias partes menores designadas por camadas (Barbee, 2012).

Uma camada é uma coleção de funções semelhantes que tem como objetivo fornecer serviços para a camada acima e receber serviços da camada abaixo. O modelo OSI é uma estrutura para gerenciar a comunicação de dados, estando assim dividida em 7 camadas ou níveis conforme mostra a figura 11 (Barbee, 2012).



**Figura 11** Estrutura do modelo OSI de referência

- Camadas do Modelo OSI
- Camada Física

A camada 1 é designada por camada física, definindo as especificações elétricas e físicas dos dispositivos, com o propósito de manter, desfazer e ativar conexões entre os elementos de um sistema. As principais funções e serviços executados pela camada física são (Barbee, 2012):

- Fornecimento e término de uma conexão com um meio de comunicação;
- Participação no processo pelo qual os recursos de comunicação são efetivamente compartilhados entre os diferentes utilizadores;
- Modulação, entre a representação de dados digitais no utilizador do equipamento e os sinais correspondentes transmitidos por um canal.

- Camada de Enlace

A camada 2 do modelo OSI é designada de enlace e tem como objetivo fornecer o endereçamento físico, controlo de erros e controlo de fluxo. Esta camada tem como um dos seus principais objetivos a deteção, notificação e recuperação caso existam erros. Na camada 2 o fluxo de transmissão é controlado para evitar perdas do meio de transmissão, tendo por base a identificação física para cada máquina da rede (Barbee, 2012).

- Camada de Rede

A camada de rede fornece os meios funcionais e procedimentais de transferir sequências de dados de comprimento variável de uma rede de origem para uma de destino em uma rede diferente ao contrário da camada de enlace que faz a conexão dentro da mesma rede. Esta camada executa funções de roteamento de rede e pode também realizar a fragmentação, remontagem e reportar erros de entrega. Dentro desta camada temos *routers* que enviam dados por toda a rede tornando assim a existência de internet. A camada de rede é constituída por pelo menos três subcamadas, sendo estas (Barbee, 2012):

- **Acesso a sub-rede** – Considera os protocolos que tratam da interface para as redes;
- **Convergência dependente de sub-rede** – Quando existe a necessidade de trazer o nível de uma rede até ao nível das redes de cada lado;
- **Convergência independente de sub-rede** – Lida com a transferência entre várias redes.

- Camada de Transporte

Esta camada oferece os recursos lógicos para a transmissão de dados entre utilizadores finais, utilizando serviços confiáveis de transferência de dados para as camadas superiores. O protocolo de transporte é necessário quando a camada de rede não garante a entrega de todos os dados e informações. Embora não tenha sido desenvolvido sob o modelo OSI e não esteja em estrita conformidade para a definição OSI da camada de transporte, como por exemplo o *Transmission Control Protocol* (TCP) e *User Datagram Protocol* (UDP) (Barbee, 2012).

- Camada de Sessão

A camada de sessão ou camada 5 é pouco utilizada nas aplicações de rede. Esta controla os diálogos entre as máquinas, ou seja, estabelecendo, gerenciando e encerrando as conexões entre o local remoto. Esta camada oferece operação *full-duplex*, *half-duplex* ou *simplex* (Barbee, 2012).

- Camada de Apresentação

A camada de apresentação é a sexta camada do modelo OSI cuja sua função é fornecer as camadas superior sintaxes, códigos e linguagens com diferentes representações utilizadas pelas máquinas. Esta camada transforma os dados no formato que as aplicações aceitam (Barbee, 2012).

- Camada de Aplicação

A camada 7 do modelo OSI é a camada de aplicação, onde os utilizadores interagem diretamente com a aplicação de *software*. As funções desta camada normalmente incluem a identificação de parceiros de comunicação, determinar a disponibilidade de recursos e sincronizar a comunicação. Quando é identificado um parceiro de comunicação para o aplicativo com dados a serem transmitidos e determinar a disponibilidade dos recursos, a camada de aplicação deve decidir, se esta comunicação de rede existe (Barbee, 2012).

### 3.6.2. Tecnologias de rede utilizadas na indústria

As redes industriais são classificadas em três grandes grupos: *Sensor Bus*, *Device Bus* e *Field Bus*. Sistemas essencialmente distribuídos, onde diversos elementos trabalham e comunicam em simultâneo com a finalidade de otimizar, controlar e aumentar a produtividade. Para que estes sistemas trabalhem é necessário seguir algumas camadas do modelo OSI que têm como objetivo automatizar toda a indústria, como a camada física (camada 1), camada de enlace (camada 2) e a camada de aplicação (camada 7).

- *Sensor Bus*

A rede *Sensor Bus* estabelece a ligação entre equipamentos simples e pequenos diretamente utilizando os dados no formato de bits. Os equipamentos utilizados neste tipo de rede necessitam normalmente de comunicações rápidas em níveis discretos e são por norma de baixo custo. Este tipo de rede não foi projetado para cobrir grandes distâncias, pois a preocupação principal é manter os custos de conexão tão baixos quanto possível. Alguns exemplos deste tipo de rede podem ser consultados na tabela 6 (ESTÁCIO, n.d.):

**Tabela 6** Tecnologias de rede *Sensor Bus*

Tecnologia	Descrição
SERIPLEX	<p>É uma rede rápida e simples, com pontos de entrada e saída distribuídos responsável pela troca de informações entre os elementos do processo tanto para sistemas de controlo, como para a indústria. Todos os dispositivos que utilizam esta rede possuem um circuito integrado que possibilita a comunicação de rede. O protocolo SERIPLEX, que se encontra na camada física, possui as seguintes características (ESTÁCIO, n.d.):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Incorpora um extenso procedimento de deteção de erros;</li><li>• Verificação da integridade do barramento em cada ciclo;</li><li>• Totalmente transparente para o utilizador;</li><li>• Número de dispositivos máximos de 510 (255 entradas e 255 saídas) não multiplexadas, ou 7680 pontos discretos ou 480 analógicos complexados;</li><li>• Tempo de ciclo escalonável ou determinístico, com um mínimo de 0,72 metros por segundo para 31 sensores e 31 atuadores;</li><li>• Comprimento de cabo máximo de 1524 metros;</li><li>• Cabo de cinco ou sete vias;</li><li>• Topologia de rede aberta, qualquer combinação de árvore, estrela, entre outras;</li><li>• Protocolo aberto, mas não normalizado;</li><li>• Comunicação do tipo <i>Master/Slave</i> ou ponto-a-ponto cíclica.</li></ul>

ASI	<p>É uma das soluções mais inovadoras de rede ao nível de sensores e atuadores. Foi desenvolvido como uma alternativa de baixo custo de estrutura de cablagem, sendo utilizado em diversos setores da indústria. O seu principal objetivo é interligar entre si, atuadores e sensores de diversos fabricantes, utilizando apenas um único cabo, capaz de transmitir dados e alimentação em simultâneo. Possui alguns benefícios como a sua simplicidade, desempenho, flexibilidade e custo. As características que definem este tipo de ligação são (ESTÁCIO, n.d.):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Topologia com estrutura de árvore;</li><li>• Cabo de dois condutores para dados de alimentação;</li><li>• Número máximo de 31 <i>slaves</i>;</li><li>• Para endereçamento, cada <i>slave</i> tem um endereço, definido pelo <i>master</i> ou equipamento;</li><li>• Do <i>master</i> para o <i>slave</i> com resposta imediata;</li><li>• Formato da mensagem com quatro bits por <i>slave</i> e mensagem;</li><li>• Mensagens incorretas são detetadas, gerando deste modo uma serie de repetições.</li></ul>
-----	---

- *Device Bus*

A rede *Device Bus* possui os dados em formato de bytes, cobrindo distâncias maiores de trabalho, unindo a rápida transferência do *Sensor Bus* com a capacidade de gestão da rede.

**Tabela 7** Tecnologias de rede *Device Bus*

Tecnologia	Descrição
CAN	<p>O CAN é um protocolo de comunicação serial síncrono, constituído por um conjunto especificações de camada física, como o <i>Logic Link Control</i> (LLC) e o <i>Medium Access Control</i> (MAC) do modelo OSI. Este protocolo permite receber e enviar mensagens através de um barramento, passando assim por uma camada física e uma camada de enlace. Na camada 1 define-se a codificação dos bits em sinais elétricos, meio de propagação, tipos de conectores, comprimentos permitidos para o barramento, níveis de tensão e corrente. A segunda camada é responsável por fornecer meios para a transmissão de mensagens, ou seja, que estas sejam enviadas por um emissor e recebidas por um recetor. As principais características são:</p> <p>Capacidade <i>multicast</i>;</p> <p>Custo baixo;</p> <p>Capacidade de sinalizar e detetar erros de forma eficaz;</p> <p>Redução do tempo de latência;</p> <p>Retransmissão automática de mensagens assim que o barramento fique livre;</p> <p>Flexibilidade de configuração;</p> <p>Elevada taxa de transferência (1Mbit/s);</p> <p>Redução do cabo a ser utilizado.</p>

<p>Device Net</p>	<p><i>Device Net</i> é um protocolo de comunicação de baixo custo que permite conectar dispositivos industriais a uma rede diminuindo o tempo de resposta. Este protocolo é uma solução de rede simples e aberta que facilita a instalação de dispositivos de automação industrial, proporcionando a interligação e entre dispositivos de diversos fornecedores. A rede <i>Device Net</i> possui dois tipos de comunicação, sendo estes, o <i>open-style</i> para dispositivos de baixo custo e uma comunicação do tipo <i>sealed-style</i> com conexão e desconexão rápida. Estes dois tipos de comunicação podem ser conjugados ao mesmo tempo caso seja pretendido. As principais características são (Automation, 1999):</p> <p>Configuração de protocolo aberto com topologia física básica do tipo linha principal com derivações;</p> <p>Barramentos separados de par traçado para a distribuição de sinal e alimentação;</p> <p>Inserção e remoção de nós sem ser necessário desligar os dispositivos e sem necessidade de desconectar a alimentação da rede;</p> <p>Permite múltiplas fontes de alimentação para dispositivos;</p> <p>Protocolo aberto.</p>
-------------------	--

- *Field Bus*

O tipo de rede *Field Bus* (dados no formato de pacotes), interliga equipamentos de entrada e saída inteligentes, controlando o fluxo de informações e processo, permitindo a interação de diversos tipos de dados.

O *Profi Bus* é um padrão de rede internacional amplamente aceite, normalmente encontrado em controlo de processos e em grandes montagens. Pertencente ao modelo OSI, garante que dispositivos de vários fornecedores possam comunicar em conjunto de uma forma fácil e eficaz. Este tipo de redes é do tipo *multicast* podendo atingir um total de 127 nós, apresentando dois tipos de dispositivos, sendo estes, o *master* que pode ler e escrever quando são de classe 1 e configurar quando são de classe 2 ou do tipo *slave* que são dispositivos periféricos que não possuem acesso direto ao barramento, recebendo apenas informação. A rede *Profi Bus* compreende três redes de automação que podem ser consultadas na tabela 8 (Reynders et al., 2005):

**Tabela 8** Tecnologias de rede *Profi Bus*

Tecnologia	Descrição
<i>Profi Bus DP</i>	<u><i>Profi Bus DP (Decentralized Periphery)</i></u> – Focada na automação industrial, possui ferramentas de configuração e manutenção que permitem a parametrização e diagnósticos remotos. Sendo esta a solução mais rápida dentro das redes <i>Profi Bus</i> . A topologia deste tipo de rede pode ser de estrutura linha ou linha com derivações e o acesso ao meio é feito utilizando <i>tokens</i> , sendo o seu principal foco a transmissão de pequenos pacotes de dados (Reynders et al., 2005).

<p><i>Profi Bus PA</i></p>	<p><u><i>Profi Bus PA (Process Automation)</i></u> – O seu foco principal é atender as necessidades das automações em processos, interligando os sistemas de controlo de processo aos dispositivos de campo utilizados como sensores ou válvulas. Os valores e estados de campo possuem alta prioridade na comunicação, sendo transmitidos de modo cíclico usando as funções rápidas do protocolo <i>Profi Bus DP</i>, garantindo assim a atualização e disponibilidade de dados. Na topologia podemos ter uma estrutura do tipo linha ou do tipo linha com derivações lineares e uma estrutura em árvore, sendo também permitida a conexão e desconexão dos dispositivos que constituem um sistema (Reynders et al., 2005).</p>
<p><i>Profi Bus FMS</i></p>	<p><u><i>Profi Bus FMS (FieldBus Message Specification)</i></u> – A comunicação realizada por este tipo de protocolo permite a comunicação entre computadores, controladores lógicos e células. O protocolo FMS permite que todos os processos distribuídos fiquem associados a um único processo através de objetos de comunicação. Estes objetos podem ser do tipo estático ou dinâmico quando são registados. Este protocolo também utiliza serviços para administração e gerenciamento que podem ser (Reynders et al., 2005):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Serviços confirmados</u> – Utilizados para as comunicações orientadas a conexão, representando uma conexão lógica ponto-a-ponto entre dois processos.</li> <li>• <u>Serviços não confirmados</u> – Utilizados para a comunicação sem conexão (por exemplo <i>broadcast</i> ou <i>multicast</i>), representando uma conexão simultânea com diversas estações.</li> </ul>

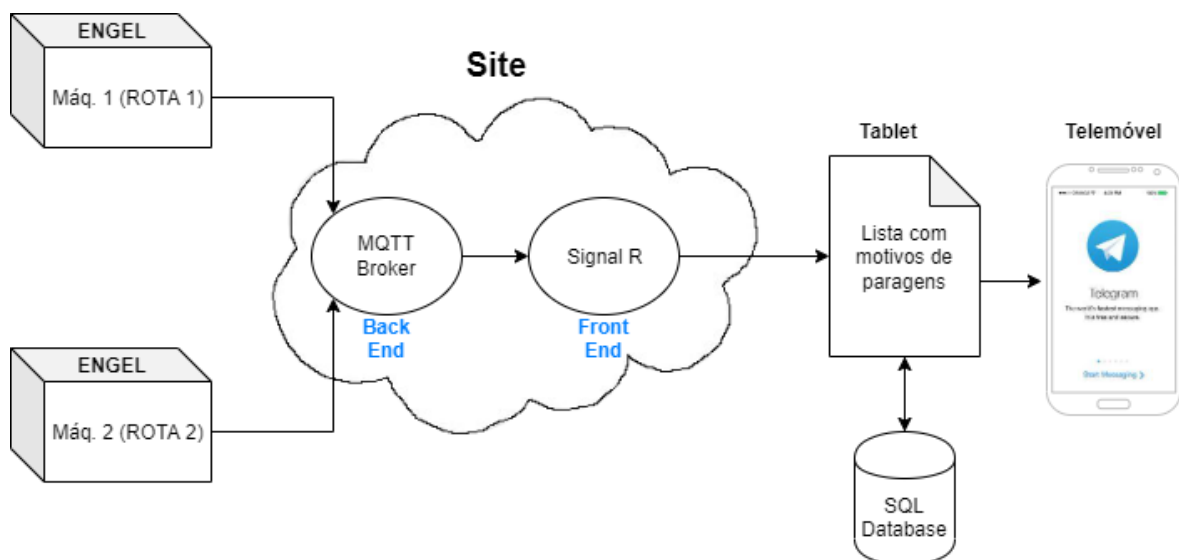


## 4. PROJETO DESENVOLVIDO

Neste capítulo apresenta-se uma descrição detalhada do projeto e o seu funcionamento, tanto a nível de *hardware* como de *software*. Detalha-se a estrutura do desenvolvimento, características da máquina utilizada para a recolha de dados, protocolo de comunicação utilizado e todo o processo implementado.

## 4.1. ESTRUTURA DO DESENVOLVIMENTO

Este desenvolvimento consiste na utilização de diversas máquinas de injeção ENGEL, que através do protocolo EUROMAP 63 fornecerão dados relativos ao tempo de ciclo, alertas, erros, entre outros tipos de informações pertinentes e escritos num ficheiro de *logs* do tipo *DAT* em tempo real. Foram feitos desenvolvimentos para tratar os registos escritos pelas máquinas de forma a transformar estes dados em informação útil para as fases seguintes do desenvolvimento. Com os dados já tratados, estes serão enviados via um *broker* (MQTT) diretamente para um *BotFather* dentro de um aplicativo de *smartphone* (*Telegram*) para que este possa receber informações relacionadas com o desenvolvimento feito. Foi utilizada uma biblioteca (SignalR) para permitir o envio de notificações assíncronas para os aplicativos (*Tablet*, *Telegram*) que irá estar em escuta para que quando ocorra uma paragem esta seja justificada de forma imediata. A lista com os motivos de paragens é armazenada e guardada numa base de dados SQL. Todos os desenvolvimentos feitos são configuráveis através de um ficheiro no formato *json*. Na figura 12 encontra-se a estrutura deste desenvolvimento.



**Figura 12** Estrutura do projeto

## 4.2.ENGEL

As máquinas utilizadas para este desenvolvimento são máquinas de injeção de plástico por moldagem da ENGEL (Figura 13) que reúnem um nível elevado de precisão. São máquinas com elevada tecnologia que permitem utilizar protocolos de comunicação para estabelecer a interligação com outras componentes e assim obter dados com mais precisão e fiabilidade (ENGEL, 2018).



**Figura 13** Máquina injeção ENGEL (ENGEL, 2018)

Estas máquinas possuem características como:

- **Dimensão de molde relativamente grande** – Placas de fixação de moldes com dimensões generosas podendo ser utilizada na sua totalidade e fora dos seus limites;
- **Disponibilidade da máquina** – Trocas de molde mais rápidas devido a tempos de ferramentas mais curtos, com menores custos de manutenção devido ao seu *design* robusto e baixo atrito;
- **Liberdade da automação** – Remoção de peças mais rápida sem obstrução para os robôs e com um pé direito mais baixo graças ao seu acesso livre à beira do molde;

- **Baixo desgaste do molde** – Sistema patenteado ENGEL *Flex-Link* e a configuração padrão de paralelismo da placa, garantem um alinhamento da mesa perfeito diminuindo assim o desgaste dos moldes;
- **Processo de moldagem por injeção preciso com a unidade de injeção elétrica** – Perdas por atrito extremamente baixas e uma unidade de injeção elétrica garantem uma eficiência energética excepcional;
- **Peças técnica para satisfazer mais os requisitos de qualidade** – A distribuição da força de fixação e a estabilidade dão a garantia na produção de peças técnicas;
- **Capacidade de sala limpa** – Graças à área de molde sem barras e a tecnologia de acionamento baixa de emissões.

### 4.3. PROTOCOLO EUROMAP 63

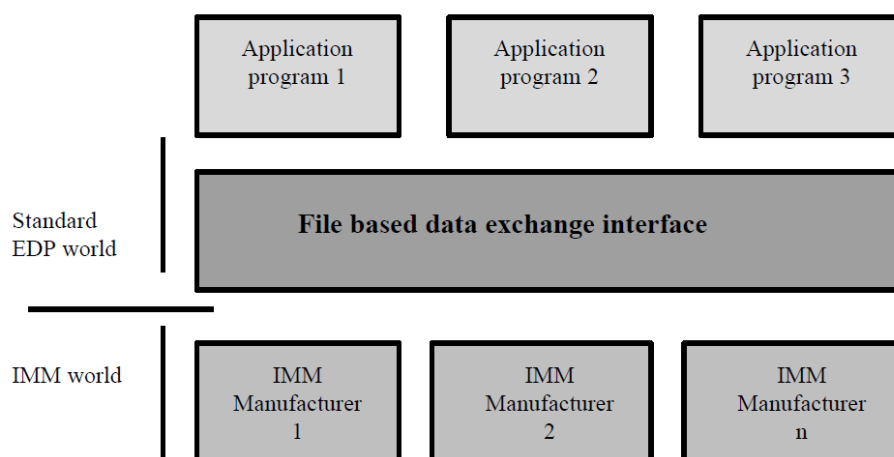
A utilização de microcontroladores em equipamentos industriais mais precisamente em máquinas de injeção de plástico permite que os dados sejam recolhidos e transmitidos para sistemas de computadores centrais. A delegação EUROMAP - SPI de protocolo de comunicação tiveram a tarefa de padronizar um protocolo com um conceito flexível e estruturas de comunicação simples a ser utilizado pelos fabricantes das máquinas de injeção de plástico. Para o desenvolvimento deste protocolo foram criadas as seguintes regras (EUROMAP, 2000):

- **O protocolo tinha de ser desenvolvido usando o maior número possível de padrões e protocolos** – Esta regra foi implementada para economizar tempo de desenvolvimento, adicionar credibilidade ao protocolo final e ajudar no entendimento do mesmo para quem desenvolve, pois permitirá consultar livros e documentos de referência já existentes que mencionam os vários padrões e protocolos de comunicação;

- **Utilizar tecnologia existente, prontamente disponível e não interferir no funcionamento normal dos restantes equipamentos de processamento** – Este protocolo de comunicação tinha de ser adaptado em projetos de equipamentos existentes, sendo que, todo o *hardware* e *software* de comunicação adicionado não deve causar qualquer tipo de impacto na funcionalidade operacional do equipamento de processamento;
- **Objetivo de fornecer configuração e monitoramento centralizado de vários equipamentos a partir de um sistema de computador centralizado** – O protocolo não deve ter nenhuma função necessária para a realização de uma operação nem controlar de forma direta qualquer equipamento. Em nenhum momento qualquer tipo de controle ou função de segurança do equipamento dependera da rede de comunicação.

#### 4.3.1. Comunicação baseada em arquivos

A comunicação baseada em arquivos fornece um método padrão para diferentes aplicativos acederem a informações relacionadas com as máquinas, independentemente do seu fabricante ou tipo de sistema utilizado. Um sistema de arquivos de rede subjacente, é responsável por fornecer acesso aos servidores de rede compartilhados. Arquivos de trabalho são criados para identificar as informações a serem comunicadas a uma determinada máquina, conseqüentemente, a máquina irá processar estes arquivos de trabalho para receber informações e identificar que tipo de informações devem ser gravadas e enviadas num arquivo de resposta. Dentro desses mesmos arquivos, comandos e respostas são escritos usando uma sintaxe simples baseada em *tokens* de comando. Para ilustrar esta comunicação baseada em arquivos pode-se ver a estrutura da figura 14 (EUROMAP, 2000):



**Figura 14** Comunicação baseada em arquivos (EUROMAP, 2000)

#### 4.3.2. Modelo OSI (EUROMAP 63)

O modelo de 7 camadas da OSI está presente no protocolo EUROMAP – SPI (CCP). Este protocolo fornece uma base para desenvolver e discutir as camadas hierárquicas dos protocolos de comunicação, fornecendo padrões e protocolos diferentes para cada camada. Na tabela 9 encontra-se a definição conjunta de apenas três camadas superiores do modelo de comunicação. As quatro camadas inferiores não são definidas especificamente para este protocolo, logo este protocolo não necessita destas camadas em nenhuma aplicação real (EUROMAP, 2000).

**Tabela 9** Definição do modelo OSI para EUROMAP – SPI (CCP) (EUROMAP, 2000)

Camada	Definição do protocolo EUROMAP – SPI (CCP)
Camada de sessão	<p>As sessões de comunicação são inicializadas quando é colocado um arquivo de solicitação de sessão no diretório de sessão de uma determinada máquina, sendo que este diretório deve ser uma localização única e específica para cada máquina. Em cada máquina é possível definir o número máximo de sessões. O arquivo de solicitação de sessão é definido pela forma de <code>SESSnnnn.REQ</code> onde “n” é o que determinará a quantidade de sessões em aberto. Caso todas as sessões já estejam a ser utilizadas, um erro deve ser relatado. Esta camada procede da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Os arquivos de solicitação de sessão são compostos por comandos de solicitação (<i>tokens</i>) de sessão, que serão usados para iniciar vários procedimentos e funções de comunicação;</li> <li>• O recetor deste pedido executará cada comando de solicitação de sessão por ordem, gravando informações de confirmação num arquivo de resposta de sessão, se não der para este ser executado pelo recetor será emitido um erro que será gravado no arquivo de resposta com extensão <code>RSP</code>;</li> <li>• Depois de todos os comandos de solicitação de sessão terem sido processados pelo respondente, o arquivo de solicitação será excluído pelo recetor e o arquivo de resposta será fechado;</li> <li>• O solicitante inicial, após detetar o arquivo de solicitação de sessão excluído e do arquivo de resposta de sessão fechado, pode verificar o arquivo de resposta quanto a sua conformidade de execução, excluindo assim de seguida o arquivo de resposta e considerando a comunicação encerrada.</li> </ul> <p>Pode-se verificar um fluxograma do fluxo de sessão de comunicação nos anexos A e B.</p>

<p>Camada de apresentação</p>	<p>A camada de apresentação CCP fornece arquivos de comando para a execução de funções da camada de aplicação e apresentação, combinando comandos da camada de apresentação e formatos de dados com valores de dados específicos da camada de aplicação para formar um arquivo de comando a ser executado por uma máquina. Este arquivo será armazenado em um dispositivo de armazenamento acessível pela máquina e, em seguida, transferido através de um serviço da camada de sessão. Após a detecção da solicitação por parte do recetor, irá passar a informação para a camada de apresentação de forma a ser processada. Quando esta informação for processada e concluída por parte das camadas de apresentação e aplicação, a camada de apresentação que responde irá dar uma confirmação positiva ou negativa apropriada a camada de sessão para completar a solicitação de comunicação. Diferentes formatos de dados são usados de acordo com os requisitos dos comandos específicos, aplicando-se as seguintes regras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os dados <i>multi-byte</i> são representados em ASCII;</li> <li>• As cadeias de caracteres de comprimento fixo são preenchidas com caracteres SPACE para preencher todo o campo de dados.</li> </ul> <p>Solicitações de apresentação são emitidas de forma a executar vários serviços da camada de apresentação, esses serviços incluem ler, gravar e executar as funções da camada de aplicativo. Cada solicitação da camada de apresentação define a sua sintaxe de acordo com os seus requisitos.</p>
<p>Camada de aplicação</p>	<p>A camada de aplicação é a camada superior do modelo OSI. A principal função desta camada é permitir a troca de informações de aplicativos distribuídos. É nesta camada que todos os requisitos de uso da camada subjacente são definidos para formar um protocolo completo. Os <i>tokens</i> de dados de comando são referenciados de acordo com o seu tipo, unidades, função e informações adicionais. Para criar uma abreviatura dos comandos a ser enviados para a máquina, são a primeira letra de cada abreviatura em maiúsculas enquanto as restantes em minúsculas.</p>

### 4.3.3. Comunicação com a máquina

Nesta secção será mostrado todos os passos que foram feitos para estabelecer a comunicação com a máquina, desde o chão de fábrica até à aquisição de dados.

- Para estabelecer a comunicação foi necessário verificar o endereço MAC de cada máquina, atribuindo assim um único endereço IP físico através do painel de controlo da mesma como se pode ver na figura 15.

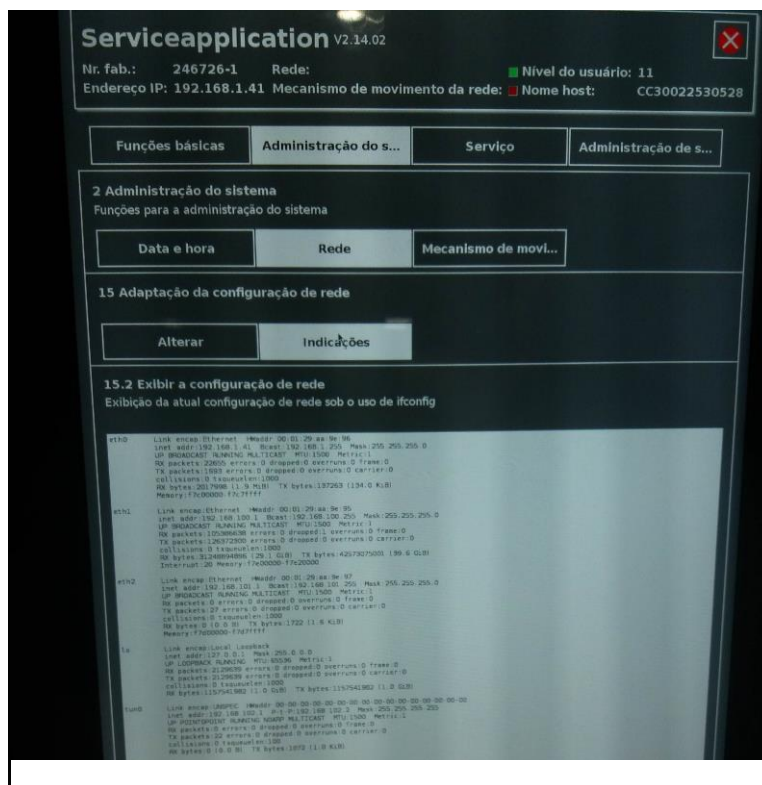
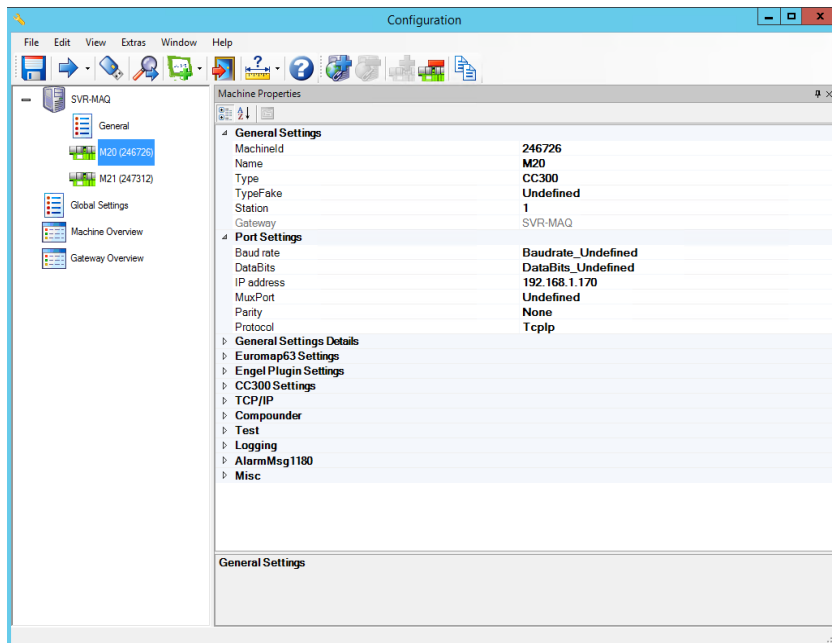


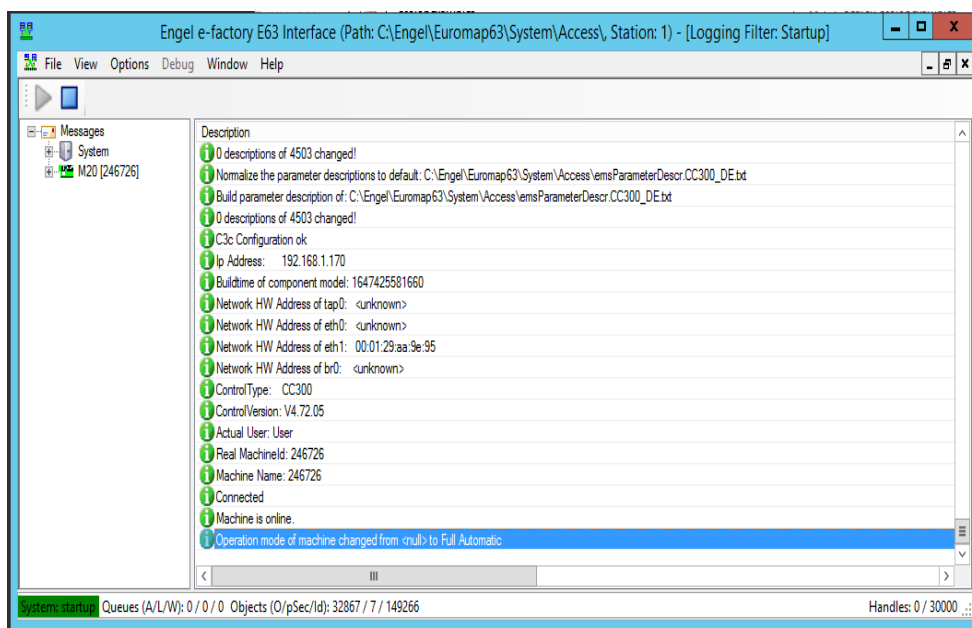
Figura 15 Painel de controlo da máquina ENGEL

- Em seguida e através do protocolo de comunicação EUROMAP 63 foram configuradas todas as máquinas no servidor que deverá guardar os dados relacionados individuais de cada uma como mostra a figura 16. Foi necessário definir o número de série, tipo de máquina, IP, entre outros parâmetros.

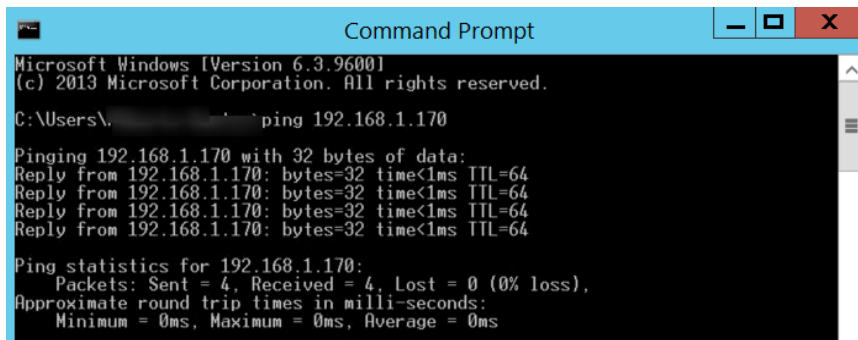


**Figura 16** Painel de configuração de máquinas

- Após estar configurado todos os parâmetros e estabelecida a comunicação fez-se um teste de comunicação através do servidor com o configurador de máquinas (Figura 17) e por linha de comandos para verificar a comunicação com a máquina (Figura 18).



**Figura 17** Teste de comunicação com as máquinas através do configurador



```
Microsoft Windows [Version 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\...> ping 192.168.1.170

Pinging 192.168.1.170 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.170: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.170: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.170: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.1.170: bytes=32 time<1ms TTL=64

Ping statistics for 192.168.1.170:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

**Figura 18** Teste de comunicação com as máquinas através de linha de comandos

- Com a comunicação já estabelecida foram criados os ficheiros para que os registos começassem a ser escritos dentro do ficheiro pretendido. Os comandos utilizados para cumprir com os requisitos nesta fase, conforme o pedido do cliente são: estado da máquina, tempo de ciclo, data, hora e o número de ciclos. Nos pontos mencionados abaixo tem-se a função de cada ficheiro, assim como os códigos utilizados por cada um.
- Sess0001.REQ – Ficheiro a colocar dentro da pasta dos restantes ficheiros para ser consumido pelo ReportProcessData.JOB, assim que este seja consumido desaparecerá e só aparecerá quando existir comunicação;  
  
00000001 EXECUTE "ReportProcessData.job";
  - Sess0001.RSP – Ficheiro de resposta enviado pela máquina;  
  
00000001 PROCESSED "The command is processed";
  - ReportProcessData.JOB – Ficheiro a ser executado. Este ficheiro contém os comandos a serem executados para obter a informação pretendida. É possível determinar o tipo de informação que pretendemos obter através deste ficheiro e em concordância com a tabela de comandos da máquina a serem enviados para a máquina. Os dados recolhidos neste caso foram a data, hora, contagem de processos, tempo de ciclo, ciclos, modo de operação, molde e tempo de moldagem;

```

JOB ReportProcessData3 RESPONSE "ReportProcessData.log";
REPORT ReportProcessData3 APPEND "ReportProcessData.dat"
START IMMEDIATE
STOP NEVER
CYCLIC SHOT 1
PARAMETERS
DATE,
TIME,
COUNT,
@cc300://imm/cm#//c.CycleTime/p.sv_CycleTime/v/p.dActvalLast/
v,@cc300://imm/cm#//c.ShotCounter/p.sv_iShotCounter/v,
@cc300://imm/cm#//c.system/p.sv_OperationMode/v,
@cc300://imm/cm#//c.Parts/p.sv_sMoldNumber/v,
@cc300://imm/cm#//c.CycleTime/p.sv_dDemolding1PDP/v;

```

- **ReportProcessData.TXT** – Ficheiro com os *logs* de comunicação;

```
COMMAND 1 PROCESSED "JOB command" 20220909 11:10:26;
```

- **ReportProcessData.DAT** - Ficheiro com os registos da máquina recolhidos utilizando o protocolo EUROMAP 63. Podemos ver um excerto do resultado escrito por cada máquina, necessitando assim de tratamento de dados para ser utilizado futuramente para a análise de dados.;

```

DATE,TIME,COUNT,@cc300://imm/cm#//c.CycleTime/p.sv_CycleTime/
v/p.dActvalLast/v,@cc300://imm/cm#//c.ShotCounter/p.sv_iShotC
ounter/v,@cc300://imm/cm#//c.system/p.sv_OperationMode/v,@cc3
00://imm/cm#//c.Parts/p.sv_sMoldNumber/v,@cc300://imm/cm#//c.
CycleTime/p.sv_dDemolding1PDP/v

```

```
20220625,08:52:40,1,282.28,263,"enModeFullAutomatic","22PX
ESFERA 50 mm",3.30
```

```
20220625,08:57:23,2,282.28,264,"enModeFullAutomatic","22PX
ESFERA 50 mm",3.22
```

```
20220625,09:02:04,3,282.27,265,"enModeFullAutomatic","22PX
ESFERA 50 mm",3.21
```

## 4.4.MQTT

O MQTT é um protocolo de mensagens simples e leve com uma arquitetura aberta e fácil de implementar, permitindo que vários clientes sejam suportados por um único servidor. O MQTT é utilizado em ambientes restritos onde a largura de banda de rede é baixa ou onde possa existir alta latência com dispositivos remotos que podem ter recursos de processamento e memória limitados (Boyd et al., 2014).

### 4.4.1. Conceitos do MQTT

Este protocolo é constituído por vários conceitos que o definem, todos destinados a garantir a entrega de mensagens simples e leves. Na tabela 10 pode verificar-se alguns desses conceitos:

**Tabela 10** Conceitos básicos MQTT (Boyd et al., 2014)

Conceito	Definição
Publicar/Assinar	Este protocolo é baseado no princípio de publicação de mensagens e assinaturas de tópicos, que é chamado de modelo de publicação/assinatura. Com este tipo de modelo os clientes podem inscrever-se em tópicos e receber mensagens que são publicadas sobre esses tópicos, alternativamente, os clientes podem publicar mensagens em tópicos e disponibilizá-los para todos os assinantes desse mesmo tópico.
Tópicos e inscrições	Os tópicos podem ser considerados como áreas de assuntos. Os clientes inscrevem-se para receber mensagens específicas assinando um tópico. As mensagens podem ser controladas ou limitadas em cada tópico por cliente.
Níveis de qualidade do serviço	Existem três níveis de qualidade de serviço dentro do protocolo MQTT para entrega de mensagens. Cada nível irá garantir o nível de esforço pelo servidor para que as mensagens sejam entregues. Níveis mais elevados garantem uma entrega mais confiável.

Mensagens retidas	O servidor irá reter todas as mensagens enviadas mesmo depois destas já terem sido enviadas. Se uma nova assinatura é enviada para o mesmo tópico, assim que haja um novo cliente estas serão todas enviadas.
Sessões limpas e conexões seguras	É possível configurar o tipo de sessão, ou seja, ativa ou inativa. Caso esta esteja ativa todas as assinaturas do cliente são removidas quando é perdida a ligação ao servidor, se estiver inativa a conexão é tratada como durável e as assinaturas do cliente permanecem em vigor após qualquer desconexão.
Mensagem	Quando um cliente perde a ligação, este poderá informar ao servidor que tem uma mensagem pendente que será publicada futuramente quando este for conectado a rede novamente.

#### 4.4.2. MQTT no projeto

Para este projeto foi utilizado o protocolo MQTT para enviar mensagens para a aplicação *telegram* utilizando um *BotFather* que gera um *Bot* com um *token* por grupo a ser utilizado. As mensagens a serem enviadas são relacionadas com o estado da máquina e tempo de ciclo, assim como as justificações de motivos de paragens que estão num *tablet* junto a cada máquina. Todos os dados recolhidos foram tratados de modo a que o cliente possa ter acesso a informação que seja útil para um melhor serviço no chão de fábrica. O ficheiro que se encontra no servidor ficou a ser monitorizado por um serviço de modo a controlar e verificar qualquer alteração que ocorra nos dados enviados pelas máquinas para que estes possam ser tratados e caso necessário enviados por MQTT para o *telegram*. Para estabelecer a comunicação entre o aplicativo e o *telegram* podemos ver os pontos a seguir. Algumas configurações que são enviadas via mensagem para o aplicativo podem ser encontradas no ficheiro do tipo `json` que consta do anexo C.

- *BotFather*

Foi necessário utilizar o *BotFather* que não é nada mais do que um *bot* que permite criar e controlar outros *bots* executado dentro do *telegram*. Os utilizadores podem interagir com os *bots* enviando mensagens, comandos e solicitações em linha. É possível controlar os *bots* utilizando solicitações HTTP para as APIs dos *bots* do *telegram*.

- Criação de um *Bot*

Foi necessário a criação de um *bot* no *telegram* para gerar um *token* que deve ser inserido no link disponibilizado pela API do *telegram*, que por sua vez obteremos um ID único que irá servir para identificar o grupo a enviar mensagens.

- Comunicação com o *telegram* via MQTT

Para estabelecer a comunicação via MQTT foi feito desenvolvimento em linguagem de programação C# onde foi inserido o *token* e o ID disponibilizado pela API do *telegram*. Pode-se ver um excerto do código desenvolvido para o envio de mensagens via *telegram*.

```
public static void EnviaMsgTelegram(string token, string
chatId, bool sendMessages, string message)
{
    Console.WriteLine(message);

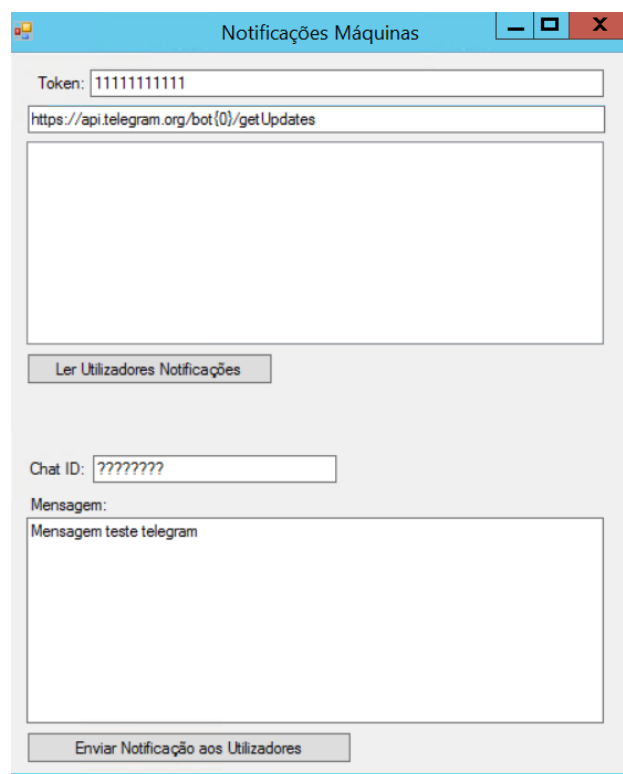
    if (!sendMessages)
        return;
    string urlString =
        "https://api.telegram.org/bot{0}/sendMessage?chat_id={1}&parse_
mode=HTML&text={2}&parse_modwarning=Markdown";
    string text = message;

    urlString = String.Format(urlString, token, chatId, text);
    WebRequest request = WebRequest.Create(urlString);
    Stream rs = request.GetResponse().GetResponseStream();
    StreamReader reader = new StreamReader(rs);
```

```
string line = "";
StringBuilder sb = new StringBuilder();
while (line != null)
{
line = reader.ReadLine();
if (line != null)
sb.Append(line);
}
string response = sb.ToString();}
```

- Teste de comunicação com o *telegram* via MQTT

Para testar o envio de mensagens via *telegram* foi desenvolvido uma aplicação onde através do *token* é possível obter o *chat* ID do grupo ou utilizadores e consequentemente enviar uma notificação de teste para o *chat* ID. Caso a notificação não fosse enviada, o código devia ser revisto e corrigido de forma a permitir o seu correto funcionamento (Figura 19).



**Figura 19** Aplicação teste de envio de notificações *telegram*

- *Site* com motivos de paragem

Foi criado um *site* que contém os motivos de paragens das máquinas. Estes motivos foram definidos em conformidade com a situação atual da empresa em questão, baseadas nas diversas condicionantes do chão de fábrica. Para o desenvolvimento do *site* utilizou-se o IIS para a criação do *website* onde foram configuradas as portas de cada máquina e as rotas a serem utilizadas para o *site* quando enviar mensagens via MQTT. Os motivos de paragem estão guardados numa tabela em base de dados SQL permitindo assim que apenas administradores possam ter acesso às mesmas. Para o *front-end* foi utilizado uma *framework web* designada por bootstrap com código fonte aberto para desenvolvimento de componentes de interface. A figura 20 apresenta o resultado final do *website*.

### ✂ Motivos Paragem Máquina 20

01	Avaria Molde
02	Falta Energia Electrica
03	Avaria Máquina
04	Falta de Pessoal
05	Falta Matéria Prima
06	Férias
07	Erro Humano (Operador Maq. Inj.)
08	Manutenção de Máquina
09	Manutenção de Molde
10	Ensaio Matéria Prima
11	Afinação do Robot
12	Avaria Máq. (Robot dentro Máquina)
13	Avaria do Robot

**Figura 20** Motivos de Paragem

Pode-se ainda ver um excerto do código utilizado para inserir cada motivo de paragem mostrado pelo *site* assim como as suas características:

```
<div id='lista' class="list-group">
@foreach (var obj in Model.Reasons2StopMachine)
{
<button id="@obj.Id" type="button" class="list-group-item list-
group-item-action" aria-current="true" data-bs-toggle="modal"
data-bs-target="#exampleModal">
<div class="container row justify-content-between"><div
class="col-2"> @obj.Code</div> <div id="reason"
class="col">@obj.Reason</div></div>
</button>
<div style="margin-bottom: 10px;"></div>
}
</div>
```

- Mensagens enviadas para o *telegram*

Conforme foi mencionado anteriormente, no anexo C encontra-se todas as configurações relacionadas com a comunicação do MQTT e *telegram*, como por exemplo o texto, tempos de alertas, entre outras configurações. Na figura 21 pode-se ver algumas mensagens recebidas pelo *telegram*.



**Figura 21** Mensagens recebidas pelo aplicativo *telegram*

Para caracterizar as mensagens recebidas foram definidos códigos de cores de modo a facilitar a sua leitura, assim os responsáveis de cada sector podem perceber o estado da máquina e se o tempo de ciclo esta alterado em relação a média. Nos pontos abaixo tem-se os diferentes tipos de alerta.

- ● Amarelo – Alerta falha de comunicação (Gravidade 1);
- ● Laranja – Alerta falha de comunicação (Gravidade 2);
- ● Vermelho – Alerta falha de comunicação (Gravidade 3);
- ● Verde – Alerta máquina a comunicar (modo automático);
- ● Azul – Alertas informativos.

## 4.5.SIGNALR

Para que os utilizadores das máquinas se apercebam que a máquina parou, foi necessário a implementação de um tipo de alerta em tempo real nos *tablets* de modo a que estes possam perceber o estado atual da máquina.

Neste projeto foi necessário a utilização de uma biblioteca designada por SignalR. Esta é uma biblioteca da Microsoft que oferece desenvolvimento *web* em tempo real para aplicativos ASP.NET. É utilizada principalmente por aplicativos que exigem notificações *push* do servidor para o cliente. Visto que são abordagens com alto desempenho, ofensivo à rede e requer mais *hardware*, o SignalR fornece conexões persistentes entre o servidor e o cliente. Utilizando API *Hubs* para enviar notificações entre o servidor e cliente (Vemula, 2018).

Para abstrair a comunicação entre clientes e servidores é necessário criar uma classe *Hub*, pode-se verificar no excerto a criação desta classe:

```
namespace SignalRChat.Hubs
{
    public class ChatHub : Hub<ITypedHubClient>
    {
        public void SendMessage(string message)
        {
            Clients.All.BroadcastMessage(message);
        }
    }
}
```

Na figura 22 pode-se verificar o estado do *site* quando a máquina perde a ligação por alguma razão sendo necessário a deslocação do utilizador junto ao *tablet* para justificar o motivo da paragem e deste modo enviar as mensagens para os responsáveis. Assim que o utilizador selecionar um motivo este irá ser imediatamente enviado para o *telegram* e o *tablet* voltará ao estado inicial.



**Figura 22** Motivos de paragem em alerta

Tem-se um excerto do código utilizado para colocar o *background* a vermelho assim que a máquina fica sem conexão:

```
connection.on("BroadcastMessage", function (message) {
  if (message != "") {
    $('body').css("background", "linear-gradient(90deg, rgb(214, 100, 19) 0%, rgb(243, 10, 0) 99.3711%)", "background", "-webkit-linear-gradient(90deg, rgb(214, 100, 19) 0%, rgb(243, 10, 0) 99.3711%)")
  }
});
```

- Testes SignalR

Os testes efetuados para verificar o funcionamento do signalR foram feitos através da interrupção da comunicação com a máquina, ou seja, sempre que era abortada a comunicação com a máquina o *tablet* tem de mudar o fundo em tempo real.

## 4.6. BASE DE DADOS

Para guardar os dados provenientes do ficheiro *.DAT*, motivos de paragens de máquina e o histórico das paragens foi utilizado o *Structured Query Language* (SQL) designado como uma base de dados relacional. Foi utilizada para criar tabelas, colunas, índices e também para consultar dados. Para estabelecer a comunicação via programação com a base de dados, foi desenvolvido o código mencionado abaixo:

```
ConnectionStrings settings =
config.GetRequiredSection("ConnectionStrings").Get<ConnectionStrings>();

// Write the values to the console.
Console.WriteLine($"KeyOne = {settings.DefaultConnection}");

string connectionString = settings.DefaultConnection;
var services = new ServiceCollection();
services.AddSingleton<LineFileMachine>();
//services.AddDbContext<ApplicationDbContext>(options =>
options.UseSqlServer(connectionString));
//services.AddDbContext<ApplicationDbContext>();
var contextOptions = new
DbContextOptionsBuilder<ApplicationDbContext>().UseSqlServer(@"
Server=(localdb)\mssqllocaldb;Database=Test").Options;
public string Info { get; set; }
```

- Tabela com registos das máquinas

Todos os registos das máquinas foram guardados na base de dados como podemos ver na figura 23. A estrutura de tabelas assim como a chave da tabela é verificada no excerto de código mencionado abaixo:

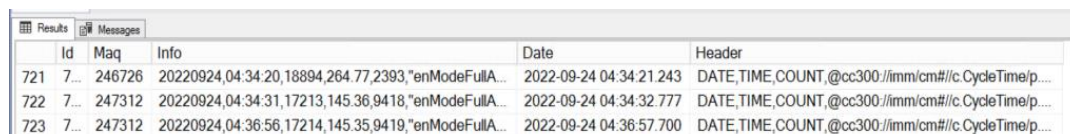
```
public class LineFileMachine
{
    [Key]
    public int Id { get; set; }

    public string Maquina { get; set; }

    public DateTime Data { get; set; }

    public string Header { get; set; }

    public string Info { get; set; }
}
```



Id	Maq	Info	Date	Header
721	7...	246726	20220924,04:34:20,18894,264.77,2393,"enModeFullA...	2022-09-24 04:34:21.243 DATE,TIME,COUNT,@cc300://immi/cm#/c.CycleTime/p...
722	7...	247312	20220924,04:34:31,17213,145.36,9418,"enModeFullA...	2022-09-24 04:34:32.777 DATE,TIME,COUNT,@cc300://immi/cm#/c.CycleTime/p...
723	7...	247312	20220924,04:36:56,17214,145.35,9419,"enModeFullA...	2022-09-24 04:36:57.700 DATE,TIME,COUNT,@cc300://immi/cm#/c.CycleTime/p...

**Figura 23** Dados guardados em base de dados SQL



## 5. CONCLUSÃO

A competitividade para as fábricas de injeção de plástico por moldagem é elevada, sendo desafiante todos os projetos e melhorias que são idealizados, analisados e implementados, com o propósito de aumentar o controlo, diminuir custos de produção e aumentar o valor do produto. Esta necessidade de enfrentar e ganhar posicionamento num mercado cada vez mais competitivo e exigente, obriga a uma procura constante de melhoria.

Neste projeto, foram mencionados temas como a origem das máquinas de injeção por moldagem, indústria 4.0, formas de aumentar a eficiência dos processos nas áreas da gestão, produção e planeamento, assim como os protocolos de comunicação utilizados na indústria.

A indústria 4.0 é constituída por diversas tecnologias que permitem melhorar o setor da indústria, sendo através da recolha, análise ou transformação de dados permitindo deste modo a possibilidade de obter informações em tempo real que ajudam e facilitam a sua gestão.

Um dos sistemas utilizados é o *Manufacturing Execution System*, que é usado como um sistema de recolha de dados produtivos em tempo real, os quais serão utilizados por um *Enterprise Resource Planning*. A base do trabalho desta dissertação baseia-se nesse tipo de sistema.

Durante o desenvolvimento deste projeto, foram pensadas e analisadas várias possibilidades para a conclusão do mesmo, desde a utilização de SMS para envio de mensagens para o telemóvel com o propósito de enviar notificações. No entanto, esta solução exigiria custos adicionais ou contratos. A utilização de um Raspberry Pi que é um mini-computador de placa única multiplataforma, teria como principal funcionalidade estabelecer comunicação via MQTT ou a utilização de outros tipos de bases de dados para conseguir guardar todos os registos escritos pelas máquinas.

Com o propósito de cumprir com os requisitos do projeto, foi utilizado o protocolo de comunicação EUROMAP 63, que permitiu obter dados relacionados com alertas, tempo de ciclo, data e hora das máquinas de injeção ENGEL. Através da análise e o tratamento dos dados recolhidos é possível utilizar de forma útil para a implementação de melhorias dentro da empresa, quer a nível de manutenção, recursos humanos, melhorias de produção e o seu planeamento. Utilizando notificações via *telegram* foi possível alcançar uma melhoria no controlo dos processos que acontecem nas máquinas incluindo o motivo de paragem das máquinas.

Como resultado final, com a implementação do sistema houve um decréscimo na paragem das máquinas. Foi possível analisar e otimizar os setores onde existe lacunas como falta de material, horários de trabalho e falta de recursos humanos.

## 5.1. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista a melhoria continua da empresa de fabricação de válvulas por injeção, com os registos já adquiridos torna-se possível fazer uma análise individual de cada máquina assim como o desempenho dos utilizadores.

Através dos dados obtidos em tempo real, utilizando o sistema *Manufacturing Execution System*, e do registo dos diários de trabalho de cada máquina é possível propor e melhorar o funcionamento por parte da produção e igualmente da gestão da empresa.

As propostas de trabalhos futuros podem ser verificadas nos pontos abaixo:

- Desenvolvimento de uma aplicação para consultar o estado da máquina, assim como registos diários de funcionamento e tempos de ciclos de cada máquina;
- Implementação de *dashboards* para análise direta do funcionamento;
- Registo do utilizador responsável por cada máquina;
- Contagem de componentes, através do molde inserido e do número de ciclos. Com isto será possível otimizar o planeamento;
- Comparação dos dados reais com a expectativa tratada diretamente no ERP através da ordem de fabrico;
- Integração com *software* Primavera de gestão, ERP, faturação, recursos humanos, manutenção.



## *Referências Documentais*

Aceto, G., Persico, V., & Pescapé, A. (2019). A Survey on Information and Communication Technologies for Industry 4.0: State-of-the-Art, Taxonomies, Perspectives, and Challenges. In *IEEE Communications Surveys and Tutorials* (Vol. 21, Issue 4, pp. 3467–3501). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2938259>

Anil Kumar, S., & Suresh, N. (2006). *Production and Operations Management : With Skill Development, Caselets and Cases*.

Barbee, Bruno. (2012). *Elements of computer networking*. White Word Publications.

Bartodziej, C. J. (2017). *The Concept Industry 4.0 An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*.

Boyd, B., Gauci, J., Robertson Nguyen, M. P., Duy, V., Gupta, R., Gucer, V., & Kislicins, V. (2014). IBM® WebSphere® Building Real-time Mobile Solutions with MQTT and IBM MessageSight.

Callapez, M. E. (2021). History of the beginnings of the plastics industry in Portugal. *ChemTexts*, 7(3). <https://doi.org/10.1007/s40828-021-00134-1>

de Paula Ferreira, W., Armellini, F., & de Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulation in industry 4.0: A state-of-the-art review. *Computers and Industrial Engineering*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106868>

Detecon Management Report. (2015). *Mobility and Networking Special Automotive*. [www.detecon.com](http://www.detecon.com)

Drexl, A., & Kimms, A. (1998). Beyond Manufacturing Resource Planning (MRP II) Advanced Models and Methods for Production Planning.

ENGEL. (2018). e-victory The electric tie-bar-less.

ESTÁCIO. (n.d.). REDES INDÚSTRIAS SENSOR BUS.

EUROMAP. (2000). EUROMAP 63 Data Exchange Interface.

Ferreira, L. (2016). *Gestão da Produção KLS*.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>

Gupta, S., & Starr, M. (2013). Production and Operations Management Systems.

Ibarra, D., Ganzarain, J., & Igartua, J. I. (2018). Business model innovation through Industry 4.0: A review. *Procedia Manufacturing*, 22, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002>

IEEE, Trans. on P. D. 15. 1. (2000). PAN, Personal Area Network, and Local Area Network LAN. "THEORITICAL FOUNDATION."

Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2014*. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>

Khan, M., Wu, X., Xu, X., & Dou, W. (2017, July 28). Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0. *IEEE International Conference on Communications*. <https://doi.org/10.1109/ICC.2017.7996801>

Kletti (Ed.), J. (2007). Manufacturing Execution Systems-MES.

Krzywdzinski, M. ;, Pfeiffer, S. ;, Evers, M. ;, & Gerber, C. (2022). Measuring work and workers: Wearables and digital assistance systems in manufacturing and logistics Standard-Nutzungsbedingungen. [www.wzb.eu](http://www.wzb.eu)

Kulkarni, S. (2010). Robust Process Development and Scientific Molding Theory and Practice 2 nd Edition.

Le, T., & Pham, L. M. (2021). *Big Data Analytics and Machine Learning for Industry 4.0: An Overview*. <https://www.researchgate.net/publication/354376411>

Lidong, W., & Guanghui, W. (2016). Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 6(4), 1–8. <https://doi.org/10.5815/ijem.2016.04.01>

Mackay, S., & Wright, E. (2004). *Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting*.

Matt, D. T., Modrák, V., & Zsifkovits, H. (2020). Industry 4.0 for smes: Challenges, opportunities and requirements. In *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, Opportunities and Requirements*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>

MEYER, H., FUCHS, F., & THIEL, K. (2009). *Manufacturing Execution Systems*.

Monk, E., & Wagner, B. (2013). *Concepts in Enterprise Resource Planning*. 4e.

Narad, R., Paithankar, S., Umale, S., Nimje, M., Mo L Ingole, A., & Thakre, S. (2017). Fabrication of Manual Plastic Injection Moulding Machine. In *International Journal of Engineering Science and Computing*. <http://ijesc.org/>

Ortiz, J. (2020). *Industry 4.0 Current Status and Future Trends*.

Reynders, D., Mackay, S., & Wright, E. (2005). *Practical Industrial Data Communications Best Practice Techniques*.

S. Buffa, E. (1977). *Modern production management\_ managing the operations functions* 5th Edition.

SAP AG. (2001). *Material Requirements Planning (PP-MRP)*.

Schleich, L. (2020, August 6). *STARK FERRAMENTARIA*. <https://www.starkferramentaria.com.br/uma-breve-historia-da-injecao-plastica-e-como-tudo-veio-a-comecar>.

Sendler, U. (2018). *The Internet of Things Industrie 4.0 Unleashed*.

Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>

Syllabus. (2016). OPERATIONS MANAGEMENT & STRATEGIC MANAGEMENT.  
www.icmai.in

Tikoo, N. (n.d.). Production & Operations Management DMGT206.

Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2017). *Springer Series in Advanced Manufacturing Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. <http://www.springer.com/series/7113>

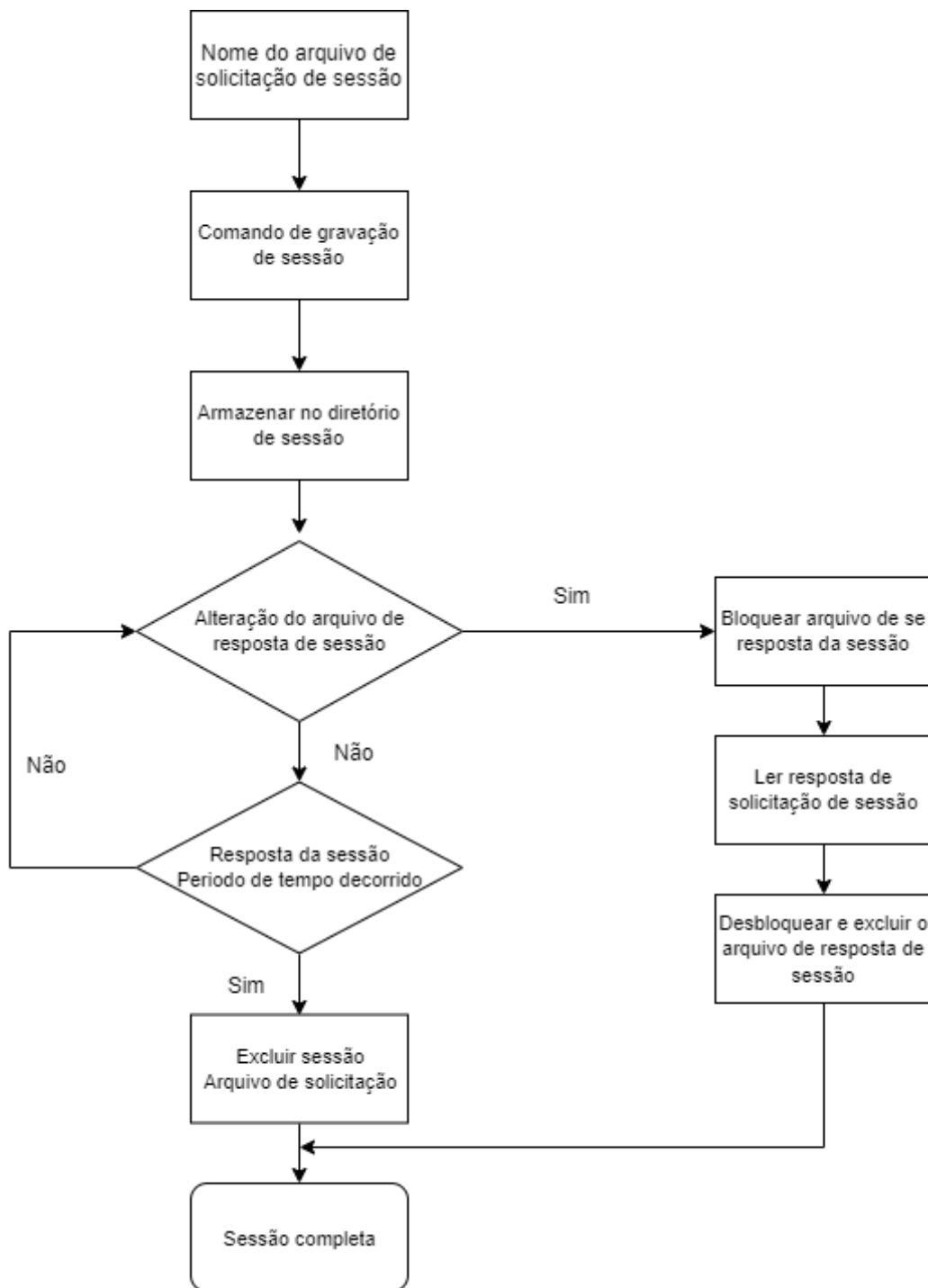
Vemula, R. (2018). Real-Time web application development: With ASP.NET core, SignalR, docker, and azure. In *Real-Time Web Application Development: With ASP.NET Core, SignalR, Docker, and Azure*. Apress Media LLC. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3270-5>

White, C. M., & White, C. M. (2016). *Data Communications 8TH EDITION*.

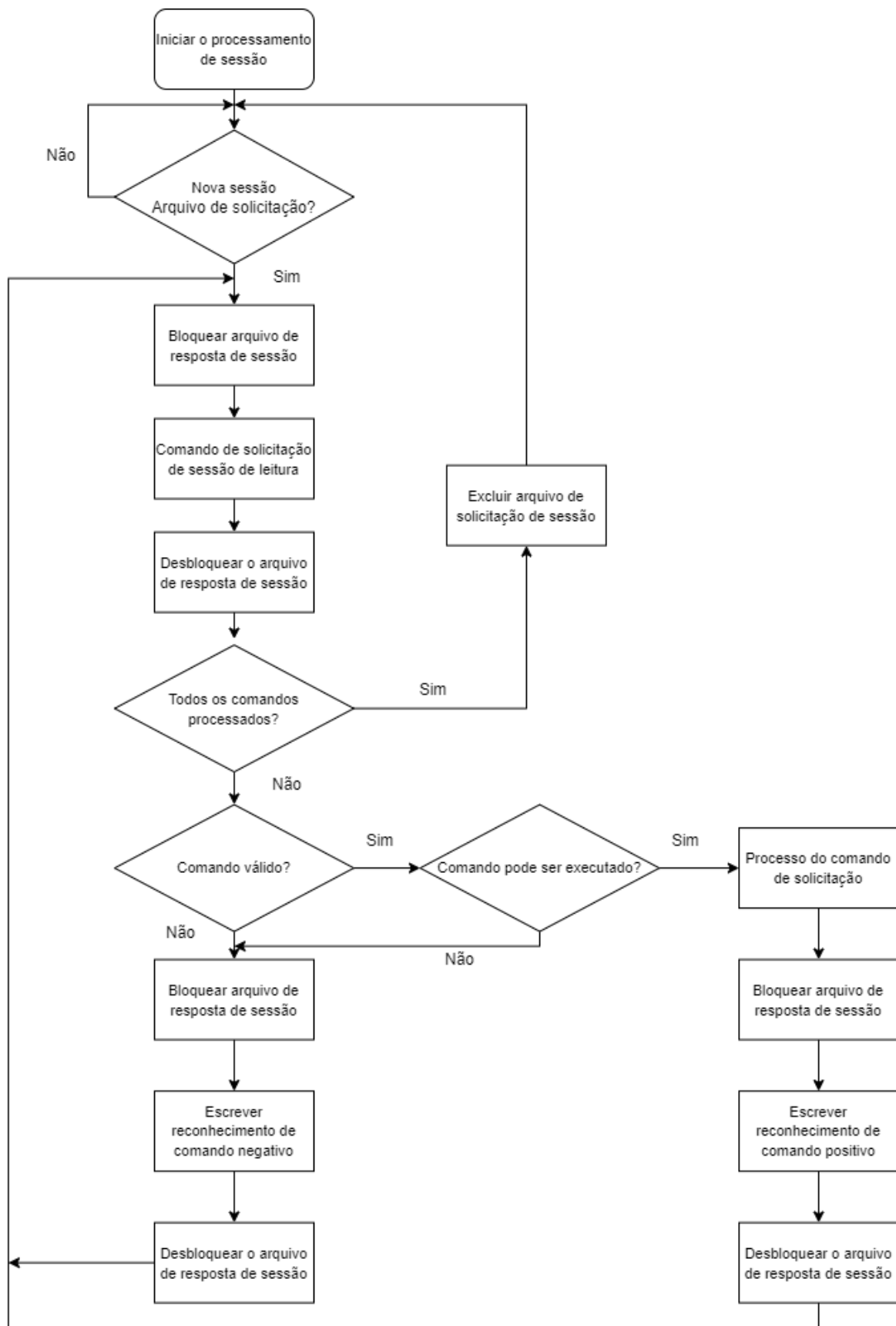


## 6. ANEXOS

## 6.1. ANEXO A : FLUXOGRAMA DE SOLICITAÇÃO DE SESSÃO



## 6.2. ANEXO B : FLUXOGRAMA DE REPETIÇÃO DE SESSÃO



## 6.3. ANEXO C : FICHEIRO JSON E TABELA COM DEFINIÇÕES

```
{
  "ConnectionString": {
    "DefaultConnection": "Data Source=?????\\??;Initial Catalog=MESDatabase;User ID=??;Password=?????;Connect Timeout=30"
  },
  "TelegramConfig": {
    "SendMessages": true,
    "Token": "5",
    "ChatId": " "
  },
  "GeneralMachinesConfig": {
    "StartMessageApplication": "O MES arrancou ...",
    "ASCLogsFileLocation": "C:\\MES\\ASC\\ProcessingFileMachine\\Logs",
    "TimerCicloWhilePrincipal": 1000,
    "MSGPrimeiroTimer": "%F0%9F%9F%A1 <strong><u>(1°)</u></strong> Falta Comunicação {0}",
    "MSGSegundoTimer": "%F0%9F%9F%A0 <strong><u>(2°)</u></strong> {0} Possivelmente Parada",
    "MSGTerceiroTimer": "%F0%9F%94%B4 <strong><u>(3°)</u></strong> {0} Parada",
    "MSGRetomadoFuncionamento": "%F0%9F%9F%A2 <strong><u>(COK)</u></strong> {0} a Comunicar.",
    "MSGOperationModeNotify": "%F0%9F%94%B5 A {0} está em Modo {1} pelas {2}",
    "MSGTimeCycleNotify": "%F0%9F%94%B5 A {0} está com tempo de Ciclo de {1} segundos e a média é de {2} segundos",
    "ManualMachinesTextsModes": [ "enModeManual", "enModeHalfAutomatic" ]
  },
  "Machines": [
    {
      "PrimeiroTempoMinTimer": 5,
      "SegundoTempoMinTimer": 10,
      "TerceiroTempoMinTimer": 20,
      "UrlFile": "C:\\Engel1\\Euromap63\\System\\Access\\MACHINES\\247312\\E63_JOBS\\ReportProcessData.dat",
      "SplitSeparator": ",",
      "SplitSeparatorHour": ":",
      "DateField": "DATE",
      "TimeField": "TIME",
      "OperationModeField": "@cc300://imm/cm#/c.system/p.sv_operationMode/v",
      "CycleTimeField": "@cc300://imm/cm#/c.cycleTime/p.sv_cycleTime/v/p.dActvalLast/v",
      "LineNumberField": "COUNT",
      "MachineName": "Máq. 21 (Engel)",
      "MachineNumber": "247312",
      "CentroTrabalho": "CT121",
      "NumberOfLinesToAVG": 10,
      "RangeValueToTriggerCycleNotify": 30,
      "ConfigMQTT": {
        "MachineMQTTRoute": "asconnect/testeMaqParada/Maq21",
        "TriggerManualModes": true,
        "Trigger1FaultCommunication": false,
        "Trigger2FaultCommunication": false,
        "Trigger3FaultCommunication": true,
        "TriggerTimeCycle": false
      }
    }
  ]
}
```

<b>TelegramConfig</b>	Temos as configurações relacionadas com o desenvolvimento
<b>SendMessage</b>	Definir se envia ou não mensagens. Esta opção deve encontrar-se a <i>true</i> para enviar mensagens aos utilizadores.
<b>Token</b>	Devemos colocar o <i>token</i> destinado ao <i>bot</i> que queremos trabalhar. Este <i>token</i> é gerado pelo <i>telegram</i> através de uma mensagem enviada ao <i>BotFather</i> com o texto <i>/token</i> .
<b>Chat Id</b>	O <i>chat Id</i> deve ser de um grupo associado aos vários utilizadores.
<b>GeneralMachinesConfig</b>	Configurações gerais das máquinas.
<b>StartMessageApplication</b>	Mensagem que aparece ao iniciar a aplicação.
<b>ASCLogsFileLocation</b>	Caminho da pasta de <i>logs</i> .
<b>TimerCicloWhilePrincipal</b>	Este valor corresponde ao tempo em milissegundos que o programa vai estar a efetuar a leitura do ficheiro <i>ReportProcessData.dat</i> , em ciclo infinito.
<b>MSGPrimeiroTimer</b>	Formato da mensagem a ser enviado na primeira falha de comunicação.
<b>MSGSegundoTimer</b>	Formato da mensagem a ser enviado na segunda falha de comunicação.
<b>MSGTerceiroTimer</b>	Formato da mensagem a ser enviado na terceira falha de comunicação.
<b>MSGRetomadoFuncionamento</b>	Formato da mensagem a ser enviada quando é retomado o funcionamento.
<b>MSGOperationModeNotify</b>	Formato da mensagem informativa a ser enviada relacionada com o estado em que se encontra.
<b>MSGTimeCycleNotify</b>	Formato da mensagem informativa a ser enviada relacionada com o tempo de ciclo.
<b>ManualMachineTextsModes</b>	Estado que serão notificados via <i>telegram</i> e alerta no <i>tablet</i> (fica a

	vermelho).
<b>Machines</b>	Podemos adicionar a quantidade de máquinas que quisermos, tendo em atenção as suas configurações.
<b>PrimeiroTempoMinTimer</b>	Tempo em minutos do envio da primeira mensagem.
<b>SegundoTempoMinTimer</b>	Tempo em minutos do envio da segunda mensagem.
<b>TerceiroTempoMinTimer</b>	Tempo em minutos do envio da terceira mensagem.
<b>UriFile</b>	Localização do ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>SplitSeparator</b>	Carácter especial que separa os campos de dados gerados pela máquina.
<b>SplitSeparatorHour</b>	Carácter especial que separa as horas registadas pela máquina no ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>DateField</b>	Campo da data no ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>TimeField</b>	Campo do tempo no ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>OperationModeField</b>	Campo com o modo de operação do ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>CyclTimeField</b>	Campo do tempo de ciclo do ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>LineNumberField</b>	Campo com o número da linha escrita pela máquina no ficheiro ReportProcessData.dat.
<b>MachineName</b>	Nome da máquina a utilizar.
<b>MachineNumber</b>	Número da máquina a utilizar.
<b>CentroTrabalho</b>	Centro de trabalho correspondente.
<b>NumberOfLinesToAVG</b>	Número de linhas que serão consideradas para a média do tempo de ciclo.
<b>RangeValueToTriggerCycleNotify</b>	Valor em percentagem que faz disparar alerta do tempo de ciclo, ou seja, quando o valor em percentagem é superior ao definido este irá gerar um novo alerta, exceto a última linha.

<b>ConfigMQQT</b>	Configurações de MQTT.
<b>MachineMQTTRoute</b>	Rota do MQTT, deve ser configurado por máquina (1883 porta predefinida do Mosquitto).
<b>TriggerManualModes</b>	Desativa as opções do ManualMachinesTextsNModes, ou seja, não envia nada quando ocorre os modos configurados.
<b>Trigger1FaultComunication</b>	Avisar primeira falha de comunicação.
<b>Trigger2FaultComunication</b>	Avisar segunda falha de comunicação.
<b>Trigger3FaultComunication</b>	Avisar terceira falha de comunicação.
<b>TriggerTimeCycle</b>	Avisar quando altera o tempo de ciclo.