

Mara Angela Higuero Oliveira

Licenciada em Ciências da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores



Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e Digitalização de um Processo de Controlo de Produção

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientadora: Doutora Anikó Katalin da Costa, FCT / UNL

Co-orientador: Eng.º Miguel Pinho, Simoldes Plásticos

Júri:

Presidente: Doutor Bruno João Guerreiro, FCT/UNL

Arguentes: Doutor João Almeida das Rosas, FCT/UNL

Setembro, 2020



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e Digitalização de um Processo de Controlo de Produção

Copyright © Mara Angela Higuero Oliveira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À Família ...

Agradecimentos

Esta dissertação não teria sido possível sem o apoio da Faculdade de Ciência e Tecnologia e da Simoldes Plásticos.

Agradeço ao Eng. Pedro Ramalho pela oportunidade de integrar o projeto de digitalização.

Um especial agradecimento aos meus orientadores Prof.^a Anikó Katalin da Costa, pela sua disponibilidade e atenção e ao Eng. Miguel Pinho pelo acompanhamento diário, abertura e partilha de conhecimento.

Agradeço a todo departamento de engenharia de processo pela forma como me recebeu desde o primeiro dia, assim como, a todos os colaboradores com quem tive o prazer de trabalhar.

Agradeço aos professores, em especial aos do departamento de eletrotécnica e computadores, e aos colegas de faculdade que se cruzaram comigo ao longo desta jornada.

Aos meus amigos próximos e familiares pela força e paciência.

Aos meus pais e ao meu irmão por todo o apoio incondicional que me dão em todas as fases da minha vida. Agradeço-lhes a sua compreensão e motivação diária.

A todos os que contribuíram para a minha formação académica e pessoal, obrigada.

Resumo

O impacto da evolução de tecnologias facilitadoras na indústria, tais como: IoT, *Big Data*, *Cyber-Physical System* e Computação em *Cloud*, é tão relevante que deu origem a uma nova revolução industrial, a quarta. Acompanhar a evolução tecnológica é uma das grandes preocupações da maior parte das empresas, assim como, a otimização dos seus processos e produtos. Pelo que, atualmente, a transformação digital é um dos maiores focos da maioria das organizações.

Esta dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial e tem como principal objetivo selecionar um sistema de aquisição de dados para a digitalização de um processo de controlo de produção em tempo real.

Para o efeito foi necessário realizar um levantamento da situação atual da empresa, do processo a digitalizar, dos KPI's que se pretendiam controlar e dos requisitos do sistema a implementar. Seguiu-se um estudo de funcionamento de dois sistemas de aquisição de dados selecionados e colocados em teste piloto no chão de fábrica, assim como, a avaliação dos mesmos para a seleção final.

Com o propósito de analisar a transparência de dados que uma fábrica digitalizada pode oferecer foi também realizada uma comparação entre os dados recolhidos pelos diversos sistemas, para verificar os valores reais dos indicadores de controlo de produção.

A componente prática foi sustentada através de uma revisão bibliográfica sobre o conceito de Indústria 4.0 e os seus pilares.

Palavras-chave: Digitalização , Fábrica Inteligente, Indústria 4.0, Transformação Digital.

Abstract

The impact of evolution in enabling technologies in the industry such as: IoT, Big Data, Cyber-Physical System and Cloud Computing, is fundamental and has enabled a new industrial revolution; the fourth. Maintaining technological development is one of the major concerns of most companies, as well as optimising their processes and products. So digital transformation is currently one of the biggest focuses of most organizations.

This dissertation was developed in a business environment and its main objective is to select a data-acquisition system for the real-time digitization of production control process. It was necessary to analyse the current methods employed by the company, the processes to be digitised, the KPIs that were intended to control and the requirements of the system to be implemented. Subsequently this would entail a study of two selected data acquisition systems placed in a pilot-test on the shop floor, as well as the evaluation of the same for the final selection.

In order to analyse the transparency of data that a digitised factory can offer, a comparison was also made between the data collected by the various systems to verify the actual values of the production control indicators.

The practical component was sustained through a literal review on the concept of Industry 4.0 and the main pillars.

Keywords: Digital Transformation, Digitisation, Industry 4.0, Smart Factory.

Conteúdo

Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Contribuições	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
Indústria 4.0.....	5
2.1 Evolução Industrial.....	5
2.2 Conceito.....	7
2.3 Pilares	7
2.3.1 <i>Industrial Internet of Things</i>	8
2.3.2 <i>Big Data</i>	11
2.3.3 Integração Horizontal e Vertical.....	13
2.3.4 Computação em <i>Cloud</i>	16
2.3.5 Ciber Segurança.....	19
2.3.6 Manufatura Aditiva	21
2.3.7 Realidade Aumentada	21
2.3.8 Simulação	21
2.3.9 Robôs Autónomos	22
2.4 Smart Factory.....	22
Simoldes Plásticos - Sistema Atual.....	25
3.1 A Simoldes	25
3.2 Injeção e Moldes	27

3.2.1	Introdução Histórica	27
3.2.2	Posicionamento de Portugal no Mercado da Indústria de Moldes	27
3.2.3	Processo de Moldagem por Injeção	28
3.2.4	Ciclo Máquina de Injeção.....	28
3.2.5	Parâmetros Operatórios da Máquina de Injeção	30
3.3	Sistema Informático	31
3.4	Processo de Controlo de Produção	33
3.4.1	Quadro de Controlo de Produção.....	35
3.4.2	Registo Diário.....	37
3.4.3	Relatórios de Controlo de Produção.....	38
3.5	Definição dos KPI's.....	41
3.5.1	Taxa de Rendimento Sintético, TRS	41
3.5.2	Rendimento Quantitativo, RQT	42
3.5.3	Rendimento Utilização, RU	42
3.5.4	Rendimento Qualitativo, RQL	42
3.5.5	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> , OEE	43
3.5.6	<i>Single Minute Exchange of Die Time</i> , SMED	43
Digitalização	45
4.1	Âmbito e Objetivos	45
4.2	Planeamento do Projeto	46
4.3	Requisitos e Escolha dos Pilotos	47
4.4	Piloto SISE	49
4.4.1	Aquisição de Dados.....	50
4.4.2	Terminal SISE	51
4.4.3	Software Cyclades.....	52
4.4.4	Arquitetura	53
4.5	Piloto ProGrow	55
4.5.1	Aquisição de Dados.....	56
4.5.2	Software em Cloud	56
4.5.3	Arquitetura	59
4.6	Implementação dos Pilotos em Fábrica	60
Validações	63
5.1	Comparação de dados.....	63
5.2	Análise S.W.O.T	69
5.2.1	SISE	69
5.2.2	ProGrow.....	70

5.3 Solução Escolhida.....	72
Conclusões e Projetos Futuros	77
6.1 Conclusões	77
6.2 Projetos Futuros.....	79
Referências	81
ANEXO 1 - Mapeamento geral de um pedido.....	85
ANEXO 2 – Tabela de Códigos.....	87
ANEXO 3 –Requisitos.....	89
ANEXO 4 - SISE	91
ANEXO 5 - PROGROW.....	97
ANEXO 6 – Gráficos Validações	101

Siglas

ASW	Application Software
BD	Base de Dados
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CPS	Cyber- Physical System
DIKW	Data Information Knowledge-Wisdom
EDI	Electronic Data Interchange
EIS	Enterprise Information System
ERP	Enterprise Resource Planning
IEE	Institution of Electrical Engineers
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
KPI	Key Performance Indicator
M2M	Machine-to-Machine
MES	Manufacturing Execution System
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OEM	Original Equipment Manufacturer
OFF	Offline
ON	Online
OP	Ordem Produção

PLC	Programmable Logic Controller
PLM	Product Lifecycle Management
PME	Pequenas Médias Empresas
PPM	Peças Por Milhão
RFID	Radio Frequency Identification
RH	Recursos Humanos
ROI	Return Over Investment
RQL	Rendimento Qualitativo
RQT	Rendimento Quantitativo
RU	Rendimento Utilização
SCADA	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados
SISE	Société Industrielle de Service Electrique
SMED	Single Minute Enchange of Die Time
SP	Simoldes Plásticos
SQL	Structured Query Language
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunities and Threats
TRS	Taxa de Rendimento Sintético

Lista de Figuras

FIGURA 2. 1- EVOLUÇÃO INDUSTRIAL (ROMÁN, 2016) ADAPTADO.....	5
FIGURA 2. 2 PILARES TECNOLÓGICOS INDÚSTRIA 4.0 (RÜBMANN, 2015) ADAPTADO	8
FIGURA 2. 3 - CARACTERÍSTICAS DE UM PRODUTO INTELIGENTE (ROMÁN, 2016) ADAPTADO.....	9
FIGURA 2. 4 – CRESCIMENTO CONEXÕES M2M , CISCO ANNUAL INTERNET REPORT, 2018–2023 (CISCO, 2020)...	10
FIGURA 2. 5 – EXPANSÃO DE CONEXÕES M2M POR CATEGORIAS, CISCO ANNUAL INTERNET REPORT, 2018–2023 (CISCO, 2020)	11
FIGURA 2. 6 - UTILIZAÇÕES BIG DATA (P.MAGLIO, 2016) ADAPTADO	12
FIGURA 2. 7 - PIRÂMIDE DIKW (A.KORONIOS, 2013) ADAPTADO.....	12
FIGURA 2. 8 - MÓDULOS TÍPICOS DE UM ERP	15
FIGURA 2. 9 - PIRÂMIDE DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.....	16
FIGURA 2. 10 – ARQUITETURA HIERÁRQUICA DE UMA SMART FACTORY (BAOTONG CHEN, 2017) ADAPTADO	23
FIGURA 2. 11 - 5C ARCHITECTURE (LEE, 2015) ADAPTADO	24
FIGURA 3. 1 - PEÇAS PLÁSTICAS DO INTERIOR DE UM AUTOMÓVEL PRODUZIDAS NO GRUPO SIMOLDES (SIMOLDES, 2017)	26
FIGURA 3. 2 - PEÇAS PLÁSTICAS DO EXTERIOR DE UM AUTOMÓVEL PRODUZIDAS NO GRUPO SIMOLDES (SIMOLDES, 2017)	26
FIGURA 3. 3- ETAPAS QUE COMPÕEM UM CICLO DE MOLDAGEM	29
FIGURA 3. 4 -COMPONENTES PROCESSO DE INJEÇÃO	30
FIGURA 3. 5 - MAPEAMENTO SISTEMAS INFORMÁTICOS DA SIMOLDES PLÁSTICOS PORTUGAL	31
FIGURA 3. 6 - MAPEAMENTO DO SISTEMA INFORMÁTICO ESPERADO APÓS A SUBSTITUIÇÃO DO ERP	33
FIGURA 3. 7 - SOFTWARE GANTT	34

FIGURA 3. 8 - QUADRO DE CONTROLO DE PRODUÇÃO, TURNO 1.....	36
FIGURA 3. 9 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO DO SOFTWARE REGISTO DIÁRIO	37
FIGURA 3. 10- MAPEAMENTO DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE DADOS DO CHÃO DE FÁBRICA PARA OS SISTEMAS INFORMÁTICOS	38
FIGURA 3. 11 - MAPEAMENTO DA CIRCULAÇÃO DOS DADOS PARA A CRIAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE PRODUÇÃO.....	39
FIGURA 3. 12 – FLUXOGRAMA DAS AÇÕES NECESSÁRIAS DESDE O PEDIDO DE UM CLIENTE ATÉ À EMISSÃO DOS RELATÓRIOS DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DE PRODUÇÃO ATUAL	40
FIGURA 4. 1 PLANEAMENTO DO PROJETO DE ESCOLHA DE SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA A DIGITALIZAÇÃO DO CONTROLO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	47
FIGURA 4. 2 DIAGRAMA DE CASOS DE USO	48
FIGURA 4. 3 SISTEMA DE CONTROLO DE PRODUÇÃO ATUAL.....	48
FIGURA 4. 4 SISTEMA DE CONTROLO DE PRODUÇÃO QUE SE PRETENDE IMPLEMENTAR	49
FIGURA 4. 5 - TERMINAL SISE	51
FIGURA 4. 6 - INPUTS/OUTPUTS DO TERMINAL.....	51
FIGURA 4. 7 – ESBOÇO DE FUNCIONAMENTO.....	52
FIGURA 4. 8 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO DO MENU PRINCIPAL CYCLADES.....	53
FIGURA 4. 9 - IMPLEMENTAÇÃO SISE FASE PILOTO.....	54
FIGURA 4. 10 - IMPLEMENTAÇÃO FINAL SISE.....	55
FIGURA 4. 11 – SEPARADOR SHOPFLOOR	58
FIGURA 4. 12 - IMPLEMENTAÇÃO PROGROW PILOTO.....	60
FIGURA 4. 13 - IMPLEMENTAÇÃO FINAL PROGROW.....	60
FIGURA 5. 1 - MATRIZ SWOT PILOTO SISE	70
FIGURA 5. 2 - MATRIZ SWOT PILOTO PROGROW	71
FIGURA 5. 3 - EXEMPLO FUNCIONAMENTO EWON.....	73
FIGURA 5. 4 - ARQUITETURA IMPLEMENTAÇÃO FINAL	74
FIGURA 5. 5 - QUADRO TRS EM FORMATO DIGITAL.....	75
FIGURA 5. 6 - EXEMPLO INTERFACE PARA INPUTS POR PARTE DO OPERADOR.....	75
FIGURA 5. 7 - FLUXOGRAMA DAS AÇÕES NECESSÁRIAS DESDE O PEDIDO DE UM CLIENTE ATÉ À EMISSÃO DOS RELATÓRIOS DE PRODUÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DE PRODUÇÃO DIGITALIZADO.....	76

FIGURA A1. 1 - MAPEAMENTO GERAL DE PROCESSOS DE FLUXOS FÍSICOS E INFORMÁTICOS DESDE O PEDIDO DE UM CLIENTE ATÉ À SUA EXPEDIÇÃO	85
FIGURA A2.1 – TABELA DE CÓDIGOS DE PARAGENS DE PRODUÇÃO E DE DEFEITOS.....	87
FIGURA A3. 1- TABELA DE REQUISITOS DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS A IMPLEMENTAR PARA A DIGITALIZAÇÃO DO PROCESSO DE CONTROLO DE PRODUÇÃO	89
FIGURA A4. 1- INSTRUÇÃO DE TRABALHO SISE (PARTE 1)	91
FIGURA A4. 2 - INSTRUÇÃO DE TRABALHO SISE (PARTE 2)	92
FIGURA A4. 3 INSTRUÇÃO DE TRABALHO SISE (PARTE 3).....	93
FIGURA A4. 4 INSTRUÇÃO DE TRABALHO SISE (PARTE 4).....	94
FIGURA A4. 5 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO CYCLADES DE DADOS EM TEMPO REAL REFERENTES A UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO.....	94
FIGURA A4. 6 - JANELA DE VISUALIZAÇÃO CYCLADES DO MENU DE PLANEAMENTO	95
FIGURA A4. 7- JANELA DE VISUALIZAÇÃO CYCLADES DO MENU PARA EMISSÃO DE RELATÓRIOS DE PRODUÇÃO.....	95
FIGURA A4. 8 – EXEMPLO RELATÓRIO DE PRODUÇÃO GERADO NO CYCLADES, REFERENTE À PRODUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO	95
FIGURA A5. 1- JANELA DE VISUALIZAÇÃO PROGROW DO MENU “ANÁLISE DE KPI’S”, FILTRO POR FÁBRICA.....	97
FIGURA A5. 2 – EXEMPLO RELATÓRIO DE PRODUÇÃO GERADO NO PROGROW, EM FORMATO DE GRÁFICO, REFERENTE À EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE UMA FÁBRICA	97
FIGURA A5. 3 - EXEMPLO RELATÓRIO DE PRODUÇÃO GERADO NO PROGROW, EM FORMATO DE GRÁFICO, REFERENTE À PRODUÇÃO DIÁRIA DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO.....	98
FIGURA A5. 4 - CÓDIGO DE CORES.....	98
FIGURA A5. 5 – EXEMPLO INTERFACE DO MÓDULO DE CHÃO DE FÁBRICA	99
FIGURA A5. 6 -EXEMPLO INTERFACE DO SEPARADOR DE MELHORIA CONTINUA, ANÁLISE DE PROJETOS.....	99
FIGURA A5. 7 - EXEMPLO INTERFACE DO SEPARADOR DE MELHORIA CONTINUA, PRODUTIVIDADE DE PROJETOS	99
FIGURA A5. 8- EXEMPLO INTERFACE DO SEPARADOR KANBAN	100
FIGURA A5. 9- EXEMPLO INTERFACE DO SEPARADOR TAREFAS	100
FIGURA A6. 1 - COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE DEZEMBRO	101
FIGURA A6. 2 – DIFERENÇAS COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS SISE MÊS DE DEZEMBRO.....	101
FIGURA A6. 3 - COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE JANEIRO	101
FIGURA A6. 4 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS SISE MÊS DE JANEIRO.....	102

FIGURA A6. 5 - COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE DEZEMBRO	102
FIGURA A6. 6 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE DEZEMBRO	102
FIGURA A6. 7 - COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE JANEIRO	103
FIGURA A6. 8 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE JANEIRO ...	103
FIGURA A6. 9 - COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE DEZEMBRO	103
FIGURA A6. 10 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE DEZEMBRO.....	104
FIGURA A6. 11 - COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE JANEIRO	104
FIGURA A6. 12 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS SISE – MÊS DE JANEIRO	104
FIGURA A6. 13 - COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE JANEIRO.....	105
FIGURA A6. 14 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE JANEIRO.....	105
FIGURA A6. 15 - COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE FEVEREIRO	105
FIGURA A6. 16 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO CICLO REAL, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE FEVEREIRO ...	106
FIGURA A6. 17 - COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE JANEIRO	106
FIGURA A6. 18 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE JANEIRO	106
FIGURA A6. 19 - COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE FEVEREIRO	107
FIGURA A6. 20 - DIFERENÇAS COMPARAÇÃO NÚMERO DE INJEÇÕES, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE FEVEREIRO.....	107
FIGURA A6. 21 - COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE JANEIRO ...	108
FIGURA A6. 22 – DIFERENÇAS COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE JANEIRO	108
FIGURA A6. 23 - COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS PROGROW –.....	109
FIGURA A6. 24 – DIFERENÇAS COMPARAÇÃO TEMPO TOTAL DE PARAGEM, SISTEMA ATUAL VS PROGROW – MÊS DE FEVEREIRO.....	109
FIGURA A6. 25 - DIFERENÇA DE VALORES ENTRE RQT DO SISTEMA ATUAL E DOS SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	110
FIGURA A6. 26 - DIFERENÇA DE VALORES ENTRE RU DO SISTEMA ATUAL E DOS SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	110
FIGURA A6. 27 - DIFERENÇA DE VALORES ENTRE OEE DO SISTEMA ATUAL E DOS SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	110

Lista de Tabelas

TABELA 5. 1 - MÉDIAS DIFERENÇAS DE TEMPO MÉDIO DE CICLO REAL ENTRE O SISTEMA DE REGISTO ATUAL E O SISTEMA PILOTO EM TESTE	64
TABELA 5. 2 - MÉDIAS DIFERENÇAS TEMPO PARAGENS DE MÁQUINA ENTRE O SISTEMA DE REGISTO ATUAL E O SISTEMA PILOTO EM TESTE	65
TABELA 5. 3 - MÉDIA DIFERENÇA NÚMERO DE INJEÇÕES ENTRE O SISTEMA DE REGISTO ATUAL E O SISTEMA PILOTO EM TESTE	66
TABELA 5. 4 - DIFERENÇA DE VALORES MÉDIOS ENTRE RQT DO SISTEMA ATUAL E OS SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS EM TESTE	66
TABELA 5. 5 - DIFERENÇAS DE VALORES ENTRE RU DO SISTEMA ATUAL E DOS SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS..	67
TABELA 5. 6 - DIFERENÇA DE VALORES ENTRE OEE DO SISTEMA ATUAL E DOS SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS.	68
TABELA 5. 7 - TAGS SINAIS EWON	73
TABELA 5. 8 - VALORES TAGS ASSOCIADOS AO EXEMPLO DA FIGURA 5.3	73

1

Introdução

1.1 Motivação

O presente documento surge no âmbito da Dissertação de Mestrado do curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

A dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, mais especificamente, no departamento de digitalização da empresa Simoldes Plásticos Portugal em Oliveira de Azeméis, referência no mercado nacional de produção de componentes para a indústria automóvel. Consistiu na seleção de um sistema de aquisição de dados para a digitalização do processo de controlo de produção em tempo real.

Acompanhar a evolução tecnológica é uma das grandes preocupações da maior parte das empresas, assim como, a otimização dos seus processos e produtos. Atualmente, torna-se possível qualquer empresa, independentemente da sua dimensão, abraçar processos de desenvolvimento e modernização suportados na digitalização, pois os softwares e hardwares estão cada vez mais potentes, com custos de aquisição cada vez menores e consequentemente mais competitivos. A velocidade e o impacto da transformação digital são tão relevantes que se nomeou uma nova revolução industrial, a quarta, e denominou-se como Indústria 4.0. A transformação será transversal a todas as áreas, no entanto, alguns sectores assumem a liderança do desenvolvimento, como é o caso da indústria automóvel.

O caminho para obter uma fábrica inteligente, com total integração de máquinas, pessoas e sistemas informáticos é bastante longo e complexo. Contudo, o primeiro passo para iniciar esta jornada é a digitalização do chão de fábrica, desta forma pode visualizar-se e monitorizar-se todo o fluxo de dados proveniente da

produção. Apenas após a digitalização estar concluída é que será possível obter uma maior transparência de dados, iniciar a análise inteligente de dados em tempo real, assim como, proceder à otimização e a automatização de processos. Pelo que, uma boa digitalização do chão de fábrica é a base crucial para o sucesso da transformação digital.

Tendo em conta o que foi referido anteriormente e o interesse pessoal por esta nova Era da Indústria proporcionou-se o desenvolvimento desta dissertação, aliando a componente académica com as necessidades da empresa.

1.2 Objetivos

Tal como mencionado, este trabalho tem como principal objetivo a seleção de um sistema de aquisição de dados para a digitalização do processo de controlo de produção da Simoldes Plásticos. No entanto, a estrutura de seleção pode ser adaptada para empresas do mesmo sector que pretendam dar os primeiros passos na jornada da transformação digital.

Numa primeira fase realizou-se um levantamento da situação atual da empresa, contextualizando como é realizada a aquisição de dados e a forma como é estabelecida a troca de informação entre os vários departamentos que a constituem. Seguiu-se um estudo de funcionamento dos dois sistemas pilotos em teste, assim como, a avaliação dos mesmos para a seleção final.

A estrutura do documento é desenvolvida tendo como base a literatura existente sobre o conceito Indústria 4.0. No entanto, a componente prática adquirida ao longo do trabalho no caso de estudo revelou-se uma contribuição muito importante para a realização da seleção final do sistema a implementar.

1.3 Contribuições

A contribuição prática para o desenvolvimento do projeto de digitalização de controlo de produção em tempo real, consistiu na análise funcional dos sistemas em teste, elaboração de manuais de instrução dos novos sistemas, assim como, formação dos operadores para a utilização dos mesmos. Realização de execução de testes funcionais aos sistemas piloto, levantamento e análise de dados do sistema de controlo de produção atual e dos sistemas de aquisição de dados em teste.

Além disso, foi acompanhado o processo de escolha e mapeamento do sistema final a implementar.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos, incluindo o presente, que introduz o tema abordado nesta dissertação, a motivação para a realização da mesma, assim como, os objetivos propostos e a estrutura do documento.

Nos parágrafos seguintes enumeram-se os restantes capítulos e apresenta-se uma breve descrição sobre os mesmos.

Capítulo 2: Destina-se à revisão bibliográfica e tem como objetivo aprofundar o conceito de Indústria 4.0. Realiza-se uma contextualização histórica da evolução industrial, aprofundam-se os pilares desta nova fase da indústria e abordam-se os princípios fundamentais de uma *Smart Factory*.

Capítulo 3: Descreve o sistema de aquisição de dados do processo de controlo de produção presente na empresa Simoldes Plásticos. Contem uma breve introdução sobre o processo de injeção e um mapeamento dos sistemas informáticos da empresa. É feita uma descrição do processo de controlo de produção desde o chão de fábrica até aos sistemas informáticos e por último são descritos os KPI's que se pretendem controlar.

Capítulo 4: Apresenta o projeto de digitalização do processo de controlo de produção das linhas de injeção na Simoldes Plásticos. Descreve-se o funcionamento dos sistemas de aquisição de dados em teste na empresa, assim como, a sua implementação no chão de fábrica.

Capítulo 5: Resume as validações obtidas mediante as análises realizadas aos sistemas de aquisição de dados estudados ao longo da dissertação. Apresenta a opção escolhida para a digitalização do processo em causa

Capítulo 6: Resume as conclusões obtidas mediante o desenvolvimento desta dissertação e propõe projetos futuros para um próximo passo na implementação de uma fábrica inteligente.

2

Indústria 4.0

Neste capítulo, primeiramente, será realizado um breve enquadramento histórico da evolução da Indústria. Seguidamente, contextualiza-se o termo Indústria 4.0 e *Smart Factory*. Realiza-se referência aos pilares desta nova Era Industrial: *Internet of Things*, *Big-Data*, Integração Horizontal e Vertical, Computação em *Cloud*, Ciber Segurança, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada, Simulação e Robôs Autónomos. O enquadramento teórico é relevante não só para compreender o conceito e impacto da Indústria 4.0, mas também para enquadrar o caso prático que será abordado no Capítulo 4.

2.1 Evolução Industrial

Atualmente, a Evolução Industrial pode ser dividida essencialmente em 4 fases, a Figura 2. 1 apresenta uma breve descrição sobre cada uma delas.

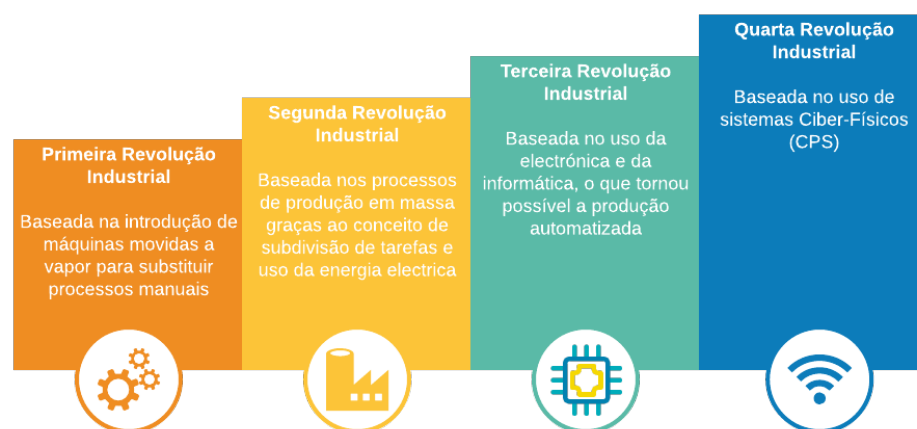


Figura 2. 1- Evolução Industrial (Román, 2016) *adaptado*

A Primeira Revolução Industrial deu-se entre o século XVIII e XIX. Proce-
deu-se a uma substituição progressiva dos métodos artesanais por equipamentos
mecânicos de produção, transformando a economia agrária e artesanal numa
economia liderada pela indústria. Além disso, acentuou-se o uso da energia pro-
veniente do vapor com a exploração do carvão como energia alternativa à ma-
deira e outros biocombustíveis. (Román, 2016)

A Segunda Revolução Industrial, deu-se no século XX, é marcada pelo uso
da Energia Elétrica (Strotz, 1999). Foi nesta época que apareceram as primeiras
fábricas com linhas de montagem. Surgiram também os primeiros barcos de aço
movidos por motores a vapor, revolucionando o transporte de mercadorias.

A Terceira Revolução Industrial é considerada a Revolução Digital
(Román, 2016), devido ao rápido desenvolvimento da eletrônica e da informática.
A sua introdução nos processos industriais permitiu que se realizasse a automa-
tização das linhas de produção, e em muitas das tarefas repetitivas as pessoas
foram substituídas por robots. Além disso, aumentou exponencialmente o uso
dos computadores, dos telefones móveis, da internet e grande parte da informa-
ção passou a ser armazenada e processada em formato digital. O final do século
XX trouxe uma nova transformação, com o desenvolvimento da Internet e o
avanço da tecnologia, iniciou-se a transformação digital da Indústria (Schwab,
2017).

Software e o hardware evoluíram exponencialmente tornando-se mais so-
fisticados e com preços muito mais competitivos. Além disso, as máquinas estão
a ganhar cada vez mais capacidade para aprenderem e colaborarem na criação
de grandes redes de informação. A convergência das tecnologias de informação
com a sensorização e robótica transformou a internet tradicional, informação e
pessoas, na internet das “coisas”, Iot. Este novo cenário aplicado à Indústria pro-
duziu um grande impacto abrindo portas para muitas oportunidades, sendo es-
tas baseadas no aproveitamento da informática (Román, 2016).

Esta nova Era da Indústria foi apelidada pelos professores Erik Brayn-
jolfsson e Andrew McAfee do instituto de tecnologia de *Massachusetts* como se-
gunda idade da máquina e em 2011 na feira Industrial de Hannover, na Alema-
nha, utilizou-se o termo “Indústria 4.0” (Schwab, 2017).

2.2 Conceito

Tal como referido anteriormente, o termo Indústria 4.0 surgiu na Alemanha. Posteriormente, este foi adotado pelo governo alemão para denominar a estratégia a longo prazo incluída no *High-Tech Strategy 2020 Action Plan*, em 2011 (Kagermann, Wahlster, & Held, 2013). Pretendiam assegurar a competitividade da sua indústria e assumir a liderança em inovação tecnológica. Esta estratégia tinha como objetivo tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos. Além disso, nesta definição, as máquinas utilizam autoconfiguração e, por vezes, inteligência artificial para completar tarefas complexas, a fim de proporcionar eficiências de custo e bens ou serviços de melhor qualidade.

O termo Indústria 4.0 é, atualmente, um dos focos para muitas empresas, centros de investigação e faculdades, com publicações académicas, artigos e conferências em volta do tema. No entanto, ainda não existe uma definição formalmente aceite.

Um dos principais focos desta nova era industrial é a melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e conseqüentemente retorno do investimento.

A conceito Indústria 4.0 assenta em princípios básicos, tais como:

- Digitalização e automatização dos processos;
- Tratamento dos dados em tempo real;
- Monitorização e rastreabilidade de todos os produtos e processos.

2.3 Pilares

A Indústria 4.0 é baseada em nove pilares tecnológicos (Rübmann, 2015), estes encontram-se enumerados na Figura 2. 2 e serão descritos nos capítulos seguintes.

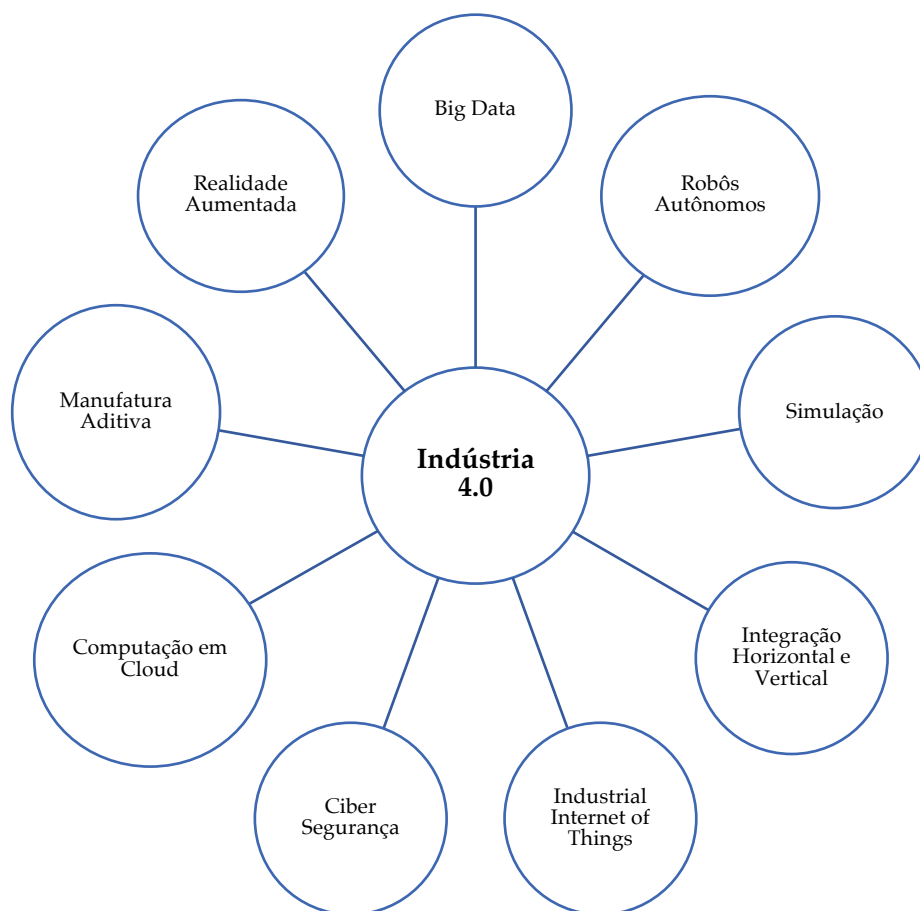


Figura 2. 2 Pilares Tecnológicos Indústria 4.0 (Rübmann, 2015) adaptado

2.3.1 *Industrial Internet of Things*

Tendo em conta a 4ª Revolução Industrial e a mudança muito proeminente na área da manufatura com vista na otimização de operações usando a informação recolhida por sensores surge o conceito IoT, *Internet-Of-Things*, que tem como principal objetivo representar uma rede composta por objetos físicos, identificados de forma única, que se encontram ligados à Internet e entre si (F.Xia, 2012).

Industrial Internet of Things, IIoT, trata-se de uma subcategoria do mundo IoT focada na vertente Industrial.

A combinação de eletrónica, sistemas encastrados e conectividade proporcionam novas capacidades e funções aos produtos, transformando-os em produtos inteligentes. Tal como é possível consultar na Figura 2. 3 estes destacam-se

por quatro características, os produtos inteligentes são: conectáveis, adaptáveis, conscientes e inteligentes.

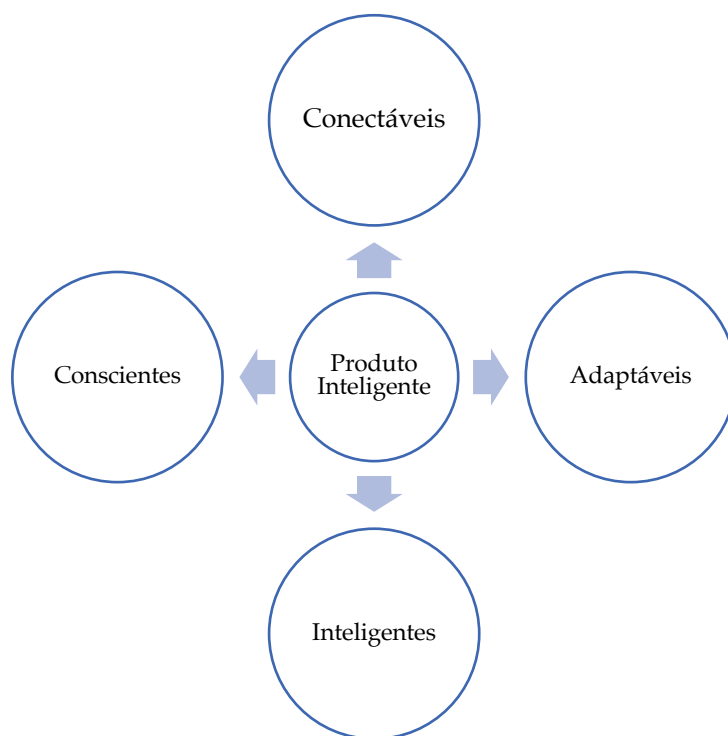


Figura 2. 3 - Características de um produto inteligente (Román, 2016) adaptado

Conectáveis porque estão equipados com dispositivos de comunicação que possibilitam a conexão máquina para máquina, M2M, o que permite a interação e troca de informações entre dispositivos. Além disso, estes também podem dispor de dispositivos de comunicação para a interação com os humanos.

Adaptáveis, porque os produtos inteligentes estão equipados com tecnologia de controlo que permitem a adaptação autónoma do produto baseada em comandos internos ou externos.

Conscientes, porque estão equipados com sensores que lhes permitem adquirir dados sobre o seu próprio estado, assim como, sobre o meio envolvente.

Por último, inteligentes porque estão equipados com capacidade de processos autónomos que lhes permitem tomar decisões e aprender autonomamente.

Os produtos inteligentes são os habitantes do ecossistema da Internet das Coisas, IoT. Estes já fazem parte do nosso quotidiano, por exemplo, quando usamos o telemóvel para ligar a televisão ou quando no nosso veículo tentamos encontrar o caminho mais rápido para chegar do ponto A ao ponto B, tendo em

consideração as condições de tráfego. Considerando uma vertente mais industrial, os dispositivos IIoT estão presentes, em grande escala, em sectores de produção e são utilizados, maioritariamente, para monitorizar ambientes de produção em tempo real. Contudo, a sua aplicação na indústria é bastante vasta e também podem ser utilizados para gestão de stocks, gestão de instalações ou até mesmo para assistência médica.

O mundo IoT está em constante expansão e as previsões apontam para que esta tendência continue a aumentar. Desde 2008 que o número de dispositivos IoT ultrapassou o número da população mundial (F.Xia, 2012).

De acordo com o relatório anual da Cisco (Cisco, 2020), as conexões máquina para máquina, crescerão de 6,1 bilhões em 2018 para 14,7 bilhões em 2023, como se pode consultar na Figura 2. 4. Verifica-se assim, um crescimento de cerca de 2,4 vezes dos dispositivos IoT, com 1,8 conexões M2M para cada membro da população global até 2023.

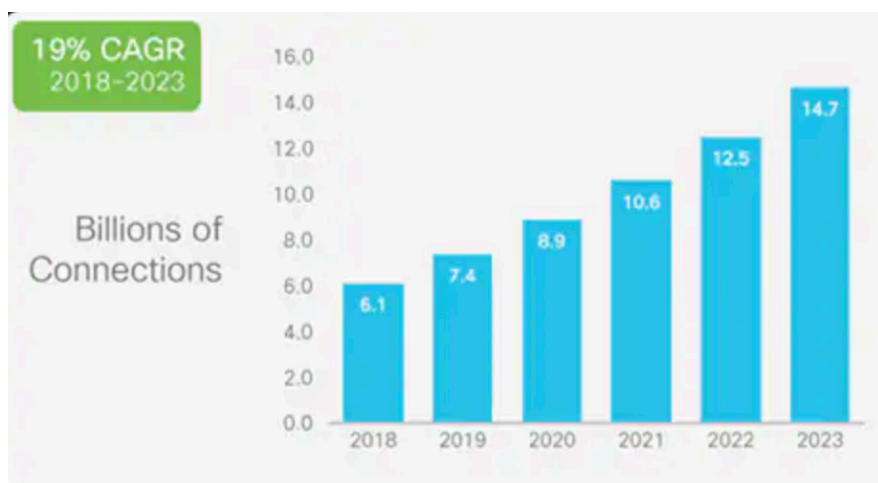


Figura 2. 4 – Crescimento conexões M2M, *Cisco Annual Internet Report, 2018–2023* (Cisco, 2020)

No relatório da Cisco também é possível analisar a previsão de expansão dos dispositivos IoT entre 2018 e 2023. Prevê-se que os dispositivos domésticos irão representar cerca de 48% das conexões M2M, ou seja, sensivelmente metade do total de conexões de dispositivos IoT. Nesta breve análise é possível constatar o quanto estes aparelhos estão, cada vez mais, presentes no nosso quotidiano.

Por outro lado, as aplicações para conexões automóveis serão a categoria com maior crescimento entre 2018 e 2023, com uma taxa de crescimento anual composta de 30%. Estes representam-se por dispositivos de gerenciamento de

frotas, sistemas de entretenimento dentro do veículo, diagnósticos de manutenção preventiva, sistemas de navegação, sistemas de emergência, entre outros.

As *Smart Cities* também ganham destaque no relatório da Cisco com uma taxa de crescimento anual composta de 26%. (Cisco, 2020)

Na Figura 2. 5 é possível consultar um gráfico de barras vertical, divididas por secções, que representam o crescimento anual de conexões M2M das diversas categorias de dispositivos IoT.

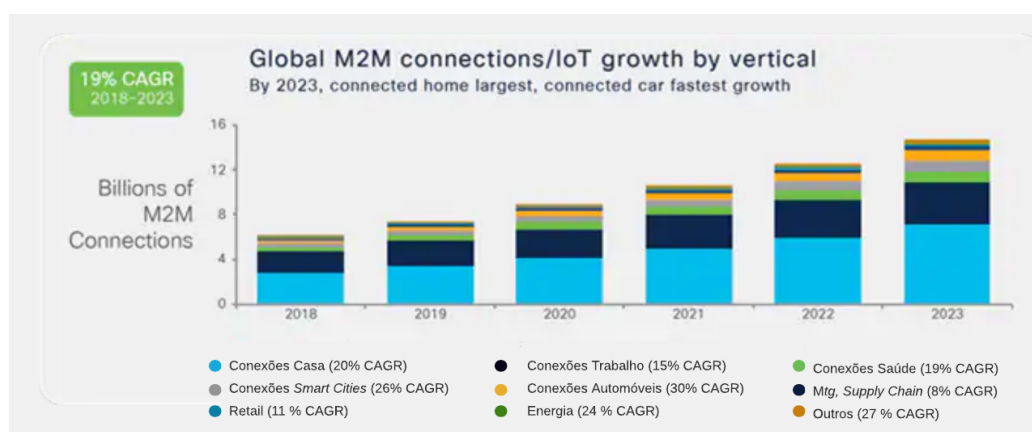


Figura 2. 5 – Expansão de conexões M2M por categorias, Cisco Annual Internet Report, 2018–2023 (Cisco, 2020) adaptado

Tal como foi possível analisar anteriormente, existem infinitas possibilidades para uma rede criada utilizando dispositivos *IoT*. Logo, também existe uma grande preocupação em como armazenar e processar a informação recolhida pela mesma. Atualmente, existem milhões de sistemas interligados entre si que produzem dados em tempo real, sobre quase tudo e que se querem disponíveis em todo o lado. Até mesmo as redes mais simples armazenam grandes quantidades de dados a cada instante. Surgem então o conceito de Big-Data, este será abordado de seguida.

2.3.2 Big Data

Segundo (Gartner, s.d.), o conceito *Big Data* pode ser definido como um grande volume de dados, gerados em alta velocidade e variedade, que necessitam de formas inovadoras e econômicas para processá-los, organizá-los e armazená-los. Posteriormente, estes permitem ter uma visão mais aprimorada, tomar decisões e automatizar os processos.

Na Figura 2. 6 é possível consultar uma abordagem, bastante simplista, da finalidade de utilização dos Big Data.

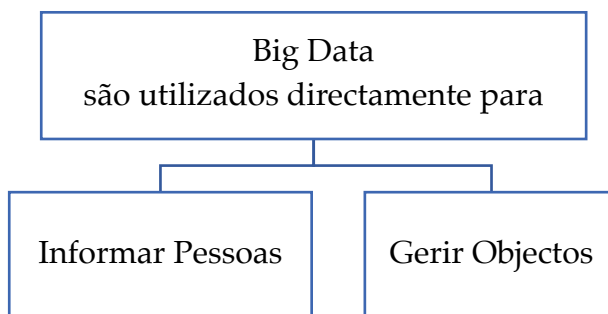


Figura 2. 6 - Utilizações Big Data (P.Maglio, 2016) adaptado

Considerando (A.Koronios, 2013) a teoria da Pirâmide de hierarquia *Data Information Knowledge-Wisdom*, DIKW, que pode ser consultada na Figura 2. 7, os dados são apenas números, palavras ou outros sinais que podem ser verificados e validados. Estes não têm qualquer significado se não forem interpretados e contextualizados, só assim é possível dar origem à informação. Por consequência, o tratamento da informação tende a evoluir para a criação de teorias e para a capacidade de prever o futuro, assim alcançamos o conhecimento.

Logo, devido à grande quantidade de dados que são gerados continuamente surge a necessidade de criar poderosas ferramentas de análise para lhes atribuir significado.

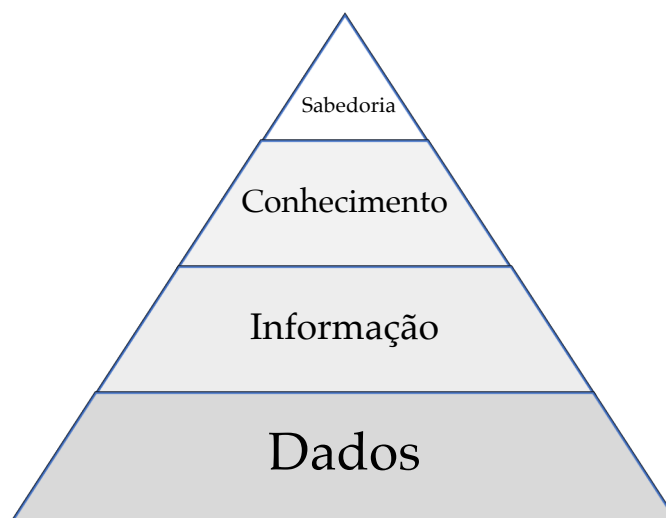


Figura 2. 7 - Pirâmide DIKW (A.Koronios, 2013) adaptado

Por outras palavras, o termo *Big Data* refere-se a volumes gigantescos de dados que os softwares/tecnologias tradicionais não conseguem processar. Sendo assim, são necessários novos sistemas tecnologicamente evoluídos e com algoritmos sofisticados com capacidade para processar dados em tempo real.

2.3.3 Integração Horizontal e Vertical

Ao abordar o conceito Indústria 4.0 referiu-se que um dos principais focos é a melhoria continua em termos de eficiência e produtividade das operações. Para isso, é necessário que exista uma maior integração de dados e processos dos vários departamentos das empresas, isto para que, a informação transite de forma rápida e eficiente.

Visto que, os processos dentro de uma empresa podem ser bastante diversificados e envolvem diferentes agentes dividiu-se o conceito de integração em duas vertentes, integração horizontal e integração vertical.

Por um lado, a integração horizontal interliga todos os sectores da cadeia de valor de determinada indústria, ou seja, integra os vários sistemas de informação das várias etapas do processo de produção e planeamento. Desde gestão de fornecedores e processos, produção, logística até à distribuição e gestão de clientes. A integração horizontal pode ir além da própria fábrica, tornando possível a conexão com parceiros externos de forma a entregar um melhor serviço ou produto ao cliente.

Por outro lado, a integração vertical pode ser entendida como a conexão dos sistemas de informação com os dados recolhidos desde o chão de fábrica.

Inicialmente é necessário realizar a digitalização dos dados do processo de produção. Esta digitalização inicia-se através da sensorização e recolha de sinais das máquinas das linhas de produção.

Posteriormente, os dados são integrados com a camada de controlo. Esta camada pode envolver vários sistemas, contudo os mais recorrentes são os *Programmable Logic Controller*, PLC. O PLC trata-se de um computador que executa funções específicas pré-programadas por um ser humano, é utilizado para gerenciar processos de forma automatizada. Por outras palavras, para que um sistema mecânico se torne automatizado é necessário um PLC que irá conter as informações necessárias sobre a ação a realizar, este funciona como o “cérebro” do sistema.

Por outro lado, a integração da monitorização do controlo de produção é realizada, usualmente, através de sistemas de supervisão e aquisição de dados,

SCADA. Tipicamente, um SCADA é uma combinação de software conectado a elementos de hardware. (A. Daneels, 1999). Por norma, os sistemas de supervisão e aquisição de dados também dispõem de uma interface homem-máquina para que seja possível os operadores comunicarem diretamente com o sistema (COPADATA, s.d.). Assim sendo, ao utilizar um sistema SCADA torna-se possível controlar os processos industriais. Além disso, possibilita às empresas gerar relatórios de produção com base em dados em tempo real.

Em suma, inicialmente a aquisição de dados diretamente do chão de fábrica é realizada através dos sensores e PLCs. Após os dados dos equipamentos estarem coletados são enviados para o próximo nível, usualmente, sistemas SCADA.

Nos níveis seguintes da integração vertical surgem os termos *Manufacturing Execution System*, MES, e *Enterprise Resource Planning*, ERP. A cooperação entre ambos é das uma das opções mais recorrentes para as empresas que pretendem otimizar as suas atividades e iniciar a transformação digital.

O *Manufacturing Execution System* (Kletti, 2007), é um sistema que se destina à otimização e simplificação dos processos de produção fabril.

O MES pode operar em diversas áreas, tais como:

- Visão em tempo real do chão de fábrica;
- Parametrização, planeamento e execução da produção;
- Automatização da ligação entre logística e produção;
- Registo e análise, de indicadores e métricas de produção, performance e qualidade;
- Otimização da produção e da qualidade do produto final. (ISEP, 2019)

Além das características enumeradas anteriormente, um sistema modular MES avançado interliga automação de fábrica, integração de dispositivos IoT, realidade aumentada e *Digital Twin*, este último conceito permite uma visualização dinâmica 3D do chão de fábrica. (ISEP, 2019)

Por sua vez, o ERP, é um software que oferece um suporte pormenorizado para gerir processos empresariais (Hillegersberg, 2000). Normalmente, o sistema inclui vários módulos para diferentes sectores tais como: gestão de stocks, contabilidade, recursos humanos e todas as outras funções que dão suporte à gestão de uma empresa.

Na Figura 2. 8 podem consultar-se os módulos típicos de um ERP. Estes módulos, usualmente, comunicam entre si e atualizam a mesma base de dados central, de forma a que a informação inserida num dos módulos esteja instantaneamente disponibilizada para os restantes. Este software tem como principal objetivo centralizar e gerir as informações de todas as ações no desenvolvimento da atividade empresarial, para uma melhor integração de todos os departamentos.

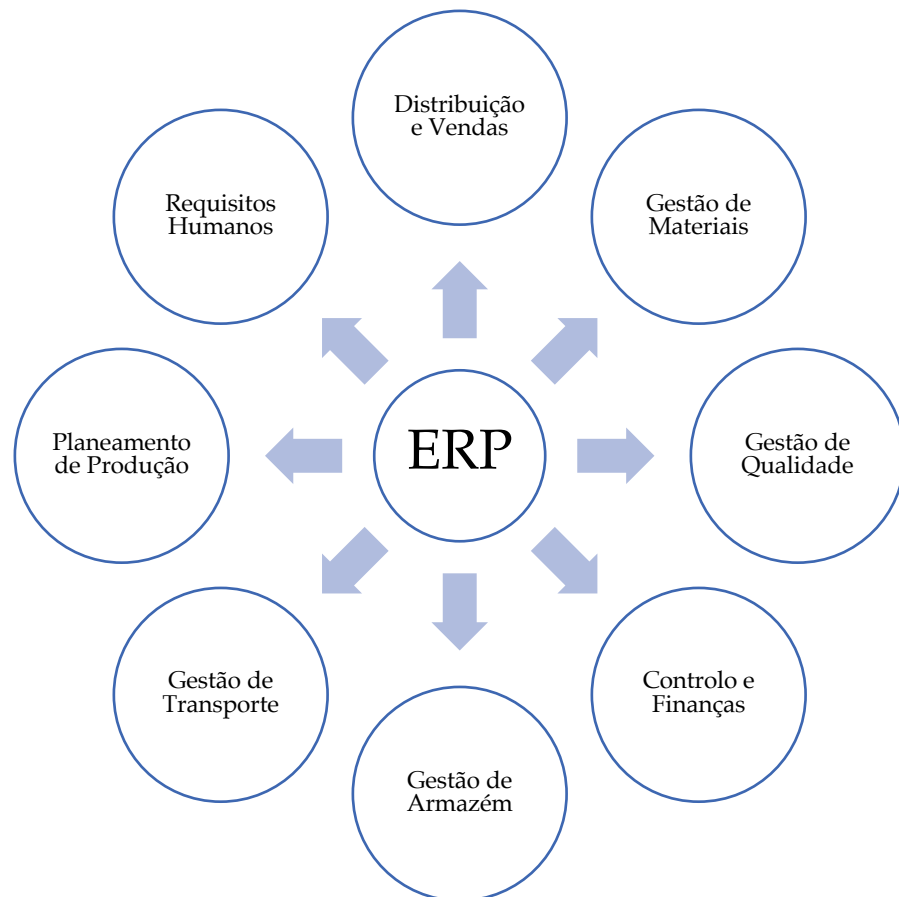


Figura 2. 8 - Módulos típicos de um ERP

Em suma, o ERP realiza a gestão de toda a componente empresarial enquanto que o MES realiza a gestão das operações.

A Figura 2. 9 representa a pirâmide de Automação Industrial (ISEP, 2019), constata-se que esta tem como base os sensores e os atuadores. Isto porque, praticamente todos os sistemas de automação industrial baseiam-se nas informações recolhidas pelos sensores ou realizam ações tendo em conta os atuadores.

Realizando uma relação entre um sistema de automação e um corpo humano podemos pressupor que os sensores funcionam como os nossos cinco

sentidos, permitem-nos recolher informação do mundo exterior, os atuadores são os nossos ossos e músculos. permitem-nos mover e realizar ações. Enquanto que o ERP, o MES e a CLOUD/ Servidor fazem parte do nosso cérebro, pois comandam e gerem todas as atividades.

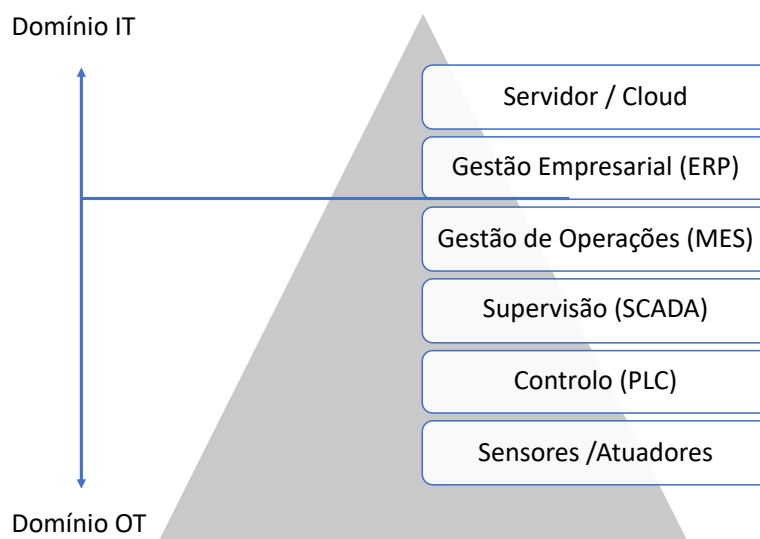


Figura 2. 9 - Pirâmide da Automação Industrial (ISEP, 2019)

Assim sendo, conclui-se que a integração vertical prevê a conexão dos sistemas específicos em cada uma destas etapas do processo produtivo, desta forma os dados fluem entre todos os níveis hierárquicos de forma rápida e eficiente. Por consequência, é possível manter a produtividade num nível elevado, monitorizar as máquinas com um grau de detalhe mais aprofundado e acompanhar a produção em tempo real.

A cooperação de integração vertical e horizontal entre máquina e internet, máquina e pessoa e máquina para máquina na cadeia de valor, em tempo real, é a base de um sistema cibernético de produção na Indústria 4.0.

2.3.4 Computação em *Cloud*

A expressão Computação em *cloud* refere-se, essencialmente, ao fornecimento de serviços informáticos através da Internet. Estes serviços incluem servidores, sejam estes físicos ou virtuais, armazenamento, bases de dados, rede ou software.

Tradicionalmente, as empresas armazenam arquivos e dados *on premise*, ou seja, entre portas nos seus próprios servidores. O que também dispõe de pontos positivos, visto que, nesta forma de armazenamento para aceder aos dados basta dispor de um terminal autorizado e não é necessária uma ligação à internet, ou seja, é possível aceder aos recursos de forma off-line. Contudo, o armazenamento em cloud possibilita o acesso às aplicações através de qualquer plataforma ou dispositivo.

Apesar do conceito de Computação em *Cloud* não estar inteiramente determinado existem cinco pilares desta tecnologia que estão claramente definidos (T. Dillon, 2010) :

- *On-demand Self-Service* - O consumidor dos serviços de nuvem possui a capacidade de ajustar, personalizar e configurar os seus serviços diretamente, isto é, sem que exista a necessidade de recorrer a intermediários. Estas ações podem ser realizadas, por exemplo, através de um portal web;
- *Broad Network Access* – Tal como referido anteriormente, os recursos cloud são entregues pela rede, por exemplo, pela Internet e baseiam-se em padrões que permitem o acesso a vários clientes com plataformas heterogêneas, tais como, telefones, computadores ou tablets;
- *Resource pooling* – Os recursos de computação do provedor são agrupados por segmentos de forma a responder às necessidades de múltiplos consumidores utilizando a multi alocação ou a virtualização do modelo. Um modelo baseado em pool pretende que os recursos de computação física se tornem invisíveis para o consumidor. Por exemplo, um consumidor não tem a capacidade de identificar onde os seus dados serão armazenados na nuvem. Por outras palavras, este apenas tem acesso ao recurso que necessita;
- Elasticidade – A cloud tem a capacidade de ser expandida e ajustada de acordo com as necessidades do consumidor a qualquer momento. Desta forma, os recursos de processamento, armazenamento, memória e utilização de banda são ajustados conforme necessário sem que o consumidor tenha de se preocupar com o crescimento da sua empresa e o processo de expansão;
- *Measured Service* – Os sistemas de computação em cloud são recursos agrupados e compartilhados por vários consumidores, tal como referido

anteriormente no conceito *resource pooling*. Contudo, a infraestrutura de nuvem permite utilizar mecanismos apropriados para medir o uso dos recursos de cada consumidor.

Existem várias opções para a implementação dos serviços cloud. No entanto, as três mais populares são: cloud pública, cloud privada ou cloud híbrida. Seguidamente, enumeram-se as diferenças entre estas três opções de implementação.

As clouds públicas são detidas e operadas por fornecedores de serviços cloud externos, estes disponibilizam os respetivos recursos informáticos, ou seja, o hardware, o software e as outras infraestruturas de apoio são detidos e geridos pelo fornecedor (Microsoft, 2020). O acesso a estes serviços e gestão da conta do cliente são realizados através de um browser.

Por outro lado, a cloud privada refere-se aos recursos de computação na cloud utilizadas por um único cliente. Estas podem estar localizadas fisicamente nas empresas e os serviços e as infraestruturas são mantidos numa rede privada.

Por último a cloud híbrida combina uma junção entre as duas implementações referidas anteriormente, ou seja, uma cloud pública e uma privada estão vinculadas através de uma tecnologia que permite que tanto os dados como as aplicações sejam partilhados entre elas. Esta opção oferece mais flexibilidade à empresa, auxilia na otimização da infraestrutura existente e na segurança da implementação.

Além das cinco características principais referidas anteriormente e das três formas de implementação enumeradas os serviços de cloud também se podem subdividir nas seguintes categorias (T. Dillon, 2010):

- *Software as a Service, SaaS* –O software como serviço refere-se a qualquer aplicação que a empresa corra sem que esta esteja instalada localmente. Nesta categoria os consumidores do serviço de cloud não têm controlo sobre a infraestrutura da nuvem. Estes apenas colocam as suas aplicações num ambiente de hospedagem que pode ser consultado por redes de vários clientes, computadores ou até mesmo dispositivos móveis. Alguns exemplos deste tipo de serviço são Google Mail, Google Docs e Word;
- *Platform as a Service, PaaS* – Plataforma como serviço refere-se aos serviços de computação na cloud que fornecem um ambiente a pedido para desenvolver, testar fornecer e gerir aplicações de software e aplicações de cloud.

Ou seja, a principal diferença entre SaaS e PaaS é que a primeira apenas possibilita a hospedagem de aplicações concluídas enquanto que PaaS oferece uma plataforma de desenvolvimento. No entanto, em PaaS o consumidor não configura nem gere a infraestrutura dos servidores, o armazenamento, a rede e as bases de dados necessárias para o desenvolvimento. Um exemplo de PaaS é o Google AppEngine ou o Visual Studio.

- *Infrastructure as a Service, IaaS* – Infraestrutura como serviço corresponde, de forma bastante simplificada, ao aluguer da infraestrutura de I.T., ou seja, os consumidores deste serviço usam diretamente o armazenamento, processamento, redes, sistemas operativos e outros recursos computacionais fundamentais do fornecedor de cloud IaaS. Um exemplo de IaaS é o EC2 da Amazon.

Atualmente, uma das maiores dificuldades por parte das empresas para a migração dos serviços em cloud é a questão da segurança. Visto que, as mesmas ficam reticentes em armazenar os seus dados e correr os seus softwares em hardware externos. Existem alguns problemas de segurança conhecidos tais como: perda de dados, *phishing* e *botnet*. No subcapítulo seguinte será abordado o tema da Ciber Segurança.

Outra desvantagem da computação em *cloud* é a velocidade de processamento, visto que, caso seja necessária uma grande taxa de transferência também é necessário dispor de uma boa largura de banda para o sistema não ficar comprometido.

2.3.5 Ciber Segurança

A digitalização e a interconexão das infraestruturas, assim como, o fluxo constante de dados é, tal como referido anteriormente, um ponto fulcral na Indústria 4.0. A comunicação em todas as áreas dos sistemas envolvidos baseia-se no protocolo Internet, IP. Se por um lado, esta troca fluída de dados traz muitas vantagens para a Indústria, por outro, também coloca muitos desafios, pois sempre que um dispositivo é conectado à Internet torna-se vulnerável a acesso não autorizado e a empresa apresenta riscos de uso indevido e ataques cibernéticos.

Em 2010 foi detetado o *Stuxnet* (Indusmelec, 2017), este trata-se de *worm* malicioso e foi o primeiro vírus a ser projetado especificamente para atacar sistemas SCADA que controlam processos industriais.

Alguns dos cuidados base de segurança que uma empresa disposta a apostar na transformação digital deve ter em conta são:

- Detecção de *malware* desconhecido – De forma a evitar o acesso não autorizado a formulas armazenadas no sistema de controlo de máquina. Apesar de, usualmente, os sistemas de automação serem baseados no Windows os softwares de antivírus normalmente instalados nos computadores não têm capacidade de processar o comportamento em tempo real dos sistemas de automação. Pelo que, é necessário recorrer a soluções para monitorização da integridade de ficheiros de segurança;
- Bloqueio imediato do tráfego de rede – Para garantir uma proteção suficiente na rede o utilizador deve colocar um router de segurança na frente do sistema a ser protegido. Desta forma, é verificado o tráfego de entrada e saída;
- Acesso restrito a dispositivos – Atualmente, os dispositivos apresentam aplicações de diversos fabricantes, essas são usualmente acessíveis através da rede ou da Internet para fins de manutenção. Ao autorizar o acesso ao técnico de assistência do fabricante, este pode aceder a toda a sub-rede da máquina. Para evitar esta situação, a empresa pode utilizar uma firewall de utilizador para modificar as regras de firewall de acordo com o utilizador ligado no momento, limitando assim o acesso do técnico somente aos dispositivos que este pretende manusear;
- Redes cuidadosamente projetadas – As redes de comunicação devem ser cuidadosamente planeadas e concebidas de forma a garantir que o utilizador tem controlo absoluto sobre os riscos que acompanham os sistemas abertos;
- Proteção em tempo real encriptadas – Até ao momento os estudos realizados têm demonstrado que os dispositivos de automação, como sistemas de entrada/saída, que estão ligados a uma rede baseada em Ethernet, podem ser facilmente protegidos através dos métodos já existentes.

2.3.6 Manufatura Aditiva

A manufatura aditiva é, muitas vezes, vulgarmente definida como impressão 3D ou “prototipagem rápida”. No entanto, cada um destes processos são na verdade subconjuntos da manufatura aditiva. O conceito manufatura aditiva (GE, s.d.) faz referência a tecnologias que produzem objetos tridimensionais através da sobreposição de camadas muito finas. Por sua vez, as camadas interligam-se com as anteriores através de material derretido ou parcialmente derretido. Esta é uma abordagem transformadora da produção industrial que permite a criação de peças e sistemas mais leves e mais fortes. Pode trazer flexibilidade, assim como, eficiência às operações de fabricação.

A manufatura aditiva usa software de desenho assistido por computador, CAD, ou scanners de objetos 3D para direcionar o hardware a depositar material, camada após camada, em formas geométricas precisas. Tal como o próprio nome indica, a fabricação aditiva apenas adiciona material para criar um objeto, não existindo nenhum tipo de desperdício de matéria prima.

2.3.7 Realidade Aumentada

A realidade aumentada mantém o utilizador no seu ambiente físico e adiciona o ambiente virtual no espaço do utilizador. De forma sucinta, a realidade aumentada torna possível enriquecer um cenário real, capturado por uma câmara por exemplo, com elementos virtuais interativos, de forma a permitir aplicações inovadoras (M. Hermann, Design Principles for Industrie 4.0 Scenari-os: A Literature Review, 2015).

Direcionando no sentido da Indústria 4.0, a aplicação deste conceito nas empresas vai permitir aos utilizadores tomarem decisões e adaptarem processos de trabalho tendo em conta a receção da informação em tempo real. Pois permite utilizar tecnologia avançada diretamente no chão de fábrica, seja para acompanhamento virtual de dados de processo, acompanhamento de produção em tempo real por parte de responsáveis, assim como, orientação de procedimentos de manutenção e de segurança por parte de especialistas remotos.

2.3.8 Simulação

Na engenharia a simulação de produtos e processos já é utilizada, contudo, no futuro a simulação será mais extensível, principalmente, às operações de produção. Estas simulações irão tirar partido dos dados em tempo real para espelhar o mundo físico num modelo virtual, surge então o conceito *Digital Twin*.

Esta representação digital pode incluir máquinas, produtos e humanos, o que irá permitir aos operadores testar e otimizar as configurações de máquina no mundo virtual antes de realizar a alteração no mundo físico, reduzindo assim os tempos de configuração e aumentando a qualidade do produto (Rübmann, 2015).

2.3.9 Robôs Autónomos

Atualmente, os fabricantes de vários sectores já utilizam robôs para realizar tarefas, algumas bastante complexas. Contudo, com o avanço da tecnologia espera-se que os robôs se tornem mais autónomos, flexíveis e cooperativos.

Eventualmente será possível que interajam entre si e que consigam trabalhar lado a lado com humanos.

Na Indústria 4.0 os robôs também possuem a capacidade de aprender sozinho, ou seja, conseguem ganhar novas habilidades sem intervenção humana e reformulam a sua estratégia consoante o ambiente em que estão envolvidos (Rübmann, 2015).

2.4 *Smart Factory*

O termo *Smart Factory* representa uma fábrica própria do sector Indústria 4.0, descreve um ambiente altamente digitalizado e conectado onde as máquinas e os equipamentos têm capacidade de melhorar processos através de automação e auto otimização, adaptando-se ao meio envolvente. Os sistemas de uma *smart factory* utilizam tecnologias com capacidade de analisar grandes quantidades de dados, logo, oferecem um maior grau de detalhe das informações, o que se reflete em mais segurança e transparência de dispor de dados confiáveis.

Os padrões para implementação de uma fábrica inteligente ainda não foram estabelecidos, contudo assentam essencialmente em três aspetos: interconexão, colaboração e execução.

Conforme é possível observar na Figura 2. 10 a arquitetura de uma fábrica inteligente inclui quatro camadas, nomeadamente: camada de recursos físicos, camada de rede, camada de aplicação de dados e camada de terminal (Baotong Chen, 2017).

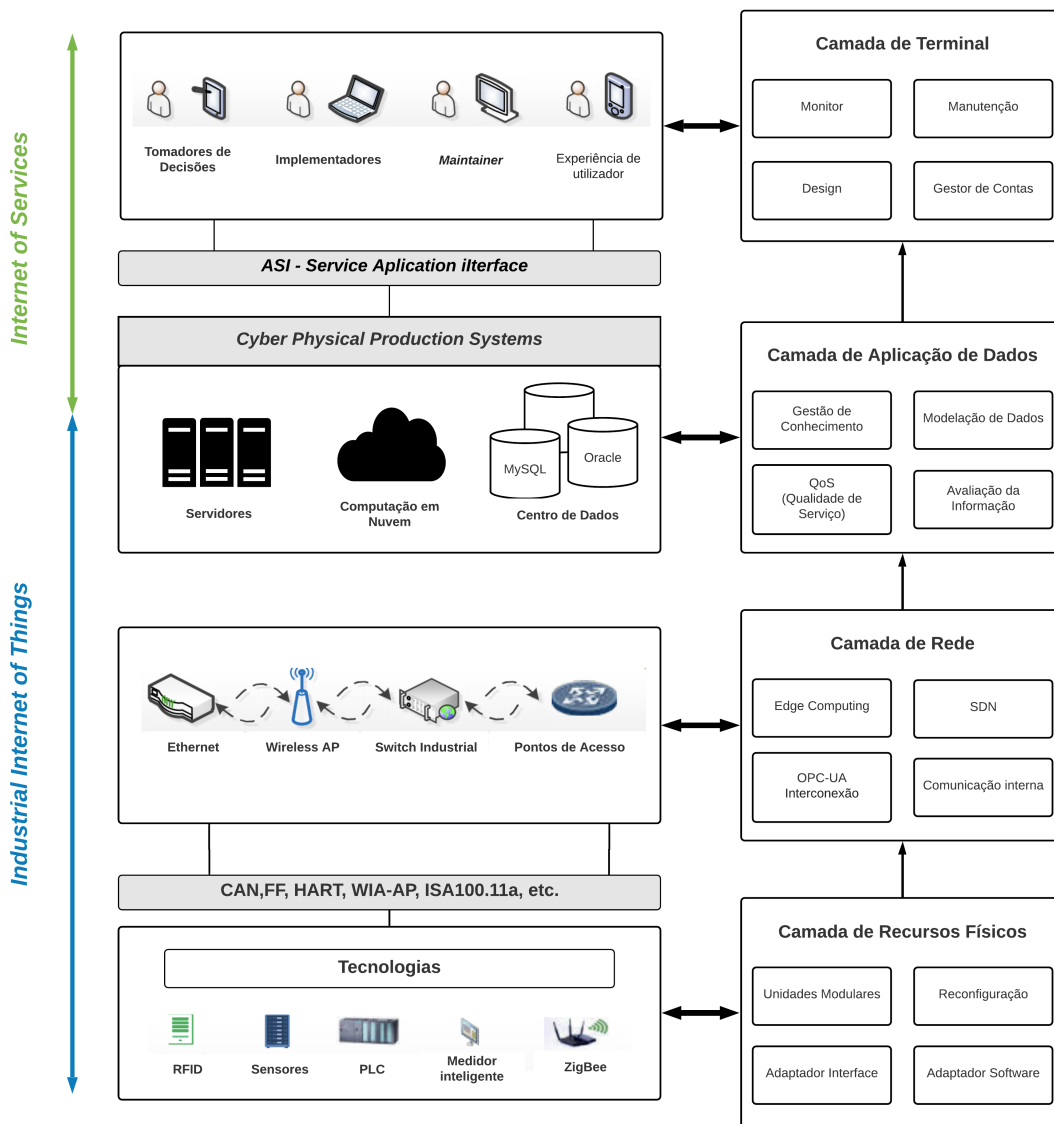


Figura 2. 10 – Arquitetura hierárquica de uma *Smart Factory* (Baotong Chen, 2017) adaptado

Uma componente importante da Indústria 4.0 é a fusão entre o mundo virtual e o mundo físico. Esta fusão é possível através dos *Cyber-Physical System*, CPS, ou em português, Sistemas Ciber-Físicos. Estes são, na sua génese, uma combinação de um componente de software com partes mecânicas ou eletrônicas. Em geral são constituídos por dois requisitos funcionais:

- Conectividade avançada, que garante a aquisição de dados em tempo real do mundo físico e feedback de informações para o mundo virtual;

- Gestão inteligente de dados, capacidade de análise e computacional para construir o mundo virtual.

Contudo, estes dois requisitos são conceitos bastantes vastos e não são específicos o suficiente para o propósito da implementação.

Visto que, um sistema CPS é o estágio inicial do desenvolvimento é essencial definir claramente a sua estrutura e metodologia. A proposta de estrutura de 5 níveis (Lee, 2015), *5C Architecture*, representada na Figura 2. 11 define, por meio de um fluxo de trabalho sequencial, como construir um sistema CPS aplicado à Indústria. Desde a aquisição de dados no chão de fábrica até ao último nível em que as máquinas executam a sua configuração de forma autónoma.

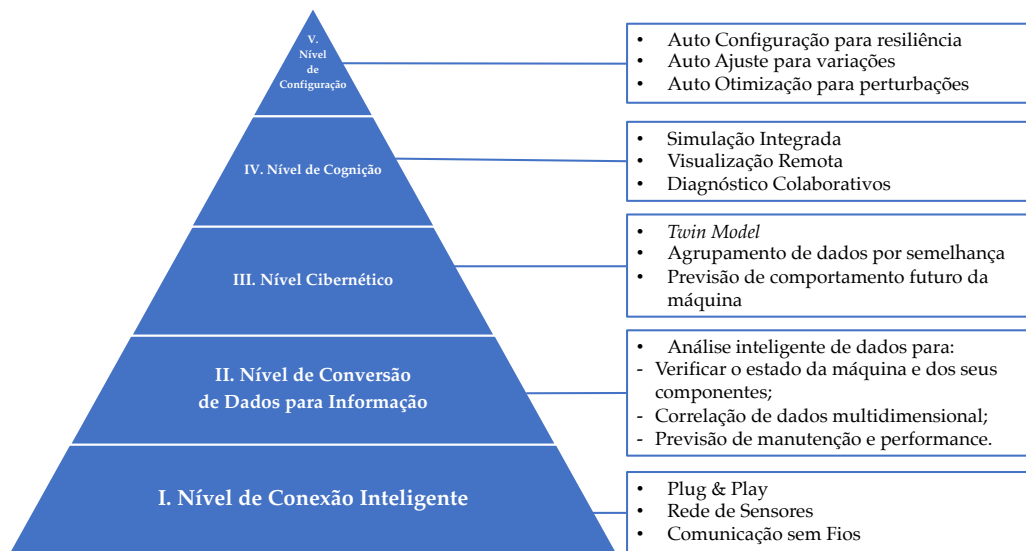


Figura 2. 11 - 5C Architecture (Lee, 2015) adaptado

Contudo, a implementação de uma *Smart Factory* não se baseia apenas numa fusão entre IT e tecnologia de produção, mas também numa mudança fundamental em toda a cultura e estrutura corporativa.

Além disso, é crucial envolver os funcionários no processo de transformação digital. Visto que, no futuro, pretende-se que as pessoas, as máquinas e os produtos comuniquem entre si ao longo de toda a cadeia de valor.

Simoldes Plásticos - Sistema Atual

Este capítulo será, maioritariamente, dedicado ao sistema de aquisição de dados do processo de controlo de produção atualmente implementado na empresa Simoldes Plásticos Portugal.

Em primeiro lugar, apresenta-se uma breve descrição sobre o Grupo Simoldes ao qual pertence a empresa Simoldes Plásticos Portugal.

Posteriormente, realiza-se um enquadramento teórico sobre a evolução da Indústria de Injeção e Moldes, bem como, uma pequena abordagem sobre o posicionamento de Portugal neste tipo de Indústria. Seguidamente, enumeram-se alguns conceitos importantes associados ao processo de moldagem por injeção.

Por último, apresenta-se o levantamento da situação atual dos sistemas informáticos da empresa, do processo de controlo de produção que se pretende digitalizar e também são enumerados e descritos os KPI'S a controlar.

3.1 A Simoldes

A Divisão Simoldes Plásticos é um conjunto de empresas pertencentes ao Grupo Simoldes, com sede em Oliveira de Azeméis, Portugal.

O grupo foi fundado em 1959, inicialmente com a empresa Simoldes Aços. Desde 1968, a Simoldes trabalha para a indústria automóvel, sendo este o principal setor responsável pela expansão do grupo. Hoje está dividida em duas grandes atividades: construção e design de peças plásticas e realização de moldes de injeção.

Atualmente a divisão de plásticos é composta por 9 fábricas, três encontram-se sediadas em Portugal, duas no Brasil e as restantes em França, República Checa, Polónia e Marrocos.

A Simoldes é um dos poucos grupos com capacidade de suporte e produção para os principais fabricantes de equipamento original, OEM's, como Renault, Volvo, VW, Audi, Nissan, Toyota, Porsche, Honda, Mercedes, GM e Mitsubishi, sendo uma referência mundial no fabrico de moldes e injeção de componentes para a indústria automóvel (Simoldes, 2017).

A Figura 3. 1 e a Figura 3. 2 apresentam todas as peças plásticas que o Grupo Simoldes produz, para o interior e para o exterior do carro respetivamente.

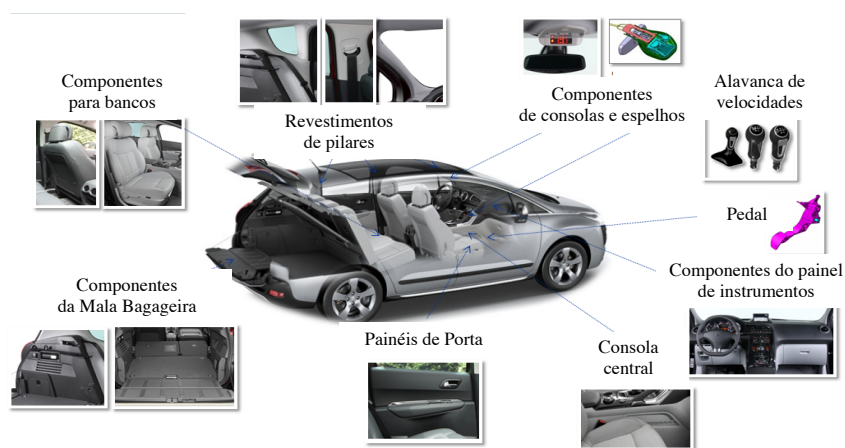


Figura 3. 1 - Peças plásticas do interior de um automóvel produzidas no grupo Simoldes (Simoldes, 2017)



Figura 3. 2 - Peças plásticas do exterior de um automóvel produzidas no grupo Simoldes (Simoldes, 2017)

3.2 Injeção e Moldes

3.2.1 Introdução Histórica

Um dos métodos mais comuns de processamento de plásticos é a injeção em moldes. As máquinas originais de injeção de plásticos foram baseadas na técnica de fundição de metais.

A primeira máquina conhecida foi patenteada nos Estados Unidos da América em 1872, especificamente para o uso de composto celuloide. Em meados da década de 20 do século passado, a Alemanha viria a mostrar interesse nesta área, apresentando as suas primeiras máquinas de injeção. Estas eram muito simples e uma característica típica era o seu acionamento manual, ou seja, existia uma alavanca operada manualmente que realizava o fecho das placas do molde, o que obviamente não permitia alcançar pressões de injeção elevadas e limitava o processo. O grande passo que se seguiu foi o acionamento pneumático do molde, fruto do aumento das exigências competitivas.

Posteriormente, no final dos anos 30, deu-se a grande evolução das máquinas de injeção, pois foram implementados sistemas hidráulicos de acionamento de fecho de molde. No entanto, estas máquinas continuavam a basear-se na fundição injetada de metais. Somente nos anos 50 é que surgiu uma nova gama de máquinas tendo em conta todas as particularidades dos plásticos. Com a evolução tecnológica dos sistemas de controlo as máquinas são, naturalmente, muito mais sofisticadas, porém mantiveram o mesmo projeto base (Rees, 1995).

3.2.2 Posicionamento de Portugal no Mercado da Indústria de Moldes

Ao longo dos últimos anos, a Indústria Portuguesa de moldes tem vindo a posicionar-se e a consolidar a sua notoriedade no mercado internacional.

Até 2019 possuía 540 empresas na Indústria de Moldes (Cefamol, 2019), maioritariamente de pequena e média dimensão, PME, dedicadas à conceção, desenvolvimento e fabrico de moldes e ferramentas especiais. Emprega aproximadamente 11 000 trabalhadores, com uma distribuição geográfica centrada nas regiões da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis. As empresas pertencentes ao grupo Simoldes Plásticos são umas das grandes representantes do sector em Portugal (Cefamol, 2019).

Portugal encontra-se entre os principais fabricantes de moldes a nível mundial, nomeadamente, na área da injeção, 8º no Mundo e 3º na Europa.

Ao longo dos anos a indústria automóvel tem vindo a consolidar o seu crescimento e importância no desenvolvimento do sector, tendo evoluído de 14% para 82% entre 1991 e 2016 a sua representação na produção nacional de moldes.

3.2.3 Processo de Moldagem por Injeção

Como definição geral, tem-se que um molde é um modelo oco no qual se introduz matéria pastosa ou líquida, esta ao solidificar toma a respetiva forma do molde. De uma forma mais técnica, temos que, um molde é um arranjo, num único conjunto, de um ou mais espaços ocios com a forma do produto que se pretende produzir (Rees, 1995).

Os equipamentos básicos para a moldagem por injeção são a máquina de injeção e o molde. No entanto, para a obtenção de peças de boa qualidade e ciclos de produção eficientes são necessários alguns equipamentos auxiliares, tais como: controladores de temperatura do molde, sistemas de secagem e transporte da matéria-prima e sistemas para manuseamento e transporte.

Atualmente, os moldes podem ser ferramentas de elevado grau de complexidade e de custo bastante elevado. Pelo que, este processo apenas se torna atrativo para volumes de produção elevada. Devido ao elevado capital investido nas máquinas, moldes e equipamento auxiliares, os aspetos de produtividade são de grande importância.

O processo de moldagem por injeção pode ser descrito (Saraiva, 2016) como o procedimento a partir do qual um material plástico, originalmente no estado sólido, geralmente sob forma de grãos, é introduzido numa máquina onde, sequencialmente, é aquecido a fim de amolecer, este é forçado, sob pressão, a entrar para um molde. Já no molde, o material fundido preenche respetiva cavidade e arrefece recuperando a sua rigidez, sendo depois extraído.

3.2.4 Ciclo Máquina de Injeção

A moldagem por injeção é um processo cíclico. O conjunto de operações necessárias à produção de uma peça moldada designa-se por ciclo de moldagem.

As fases do ciclo de moldagem são praticamente comuns a todos os tipos de máquinas. Contudo, a duração do ciclo pode tomar vários valores, variando de tempos inferiores a um segundo para peças muito finas, a dezenas de minutos para moldagens muito espessas. Resumidamente, o tempo de ciclo representa o tempo necessário para a produção de uma peça. Este é um dos parâmetros mais

importantes a reter para compreensão de todo o projeto que será desenvolvido no âmbito da digitalização.

Na Figura 3. 3 é possível visualizar-se todas as etapas que compõem o ciclo de moldagem.

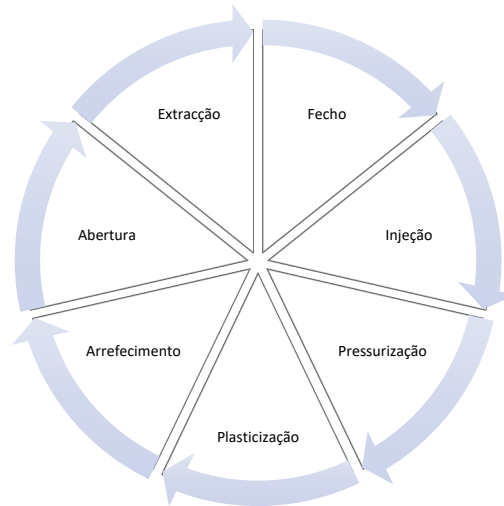


Figura 3. 3- Etapas que compõem um ciclo de moldagem

Abaixo são descritos os vários passos que constituem o ciclo de moldagem (Pinto, 2012):

- **Fecho do molde e injeção do plástico:**
O fuso, sem rodar, empurra o material fundido para dentro do molde arrefecido após o molde fechar. O ar é expelido através de um sistema de fuga de gases.
- **Pressurização:**
Quando a cavidade está completamente preenchida, é aplicada uma segunda pressão com o fuso, de forma a empurrar material em direção ao molde, desta vez com mais intensidade de pressão. Com o objetivo de compensar as contrações do material, ou seja, espaços vazios que possam existir.
- **Plasticização e Arrefecimento:**
Quando os canais já estão solidificados, não é possível introduzir mais material, então o fuso começa a rodar e introduz-se plástico granulado na tremonha. À medida que o fuso roda o material avança e funde plasticamente empurrando o fuso no sentido oposto. É neste período que se dá a solidificação do material dentro do molde.

- Abertura e Extração:

Quando a peça moldada está suficientemente sólida para que consiga manter a sua forma fora do molde, este abre e a peça é ejetada por ação de extratores. Então, o molde volta a fechar e reinicia-se todo o ciclo.

A otimização do ciclo de moldagem é fundamental para assegurar a competitividade económica do processo. A Figura 3. 4 apresenta os componentes do processo de injeção.

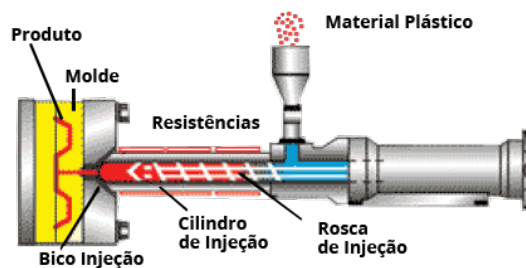


Figura 3. 4 -Componentes processo de injeção

3.2.5 Parâmetros da Máquina de Injeção

No processo de injeção por moldagem existem dois tipos de parâmetros de injeção: os de processo e os de material.

Os parâmetros do processo são escolhidos durante a fase de projeto do molde. Por outro lado, os parâmetros do material são definidos em função da peça e do material pedido pelo cliente.

Os parâmetros de processo podem agrupar-se nas seguintes categorias:

- Pressões;
- Velocidades;
- Temperaturas;
- Quantidades;
- Tempos.

Estas são as principais variáveis responsáveis pela ocorrência de defeitos em peças plásticas e podem ser alteradas durante o processo de produção.

3.3 Sistema Informático

Todo o sistema informático da Simoldes Plásticos tem como software principal o XPERT, este é o ERP atual. No entanto, o mesmo foi adquirido há cerca vinte anos, com o crescimento e evolução da empresa tornou-se necessário implementar softwares auxiliares, que interagem diretamente ou indiretamente com o XPERT, para colmatar as novas necessidades.

Para identificar os softwares utilizados na empresa e de forma a compreender como está distribuído o armazenamento de dados foi realizado um mapeamento dos sistemas informáticos, o qual pode ser consultado Figura 3. 5. A azul encontram-se assinalados os softwares que foram desenvolvidos dentro da empresa pelo departamento de IT e a verde os softwares que foram adquiridos em empresas externas.

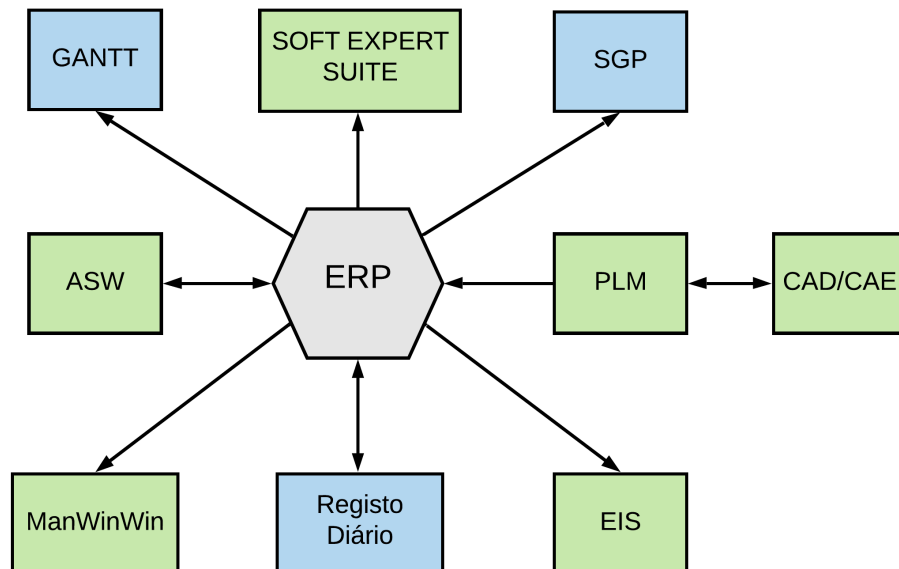


Figura 3. 5 - Mapeamento Sistemas Informáticos da Simoldes Plásticos Portugal

Nos parágrafos seguintes segue-se uma breve descrição sobre cada software:

Gantt: Software desenvolvido dentro da empresa para auxiliar nas tarefas de planeamento. Segue as diretrizes do diagrama de *Gantt*, ou seja, as tarefas são representadas como barras coloridas sobre o eixo horizontal dentro dos intervalos de tempo em que devem ser efetuadas.

Registo Diário: Software desenvolvido dentro da empresa, os dados diários de produção são introduzidos manualmente, por um operador, no registo diário e posteriormente estas informações são exportadas para o ERP, no subcapítulo seguinte este programa será descrito em mais detalhe.

Sistema Gestão Projetos, SGP: Gere toda a componente financeira dos projetos, este software também foi desenvolvido dentro da Simoldes Plásticos.

Enterprise Information Systems, EIS: Tem como principal objetivo apresentar as informações consideradas relevantes para o negócio de forma “*user friendly*”. No fundo, trata-se de uma ferramenta útil para gerar relatórios personalizados, adaptados às necessidades da empresa e num espaço temporal mais eficiente.

Application SoftWare, ASW: Gere toda a componente financeira da empresa.

Computer Aided Design e Computer Aided Engineering, CAD/CAE: Dispõem de relação direta com o *Product Lifecycle Management, PLM*. O CAD e o CAE dão suporte ao departamento de engenharia e auxiliam na fase de desenvolvimento de projeto, por outro lado, o PLM gere todas as informações do projeto e as respetivas relações complexas entre elas, além disso, também é no PLM que são geridas todas as listas de materiais do produto.

ManWinWin: É um software de gestão de manutenção dos equipamentos, permite visualizar o estado geral da manutenção dos equipamentos de toda a empresa, inclusive o rácio entre manutenção corretiva e manutenção preventiva, entre outros fatores importantes no âmbito da manutenção.

SoftExpert Suite: Ferramenta de apoio à gestão. Gere vários módulos da empresa, desde a qualidade até ao ciclo de vida do produto. Auxilia na otimização os processos de negócios e agiliza as operações diárias.

Existem mais quatro softwares que não estão representados no mapeamento pois não comunicam com o ERP, são estes:

- Recursos Humanos, RH: Este gere todas as informações do departamento de Recursos Humanos;
- Attendance: Está diretamente relacionado com o RH e a sua finalidade é gerir as presenças de todos os funcionários da Simoldes Plásticos. Atualmente, a empresa possui um sistema de entradas e saídas por registo de impressão digital e este software realiza a sua gestão;
- Matriz QA: Gere todas as informações do departamento de qualidade;
- Portal Simoldes Plásticos: O Portal é utilizado para a troca de informações pertinentes, dentro do próprio departamento ou entre diferentes departamentos.

Todos os softwares estão ligados à mesma rede interna, no entanto, por questões de volumes de dados e segurança, estes estão conectados a dezenas de servidores diferentes.

Dada a desatualização do ERP atualmente implementado, em relação às propostas já existentes no mercado e tendo em conta a necessidade de, cada vez mais, recorrer a softwares externos para colmatar as necessidades da empresa. A Simoldes está neste momento a ponderar a escolha de um novo ERP. Espera-se que com esta atualização seja possível eliminar a maior parte dos softwares que estão em funcionamento de momento e consequentemente se obtenha uma integração de dados entre departamentos e chão de fábrica muito mais eficiente. Este é mais um passo de progressão rumo a uma fábrica inteligente dentro do conceito Indústria 4.0.

No mapeamento da Figura 3. 6 pode observar-se o cenário esperado após a substituição do XPERT.

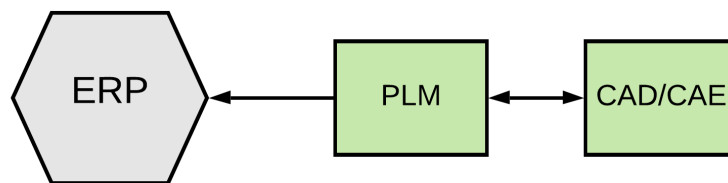


Figura 3. 6 - Mapeamento do Sistema Informático esperado após a substituição do ERP

3.4 Processo de Controlo de Produção

Desde a produção do pedido de um cliente até à entrega do mesmo existem vários processos de fluxos físicos e informáticos necessários, no Anexo 1 é possível consultar um mapeamento geral dos mesmos. Por essa razão surge a necessidade da integração dos sistemas informáticos para que a troca de fluxo de dados entre os vários departamentos seja eficiente.

Neste subcapítulo será aprofundado o processo de controlo de produção realizado diretamente no chão de fábrica, visto que, este é o processo que se pretende digitalizar. O processo de controlo de produção foca-se, tal como o nome indica, no controlo de peças produzidas, assim como, na criação e análise de alguns KPI's relevantes para assegurar um alto nível de desempenho e sucesso da empresa.

Inicialmente, é emitido um EDI por parte do cliente onde se encontram descritos os pedidos do cliente. Estas ordens transitam para a seção de planeamento onde tendo em conta os pedidos solicitados, a urgência dos mesmos e as disponibilidades das máquinas de injeção se realiza, tal como o nome indica, o planeamento das Ordens de Produção, ou seja, define-se a quantidade e o tipo de peças que vão ser produzidas em cada máquina, tudo isto por ordem cronológica, tendo como base o conceito do Diagrama de Gantt. Na Figura 3. 7 é possível consultar-se uma janela de visualização do software Gantt, utilizado para o planeamento.

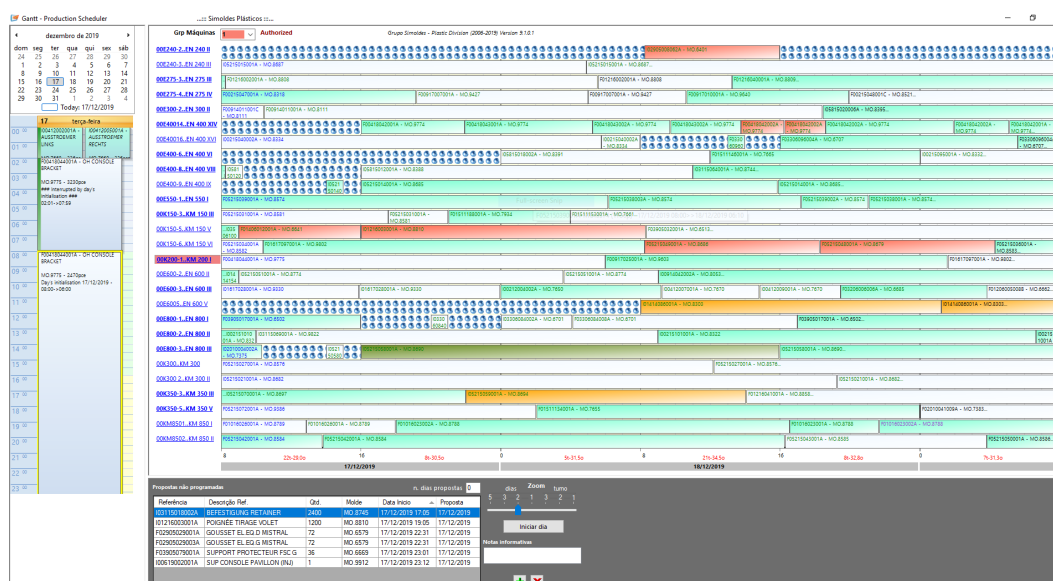


Figura 3. 7 - Software Gantt

Após a conclusão do planeamento procede-se à emissão das Ordens de Produção. Para isso é necessário que o operador encarregue por este processo aceda ao Gantt e insira manualmente no XPERT a referência da OP a emitir, a máquina a que a OP está associada, a quantidade de peças a produzir e a data de início e de fim planeadas para a respetiva OP.

As Ordens de Produção são identificadas por uma referência única e contém as seguintes informações:

- N.º da Ordem de Produção;
- Máquina, a produzir as peças;
- Tipo da O.P.;
- Número de molde a utilizar;
- Designação do produto a produzir;

- Número de cavidades;
- Número de versões;
- Quantidade de peças a produzir;
- Horas estimadas de produção;
- Referência e nome do cliente;
- Ciclo teórico;
- Projeto;
- Informações sobre as embalagens: código interno, quantidade e tipo;
- Informações sobre a matéria prima: código interno e quantidade.

Após a sua emissão as Ordens de Produção são colocadas no módulo de produção de cada nave. Posteriormente, antes do início de cada turno, são distribuídas pelas respectivas máquinas de injeção. Finalmente, encontram-se reunidas todas as condições para dar início ao processo de produção. Deve ser tido em conta que no final de cada dia também é necessário voltar a recolher todas as OP. Estas são arquivadas e digitalizadas cerca de 30 dias após a sua emissão, para que seja possível possuir um arquivo digital de ordens de produção.

3.4.1 Quadro de Controlo de Produção

Após dar início ao processo de produção é necessário realizar um controlo do mesmo. Atualmente, a aquisição de dados do chão de fábrica para o sistema informático da empresa é realizada através de um processo manual, ou seja, nas naves de produção cada máquina dispõe ao seu lado de um Quadro de Controlo de Produção, também designado por Quadro de Taxa de Rendimento Sintético, TRS. Este quadro encontra-se dividido por intervalos de uma hora. No início de cada turno deve ser preenchido com as seguintes informações: número dos operadores que se encontram no posto de trabalho, número do molde que será utilizado, número de cavidades do respetivo molde, número da ordem de produção a executar e objetivo de peças a produzir por hora.

Posteriormente, ao longo do turno, os operadores devem registar todas as paragens de máquina que vão ocorrendo, devem ser anotadas as razões da paragem, assim como, a sua hora de início e de fim. No quadro TRS também devem ser registadas todas as peças rejeitadas e a causa da sua rejeição. Para simplificar este processo de anotação manual a Simoldes dispõe de uma tabela de códigos de paragens e rejeições e o operador apenas deve registar como causa de paragem

ou de rejeição o código correspondente, esta tabela pode ser consultada no Anexo 2.

De hora a hora o operador também deve registar o número de peças produzidas durante esse espaço de tempo, a verde ou a vermelho, tendo em conta se cumpriu ou não o objetivo proposto no início do turno.

Por último, no final de cada turno é contabilizado e anotado no quadro TRS o total de peças produzidas e o total de peças rejeitadas. Além disso, são calculados os valores de Rendimento do Turno, e Peças Por Milhão, PPM, estes valores obtém-se através das equações 1 e 2, respetivamente.

$$\text{Rendimento Turno} = \frac{\text{Total Peças Produzida} - \text{Total Peças Rejeitadas}}{\text{Total Objectivo Peças a Produzir}} \cdot 100 \quad (1)$$

$$\text{PPM do Turno} = \frac{\text{Total Peças Rejeitadas}}{\text{Total Peças Produzidas}} \cdot 1000\ 000 \quad (2)$$

Na Figura 3. 8 pode consultar-se um exemplo de um quadro de Controlo de Produção referente ao Turno 1 da máquina de injeção KM- 1600 III.

Hora		Operadores		Nº Molde	Designação	Nº Pec Object.	Nº Pec Real	Alter. parâim.	Rejeições		Paragens				
		Nº Cav.	Nº Ordem Prod.						Código - Designação	Pcs Rej.	Código - Designação	Início	Fim	OK 1ª Peça	
00/01	2055 A	8548 1	6ARW JOLET K9 2 5 2 4 3 7 4	63	54				1C-			00:43	00:50	6	
01/02				63	40				1F- 1W-	1 1					
02/03				63	57					0		01:45	02:25		
03/04				63	63					0					
04/05	2:2517 B 2:30			63	63					0					
05/06				63	57				1F-	1	1C-	05:20	05:21		
06/07				63	57				1L-	1	1C-	06:10	06:15		
07/08				63	63					0				6	
				Total	504	454			Total peças rejeitadas=	4		Rend. do turno=	89.8 %	PPM do turno=	2810

Figura 3. 8 - Quadro de Controlo de Produção, Turno 1

3.4.2 Registo Diário

Posteriormente, os dados de controlo de produção são recolhidos e introduzidos no Registo Diário, para a emissão dos relatórios de controlo de produção, pode observar-se a janela do software na Figura 3. 9.

Atualmente, um funcionário está nomeado apenas para realizar a função de recolha dos dados. Este percorre todas as máquinas da fábrica duas vezes por dia, a primeira volta realiza-se por volta das 8 horas da manhã onde introduz no registo diário os dados do turno 3 do dia anterior (turno das 16:00 às 00:00) e do turno 1 do dia atual (turno da 00:00 às 08:00). Posteriormente, realiza uma segunda ronda por volta das 17 horas onde introduz os dados do turno 2 do dia atual (turno das 8:00 às 16:00).

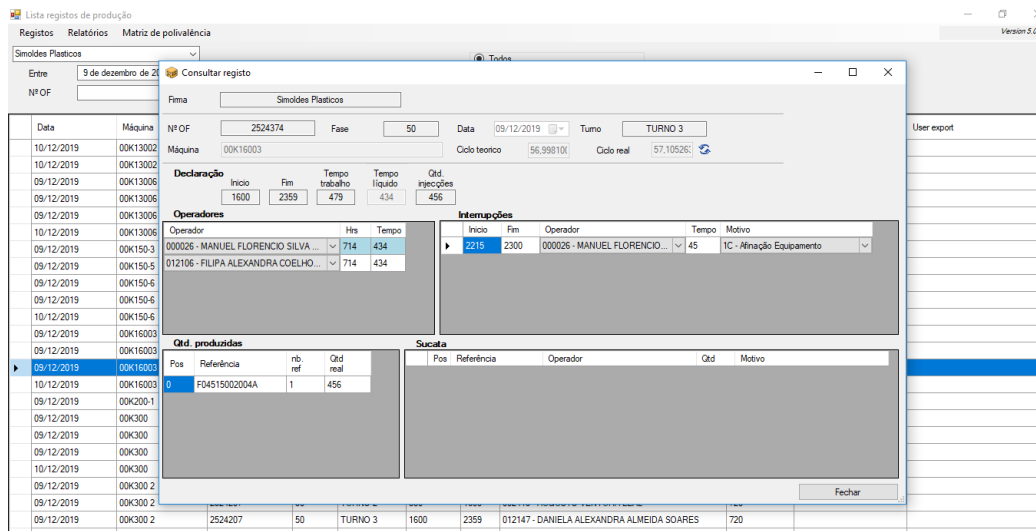


Figura 3. 9 - Janela de visualização do software Registo Diário

Deve ter-se em conta que para a introdução dos dados no software é necessário que o funcionário realize um pequeno cálculo. No registo diário é necessário introduzir o número de injeções por turno, para obter este valor é necessário dividir o número de peças produzidas por turno pelo número de cavidades do molde em execução, os dois valores estão presentes no quadro TRS. Visto que, o cálculo é bastante simples este não acresce dificuldade direta à tarefa de aquisição de dados dos quadros para o sistema informático, no entanto, aumenta o tempo de execução da mesma. Neste momento, apenas a Simoldes Plásticos Portugal dispõe de 46 máquinas de injeção e é necessário realizar este cálculo para cada uma delas.

3.4.3 Relatórios de Controlo de Produção

Após o armazenamento dos dados de controlo de produção no Registo Diário, descrito no ponto anterior, inicia-se a circulação dos dados pelos sistemas informáticos. Procede-se à exportação dos mesmos para um ficheiro temporário e posteriormente processam-se para um ficheiro XPERT, o sistema principal da Simoldes Plásticos. Na Figura 3. 10 é possível observar-se um mapeamento da circulação de dados desde a sua recolha no chão de fábrica até ao ficheiro XPERT.

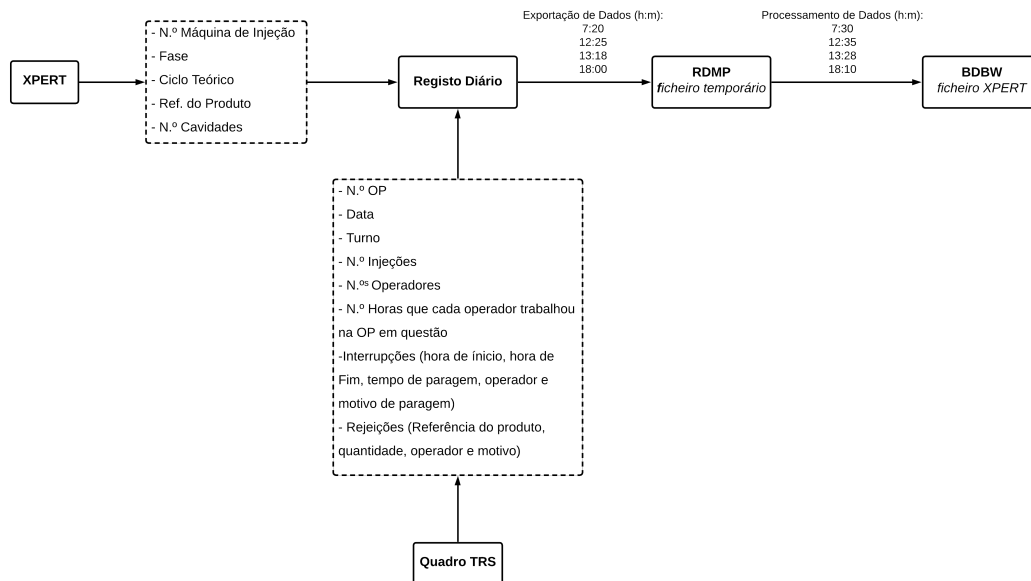


Figura 3. 10- Mapeamento do processo de aquisição de dados do chão de fábrica para os sistemas informáticos

Depois dos dados estarem armazenados no ficheiro XPERT, denominado por BDBW, estamos nas condições de produzir os relatórios de produção. Por uma questão de diminuição de tempo para a criação dos relatórios os dados são importados do BDBW para um *Data Warehouse*, mais especificamente para o ficheiro *POOL XPP3*. Desta forma trabalha-se com uma quantidade de dados muito mais reduzida, visto que, o “armazém de dados” reúne apenas as informações recolhidas dos últimos quarenta e cinco dias e não todo o histórico de dados da empresa.

Posteriormente, os dados são novamente importados para uma Base de Dados SQL e tendo em conta esta base de dados são gerados os relatórios de produção através do software EIS, são gerados relatórios mensais e relatórios diários. Toda a circulação dos dados, desde a sua importação BDBW para uma *Data Warehouse* até à criação dos relatórios, pode ser consultada na Figura 3. 11.

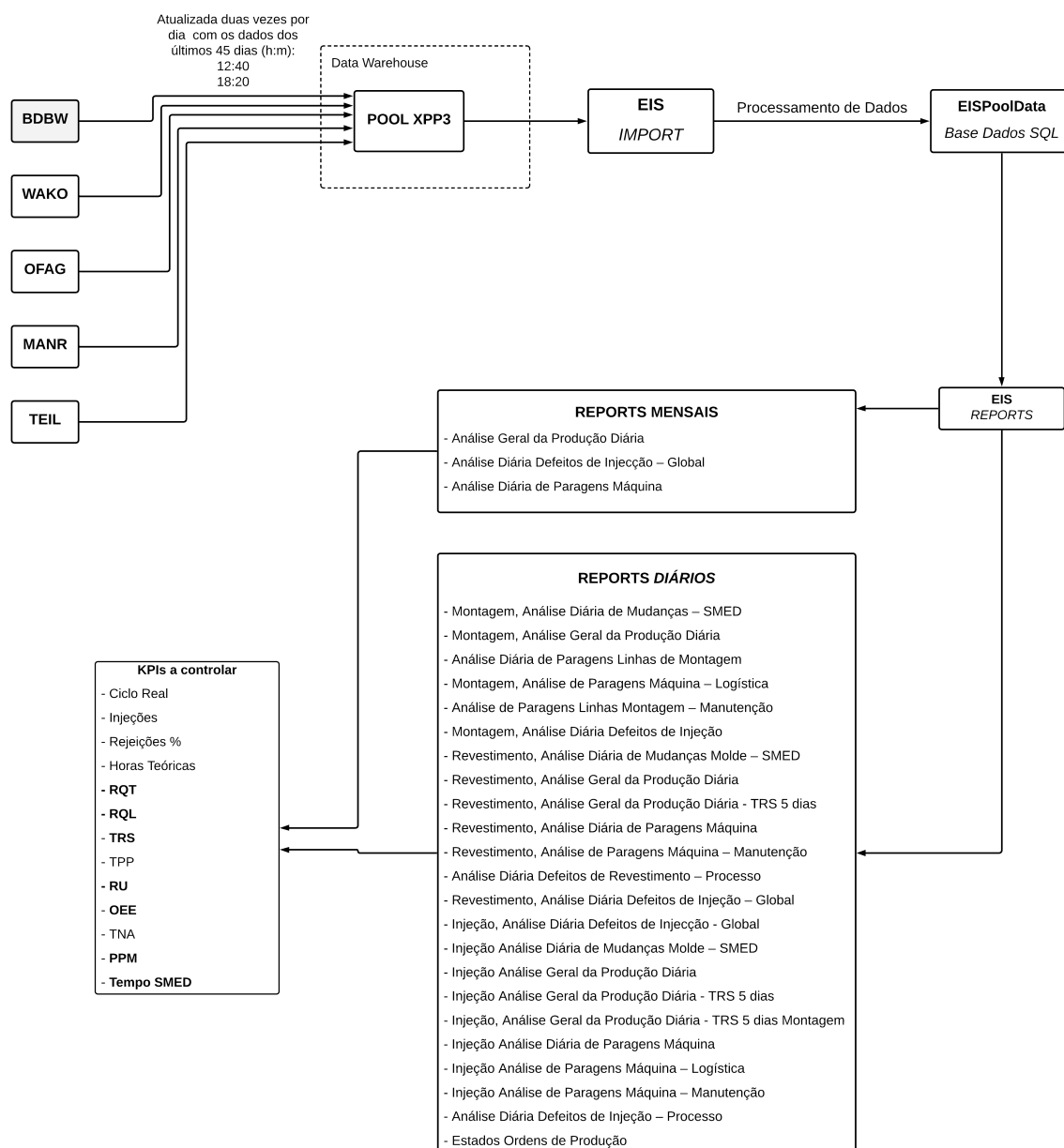


Figura 3. 11 - Mapeamento da circulação dos dados para a criação dos Relatórios de Produção

Tendo em conta todo o processo desde que a peça é produzida até à criação dos relatórios de produção existe uma janela temporal com cerca de 24 horas em que não é possível aceder aos dados de controlo de produção. Estes apenas podem ser verificados em tempo real, ao longo de cada turno, se os funcionários se encontrarem junto à máquina de injeção e consultarem o respetivo quadro TRS.

Na Figura 3. 12 é possível consultar um fluxograma das ações necessárias desde o pedido de um cliente até à emissão dos relatórios de produção, este resume o processo de controlo de produção a digitalizar.

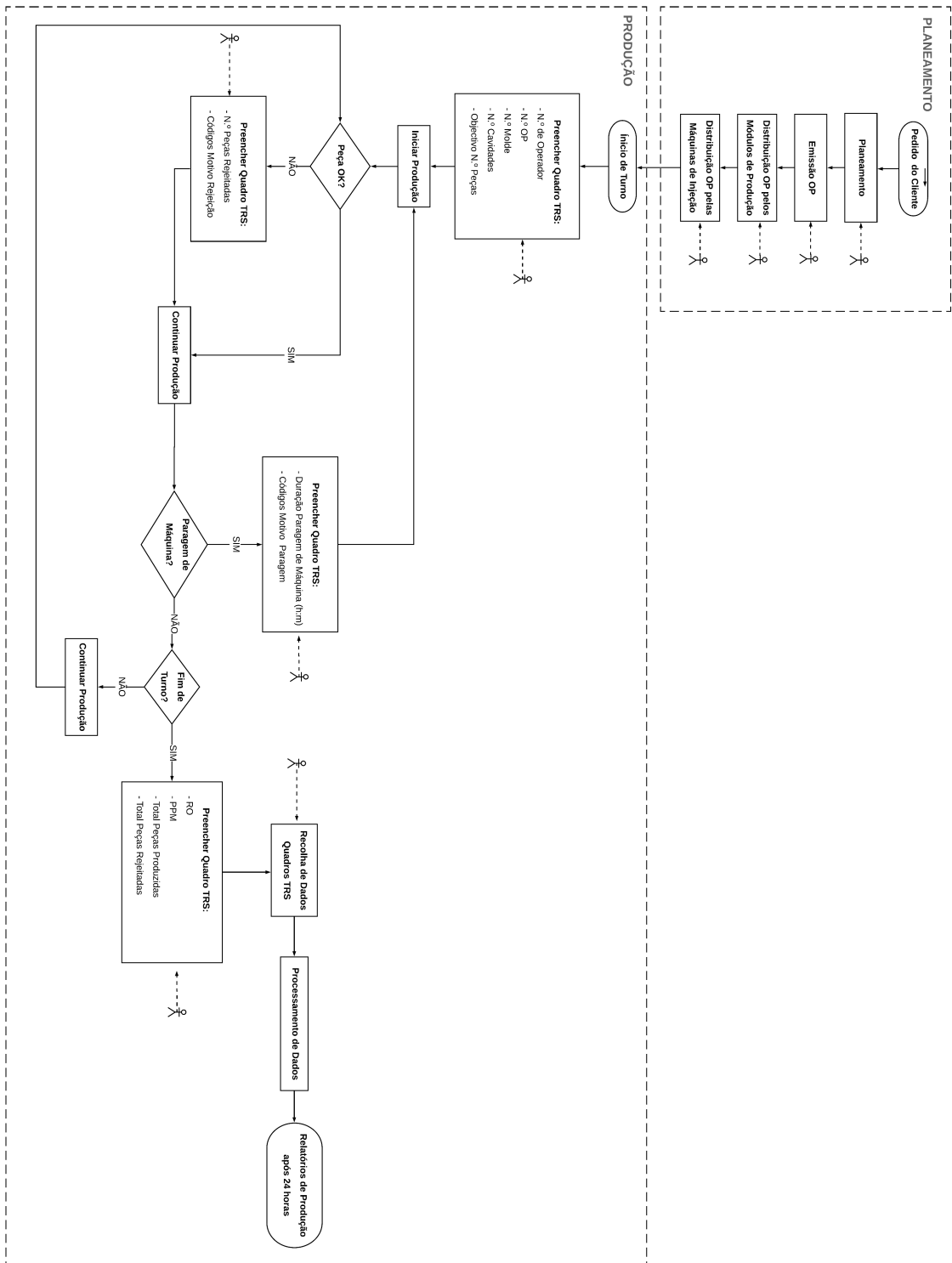


Figura 3. 12 – Fluxograma das ações necessárias desde o pedido de um cliente até à emissão dos relatórios de produção do sistema de controlo de produção atual

3.5 Definição dos KPI's

Nos relatórios gerados, depois do tratamento dos dados adquiridos do chão de fábrica, são fornecidos vários indicadores para auxiliar o departamento de controlo de produção a atuar nos sectores necessários.

No entanto, apenas os indicadores mais relevantes são analisados diariamente, estes encontram-se a negrito na Figura 3. 11 e designam-se por: Taxa de Rendimento de Serviço, Rendimento Quantitativo, Rendimento Utilização, Rendimento Qualitativo, *Overall Equipment Effectiveness* e *Single Minute Exchange of Die Time*. Seguidamente, descrevem-se o significado e a importância destes indicadores em mais detalhe.

Nas equações para o cálculo dos indicadores são considerados os seguintes tempos:

- **Tempo Abertura Total:** Representa o tempo máximo que a máquina teve disponível para trabalhar, por exemplo, ao considerar um turno o tempo total será oito horas, pois é a duração de cada turno. Por outro lado, se pretendermos calcular o indicador para um dia o tempo total será vinte e quatro horas;
- **Tempo Paragem Programada:** Representa o tempo de todas as paragens que se encontram programadas e que são inevitáveis, ou seja, as paragens de máquina que já estão previamente planeadas. Estas correspondem aos códigos de paragem 2A, 2B, 2C, 6E e 1G da tabela de códigos de paragens que se encontra no Anexo 2;
- **Tempo de Paragem Não Programada:** Representa a duração de tempo que a máquina se encontra parada mas que não estava planeado, ou seja, todas as paragens que podem ser evitáveis.

3.5.1 Taxa de Rendimento Sintético, TRS

Através do cálculo da taxa de rendimento de sintético, representado na equação 4, obtém-se a relação entre as horas em que a máquina produziu peças boas e o tempo de abertura total. Desta forma, é possível calcular a carga de máquina e otimizar a eficiência dos processos e entregas.

$$HORAS TRS = \frac{(N.º Total Peças Produzidas - N.º Total Peças Rejeitadas) \times \frac{Tempo Ciclo Teórico (s)}{3600}}{Número de Cavidades} \quad (3)$$

$$TRS \text{ Máquina} = \frac{\text{Horas TRS}}{\text{Tempo Abertura Total}} \times 100 \quad (4)$$

3.5.2 Rendimento Quantitativo, RQT

O RQT representa a capacidade do equipamento à velocidade de referência, ou seja, este pode ser calculado através da relação entre o tempo de ciclo teórico e o tempo de ciclo real, tal como representado na equação 5. Através deste indicador analisa-se a performance do equipamento.

$$RQT = \frac{\text{Tempo Ciclo Teórico (s)}}{\text{Tempo Ciclo Real (s)}} \times 100 \quad (5)$$

3.5.3 Rendimento Utilização, RU

O RU representa o rendimento de utilização da máquina, ou seja, a proporção entre o tempo que a máquina teve disponível para trabalhar e o tempo que a máquina efetivamente trabalhou. No cálculo do RU não são considerados os tempos de paragens programadas, uma vez que já estão previamente consideradas e não afetam o rendimento real da máquina.

O valor do RU pode obter-se através da equação 6, através deste indicador analisa-se a disponibilidade do equipamento.

$$RU = \left(1 - \frac{\text{Tempo Paragem Não Programada}}{\text{Tempo Total} - \text{Tempo Paragens Programadas}} \right) \times 100 \quad (6)$$

3.5.4 Rendimento Qualitativo, RQL

O RQL representa o rendimento de qualidade do equipamento, ou seja, a proporção entre as peças rejeitadas e as peças produzidas, o seu valor pode ser obtido através da Equação 7.

$$RQL = \left(1 - \frac{N.^{\circ} \text{ Total Peças Rejeitadas}}{N.^{\circ} \text{ Total Peças Produzidas}} \right) \times 100 \quad (7)$$

3.5.5 Overall Equipment Effectiveness, OEE

O OEE considera três fatores, eficiência, qualidade e disponibilidade. Este avalia o desempenho total do equipamento e obtém-se através da multiplicação descrita na equação 8, ou seja, através da multiplicação dos três rendimentos referidos anteriormente, RQT, RQL e RU.

$$OEE = \frac{RQT \cdot RQL \cdot RU}{10000} \quad (8)$$

O OEE, ou Rendimento Operacional, é um dos indicadores mais importantes e mais controlados pelo departamento de produção, pois a sua análise permite medir a produtividade da produção, por outras palavras, encontra-se uma proporção entre a produção que foi realizada e a que poderia ter sido mediante o que foi planeado.

Neste parâmetro não são considerados os tempos de paragens programadas, pois pretende-se analisar o desempenho apenas referente ao período em que a máquina estava efetivamente disponível para produzir.

3.5.6 Single Minute Exchange of Die Time, SMED

De forma geral, o tempo de SMED representa a troca rápida de ferramenta, adaptando à Indústria da Simoldes Plásticos, este refere-se ao tempo de mudança de molde e de todos os restantes tempos de paragem associados desde a última peça boa do molde "A" até à primeira peça boa do molde "B". Em suma, o tempo de SMED pode incluir o tempo de paragem por mudança de molde, afinação do robot, afinação do periférico, afinação de arranque, matéria prima mal estufada, mudança não planeada, ferramenta não alocada ou limpeza do fuso.

Na indústria de injeção por moldes o tempo de SMED é um KPI importante no controlo de produção, pois representa um tempo bastante significativo de paragem de máquina.

4

Digitalização

Neste capítulo será apresentado o projeto de escolha de um sistema de aquisição de dados para a digitalização do sistema de controlo de produção, em tempo real, na Simoldes Plásticos. Pretende-se digitalizar este processo para colmatar as necessidades atuais da empresa. Apresentam-se o âmbito e os objetivos visados, assim como, o planeamento seguido para os alcançar. Posteriormente, enumeram-se os pilotos em teste na empresa e realiza-se um estudo de funcionamento de cada sistema de aquisição de dados.

4.1 Âmbito e Objetivos

Inicialmente, definiu-se o âmbito do projeto, este será o controlo dos dados de produção das linhas de injeção da Simoldes Plásticos Portugal. Por sua vez, os principais objetivos são a aquisição de dados desde o chão de fábrica de forma automática e o acesso à informação em tempo real.

Assim sendo, é necessário testar e avaliar várias ferramentas disponíveis no mercado para este efeito, de forma a implementar a opção que mais se adequa com o sistema atual do grupo, que cumpra os requisitos das necessidades do departamento de produção e que tenha capacidade de no futuro acompanhar o desenvolvimento tecnológico e assegurar a excelência operacional da Simoldes Plásticos.

Espera-se que com a digitalização do processo de controlo de produção também exista um ganho de recursos humanos, uma vez que algumas tarefas administrativas que atualmente são realizadas de forma manual passam a ser automatizadas.

Além disso, neste momento os dados de produção demoram cerca de 24 horas a serem recolhidos, processados e disponibilizados nos relatórios para consulta, logo, também se pressupõe que irá existir um ganho operacional, visto que, ao ter acesso aos dados em tempo real a empresa será mais eficaz a enumerar problemas, ganha tempo e consequentemente capacidade de resposta.

Por último, considera-se que será possível obter um grau de informação mais refinado e uma maior transparência de dados, com especial foco na deteção das micro paragens de máquina. Uma vez que, tal como descrito no Capítulo 3, no sistema atual de controlo de produção a duração das paragens de máquina são registadas manualmente pelo operador, pelo que, de momento não são registadas paragens com duração inferior a um minuto. Sabe-se que esta situação não reflete realidade atual da empresa, no entanto, é um parâmetro que de momento não se consegue monitorizar continuamente.

4.2 Planeamento do Projeto

Numa primeira fase, definiram-se os objetivos e o âmbito do projeto. Além disso, realizaram-se matrizes de requisitos dos vários departamentos de forma a compreender quais os sistemas que cumpriam as necessidades da empresa de um modo quantitativo.

Posteriormente, realizou-se a escolha dos softwares pilotos que se pretendiam testar na empresa e avançou-se com a implementação dos mesmos no chão de fábrica.

Ao longo de sensivelmente três meses os pilotos estiverem em fases de testes e foram acompanhados tanto a nível de verificação de captação de dados como a nível de formação de operadores para a utilização dos sistemas. Posteriormente, seguiu-se a comparação de resultados entre o sistema atual da empresa e os pilotos em teste.

Numa segunda fase, para realizar a avaliação dos sistemas, analisaram-se os pontos fracos e fortes de cada piloto.

Por último, procedeu-se à realização do *Business Case*, ROI e *Planning Rollout*. No entanto, por não se enquadrar no foco da dissertação estas últimas fases do projeto não serão abordadas neste documento. Na Figura 4. 1 encontra-se o planeamento do projeto.

	Nome da tarefa	Duração	Iniciar	Terminar	Q3			Q4			Q1		
					jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
1	Definir Objectivo e Âmbito	5d	30/09/19	04/10/19									
2	Matriz de Requisitos	25d	30/09/19	01/11/19									
3	Benchmarking / Escolha dos pilotos	20d	07/10/19	01/11/19									
4	Implementação dos Pilotos	20d	04/11/19	29/11/19									
5	Fontes de Informação	2d	04/11/19	05/11/19									
6	Implementação Motora	2d	05/11/19	06/11/19									
7	Configuração	18d	06/11/19	29/11/19									
8	Acompanhamento dos Pilotos	71d	18/11/19	24/02/20									
9	Testes	71d	18/11/19	24/02/20									
10	Formação Operadores	71d	18/11/19	24/02/20									
11	Comparação de Resultados	51d	16/12/19	24/02/20									
12	Status Final com Fornecedores	25d	27/01/20	28/02/20									
13	Análise SWOT	20d	03/02/20	28/02/20									
14	Business Case & ROI	20d	03/02/20	28/02/20									
15	Planning Rollout	5d	24/02/20	28/02/20									
16	Apresentação Final	5d	24/02/20	28/02/20									

Figura 4. 1 Planeamento do projeto de escolha de sistema de aquisição de dados para a digitalização do controlo do processo de produção

4.3 Requisitos e Escolha dos Pilotos

Para proceder à escolha dos sistemas de aquisição de dados piloto a colocar em teste na Simoldes Plásticos realizou-se um estudo de mercado, analisando empresas dentro da mesma área que já tinham implementado projetos similares.

Conclui-se que devido ao tipo de indústria em que a Simoldes se insere não seria possível obter um sistema completamente automatizado. Visto que, alguns dados teriam sempre de ser introduzidos manualmente pelo operador e não poderiam ser extraídos automaticamente da máquina de injeção, como por exemplo, a quantidade de peças rejeitadas e as respetivas causas das rejeições. Dado que, as rejeições podem depender de parâmetros visuais que, atualmente, apenas podem ser identificados pelo olho humano. Assim como, as razões de paragens de máquina que também podem depender de vários fatores humanos que atualmente ainda não são possíveis detetar através da sensorização das máquinas de injeção.

Desta forma, chegou-se ao diagrama de casos de uso presente na Figura 4. 2, este descreve as funcionalidades básicas que se pretendiam obter no software do novo sistema de controlo de produção.

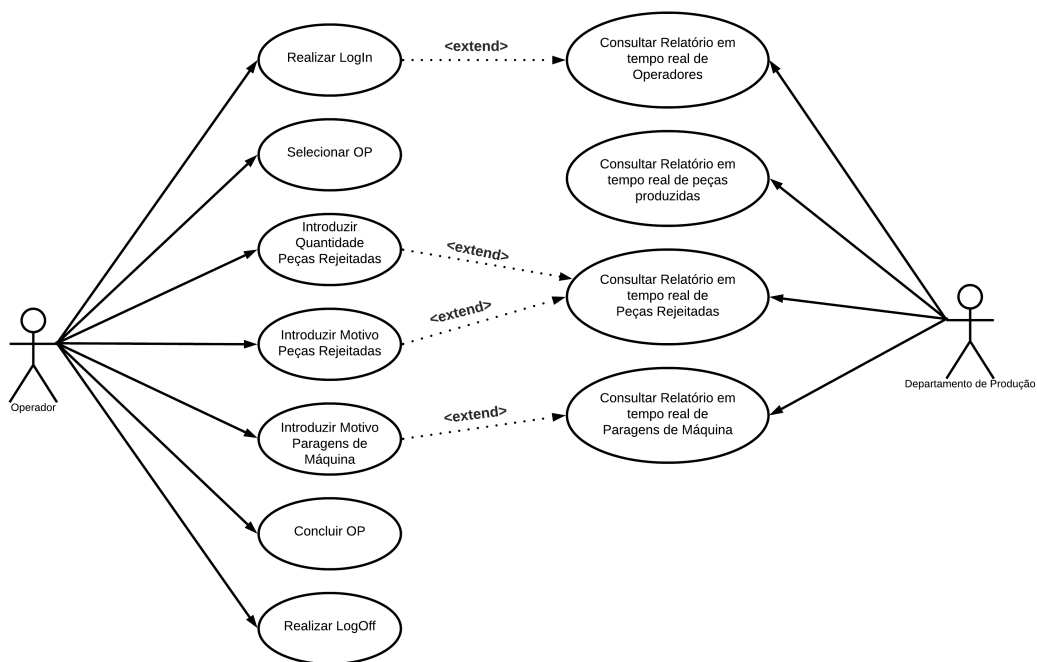


Figura 4. 2 Diagrama de casos de uso

De forma a seleccionar uma opção final que preenchesse o maior número de necessidades da empresa realizou-se uma matriz de requisitos em simultâneo com os vários departamentos da empresa, esta pode ser consultar-se no Anexo 3. Todos os requisitos foram classificados de forma quantitativa, consoante a sua relevância, de forma a facilitar o processo de decisão final.

Na Figura 4. 3 é possível visualizar um esquema, bastante simplificado, do sistema de controlo de produção atual, descrito mais detalhadamente no Capítulo 3 do presente documento. Por outro lado, na Figura 4. 4 pode consultar-se o esboço do sistema de controlo de produção que se pretende implementar.

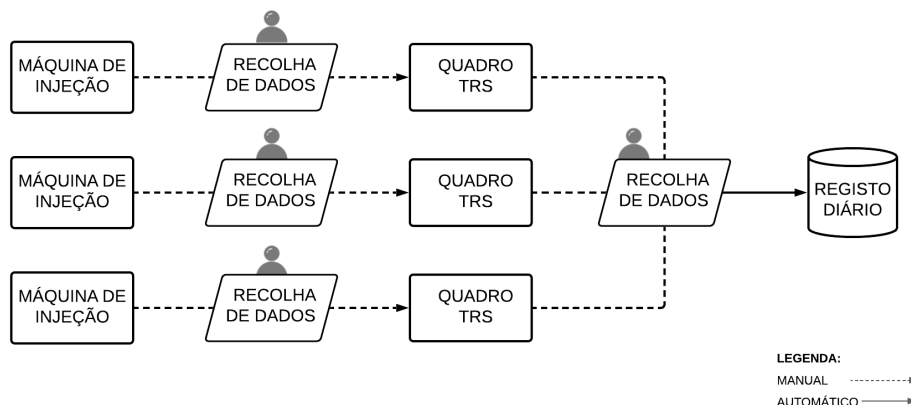


Figura 4. 3 Sistema de controlo de produção atual

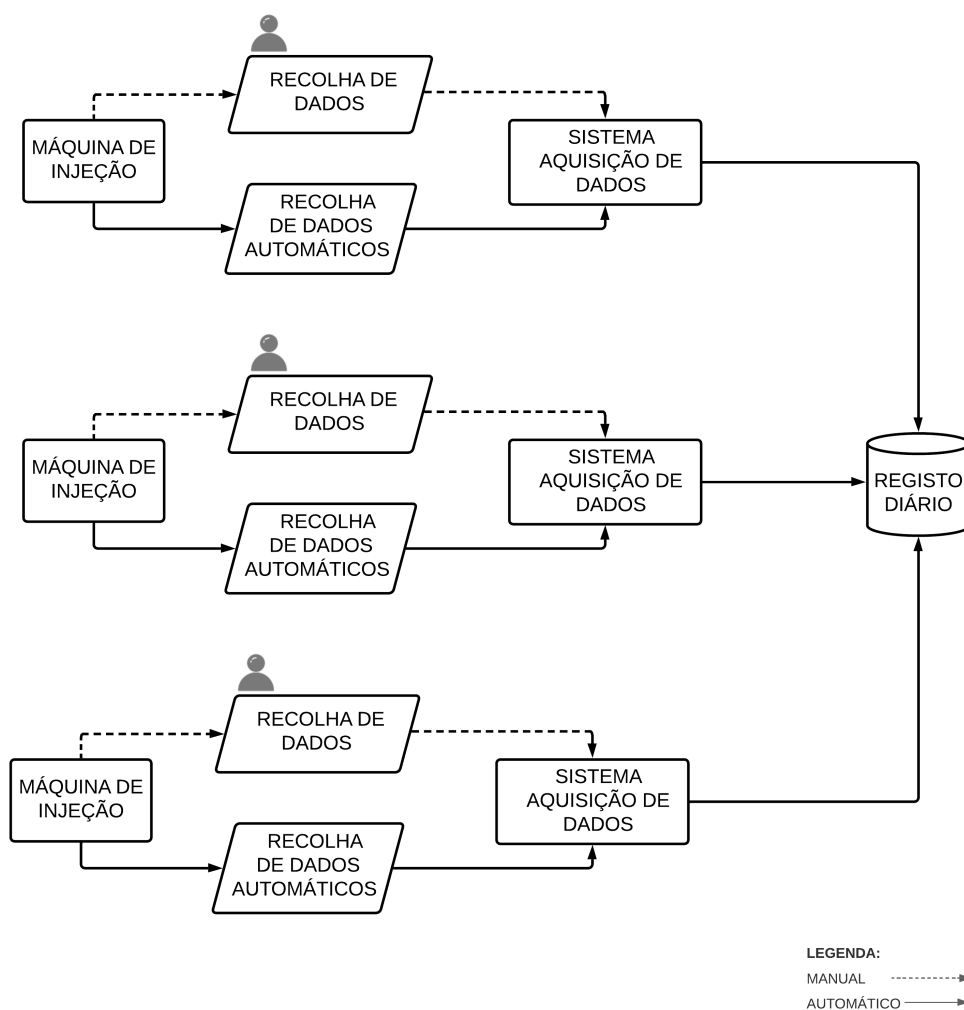


Figura 4. 4 Sistema de controlo de produção que se pretende implementar

4.4 Piloto SISE

A solução SISE - T 1000 é composta por um terminal, para a aquisição de dados, e por um software standard para a gestão dados de produção. Ao longo do documento o terminal será referenciado como SISE, enquanto que o software será denominado como Cyclades.

A conexão entre o terminal SISE, a máquina de injeção e o servidor, pode realizar-se por cabo de rede ou por uma opção de rede sem fios, com um modem wireless. No caso prático da Simoldes Plásticos optou-se por realizar a conexão por cabo de rede.

4.4.1 Aquisição de Dados

Nesta solução o tempo médio de ciclo real, assim como, o número de injeções realizadas e os tempos de paragens de máquina serão dados recolhidos automaticamente da máquina de injeção.

A aquisição destes dados será realizada através da captação de dois sinais analógicos em série emitidos pela máquina de injeção, mais concretamente, o sinal de modo automático e o sinal de peça produzida. Ou seja, sempre que a máquina produz uma peça e em simultâneo se encontra em modo automático é gerado um impulso elétrico.

Assim sendo, o intervalo de tempo decorrido entre impulsos é registado como o tempo correspondente ao ciclo real da máquina de injeção.

Por outro lado, são registadas paragens de máquina sempre que o terminal não recebe um impulso elétrico num espaço de tempo superior a dois ciclos teóricos, ciclo este previamente definido no Cyclades para a máquina de injeção em questão e passível de ser alterado.

No entanto, pelas razões referidas anteriormente no Capítulo 4.3 , alguns dados terão sempre de ser introduzidos manualmente pelo utilizador, mesmo num sistema de controlo de produção digitalizado. Logo, a interface disponibilizada no terminal possibilita ao utilizador realizar a introdução de alguns dados através de um ecrã táctil.

No início de cada turno o utilizador deve realizar Log ON com o seu número de operador e Log OFF no fim do mesmo. Desta forma, também serão gerados registos em tempo real dos operadores que se encontram em cada posto de trabalho. Além disso, também permite aos operadores introduzirem o número de peças rejeitadas ao longo do turno e enumerar as devidas causas associadas às rejeições, assim como, atribuir causas às paragens de máquina, tal como descrito no diagrama de casos de uso presente na Figura 4. 2.

Sempre que as ordens de produção sejam concluídas o operador também deve inserir a indicação, através da interface, que a OP foi concluída. Isto para que automaticamente uma nova ordem de produção seja iniciada. O terminal recebe a informação da nova ordem de produção, automaticamente, através do ficheiro de planeamento previamente introduzido no Cyclades.

4.4.2 Terminal SISE

O terminal SISE encontra-se localizado junto à máquina de injeção. É de salientar que cada máquina de injeção dispõe de um terminal próprio e os terminais são independentes entre si, estando apenas ligados diretamente à rede interna da empresa e à respetiva máquina de injeção.

Tal como referido anteriormente, cada terminal dispõe de um pequeno ecrã tátil e é através deste ecrã que os utilizadores interagem com o sistema. Na Figura 4. 5 pode consultar-se uma representação do terminal e na Figura 4. 6 a representação dos *inputs e outputs* terminal.

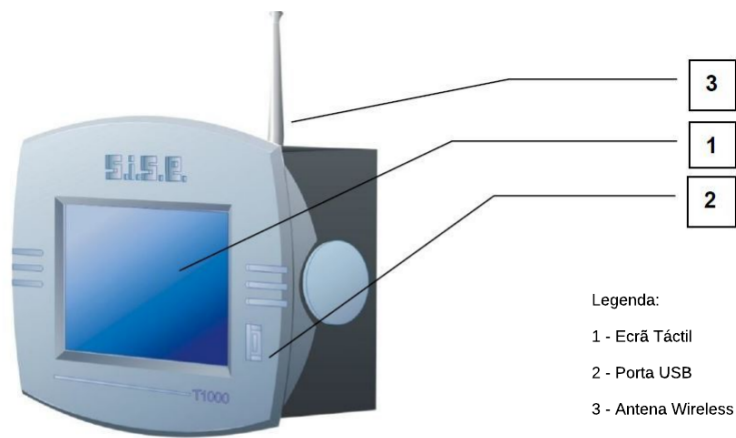


Figura 4. 5 - Terminal SISE

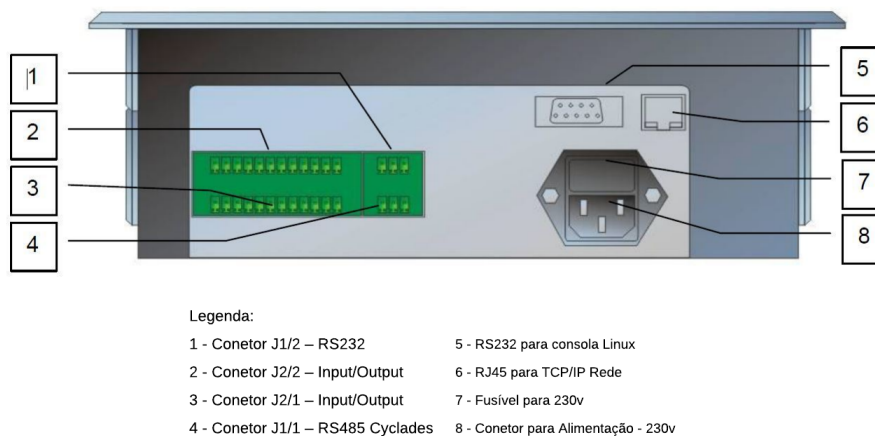


Figura 4. 6 - Inputs/Outputs do terminal

O SISE além de permitir a inserção dos dados enumerados anteriormente, também providencia a consulta, diretamente no chão de fábrica, de várias informações sobre a máquina de injeção a que o sistema de aquisição de dados está associado e sobre a O.P. em produção. Na folha de instrução presente no Anexo 4 é possível consultar os vários ecrãs de informações disponíveis, assim como, as operações que o operador pode realizar através do terminal.

Na Figura 4. 7 é possível consultar um esboço do funcionamento do sistema.

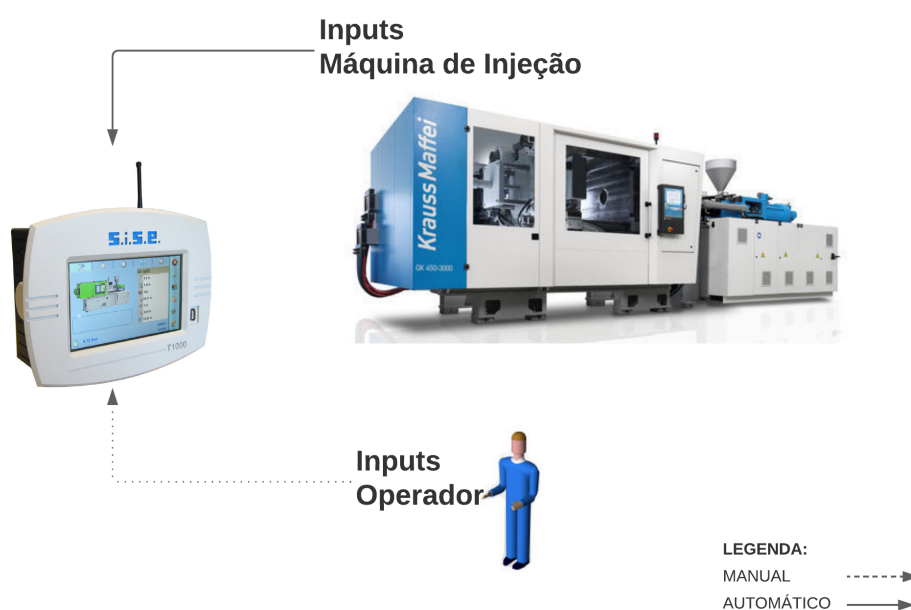


Figura 4. 7 – Esboço de funcionamento

4.4.3 Software Cyclades

O nível de informação disponível para consulta no Cyclades depende inteiramente da quantidade de informação adquirida através do terminal SISE. O princípio de funcionamento é simples, periodicamente o Cyclades consulta os ficheiros de cada O.P., ficheiros estes que se encontram num diretório partilhado com o terminal. O período de tempo de atualização de dados foi fixado em 5 minutos.

O software tem como base uma BD SQL onde são armazenados todos os dados.

Na vista principal do software é possível consultar uma pré-visualização, em tempo real, das informações gerais de todas as máquinas onde o sistema de aquisição de dados está instalado. Na Figura 4. 8 é possível consultar a janela de visualização do menu principal. Deve ter-se em conta que cada máquina será apresentada com uma cor, cor esta que está associada ao estado da respetiva máquina. No Anexo 4 é possível consultar os diferentes estados de máquina e as cores a que estão associados.

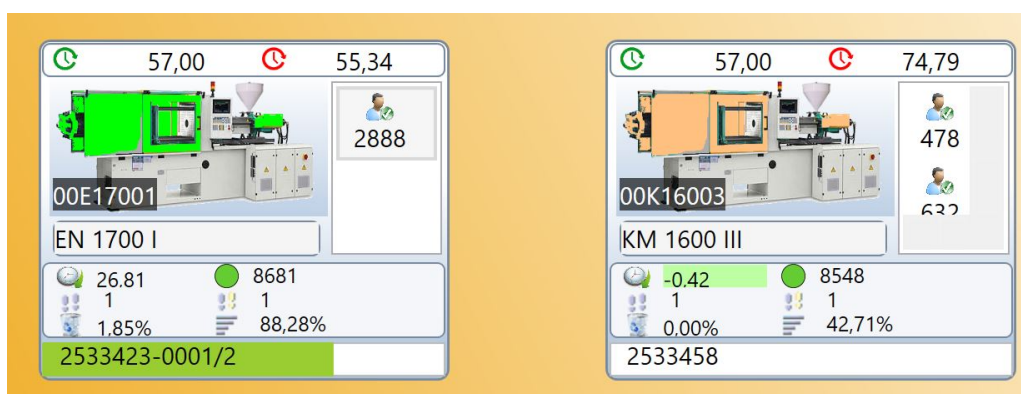


Figura 4. 8 - Janela de visualização do menu principal Cyclades

No Cyclades são gerados os relatórios de controlo de produção. Existem vários tipos de relatórios, standard, tais como: OP terminadas, produtos produzidos, trabalhadores, paragens de máquina, produtos rejeitados, entre outros. Todos estes relatórios podem ser filtrados por data, máquina de injeção, turno e tipo de ordem de produção.

O software também dispõe de uma componente de planeamento em que é possível visualizar, em tempo real, um diagrama de gantt com todas as OP futuras e em produção no momento, assim como, o estado das mesmas através de um código de cores.

No Anexo 4 encontram-se um exemplo de um relatório de produção gerado, assim como, uma janela de visualização da componente de planeamento.

4.4.4 Arquitetura

Optou-se por implementar o piloto de forma isolada, ou seja, sem conexão ao ERP e sem conexão ao Registo Diário. Tal como referido no subcapítulo 3.3 o Registo Diário gere toda a inserção de dados de controlo de produção. Visto

tratar-se de um período experimental não se pretendia interferir com o sistema atual.

Inseriu-se manualmente, através do software Cyclades, todas as informações necessárias sobre as máquinas em que se pretendia instalar o sistema, assim como, as informações sobre os produtos gerados nas mesmas. O planeamento também foi inserido diariamente no software por um utilizador.

No entanto, é de salientar que numa fase final de implementação do sistema todas estas informações seriam extraídas automaticamente do ERP. Os dados vão circular apenas dentro da rede interna da empresa e as transferências dos mesmos serão realizadas através do protocolo de comunicação TCP/IP, à exceção dos dois sinais recolhidos diretamente da máquina de injeção, pois tratam-se de impulsos elétricos.

Na Figura 4. 9 é possível consultar um esquema da arquitetura do piloto, por outro lado, na Figura 4. 10 é possível consultar o esquema da arquitetura final já com a ligação ao ERP da empresa.

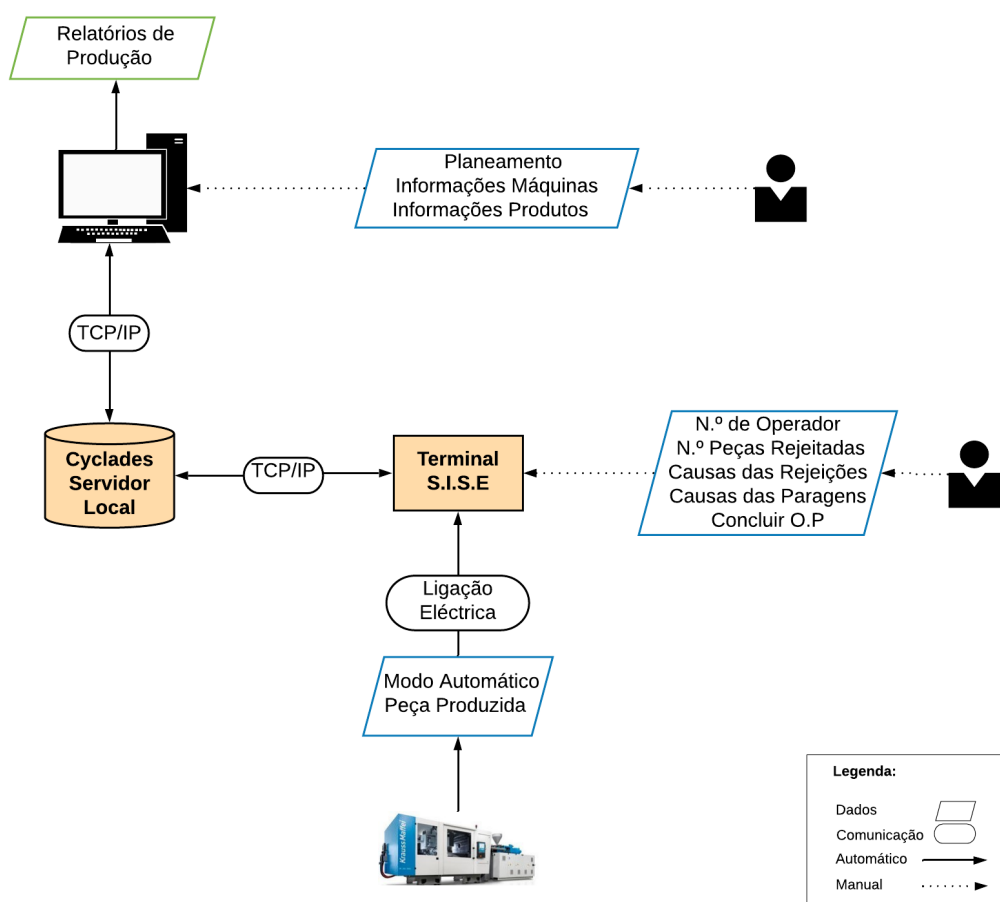


Figura 4. 9 - Implementação SISE Fase Piloto

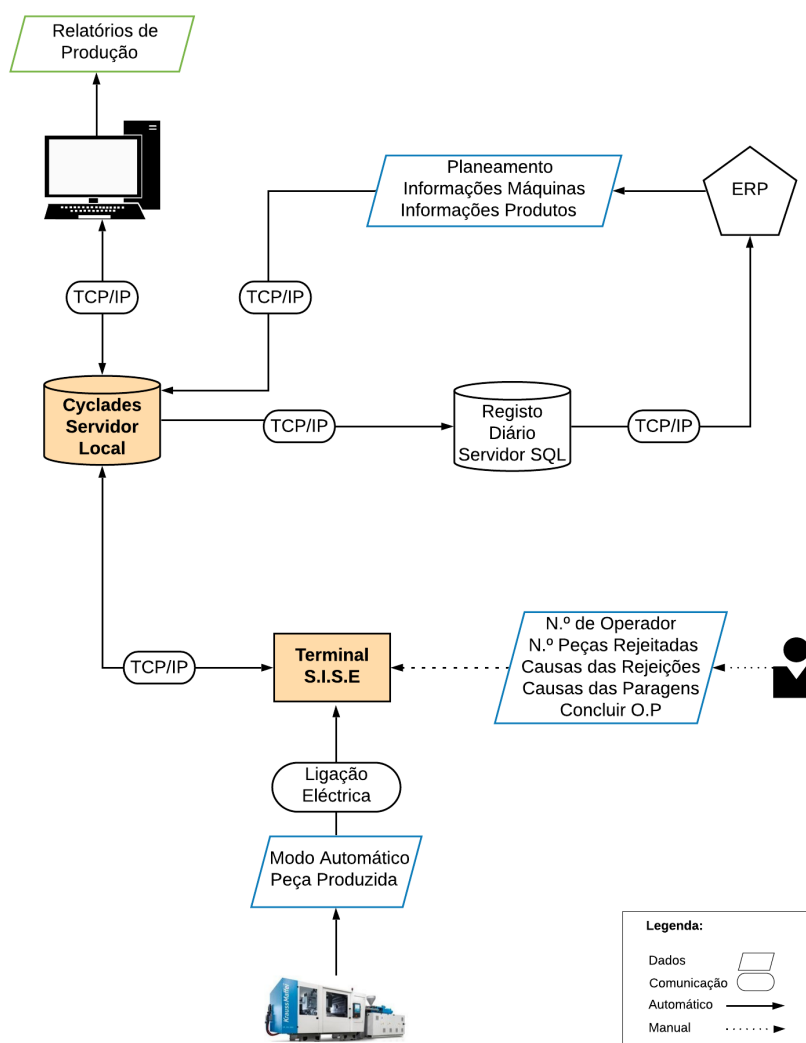


Figura 4. 10 - Implementação Final SISE

4.5 Piloto ProGrow

A ProGrow oferece uma proposta personalizada, desenvolvida tendo em conta as necessidades e requisitos do cliente.

A solução piloto não dispõe de uma componente de hardware e os resultados de controlo de produção são disponibilizados numa aplicação alojada em cloud. Visto que, não se trata de uma solução standard permite que tanto os dashboards, como os indicadores de performance e os relatórios gerados sejam personalizados à medida das necessidades da empresa.

4.5.1 Aquisição de Dados

Nesta solução os dados serão transmitidos desde a máquina de injeção até ao servidor através do protocolo de comunicação EUROMAP 63, temporariamente estes são armazenados numa secção do servidor local da empresa, que foi disponibilizada para essa finalidade.

Posteriormente, os dados são exportados para um armazenamento em cloud e é neste servidor virtual que será guardado todo o histórico de dados.

O formato do ficheiro lido por Euromap 63 é *Comma Separated Values, CSV*, trata-se de um ficheiro em que os valores estão separados por vírgulas. Tendo em conta que apenas estavam a ser lidas 4 variáveis não existiu necessidade, por parte da ProGrow, de utilizar um formato de ficheiro mais complexo. O formato csv apesar de simplista permite uma boa transferência de informações entre diferentes aplicações, principalmente quando se pretendem importar e exportar dados para um documento Microsoft Excel.

Seguidamente, enumeram-se as *tags* extraídas automaticamente da máquina de injeção:

- *SetRecMld (Program)* – Representa o programa em que a máquina de injeção se encontra;
- *ActStsMach (Status Machine)* - Representa o estado em que máquina de injeção se encontra, automático ou manual;
- *ActCntCyc (Actual Cycle Count)* – Representa o número de injeções realizadas;
- *ActTimeCyc (Actual CycleCounter)* - Representa o tempo de ciclo real da máquina de injeção.

Ao optar por esta solução será necessário complementar o sistema com hardware, por exemplo um tablet, que permita aos operadores introduzir a quantidade de peças rejeitadas, assim como, as devidas causas de rejeições e as causas das paragens de máquinas, tal como referido anteriormente.

4.5.2 Software em Cloud

A ProGrow oferece uma solução em cloud, pelo que, é possível aceder à aplicação a partir de qualquer browser de internet e em qualquer dispositivo, desde que, se possuam as credenciais para o login. O menu da aplicação está

dividido em seis separadores principais: Análise de KPI's, Shopfloor, Relatório, Kanban, Melhoria e Tarefas.

No separador Análise de KPI's podem consultar-se os relatórios de análise dos indicadores de controlo de produção, estes são gerados tendo em conta os dados adquiridos pelo sistema. Os dados podem ser apresentados em forma de gráfico ou de tabela. No Anexo 5 encontra-se uma pré-visualização deste separador.

É possível selecionar a fábrica, assim como, o intervalo de datas que se pretende consultar. Em seguida, enumeram-se os indicadores de produção disponíveis para análise

- OEE;
- Performance (RQT);
- Disponibilidade (RU);
- Qualidade (RQL);
- N.º de Peças;
- Tempo Ciclo Real;
- Tempo de Paragens;
- Tempo médio de Setups;
- PPM;
- Micro Paragens.

No separador *Shopfloor* podem consultar-se os dados, em tempo real, associados a cada máquina de injeção, ou seja, são apresentados vários cartões e cada um deles contém informações referentes à uma máquina de injeção que lhes corresponde.

Nestes mesmos cartões é possível verificar o molde que está em máquina no momento, a referência do produto que está a ser produzido, o tempo de ciclo teórico e o tempo de ciclo real. Também é possível verificar o objetivo definido de peças por hora, o número de peças produzidas por hora e por turno, assim como, o tempo total de paragens de máquina no turno que se encontra a decorrer.

Além disso, o cartão de cada máquina também está associado a uma cor, cor esta que representa o estado da respetiva máquina de injeção. Ou seja, caso o cartão se encontre com a cor verde significa que a máquina está a trabalhar ao seu rendimento normal. Por outro lado, caso o cartão se encontre com a cor vermelha significa que a máquina de injeção não está a trabalhar. No Anexo 5 é possível consultar uma tabela com o código de cores completo. Apesar de simplista,

a correspondência de cores é bastante eficaz caso se pretenda realizar uma breve análise em tempo real da situação das linhas de produção.

Na Figura 4. 11 encontra-se a janela de visualização do separador *Shopfloor* e o conseqüentemente um exemplo dos cartões descritos acima.



Figura 4. 11 – Separador Shopfloor

No separador relatório, tal como o nome indica, podem consultar-se os relatórios de produção diários associados a cada um dos três turnos. Estes relatórios contêm o número de peças produzidas por hora, os PPM's, o tempo médio de Setup, assim como, o OEE. Desta forma, será possível verificar se existem diferenças significativas na produção dependendo do horário laboral. No Anexo 6 pode consultar-se uma pré-visualização deste separador.

A solução Progrow também tem associada uma componente de melhoria continua esta está dividida entre o separador Kanban e Melhoria. No primeiro é possível encontrar um quadro Kanban, este representa a circulação de fluxos de ações para a resolução de um problema. O quadro está dividido em quadro colunas: *PLAN*, *DO*, *CHECK* e *ACT*.

Sempre que se identifique um problema inicia-se um “projeto” de resolução. Para esta resolução serão planeadas várias ações, nesta fase as ações encontram-se na coluna “PLAN” do quadro *Kanban*, à medida que as ações vão sendo realizadas e analisadas transitam para as colunas seguintes. No anexo 5 é possível consultar-se uma janela de pré-visualização do separador *Kanban*, assim, como um exemplo do quadro Kanban.

Por outro lado, no separador Melhoria é possível visualizar o timeline do projeto e visão geral de custos e KPIs associados ao mesmo. Ainda no mesmo separador também é possível consultar a análise das ações realizadas. Desta forma, verifica-se se estas surtiram efeitos positivos, ou não, na resolução do problema identificado.

Por último, o separador tarefas apresenta lista de checks list, como por exemplo, check list de SMED ou de arranque de fabrico.

4.5.3 Arquitetura

Optou-se por implementar o piloto ProGrow de forma isolada, tal como piloto SISE enumerado anteriormente, mais uma vez para o sistema de aquisição de dados em teste não interferir com o sistema de controlo de produção atual.

Numa primeira fase foi necessário realizar a integração de dois ficheiros, um com as informações referentes a cada molde e outro ficheiro com as informações referentes às rejeições, este último era preenchido no final de cada turno. Salientando, mais uma vez, que numa fase final de implementação as informações dos moldes serão extraídas automaticamente do ERP e as rejeições serão introduzidas pelos operadores através de um hardware adicional.

Na Figura 4. 12 é possível consultar a arquitetura do piloto, por outro lado, na Figura 4. 13 pode consultar-se a sugestão de arquitetura final para a implementação do sistema de aquisição de dados em colaboração com a ProGrow.

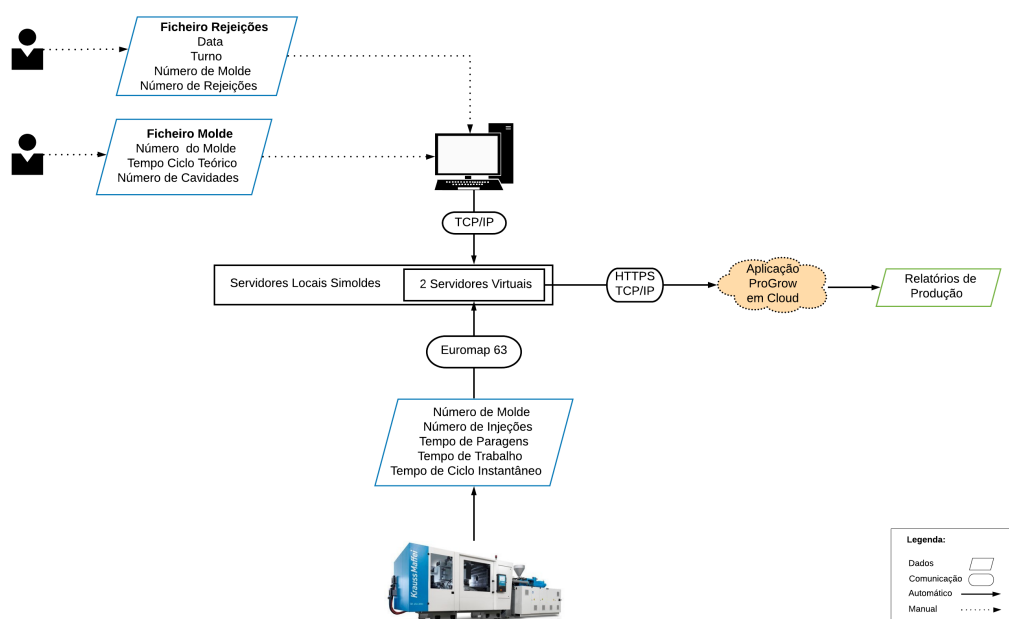


Figura 4. 12 - Implementação ProGrow piloto

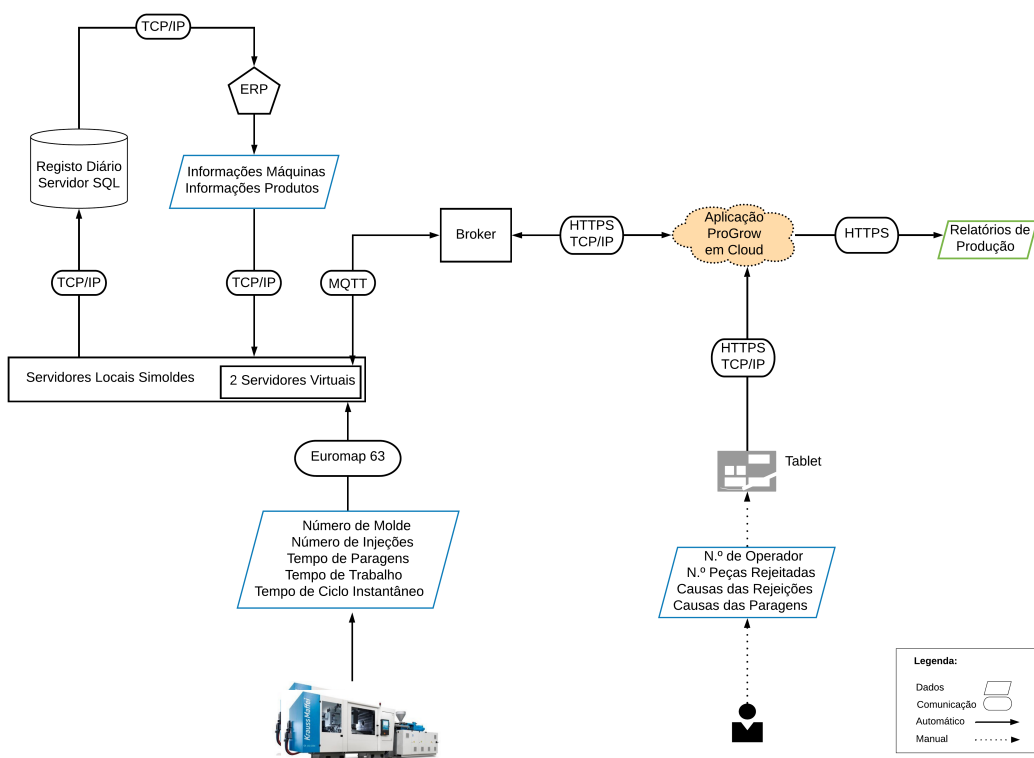


Figura 4. 13 - Implementação Final ProGrow

4.6 Implementação dos Pilotos em Fábrica

Inicialmente, foi implementado o piloto S.I.S.E em duas máquinas selecionadas, 1700I e 1600III. A instalação do sistema de aquisição de dados foi bastante rápida e de simples execução.

Seguidamente, foi necessário estudar o manual do sistema de aquisição de dados, tanto do terminal como do software Cyclades, para compreender na totalidade o funcionamento do sistema e o significado dos vários menus e relatórios gerados.

Posteriormente, foi realizada uma folha de instrução para colocar junto a cada máquina de injeção, com o objetivo de auxiliar o operador na compreensão da inserção dos dados e na navegação nos menus do terminal, estas podem ser consultadas no ANEXO 4.

Numa segunda fase, foi facultada formação aos operadores dos vários turnos das máquinas de injeção em questão. Também foi necessário fornecer

formação individual aos líderes de cada equipa de forma a que existisse, sempre que necessário, uma pessoa responsável para auxiliar os operadores no chão de fábrica e para simultaneamente transmitir a informação ao turno da noite e aos novos operadores que pontualmente trabalhavam no posto de trabalho onde o sistema estava implementado.

Posteriormente, realizou-se um acompanhamento diário às máquinas de injeção com o SISE implementado, uma ronda às 8h:30m, após a conclusão do primeiro turno e outra ronda por volta das 16h:30m após a conclusão do segundo turno. As rondas diárias tinham como objetivo a realização de uma primeira comparação entre os dados adquiridos pelo sistema piloto e os dados presentes no quadro TRS. Além disso, pretendiam-se realizar alguns testes funcionais ao sistema do terminal antes de avançar para uma comparação de dados mais pormenorizada.

Um dos principais problemas revelados na implementação do sistema SISE foi a adesão dos operadores a um novo método de controlo de produção, por isso, também era importante uma presença constante no chão de fábrica de forma a incentivar a utilização do sistema. A fase de implementação, formação e rondas diárias durou cerca de três meses.

Em simultâneo, foi implementado o projeto piloto da ProGrow em apenas uma máquina de injeção, a 850 II. Tal como descrito anteriormente, neste piloto a aquisição de dados foi realizada através do protocolo de comunicação Euro-map63, pelo que, numa primeira fase de implementação foi necessário identificar as *tags* que continham as informações que se pretendiam recolher. Visto que, através deste protocolo de comunicação torna-se possível aceder a centenas de variáveis que contêm dados relacionados com a máquina em questão.

Dado que, toda a interface em *cloud* é customizável e foi desenvolvida tendo como base os objetivos da Simoldes, também foi necessário definir regras para o tratamento de dados e para a respetiva programação do software, para que, posteriormente os indicadores e os respetivos relatórios de controlo de produção fossem gerados e apresentados na forma correta e em linha com os padrões da empresa.

5

Validações

Neste capítulo apresentam-se as validações do caso prático estudado anteriormente. Inicialmente, de forma a comprovar a transparência de dados que um chão de fábrica digitalizado pode oferecer, realiza-se uma comparação de resultados entre os dois sistemas piloto em teste para o processo de controlo de produção e o sistema atualmente implementado da empresa. Seguidamente, apresentam-se as análises SWOT de cada sistema piloto, assim como, a solução final escolhida para digitalização do processo de controlo de produção em tempo real.

5.1 Comparação de dados

A principal finalidade desta comparação dos dados recolhidos pelo sistema atual de controlo de produção e os sistemas de aquisição de dados em teste na fábrica, era verificar os valores reais dos indicadores de controlo de produção e não necessariamente testar a eficiência dos sistemas em teste. Ou seja, pretendia-se perceber, em valores percentuais, a diferença dos dados de controlo de produção obtidos pelos sistemas de aquisição de dados em tempo real e os registados manualmente no sistema atual, e desta forma comprovar que uma digitalização do chão de fábrica oferece uma maior transparência de dados.

Diariamente, durante sete semanas, realizou-se um levantamento dos dados registados no registo diário e nos dois sistemas de aquisição de dados implementados para teste.

Os dados eram filtrados por turno e por máquina de injeção, ou seja, por dia registavam-se três vezes, por máquina de injeção, os seguintes parâmetros:

- Ciclo médio real;

- Número de injeções;
- Número de peças produzidas;
- Número de peças rejeitadas;
- Tempo total de paragens de máquina.

Todos os dados foram exportados e analisados no programa Microsoft Excel. Por motivos de confidencialidade a tabela completa com os dados diários de controlo de produção de cada turno não irá constar neste documento.

No entanto, seguidamente apresenta-se um resumo das médias de diferenças mensais entre os vários sistemas. Contudo, para uma análise mais pormenorizada, no Anexo 6 encontram-se os gráficos com os valores diários de onde as médias foram extraídas. Também foram anexados os gráficos dos dados recolhidos, porém, mais uma vez por motivos de confidencialidade não foram descritos os valores, mas é possível observar que os gráficos de valores adquiridos não se sobrepõem, comprovando assim que existem desfasamentos.

Na Tabela 5. 1 pode consultar-se o resumo das diferenças de valores do tempo médio de ciclo real da máquina de injeção. Ao analisar os dados constata-se que em todas as máquinas de injeção o tempo médio de ciclo registado no sistema atual era menor que o valor registado pelos sistemas pilotos. Logo, conclui-se que os operadores indicam que realizaram mais injeções do que efetivamente realizaram, ou por outro lado, que permaneceram mais tempo parados do que realmente estiveram. Sendo que, a diferença percentual entre os valores dos registos manuais e os registos dos sistemas pilotos variavam entre 1% e 5%.

Tabela 5. 1 - Médias diferenças de tempo médio de ciclo real entre o sistema de registo atual e o sistema piloto em teste

	SISE (1600III)		SISE (1700I)		ProGrow (850II)	
	Tempo (s)	%	Tempo (s)	%	Tempo (s)	%
Dezembro	-2,86	- 4,92	-0,24	- 0,42		
Janeiro	-1,80	- 3,15	-0,95	- 1,72	-0,37	- 0,82
Fevereiro					-0,10	- 0,12

Deve ser tido em conta, que o valor de ciclo real registado no sistema de controlo de produção atual trata-se de um dado calculado através da equação número 9 e não de um dado diretamente recolhido da máquina de injeção, logo é um registo pouco preciso e sujeito a vários arredondamentos.

$$\text{Tempo Ciclo Real (s)} = \frac{\text{Tempo Abertura Total (s)} - \text{Tempo Total Paragens (s)}}{\text{Número de Injeções}} \quad (9)$$

Na Tabela 5. 2 pode consultar-se as diferenças, de tempo de paragens de máquina. Novamente, entre o sistema atual e sistema de aquisição de dados implementado na respetiva máquina de injeção. Através da análise de dados conclui-se que, em todas as máquinas de injeção, o tempo de paragem de máquina registado pelo sistema de aquisição dados era inferior ao registado pelo sistema manual. Pelo que, conclui-se que as máquinas de injeção estão menos tempo paradas do que os registos manuais indicam. Cruzando estes dados com os referidos anteriormente os resultados fazem sentido, pois se os ciclos são superiores pressupõem que, para não comprometer a produção, as máquinas trabalhem durante mais tempo.

Tabela 5. 2 - Médias diferenças tempo paragens de máquina entre o sistema de registo atual e o sistema piloto em teste

	SISE (1600III)		SISE (1700I)		ProGrow (850II)	
	Tempo (h:m)	%	Tempo (h:m)	%	Tempo (h:m)	%
Dezembro	2:47	5,38	6:49	9,69		
Janeiro	4:11	6,51	7:17	7,74	1:25	2,10
Fevereiro					1:41	9,81

Por último realizou-se uma comparação entre o número de injeções registadas. Neste caso a análise das diferenças não foi conclusiva, sendo que os valores percentuais das diferenças variavam entre +/- 1%, os valores são apresentados na Tabela 5. 3. Posteriormente, calcularam-se e analisaram-se os indicadores de controlo de produção, RQT, RU e OEE, das várias semanas de testes.

Tabela 5. 3 - Média diferença número de injeções entre o sistema de registo atual e o sistema piloto em teste

	SISE (1600III)		SISE (1700I)		ProGrow (850II)	
	N.º de Injeções	%	N.º de Injeções	%	N.º de Injeções	%
Dezembro	216	1,23	-153	-0,90		
Janeiro	-122	-0,57	186	0,99	164	0,59
Fevereiro					-101	-1,35

Na Tabela 5. 4 é possível consultar-se os valores percentuais da diferença entre o RQT calculado através dos dados adquiridos pelo sistema de controlo de produção manual e os sistemas de aquisição de dados implementados.

Visto que, o rendimento quantitativo é um parâmetro que depende diretamente do tempo médio de ciclo real, e tendo em conta os dados referidos anteriormente na Tabela 5. 1, tal como seria esperado, a diferença apresenta na maior parte valores positivos. Uma vez que, os valores de ciclo registados pelo sistema manual são, maioritariamente, inferiores aos registados pelo sistema de aquisição de dados. Consequentemente, o valor de RQT do sistema manual será superior e a diferença entre os dois será positiva. No capítulo 3.5 é possível consultar as expressões matemáticas associadas a cada parâmetro de controlo de produção.

Tabela 5. 4 - Diferença de valores médios entre RQT do sistema atual e os sistemas de aquisição de dados em teste

Semana	SISE (1600III)	SISE (1700I)	ProGrow (850II)
49	4,79 %	0,35 %	
50	2,45 %	0,59 %	
51	7,27 %	0,35 %	
2	1,21 %	0,45 %	2,60 %
3	3,42 %	4,10 %	1,44 %
4	5,37 %	2,84 %	-0,13 %
5	1,33 %	-0,98 %	0,69 %
6			0,14 %
Média	3,69 %	1,10 %	0,95 %

Por outro lado, na Tabela 5. 5 apresentam-se os valores de diferença do rendimento de utilização, estes são na maior parte valores negativos. O que também era um resultado esperado tendo em conta os valores presentes na Tabela 5. 2. Visto que, a contagem do tempo realizada de forma manual apresenta valores menores que os valores registados pelo sistema de aquisição de dados.

Tabela 5. 5 - Diferenças de valores entre RU do sistema atual e dos sistemas de aquisição de dados

Semana	SISE (1600III)	SISE (1700I)	ProGrow (850II)
49	-0,66 %	-0,61 %	
50	1,23 %	-1,38 %	
51	-3,61 %	-1,90 %	
2	-0,30 %	-2,55 %	-0,10 %
3	-0,81 %	-1,74 %	-0,42 %
4	-4,09 %	-2,48 %	-0,49 %
5	1,51 %	-1,11 %	-0,32 %
6			-1,50 %
Média	-0,96 %	-1,68 %	-0,57 %

Por último, seguiu-se a comparação de diferenças entre o OEE resultante dos dados adquiridos através do processo manual e dos registados nos sistemas de aquisição de dados automáticos.

O KPI de rendimento qualitativo não foi analisado, pois depende do número de peças rejeitadas e este era um dado introduzido de forma manual, logo, dependia sempre do utilizador do sistema. Visto que, o período de testes dos pilotos foi apenas de 3 meses, não foi possível uma consolidação do uso do novo processo de controlo de produção. Pelo que, estes valores não foram tidos em conta para a análise. Logo, no cálculo do OEE considerou-se sempre o RQT do sistema de controlo de produção manual, de forma a que a incorreta utilização do sistema por parte dos operadores não compromettesse as diferenças entre os OEE's analisados.

Como é possível observar na Tabela 5. 6 a análise não é conclusiva, visto que tanto existem diferenças negativas como positivas.

No entanto, é possível observar-se em média um desfasamento de 1% entre os OEE's calculados pelo sistema atual e os calculados através dos dados fornecidos pelos sistemas. Extrapolando este valor para um ano e para as 289 máquinas de injeção do grupo Simoldes este valor ganha relevo e representa uma diferença bastante expressiva na produção anual.

Tabela 5. 6 - Diferença de valores entre OEE do sistema atual e dos sistemas de aquisição de dados

Semana	SISE (1600III)	SISE (1700I)	ProGrow (850II)
49	3,37 %	-0,33 %	
50	3,31 %	-0,96 %	
51	2,49 %	-1,60 %	
2	0,84 %	-2,27 %	1,53%
3	1,85 %	1,28 %	0,88 %
4	0,61%	-0,21 %	-0,60 %
5	2,59 %	-1,94 %	0,34 %
6			1,53 %
Média	2,15 %	-0,86 %	0,16 %

Com esta análise conclui-se o posicionamento real dos indicadores de produção da Simoldes Plásticos. É importante reforçar que esta diferença de valores estudada não representa o ganho obtido através da utilização de um sistema de aquisição de dados no controlo de produção. Visto que, este ganho só pode ser verificado depois da otimização dos parâmetros tendo em conta os dados adquiridos pelos sistemas.

Contudo, é possível concluir que os valores que a fábrica está a registar de momento através do processo manual não são os valores reais e que a digitalização do sistema de controlo de produção irá oferecer uma maior transparência de dados. Visto que, os dados recolhidos através de sistemas automatizados, mesmo que de diferentes fornecedores, apresentam desfasamentos semelhantes.

5.2 Análise S.W.O.T

5.2.1 SISE

Após o teste do piloto em fábrica, durante cerca de 3 meses, registaram-se alguns problemas e limitações na utilização do sistema. O SISE estava limitado a 30 códigos de rejeições e 30 códigos de paragens enquanto que a empresa dispunha de 107 códigos de rejeições e de 47 códigos de paragens, a tabela de códigos existente atualmente pode ser consultada no Anexo 2.

O sistema também limitava o número de operadores por O.P., só existia a possibilidade de associar 5 operadores a cada uma, por turno, o que também não correspondia à realidade da empresa. Visto que, uma ordem de produção poderia chegar a ter mais do que 5 operadores associados.

Além das limitações descritas acima, a interface do terminal também foi considerada como um ponto negativo na avaliação desta opção. Esta possuía um design desatualizado e era pouco intuitiva para os operadores. O tamanho reduzido do display também não permitia uma experiência agradável ao operador nem uma utilização fluída do sistema. Por exemplo, para a inserção dos códigos de paragem de máquina era necessário que o operador percorresse toda a lista de códigos, um a um, até encontrar o código pretendido, o que por vezes tornava-se dispendioso em termos de tempo e acabava por comprometer o ganho operacional que se pretendia obter.

Os relatórios gerados através do software Cyclades cumpriam as necessidades básicas da empresa, no entanto, estes também eram pouco intuitivos e os indicadores eram gerados através de fórmulas standard.

Por outro lado, a aquisição de dados através de sinais analógicos revelou-se bastante eficaz tendo em conta o objetivo atual do projeto. No entanto, ao não existir a possibilidade de escrever dados diretamente na máquina de injeção, torna-se muito complicado expandir este sistema de aquisição de dados para outras fases de digitalização das linhas de produção, mais concretamente, na digitalização dos dados de processo.

Além disso, dada a vasta experiência da empresa SISE no ramo de injeção plástica, o sistema revelou-se de rápida e fácil instalação e com registados de dados bastante precisos desde o início da implementação. Na Figura 5. 1 é possível consultar a matriz SWOT do piloto SISE.

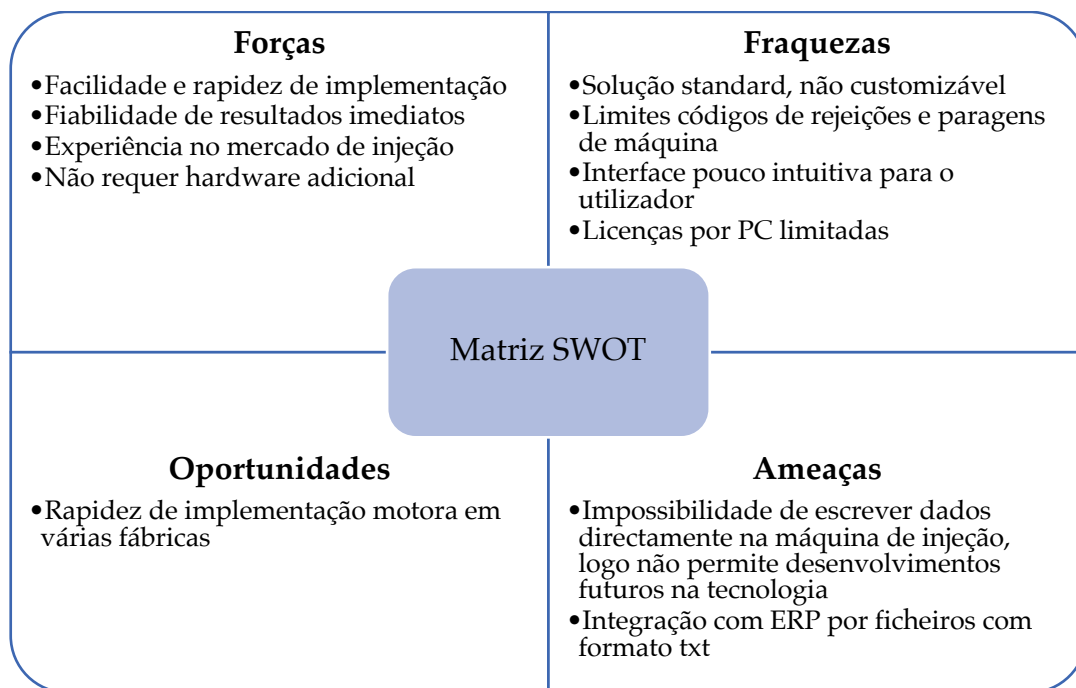


Figura 5. 1 - Matriz SWOT piloto SISE

5.2.2 ProGrow

Uma das grandes vantagens da solução ProGrow é a possibilidade de customização da mesma, visto que, toda a aplicação em cloud terá como base as regras pré-estabelecidas pela Simoldes. Desta forma, torna-se possível que os indicadores de performance sejam calculados exatamente com as mesmas fórmulas já pré-definidas na empresa e que os relatórios de controlo de produção também sejam personalizados em linha com os objetivos da Simoldes.

A mobilidade que a aplicação em cloud oferece também é uma das vantagens da aplicação ProGrow. Desta forma, torna-se possível aceder a todos os dados a partir de qualquer localização, sem que seja necessária uma conexão à rede interna ou um equipamento com software específico instalado.

Contudo, a aquisição de dados através do protocolo de comunicação EuroMap63 é vista como uma vantagem e ao mesmo tempo uma desvantagem desta solução. Por um lado, permite que seja possível aceder a múltiplos dados da máquina de injeção sem que seja necessário recorrer a hardware complementar. Além disso, será benéfico numa segunda fase de digitalização da empresa, quando se pretenderem digitalizar os dados de processo. Visto que, através deste protocolo também é possível comunicar no sentido inverso, ou seja, escrever dados na máquina de injeção e não apenas recolher.

No entanto, nem todas as máquinas de injeção dispõem da licença de comunicação através deste protocolo ativa e o custo de ativação das mesmas poderá comprometer financeiramente a viabilidade inicial do projeto.

Além disso, algumas máquinas de injeção existentes em fábrica com modelos mais antigos não dispõem da opção de comunicação através deste protocolo. Logo, nunca seria possível implementar um método de aquisição de dados *standard* para toda a fábrica através do protocolo de comunicação Euromap 63, seria sempre necessário recorrer a um sistema híbrido.

Outro ponto negativo registado na análise e acompanhamento deste piloto foi o tempo de implementação. O processo de recolha dos dados de forma correta foi mais demorado do que seria esperado. Deve-se ter em conta, que nesta fase o piloto foi apenas testado em uma máquina de injeção. Contudo, caso se pretenda escalar para toda a empresa será necessário recolher dados de várias máquinas em simultâneo, máquinas estas com diferentes modelos e de diferentes marcas, o que poderá vir a dificultar ainda mais o processo de aquisição de dados. Na Figura 5. 2 pode consultar-se a matriz SWOT referente ao piloto Pro-grow.

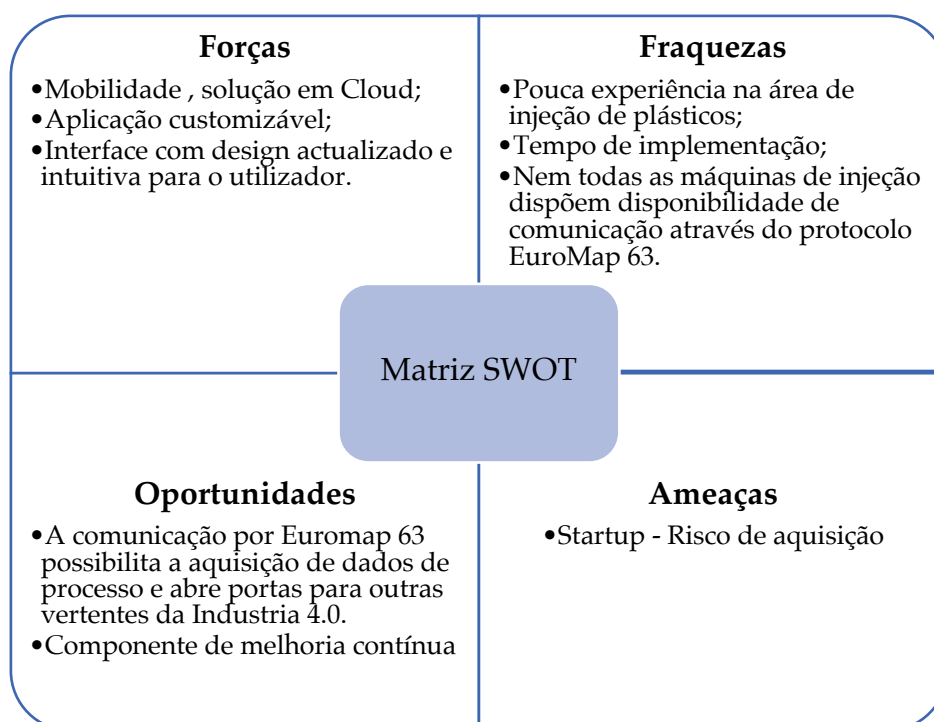


Figura 5. 2 - Matriz SWOT piloto ProGrow

5.3 Solução Escolhida

Tendo em conta a avaliação realizada aos pilotos durante os três meses de testes concluiu-se que nenhuma das soluções preenchia totalmente os requisitos pretendidos pela empresa.

Desta forma, procurou-se uma solução em que fosse possível unir as forças dos dois pilotos. Ou seja, pretendia-se uma aquisição de dados eficaz, de rápida implementação, estandardizada para toda a fábrica e com baixo custo. Contudo, não se tencionava abdicar da personalização que uma plataforma desenvolvida de raiz permite e da mobilidade que uma aplicação em cloud oferece.

Optou-se por avançar com o piloto ProGrow com algumas modificações e acréscimo de hardware.

Nesta fase de controlo de produção a aquisição de dados não será realizada através do protocolo de comunicação EuroMap63. Preferiu-se recorrer à aquisição de dados de forma analógica, tal como no SISE. Para isso será necessário implementar um *Data IoT Gateway* para realizar a recolha de sinais em cada máquina de injeção, a opção escolhida foram os dispositivos *Ewon*.

O processo de aquisição de dados deste dispositivo é muito semelhante ao do terminal SISE. O sinal de fecho de molde indica o final de um ciclo de injeção e, conseqüentemente o início de outro. Pelo que, são registadas marcas temporais associadas a esse sinal, *Timestamp* início de ciclo e *Timestamp* Fim Ciclo, posteriormente através da subtração de valores é calculado o tempo de ciclo real.

A monitorização do número de injeções é realizada através do sinal peça produzida, sempre que este seja emitido a tag Peça Produzida, inicialmente com o valor zero, altera-se para o valor 1.

Por outro lado, sempre que é ultrapassado o tempo de ciclo teórico, previamente definido, em conjunto com o tempo de tolerância, neste caso específico foi definido em 120 segundos, é registada uma paragem de máquina. O tempo de paragem de máquina é novamente calculado através das marcas temporais entre sinais de fecho de molde. Na tabela

Na Tabela 5. 7 podem consultar-se todas as tags que armazenam informação, assim como, as respetivas especificações. Na Figura 5. 3 encontra-se um exemplo para representar o funcionamento do Ewon e na Tabela 5. 8 os valores das tags associados ao exemplo.

Tabela 5. 7 - Tags sinais Ewon

Nome Tag	Tipo	proGrow	Prosistav	Observações
N.º Ciclo	Inteiro 32Bit	Leitura	Escrita	No início de um novo ciclo, é incrementado um novo ciclo (contador de ciclos)
Peça Produzida	Bool	Leitura	Escrita	Inicia-se como 0 = sem peça; Altera para 1 = peça produzida OK
Timestamp Início Ciclo	Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Data e hora do início de ciclo; correspondente à data e hora do Sinal Fecho de Molde + Sinal Modo Automático
Timestamp Fim Ciclo	Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Data e hora do fecho de ciclo; correspondente à data e hora de quando é iniciado um novo ciclo ou quando o ciclo atinge a tolerância de tempo (TC teórico + 120"")
Tempo Ciclo	Inteiro 32Bit	Leitura	Escrita	Diferença de tempo entre fim e início de ciclo
Timestamp Início Paragem	Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Data e hora de início de paragem; correspondente à data e hora de quando o estado da máquina passa para manual ou quando se atinge a tolerância de tempo (TC teórico + 120"")
Timestamp Fim Paragem	Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Data e hora de fim de paragem; correspondente à data e hora de quando se inicia novo ciclo
Tempo Paragem Máquina Ativa	Inteiro 32Bit	Leitura	Escrita	Incrementado tempo com máquina ativa, durante uma paragem
Tempo Paragem Total	Inteiro 32Bit	Leitura	Escrita	Diferença de tempo entre fim e início de paragem; incrementado tempo até à paragem terminar
Estado	Inteiro 8Bit	Leitura	Escrita	1 - Em ciclo; 2- Parado

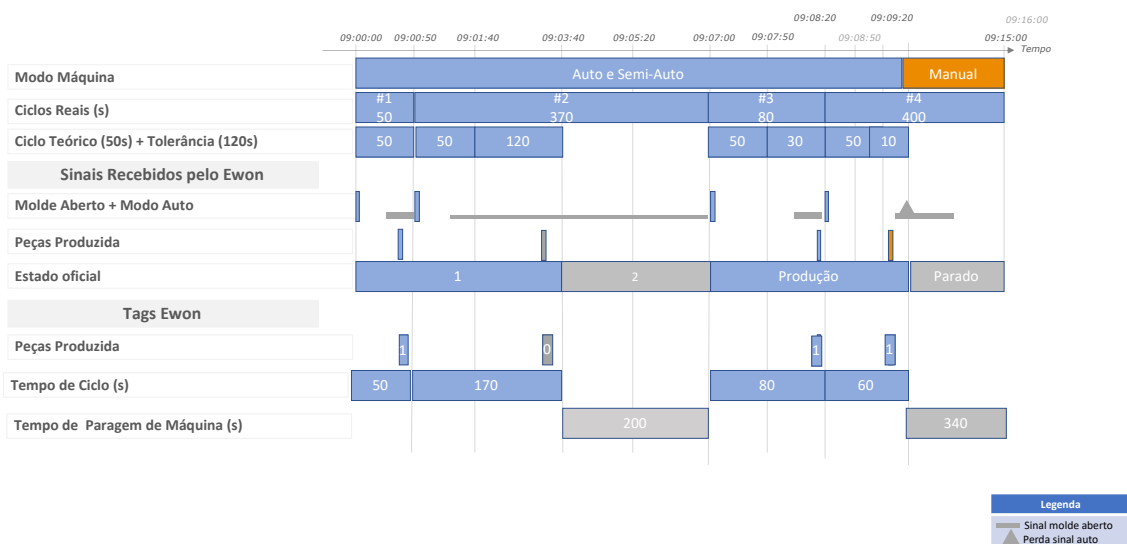


Figura 5. 3 - Exemplo funcionamento Ewon

Tabela 5. 8 - Valores tags associados ao exemplo da Figura 5.3

NºCiclo	Ciclos				Paragens		
	Peça Produzida	Timestamp Início Ciclo (h:m:s)	Timestamp Fim Ciclo (h:m:s)	Tempo Ciclo (s)	Timestamp Início Paragem (h:m:s)	Timestamp Fim Paragem(h:m:s)	Tempo Paragem final
#1	1	09:00:00	09:00:50	50	--	--	0
#2	0	09:00:50	09:03:40	170	09:03:40	09:07:00	200
#3	1	09:07:00	09:08:20	80	--	--	0
#4	1	09:08:20	09:09:20	60	09:09:20	09:15:00	340

Posteriormente, a informação recolhida pelo dispositivo *Ewon* é armazenada em tags e estas são enviadas para um servidor FTP da Simoldes, não são diretamente recolhidas pela ProGrow por questões de segurança. O formato de ficheiro de dados mantém-se csv.

Por sua vez, a ProGrow recolhe estes dados do servidor e realiza o tratamento dos mesmos para a exportação e visualização na aplicação em cloud.

Na Figura 5. 4 é possível consultar-se a arquitetura da implementação final.

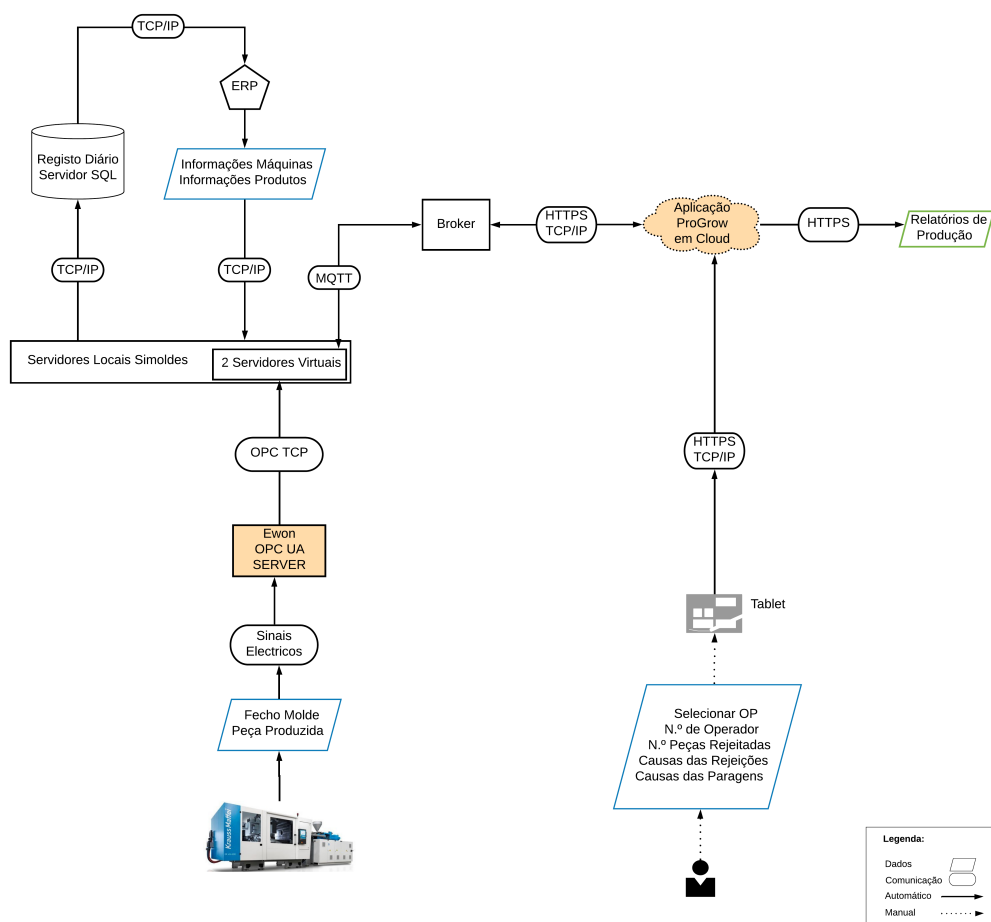


Figura 5. 4 - Arquitetura implementação final

Também será realizada uma replicação do Quadro TRS em formato digital, encontra-se um exemplo na Figura 5. 5, esta será exibida num monitor junto a cada máquina de injeção.

Desta forma mantém-se o formato atual de exibição de dados da empresa com que os operadores e responsáveis já se encontram familiarizados e disponibiliza-se a acesso à informação em tempo real no chão de fábrica.

Quadro de Controle de Produção – Equipamento 850 II							Resumo			
Turno 3 16h – 00h							Turno 1	Turno 2	Turno 3	
Hora	Nº Molde	REF	Nº peças Obj	Nº peças Real	Tempo Paragens HH:MM	Nº Paragens				
16:00	8788	ABC1	180	150	00:10	2	OEE	75%	57%	88%
17:00			180	165	00:00	0	Performance	98%	74%	95%
18:00			180	180	00:20	1	Disponibilidade	85%	86%	93%
19:00			180	180	00:00	0	Qualidade	90%	89%	100%
20:00	8685	ABC2	180	65	00:00	0	Nº Peças Objetivo	612 peças	500 peças	900 peças
21:00							Nº Peças Real	600 peças	487 peças	855 peças
22:00							Nº Peças Rejeitadas	60 peças	52 peças	0 peças
23:00							Tempo Paragem HH:MM	01:14	01:07	00:20

Figura 5. 5 - Quadro TRS em formato digital

Para registo dos inputs por parte do operador será utilizado um tablet industrial, tal como referido anteriormente, na Figura 5. 6 é possível consultar um exemplo da interface.

Máquina KM 850 I			
ORDEM DE FABRICO EM CURSO Ordem de Fabrico - <input checked="" type="checkbox"/> Referências - Molde - Quantidade Planeada - peças Quantidade em Falta - peças Tempo em Falta - HH:MM		Colaboradores na Máquina - <input checked="" type="checkbox"/>	
ORDEM DE FABRICO SEGUINTE Ordem de Fabrico - Referências - Molde - Início -		TURNO ATUAL OEE - % Quantidade Produzida - peças Paragens - HH:MM Quantidade Rejeitada - <input checked="" type="checkbox"/>	
		INSTANTÂNEO TC Teórico - / peça TC Real - / peça Obejtivo Hora - peças Acumulado Horas - peças	

Figura 5. 6 - Exemplo interface para inputs por parte do operador

Na Figura 5. 7 é possível consultar um fluxograma das ações necessárias, essencialmente no chão de fábrica, desde o pedido de um cliente até à emissão dos relatórios de produção no sistema digitalizado.

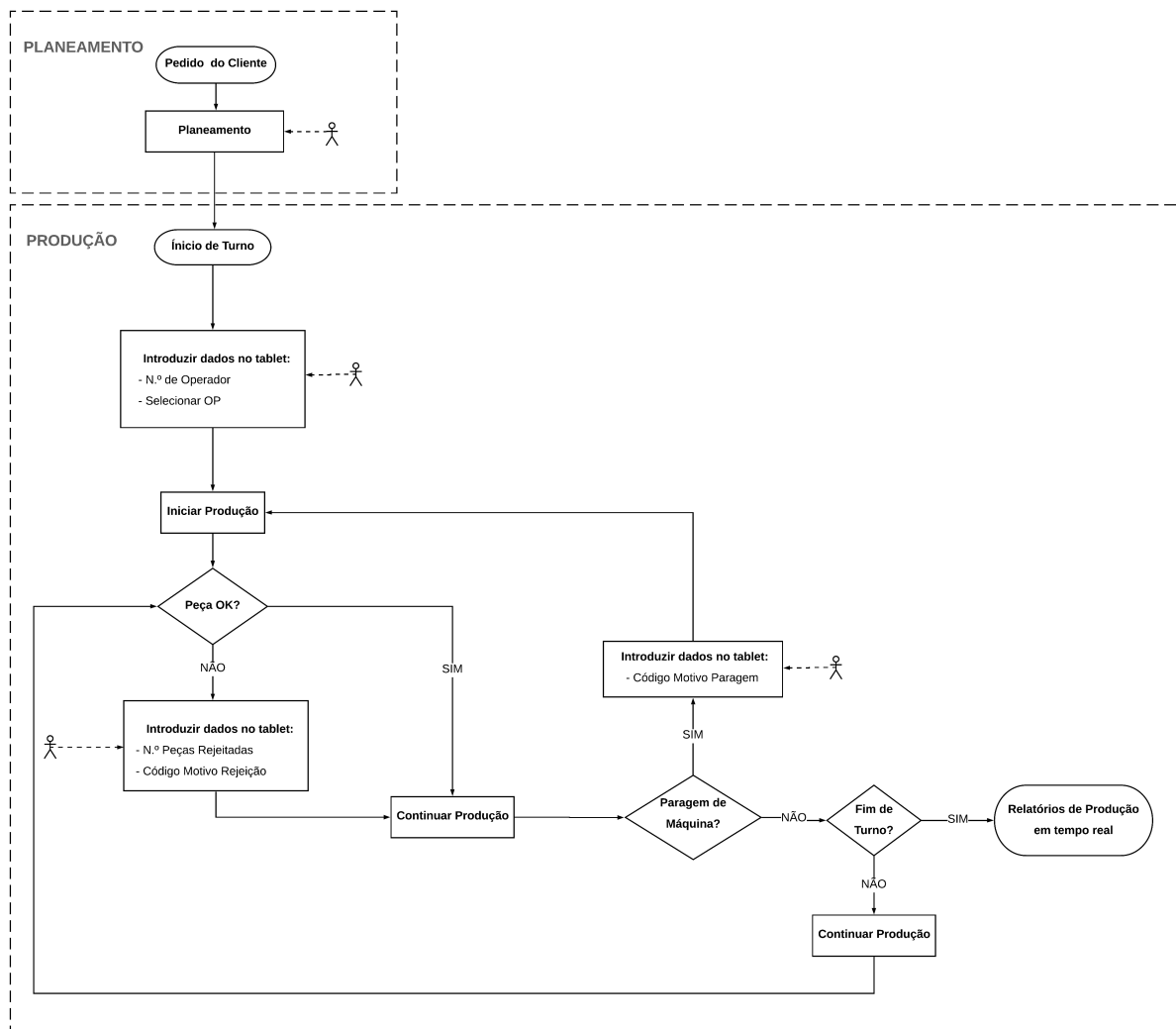


Figura 5. 7 - Fluxograma das ações necessárias desde o pedido de um cliente até à emissão dos relatórios de produção do sistema de controlo de produção digitalizado

Conclusões e Projetos Futuros

6.1 Conclusões

Indústria 4.0 ainda é um tema emergente na literatura e nas aplicações industriais. Pelo que, a disponibilidade de publicações e coerência de informações ainda é baixa quando comparada a outros temas mais maduros na engenharia. O conceito não está claramente definido, contudo as tecnologias abordadas são de grande relevância para a indústria.

A quarta revolução industrial já está em andamento e é crucial que as organizações se adaptem rapidamente à transformação digital de forma a garantir a eficiência dos seus processos e a competitividade do mercado.

No entanto, devido às evoluções constantes que estão a decorrer no sector, esta transformação pode parecer avassaladora para a maioria das organizações.

A digitalização dos dados, em tempo real, é o primeiro passo para a transformação digital. Esta pode ser implementada em todas as áreas corporativas e envolve duas fases principais:

- 1) Converter os documentos existentes em formato digital;
- 2) Criar diretamente os documentos em formato digital e ignorar completamente o papel.

Um gerenciamento de dados 100% digital oferece uma maior eficiência de processamento e menos riscos de perdas, assim como, uma maior transparência de dados.

Através do caso de estudo realizado na Simoldes Plásticos, foi possível compreender melhor alguns conceitos e desafios que poderiam ficar perdidos

numa abordagem mais teórica, o longo do presente documento foram enunciadas as conclusões e validações pertinentes.

Em suma, conclui-se que nesta primeira fase de digitalização do processo de controlo de produção o maior ganho imediato é, tal como esperado, o acesso aos dados em tempo real, a fluidez de troca de informação e consequentemente a rapidez no tempo de resposta para identificação e resolução de problemas.

Além disso, confirma-se que existe uma maior transparência de dados. Tal como, foi possível verificar no capítulo de validações, atualmente, os KPI's da Simoldes calculados através do sistema atual de controlo de produção apresentam desfasamentos entre 1% a 5% quando comparados com os calculados com dados adquiridos através dos sistemas de aquisição de dados testados, mesmo sendo estes provenientes de diferentes empresas.

Logo, conclui-se que só após a digitalização do chão de fábrica e análise, durante alguns meses, dos KPI's é que será possível verificar a situação real da empresa e a origem desses desfasamentos. Assim como, otimizar os parâmetros, por exemplo o tempo de ciclo teórico, para consequentemente gerar um possível ganho de OEE.

Apesar do projeto não estar totalmente implementado no momento em que esta dissertação foi escrita também é possível prever, através de alguns testes realizados, que a digitalização do sistema de controlo de produção irá diminuir o tempo de realização de tarefas por parte dos operadores nas máquinas de injeção, assim como, diminuir o tempo despendido no planeamento da produção e na criação dos relatórios de controlo de produção.

Durante o período de testes dos sistemas piloto SISE e Progrow identificou-se que uma das principais dificuldades da transformação digital é a reticência por parte dos operadores para a utilização de novas tecnologias.

Tal como, referido anteriormente, a implementação de uma *smart factory* não se trata apenas de realizar uma fusão entre IT e tecnologia de produção, é crucial repensar os processos e envolver os funcionários na transformação digital. Será necessário, por parte das instituições, formar e adaptar os seus trabalhadores para ajudá-los a permanecer e incorporarem o novo modelo industrial.

6.2 Projetos Futuros

Tal como referido anteriormente, a dissertação teve como principal objetivo a seleção de um sistema para a digitalização do controlo de produção na Simoldes Plásticos, pelo que, a próxima fase será realizar a implementação do sistema selecionado na fábrica em que o mesmo foi testado, assim como, nas restantes fábricas do grupo Simoldes.

Tendo em conta o caso de estudo abordado, observa-se que várias decisões tomadas no processo de seleção do sistema a implementar tiveram em consideração os próximos passos na digitalização do chão de fábrica, visto que, uma boa digitalização de dados é fulcral para o sucesso no trajeto da transformação digital.

Seguidamente, através de sinais analógicos e do dispositivo IoT ewon, pretendem-se recolher os dados dos periféricos associados às respetivas máquinas de injeção, assim como, controlar automaticamente a luz do andon referente a cada máquina consoante o estado da produção da mesma.

Numa segunda fase, pretende-se digitalizar os dados de processo. Utilizando a mesma aplicação enumerada na opção escolhida para implementação, mas desta vez com uma aquisição de dados através de protocolo de comunicação EuroMap63, pois este permite não só ler dados da máquina de injeção, mas também escrever diretamente na mesma. Desta forma, torna-se possível não só monitorizar os parâmetros de processo em tempo real como corrigir desvios ao standard de forma imediata ou realizar otimizações ao longo do processo de produção. Além disso, pretende-se começar a traçar o caminho da manutenção preventiva e posteriormente preditiva dos equipamentos.

De momento, a prioridade é finalizar a digitalização de todo o controlo produtivo do sector da injeção, obtendo um chão de fábrica com conectividade avançada, que garanta aquisição de dados em tempo real do mundo físico e uma gestão inteligente de dados. Após a conclusão deste processo será possível avançar com a transformação digital dos outros departamentos e posteriormente realizar a integração, horizontal e vertical, de toda a cadeia de valor.

Só nessa altura é que será possível quantificar o real ganho, económico e operacional, da digitalização avançada dos processos.

Referências

- A. Daneels, W. (1999). International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems. *WHAT IS SCADA?* Trieste, Italy.
- A.Koronios, S. &. (2013). Data, Information, Knowledge, Wisdom (DIKW): A Semiotic Theoretical and Empirical Exploration of the Hierarchy and its Quality Dimension. *Australasian Journal of Information Systems*. Obtido de Data, Information, Knowledge, Wisdom (DIKW): A Semiotic Theoretical and Empirical Exploration of the Hierarchy and its Quality Dimension.
- Baotong Chen, J. W. (2017). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges.
- Cefamol. (2019). *Associação Nacional da Indústria de Moldes*. Obtido em Dezembro de 2020, de Indústria Portuguesa de Moldes, Relatório 2019: <https://www.cefamol.pt/>
- Cisco. (2020). *Cisco*. Obtido em Março de 2020, de Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- COPADATA. (s.d.). *COPADATA*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.copadata.com/>
- F.Xia, L. Y. (2012). Internet of Things. *International Journal of Communication Systems Int. J. Commum. Syst.*
- Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. (2006). Romero Tori, Claudio Kirner, Robson Siscouto.
- Gartner. (s.d.). *Gartner Glossary Information Technology*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data>
- GE, A. (s.d.). *GE Additive*. Obtido em Fevereiro de 2020, de What is Additive Manufacturing?: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>
- Hillegersberg, K. &. (2000). ERP EXPERIENCES AND EVOLU-TION." Communications of the ACM.

- Indusmelec. (2017). *Cibersegurança na Indústria 4.0*. Obtido em Fevereiro de 2020, de http://www.indusmelec.pt/newsletter/23/Seguranca_Industria4.pdf
- ISEP, I. S. (2019). DEM Sistemas Avançados de Produção (SIVAP).
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Held, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*.
- Kletti, J. (2007). Manufacturing Execution Systems.
- Lee, J. B.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*.
- M. Hermann, T. P. (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*.
- M. Hermann, T. P. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review.
- Microsoft, A. (2020). *Microsoft Azure*. Obtido em Março de 2020, de <https://azure.microsoft.com/>
- P. Maglio, C. L. (2016). *Journal of Innovation Management JIM*. Obtido em Dezembro de 2019, de Innovation and Big Data in Smart Service Systems: <http://hdl.handle.net/10216/83250>
- Pinto, R. (2012). Tese Injeção e Caracterização do Comportamento Mecânico de Polímeros Termoplásticos Influência da Pressão de Injeção,.
- Rübmann, M. e. (2015). *Rübmann, M. et al., 2015. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. s.l.:The Boston Consulting Group. The Boston Consulting Group*.
- Rees, H. (1995). *Mold Engineering*, Hanser.
- Román, J. L. (2016). Indústria 4.0: la transformación digital de la industria. *Conferência de Directores y Decanos de Ingeniería Informática*. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto.
- Saraiva, P. A. (Setembro de 2016). Projeto de um molde de injeção. *Dissertação Mestrado em Engenharia da Conceção e Desenvolvimento do Produto*.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*.
- Simoldes. (2017). *Simoldes*. Obtido em Dezembro de 2019, de <http://www.simoldes.com/plastics/>
- Strotz, J. M. (1999). *The Second Industrial Revolution, 1870-1914*.

T. Dillon, C. W. (2010). Cloud Computing: Issues and Challenges. *24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*. Perth, WA.

ANEXO 1- Mapeamento geral de um pedido

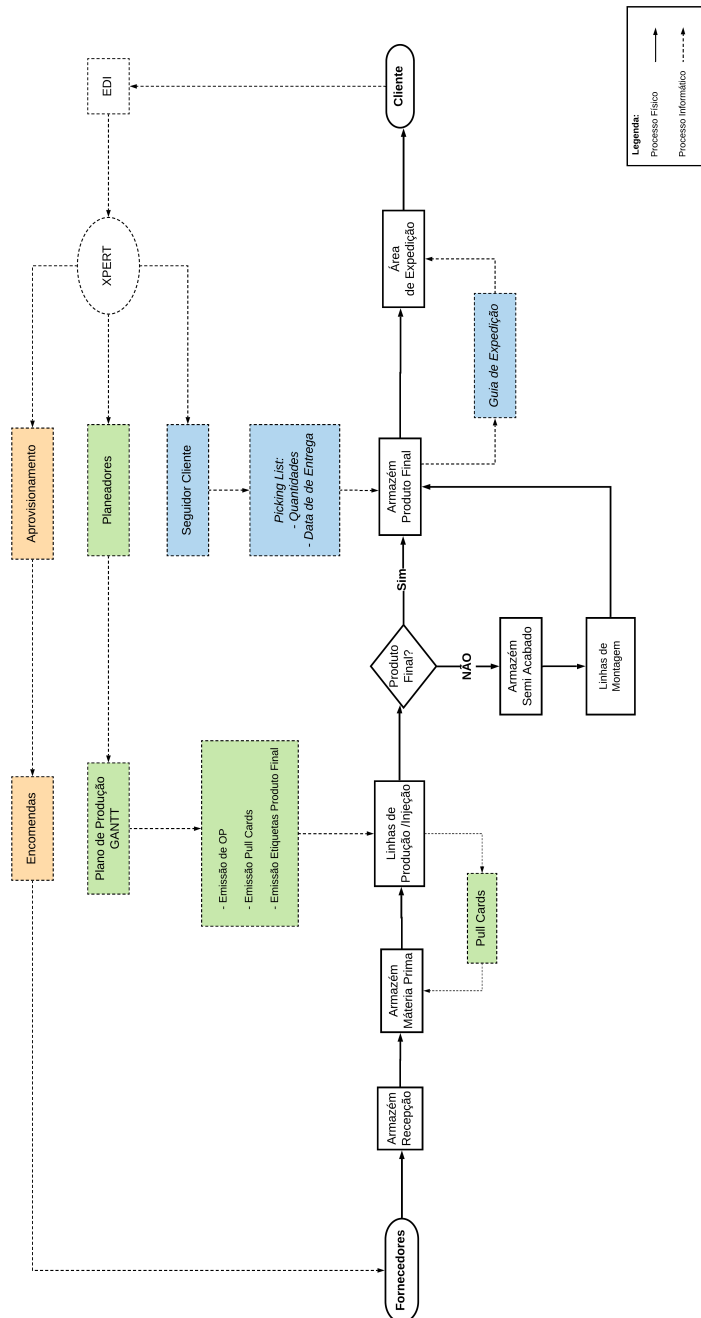


Figura A1. 1 - Mapeamento geral de processos de fluxos físicos e informáticos desde o pedido de um cliente até à sua expedição

ANEXO 2 – Tabela de Códigos

GRUPO Simoldes Plastic Division		TABELA DE CÓDIGOS				
CÓDIGOS DE DEFEITOS						
Arranque Injeção	Injeção	Montagem	Aspecto			
9A Incompletos 9B Queimados 9C Rebarbas 9D Empenos ou Deformações 9E Manchas ou Brilhos 9F Chupados 9G Gorduras 9H Pintas 9I Marcas de Extração/Forçado 9J Raiados 9K União de Material 9L Cor não conforme 9M Bolhas 9N Rugas 9O Tecido Descentrado 9Q Projeções / Migrações 9S Peças de Purga	1A Incompletos 1F Chupados 1J Peças de Extração 1T Marcas fim de lote 2A Sem Gás 2B Paredes Finas 2C Excesso de Gás 2F Infiltração de Gás 2H Falta IMD / IML 2I Impurezas no IMD / IML 2K IMD / IML Descentrada 2L Cor não conforme 2M Peças sem Inserto 2N EPDM Rasgado 3C Sem Tecido 3D Material Migrado 3H Projeção de Tecido 3I Peça sem Corte 3J Excesso de Cola 3L Tecido Rasgado 3M Fios Puxados do Tecido 3O Padrão de tecido NOK 3P Falta Aderência / Adesividade	4A Componentes Trocados 4B Falta Componentes 4C Soldadura não Conforme 4D Marcas Criadas pelo Equipamento 4E Soldadura Descentrada 4F Peça não soldada 4G Montagem Incorreta 4H Plicagem (PY) não Conforme 4K Ruídos 4L Carneira NOK 4M Componente Defeituoso 4N Mau Funcionamento 4O PVC Danificado 4P Rosca Esmagada 4Q Rebitagem não Conforme 4R Perpendicularidade não conforme 4S Torque não conforme 4T Aperto não conforme 4U Filme Proteção Mal Montado	1B Queimados 1E Manchas 1G Riscos 1H Pintas 1I Gorduras 1K Bolhas 1L Raiados 1N União de Material 1P Cor não Conforme 1S Sujidade 1U Brilhos 1V Brilho NOK 2D Rugosidade Superficial 3A Rugas 3F Casa de Laranja 3N Marcas 3Q Textura NOK			
CÓDIGOS DE PARAGENS PRODUÇÃO						
		Produção	Logística			
		1A Afinação 1B Espera Afinação 1C Afinação Equipamento 1D Falta Operador 1E Falta Equipamento (Especificaf) 1F Falta Rendição 1H Limpeza Ferramenta 1I Erro Operação 1K M.P. Mal Estufada 1L Afinação Robot 1M Descarga Peças da Linha 1N Descarga Peças da Cabine 1P Formação Operador 1V Carga Peças da Linha 1W Limpeza Equipamento 1X Formato Encaivado 1Y Adicionar Cola	4A Atraso Fornecimento Embalagem 4B Atraso Fornecimento Componentes 4C Atraso Fornecimento M.P. 4D M.P. Trocada 4E Falta Embalagem em Armazém 4F Falta Componentes em Armazém 4G Falta M.P. em Armazém			
		3A Mudar Ferramenta 3B Afinação Robot/M. Presa 3C Afinação Equipamento 3D Afinação Arranque 3E M.P. Mal Estufada 3F Mudança Não Planificada 3G Ferramenta Não Alocada 3H Limpeza do Fuso 3I Mudar Versão 3J Mudar Cor	6A Avaria Ferramenta 6B Avaria Máquina 6C Avaria Robot 6D Avaria Equipamento 6F Falta Energia			
		1G Ensaio Faturável 2A Máquina sem Carga 2B Fim de Semana 2C Ensaio Interno 6E Manutenção Programada	1G Ensaio Faturável 2A Máquina sem Carga 2B Fim de Semana 2C Ensaio Interno 6E Manutenção Programada			
M026PP06_pt_V1_22.02.2019						

Figura A2.1 – Tabela de códigos de paragens de produção e de defeitos

ANEXO 3 –Requisitos


Codigo Requisito	Descrição do Requisito	Departamento	Prioridade	Observações
1	Possibilidade de solução On-premises	IT	3	
2	Possibilidade de solução Cloud	IT	2	
3	Recolha de dados automático do nosso sistema de informação atual (Xpert, Registo Diário)	IT	3	
4	Recolha de dados automático do nosso sistema de informação futuro (Novo ERP)	IT	3	
5	Centralização dos dados de telemetria das máquinas numa base de dados global - Agregar informação das máquinas todas	IT	3	
6	Interface de reporting global dos dados de telemetria atual e histórica das máquinas - Visão geral do Grupo (agregar fabricas)	IT	3	
7	Capacidade de centralização dos dados recolhidos numa estrutura de big data	IT	3	
8	Recolha de dados de máquina de injeção (c/ protocolo Euromap63)	IT	3	
9	Recolha de dados da máquina de injeção (S/ protocolo de comunicação)	IT	3	
10	Interface (equipamento/software) ao operador para digitalização dos dados do quadro TRS - p.ex tablet	IT	3	
11	Capacidade de exportação automática dos dados TRS para o nosso sistema atual - "Registo diario de produção" - Base SQL Server	IT	3	
12	Dashboard em cada máquina com a informação do TRS e indicadores da máquina	IT	3	
13	Mecanismo de backup da solução implementada - (arquivar a informação por segurança em caso de falha)	IT	2	
14	Capacidade de suporte / assistência à solução implementada - 8h 5Dias/semana	IT	3	
15	Capacidade de suporte / assistência à solução implementada - 24h 7Dias/semana	IT	2	
16	Dashboard com acesso http em browser standard	IT	2	
17	Recolha de dados automático do nosso sistema de planeamento atual - Gantt	IT	3	
18	Matriz de polivalência (competências)	Produção	3	MES
19	Replicar informação do quadro TRS - KPIs e estrutura atual do dashboard	Produção	3	
20	OEE em tempo real / Máq / area / fabrica /Grupo	Produção	3	
21	SMED (é necessário fechar a paragem) - em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Produção	3	
22	Processo de escalamento de problemas	Produção	2	
23	Passagem de informação para os reports de forma automatica (graficos)	Produção	3	
24	Digitalizar documentos A3 (PPMS, Produtividade)	Produção	2	
25	Gantt planeamento c/ ajuste automatico	Produção	1	Add-ons ERP
26	Alerta da parte da manutenção que o molde está pronto	Produção	1	Add-ons ERP
27	Saber o periodo de manutenção para estar indisponível no planeamento e Vs	Produção	1	Add-ons ERP
28	Login de operadores ilimitado (registo N° MOD)	Produção	3	
29	N° codigos de rejeições não limitado	Produção	3	
30	N° codigos de paragens não limitado	Produção	3	
31	Gantt de planeamento em tempo real Vs o teorico planeado	Produção	3	
32	Validação da OP no posto de trabalho (tablet / PC)	Produção	3	
33	N° peças/hora Vs objetivo - em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Produção	3	
34	Relatorio customizado de modulo, turno e eficiencia mensal	Produção	3	
35	Linguas de trabalho disponiveis de acordo com a fabrica de destino (Pt, Eng, Pl, Fr, Cz, Ukr) - no modo tablet deve mudar ao carregar no botão da lingua correspondente	Produção	3	
36	Estatística e análise de dados	Processo	1	Add-ons ERP
37	PDCA associado aos dados que estão a ser monitorizados	Processo	1	
38	Capabilidades (3 KPI a vermelho na pág da Qualidade)	Processo	3	
39	Check-list Arr. Fabrico, SMED, 5s....	Processo	3	
40	Comunicar em 2 vias (carregar parametros, alterar parametros - E63)	Processo	3	
41	Ligação ao Andon	Processo	3	
42	Validação / Arranque da OP inserção do numero da etiqueta de inicio e de fim para fecho (imagem 4.1.1)	Processo	3	
43	Poder ser integrado em equipamentos de deteção ou linhas de montagem	Processo	3	
44	PPM's em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Qualidade	3	
45	Decomposição de PPM's em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Qualidade	3	
46	Informação sobre reclamações (portal LUP - p/ molde - 1mês) - foto - data - molde - cliente	Qualidade	2	MES
47	Documentação posto de trabalho GF, GQ, GE (pastas)	Qualidade	2	MES
48	Informação sobre actualização documentação	Qualidade	2	MES
49	Ishikawa diagram	Qualidade	1	Add-ons ERP
50	Alerta da formação do operador	Qualidade	1	MES
51	Tempo de injeção (velocidade e pressão)	Qualidade	2	se c/ Euromap63
52	Tempo de atrefecimento	Qualidade	2	se c/ Euromap63
53	Almofada	Qualidade	3	
54	Valor da comutação (ponto onde para a injeção e começa a fazer a 2ª pressão)	Qualidade	2	se c/ Euromap63
55	Temperaturas fuso (entre 6 a 10) e molde	Qualidade	2	se c/ Euromap63
56	Tempo de ciclo	Qualidade	3	
57	Curso de plastificação	Qualidade	3	
58	Tempo de plastificação	Qualidade	2	se c/ Euromap63
59	Força de fecho da máquina	Qualidade	2	se c/ Euromap63
60	Peso todas as peças (balança)	Qualidade	3	
61	Pressão de injeção	Qualidade	3	
62	Paragens - em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Manutenção	3	
63	Decomposição de paragens - em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Manutenção	3	
64	Tempo de intervenção - em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Manutenção	3	
65	Numero de avarias - em grafico/tabela por molde/máquina/fabrica/Grupo	Manutenção	3	
66	Alerta molde p/ manutenção no fim da produção	Manutenção	1	
67	Graficos % paragem / codigo avaria - à hora - relatorio turno e dia - customizado (imagem 8)	Manutenção	3	
68	Graficos horas Top 3 Paragens (molde / máq.) / codigo avaria - à hora - relatorio turno e dia - customizado (imagem 8)	Manutenção	3	
69	Pull em automático	Logística	2	MES
70	Imprimir etiquetas cliente à saída de máq.	Logística	3	
71	Paletes heterogeneas - instrução de trabalho	Logística	2	

Figura A3. 1- Tabela de requisitos do sistema de aquisição de dados a implementar para a digitalização do processo de controlo de produção




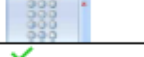

ANEXO 4 - SISE

INSTRUÇÃO DE TRABALHO SISE


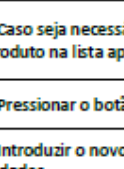

MENU VISÃO LAYOUT GERAL

ESTADO DA MÁQUINA	INFORMAÇÕES GERAIS	BOTÕES DE ACÇÃO
	<p>OFD123456789012 ①</p> <p>50 % ②</p> <p>17,22 h ③</p> <p>0225 ④</p> <p>92,02 % ⑤</p> <p>25 % ⑥</p> <p>1,25 % ⑦</p> <p>68,29 % ⑧</p>	<p>1-Ref. OF actual</p> <p>2-Progresso na OF actual</p> <p>3-Tempo restante, em horas</p> <p>4-Código de Operador</p> <p>5-Eficiência</p> <p>6-Taxa de Cavidades Bloqueadas</p> <p>7-Taxa de Rejeição</p> <p>8-OEE</p>


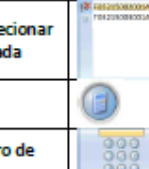



REALIZAR O LOG ON

1 – Pressionar o Botão de LogOn	
2 – Escolher a opção de LogOn	
3 – Pressionar o botão	
4 – Introduzir o código de operador	
5 – Confirmar	
Todos os operadores devem fazer LogOn no início do turno (Máximo 5 Operadores)	






INTRODUZIR PARAGEM

1 – Pressionar o Botão de Paragem	
2 – Selecionar a causa da Paragem na lista apresentada	
3 – Confirmar	


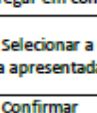
INTRODUZIR REJEIÇÃO

1 – Pressionar o Botão de Rejeições	
2 – Selecionar o produto na lista apresentada	
3 – Selecionar a causa da rejeição	
4 – Introduzir o número de peças	
5 – Confirmar	

ALTERAR NÚMERO DE CAVIDADES

1 – Pressionar o Botão para alteração de cavidades	
2 – Caso seja necessário seleccionar o produto na lista apresentada	
3 – Pressionar o botão	
4 – Introduzir o novo número de cavidades	
5 – Confirmar	

CHAMAR SUPERVISÃO

1 – Pressionar o Botão para chamar assistência	
2 – Confirmar	

TERMINAR OU SUSPENDER UMA OF


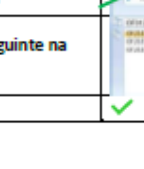
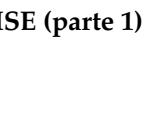


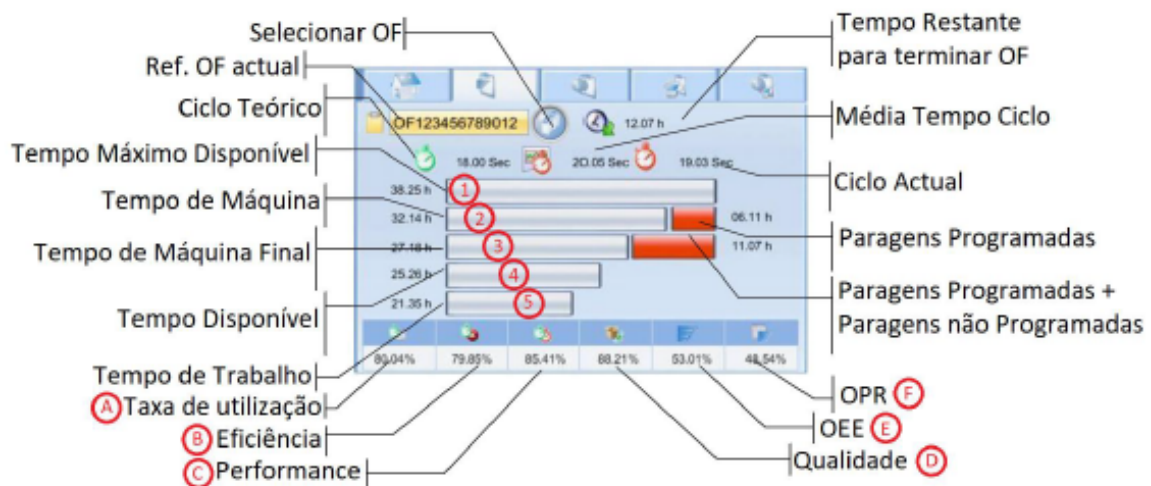
1 – Pressionar o Botão para terminar ou suspender OF	
2 – Escolher terminar ou suspender a OF	
3- Caso existam produtos em falta mas pretende terminar a OF carregar em confirmar	
4 – Selecionar a OF seguinte na lista apresentada	
5 – Confirmar	

Figura A4. 1- Instrução de trabalho SISE (parte 1)

VOLTAR AO MENU PRINCIPAL	HISTORICO UTILIZADORES												
INFORMAÇÕES OF <table border="1"> <tr> <td></td> <td>SPR Screen Informação sobre o tempo e a taxa de produção</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Informações gerais sobre a OF</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Product Quantities Screen Quantidade de Produtos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Informações gerais sobre os produtos da OF</td> </tr> </table>		SPR Screen Informação sobre o tempo e a taxa de produção		Informações gerais sobre a OF		Product Quantities Screen Quantidade de Produtos		Informações gerais sobre os produtos da OF	ECRÃ SPC <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Gráfico de Médias</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Desvio Padrão</td> </tr> </table>		Gráfico de Médias		Desvio Padrão
	SPR Screen Informação sobre o tempo e a taxa de produção												
	Informações gerais sobre a OF												
	Product Quantities Screen Quantidade de Produtos												
	Informações gerais sobre os produtos da OF												
	Gráfico de Médias												
	Desvio Padrão												
INFORMAÇÕES PARAGENS <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Detalhes sobre as Paragens Exibe as paragens por causa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Exibe gráfico de frequência das causas de paragem</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Exibe histórico de paragens por ordem cronológica</td> </tr> </table>		Detalhes sobre as Paragens Exibe as paragens por causa		Exibe gráfico de frequência das causas de paragem		Exibe histórico de paragens por ordem cronológica	CONFIGURAÇÃO TERMINAL <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Definições configuração do terminal</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Teste terminal (Teste Input/Output, Teste comunicação de rede)</td> </tr> </table>		Definições configuração do terminal		Teste terminal (Teste Input/Output, Teste comunicação de rede)		
	Detalhes sobre as Paragens Exibe as paragens por causa												
	Exibe gráfico de frequência das causas de paragem												
	Exibe histórico de paragens por ordem cronológica												
	Definições configuração do terminal												
	Teste terminal (Teste Input/Output, Teste comunicação de rede)												
INFORMAÇÕES REJEIÇÕES <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Detalhes sobre as Rejeições Exibe as rejeições por causa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Exibe gráfico de frequência das causas de rejeições</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Exibe histórico de rejeições por ordem cronológica</td> </tr> </table>		Detalhes sobre as Rejeições Exibe as rejeições por causa		Exibe gráfico de frequência das causas de rejeições		Exibe histórico de rejeições por ordem cronológica							
	Detalhes sobre as Rejeições Exibe as rejeições por causa												
	Exibe gráfico de frequência das causas de rejeições												
	Exibe histórico de rejeições por ordem cronológica												

SPR SCREEN



$$A = \frac{2}{1}$$

$$B = \frac{3}{2}$$

$$C = \frac{4}{3}$$

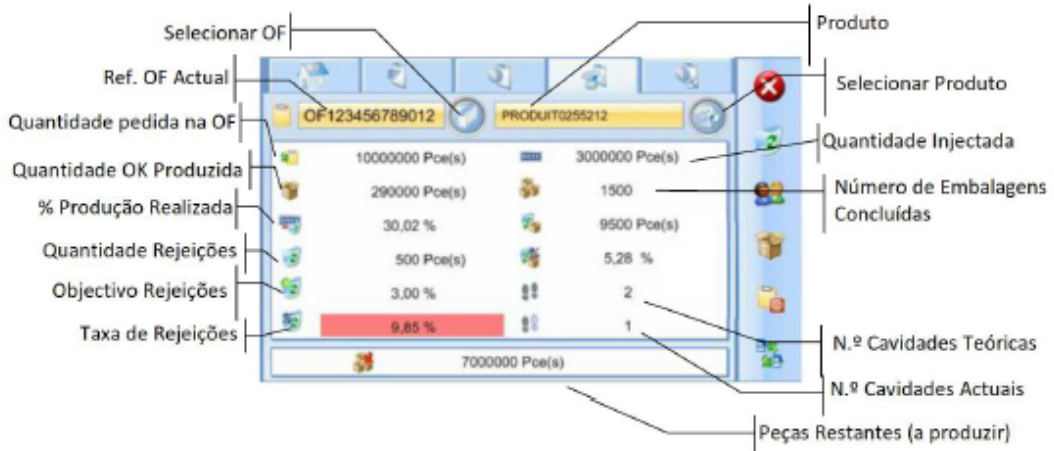
$$D = \frac{5}{4}$$

$$E = \frac{5}{2}$$

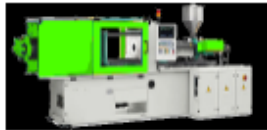
$$F = \frac{5}{1}$$

Figura A4. 2 - Instrução de trabalho SISE (parte 2)

PRODUCT QUANTITIES SCREEN



MÁQUINA VISÃO LAYOUT GERAL

	Estado	Cor
	Normal	Verde
	Abaixo do rendimento	Laranja
	Acima do rendimento	Azul
	Não está em funcionamento	Cinzento
	Sob carga	Cinzento
	Manutenção	Amarelo Claro
	Paragem	Vermelho
	Paragem com contagem	Azul Ciano
	Falha de Diálogo	Branco

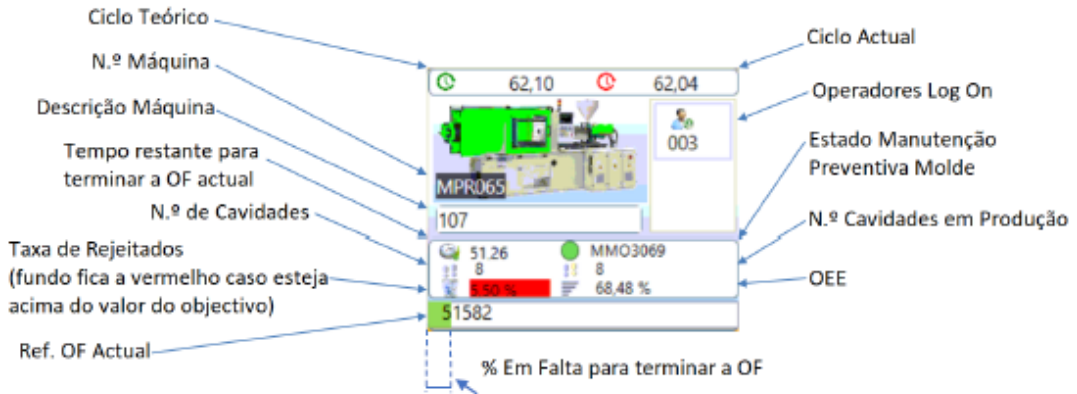


Figura A4. 3 Instrução de trabalho SISE (parte 3)

LISTA DE CÓDIGOS DE PARAGENS

Nº	Categoria Paragem	Validação Teórica	Tipo Paragem	Categoria de paragem	Subcategoria	ISO Imputável	Atribuição (PAC)	Atribuição TRG	Cor
-1	Paragem	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Preto
0	1A Afição	Sim	Especial + contagem	Tempo funcionamento		0	Sim		Ciano
1	1B Espera Afinação	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
2	1D Falta Operador	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
3	1E Falta Equipamento	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
4	1H Limpeza Ferramenta	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo paragem funcional	0	Sim		Verde
5	1I Erro Operação	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
6	1K M.J. Mal Estalada	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
7	1O Avaria Equipment	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
8	4A Atraso Fornecimen	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
9	4B Atraso Fornecimen	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
10	4C Atraso Fornecimen	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
11	5A Paragem Qualidade	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
12	5B Validação de ARIA	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
13	3A Mudar Ferramenta	Sim	Especial + contagem	Tempo funcionamento		0	Sim		Ciano
14	3B Afição Robot/M	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
15	3C Afição Equipame	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
16	3D Afição Arranque	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
17	3F Mudança Não Plant	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
18	3G Ferramenta Não Al	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
19	3H Limpeza do Fuso	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
20	3I Mudar Versão	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
21	3J Mudar Cor	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
22	6A Avaria Ferramenta	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo avaria	0	Sim		Verde
23	6B Avaria Máquina	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo avaria	0	Sim		Verde
24	6C Avaria Robot	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
25	6F Falta Energia	Sim	Normal	Tempo de paragem limpa	tempo explotación	0	Sim		Verde
26	1G Erroo Fatuável	Sim	Normal	Tempo indisponível		0	Não		Vermelho
27	2A Máquina sem Carga	Sim	Normal	Tempo indisponível		0	Não		Vermelho
28	2B Fim de Semána	Sim	Normal	Tempo indisponível		0	Não		Vermelho
29	6E Manutenção Progra	Sim	Normal	Tempo indisponível		0	Não		Vermelho

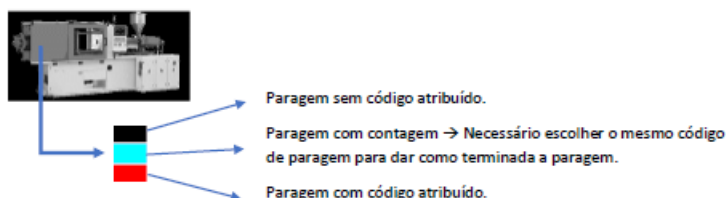


Figura A4. 4 Instrução de trabalho SISE (parte 4)

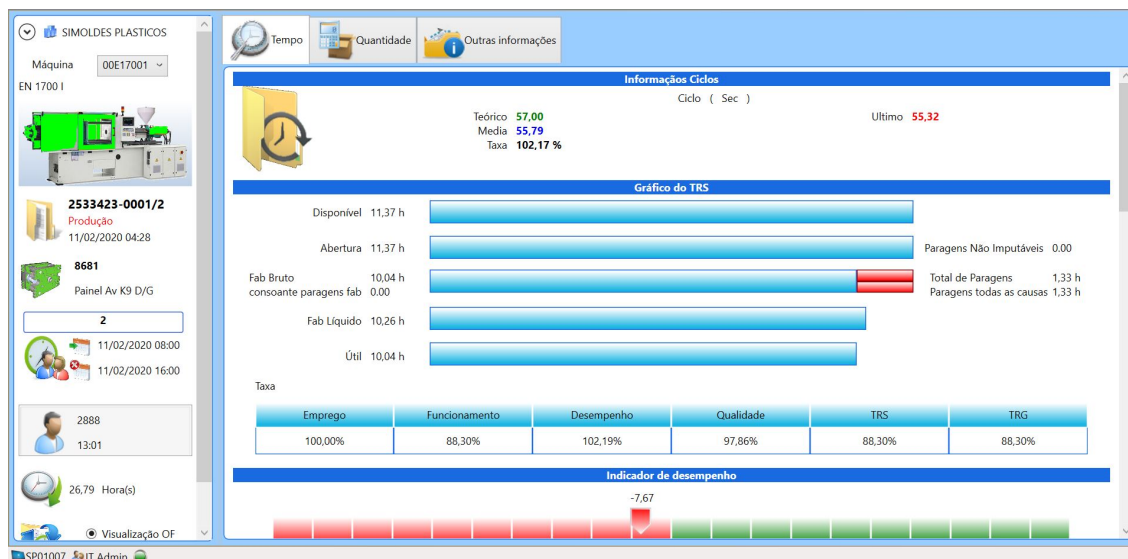


Figura A4. 5 - Janela de visualização Cyclades de dados em tempo real referentes a uma máquina de injeção

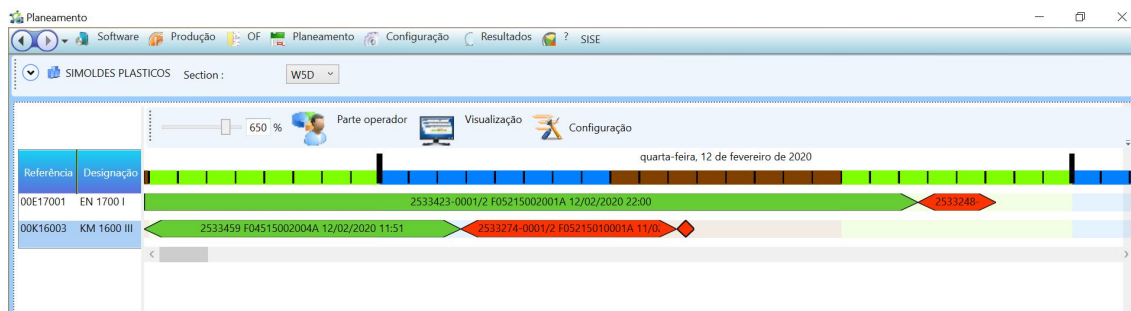


Figura A4. 6 - Janela de visualização Cyclades do menu de planeamento

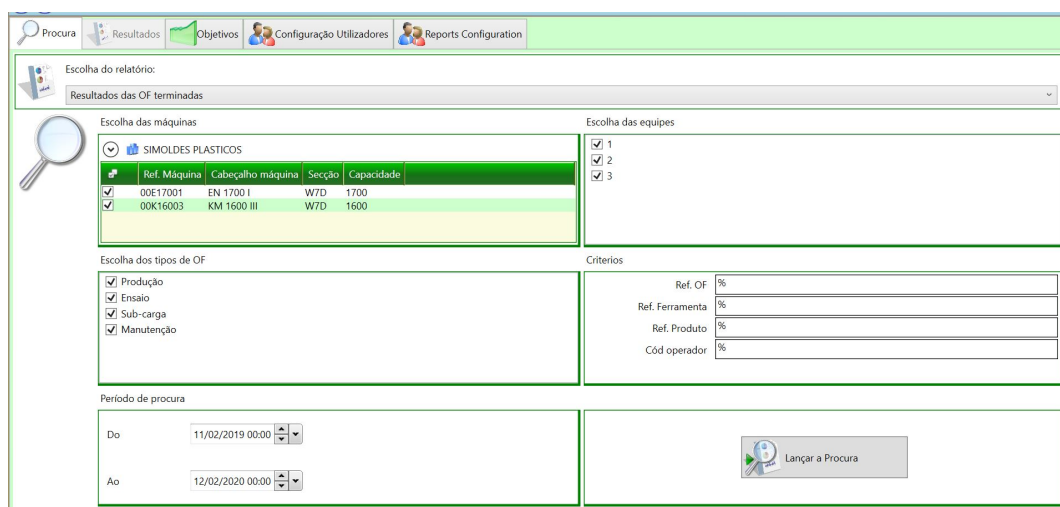


Figura A4. 7- Janela de visualização Cyclades do menu para emissão de relatórios de produção

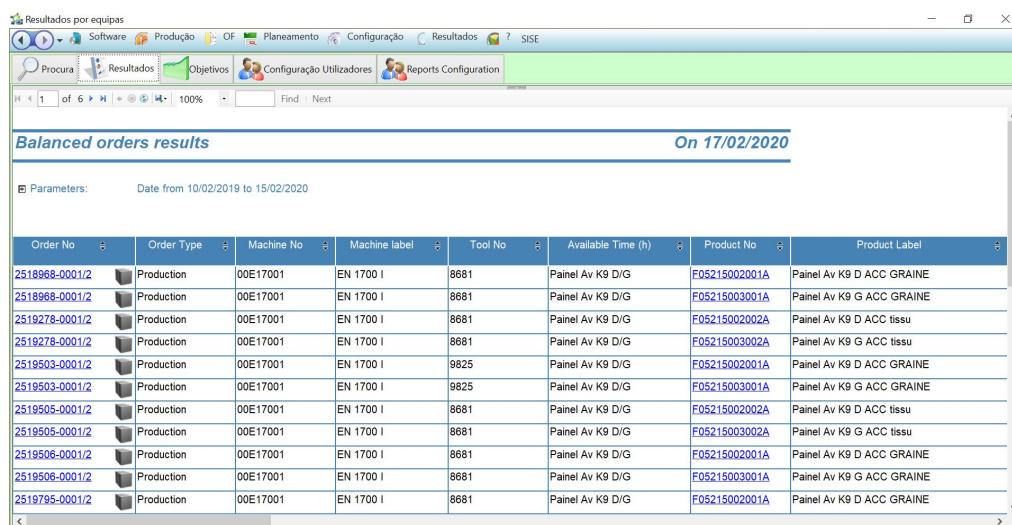


Figura A4. 8 – Exemplo relatório de produção gerado no Cyclades, referente à produção de uma máquina de injeção

ANEXO 5- PROGROW

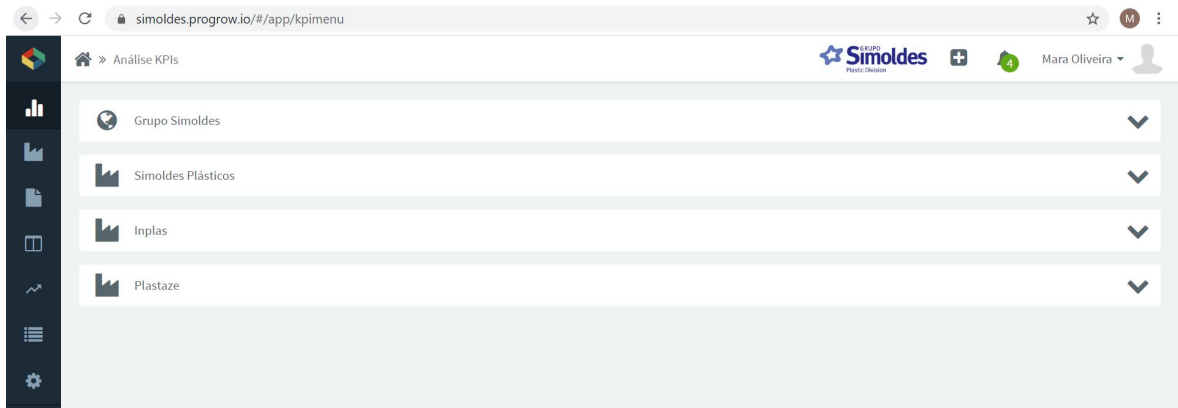


Figura A5. 1- Janela de visualização ProGrow do menu “Análise de KPI’s”, filtro por fábrica

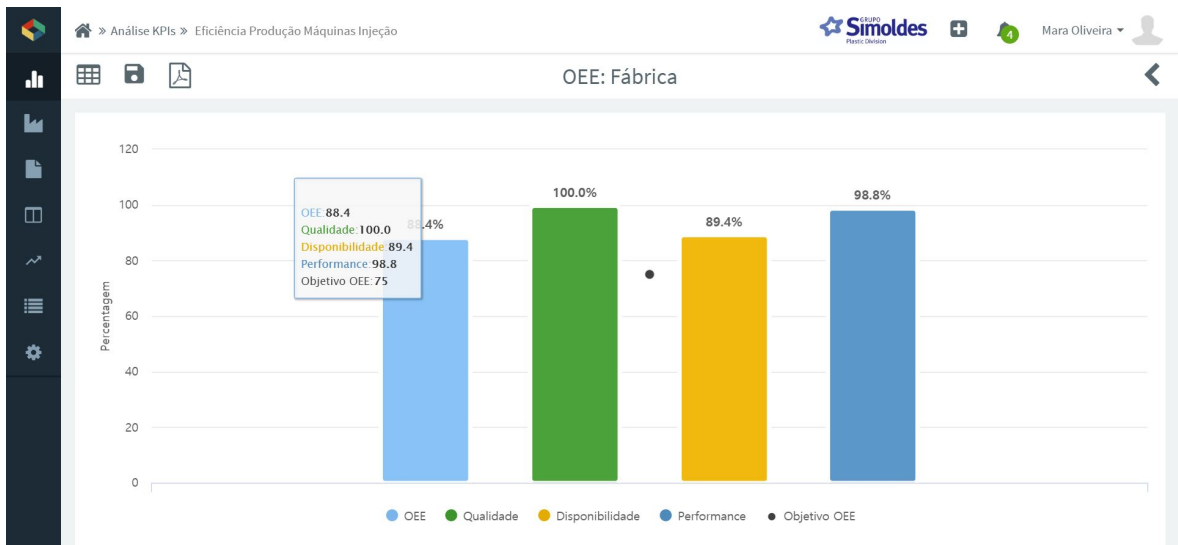


Figura A5. 2 – Exemplo relatório de produção gerado no ProGrow, em formato de gráfico, referente à eficiência de produção de uma fábrica

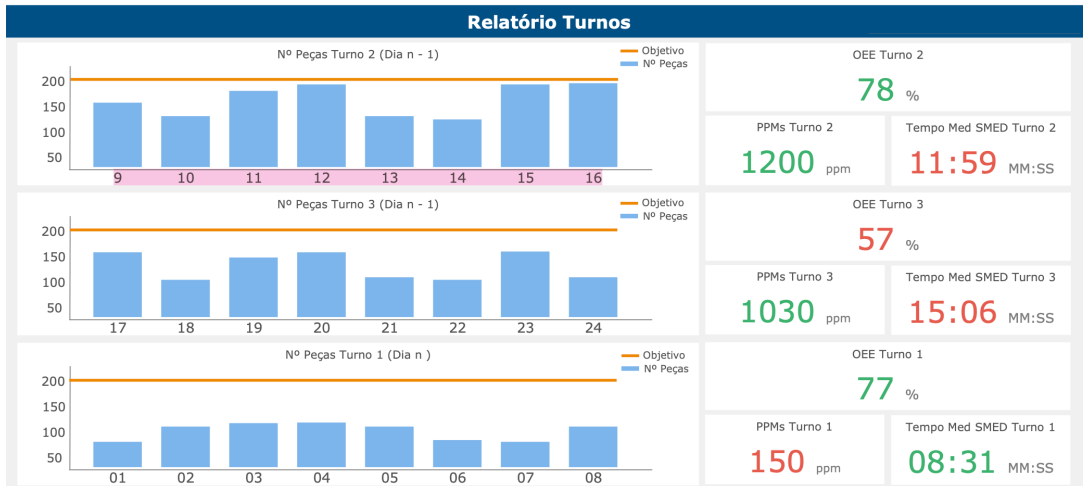


Figura A5. 3 - Exemplo relatório de produção gerado no ProGrow, em formato de gráfico, referente à produção diária de uma máquina de injeção

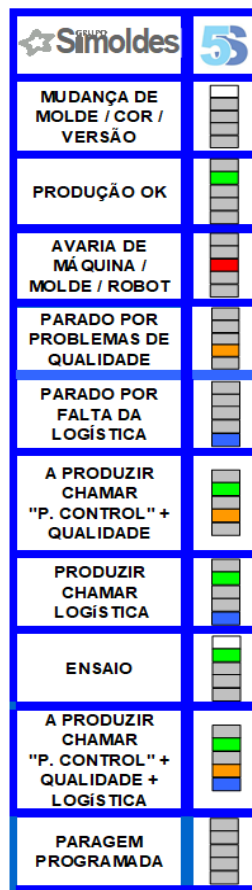


Figura A5. 4 - Código de cores

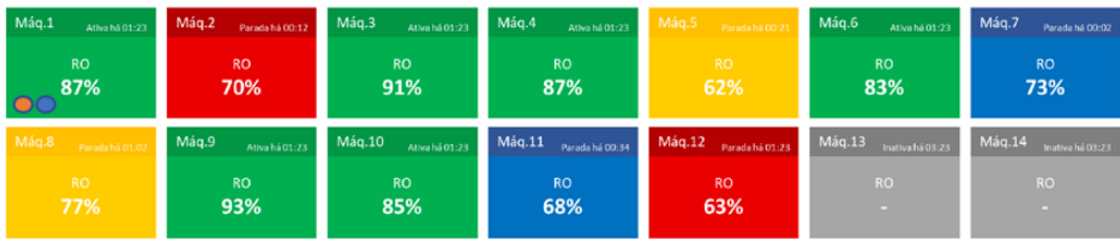


Figura A5. 5 – Exemplo interface do módulo de chão de fábrica

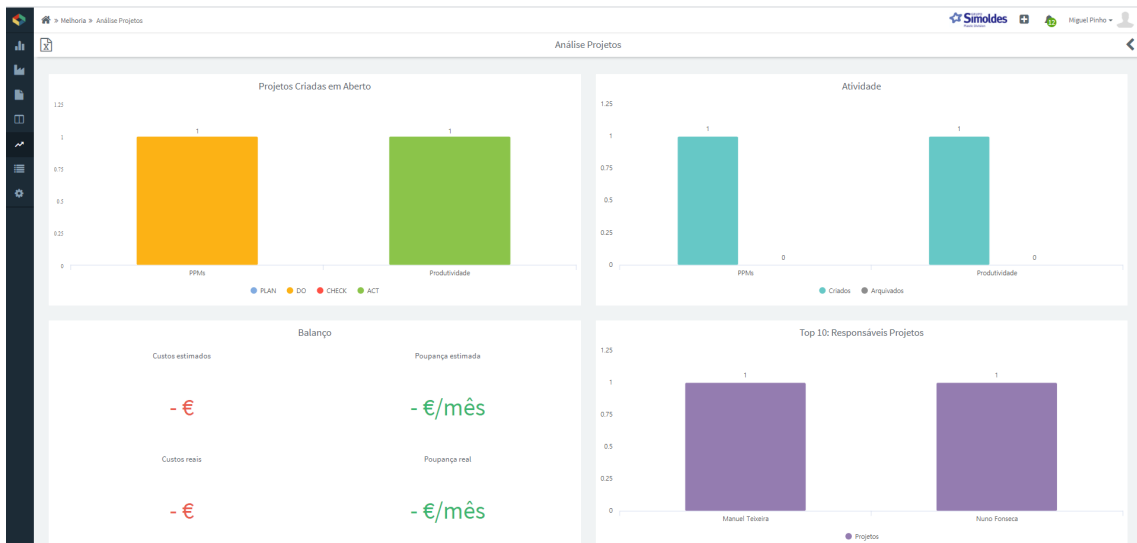


Figura A5. 6 -Exemplo interface do separador de melhoria continua, Análise de Projetos



Figura A5. 7 - Exemplo interface do separador de melhoria continua, Produtividade de Projetos

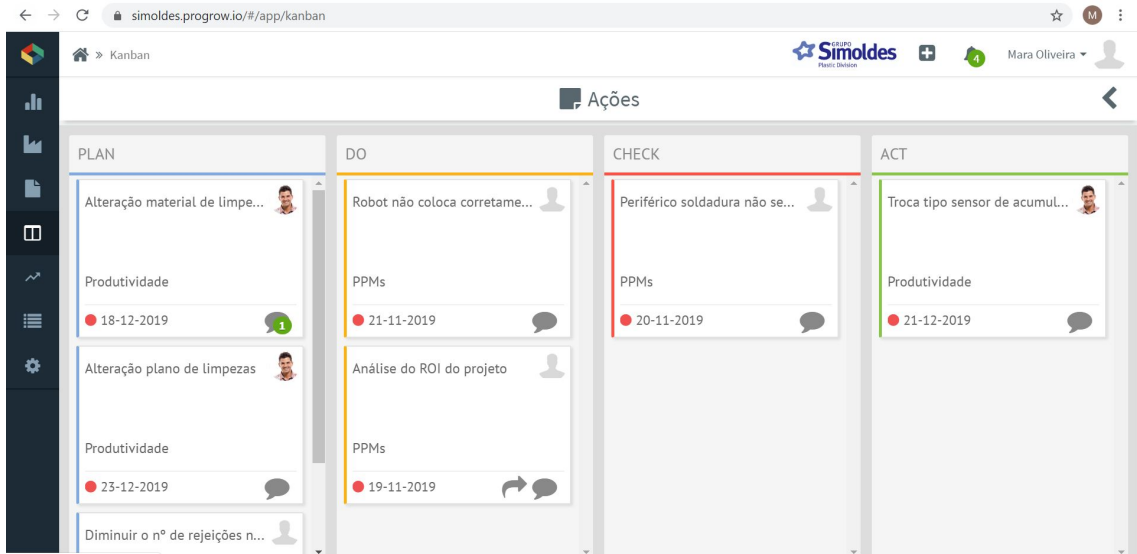


Figura A5. 8- Exemplo interface do separador Kanban

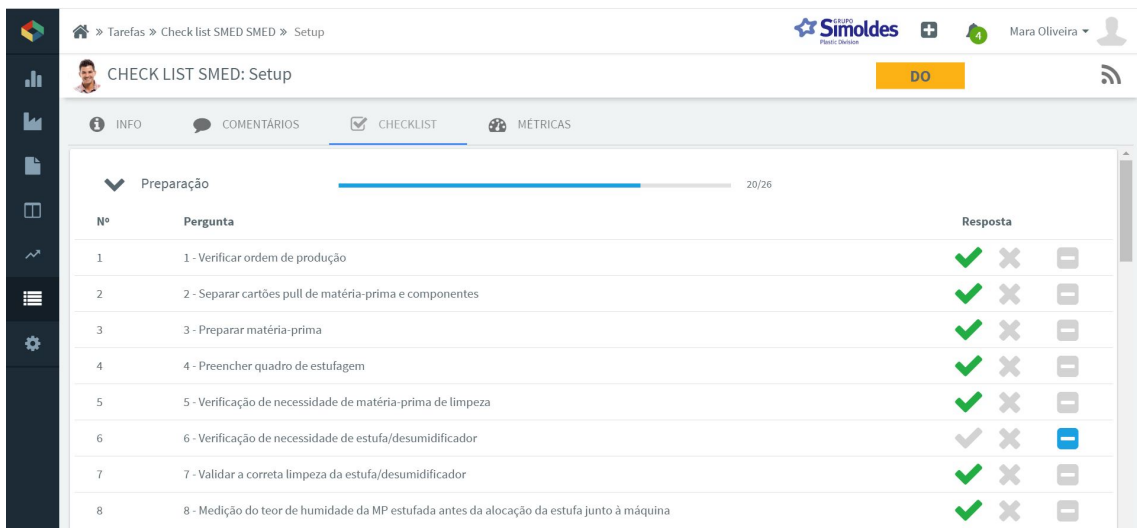


Figura A5. 9- Exemplo interface do separador Tarefas

ANEXO 6 – Gráficos Validações

SISE

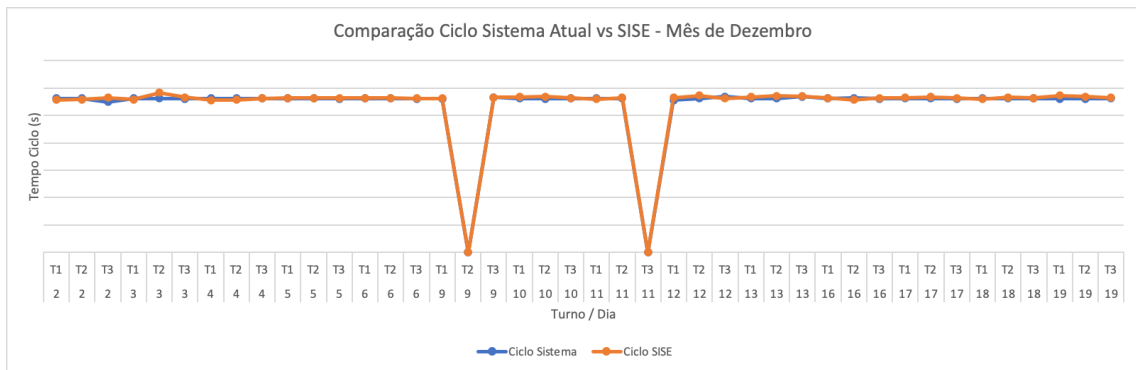


Figura A6. 1 - Comparação ciclo real, sistema atual vs SISE – Mês de Dezembro

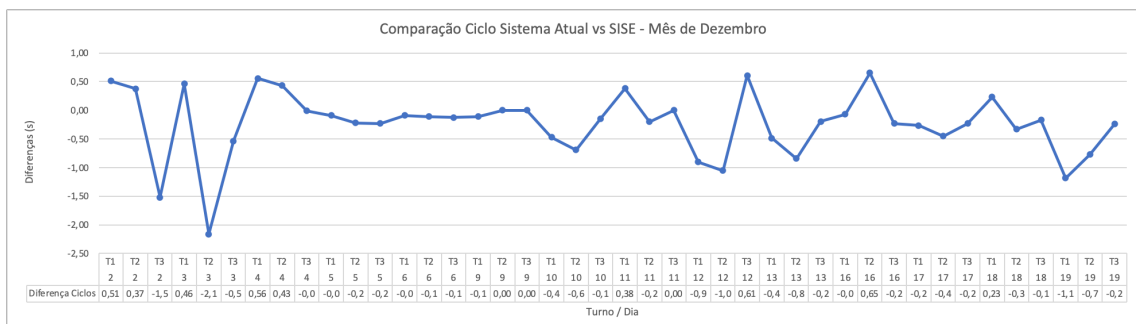


Figura A6. 2 – Diferenças comparação ciclo real, sistema atual vs SISE Mês de Dezembro

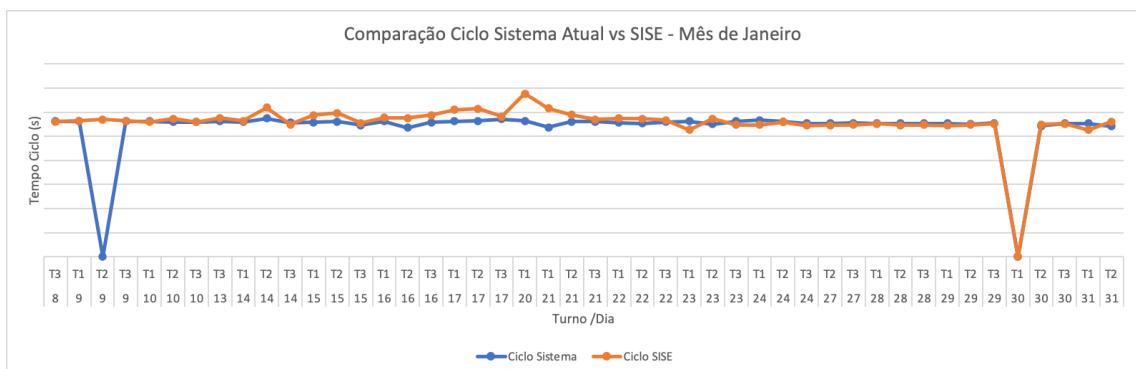


Figura A6. 3 - Comparação ciclo real, sistema atual vs SISE – Mês de Janeiro

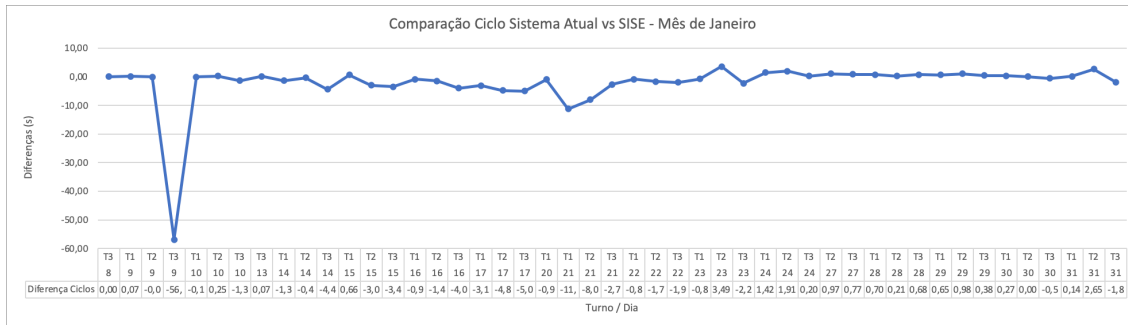


Figura A6. 4 - Diferenças comparação ciclo real, sistema atual vs SISE Mês de Janeiro

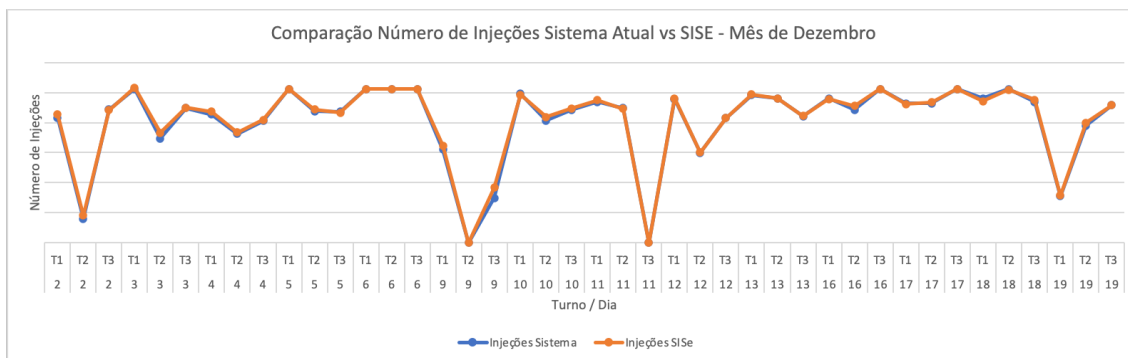


Figura A6. 5 - Comparação número de injeções, sistema atual vs SISE – Mês de Dezembro

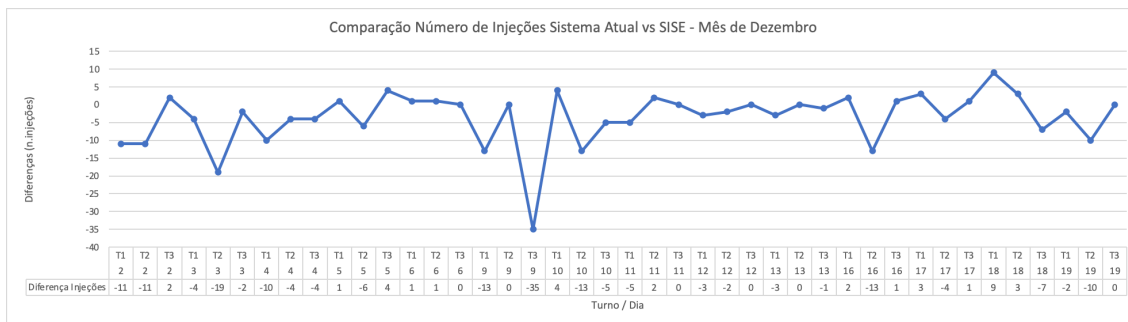


Figura A6. 6 - Diferenças comparação número de injeções, sistema atual vs SISE – Mês de Dezembro

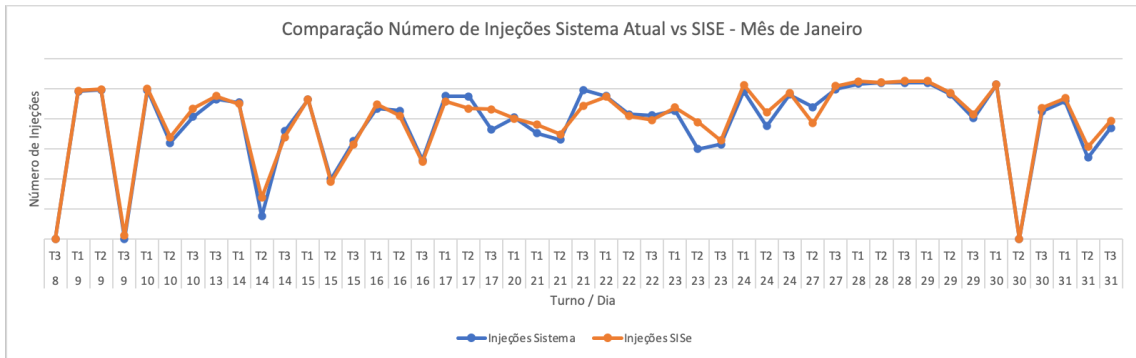


Figura A6. 7 - Comparação número de injeções, sistema atual vs SISE – Mês de Janeiro

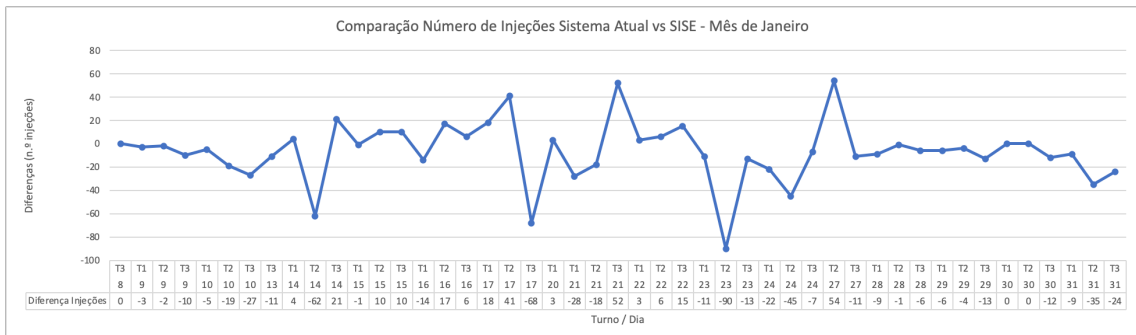


Figura A6. 8 - Diferenças comparação número de injeções, sistema atual vs SISE – Mês de Janeiro

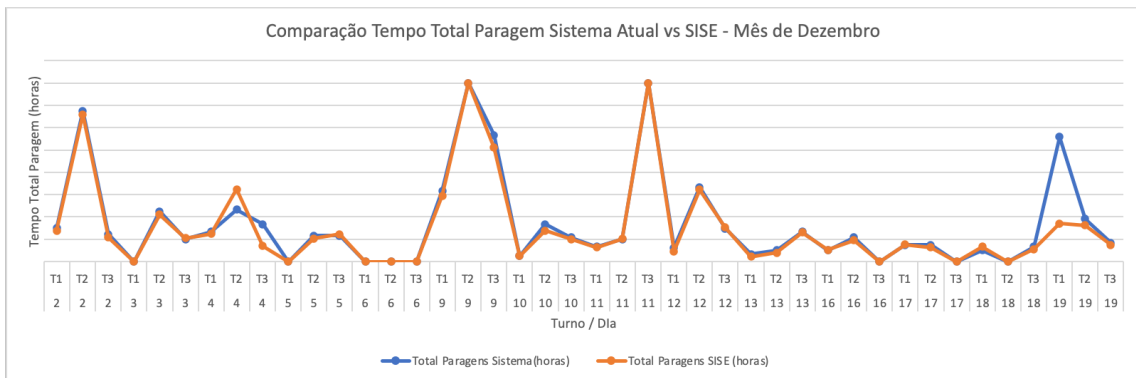


Figura A6. 9 - Comparação tempo total de paragem, sistema atual vs SISE – Mês de Dezembro

ProGrow

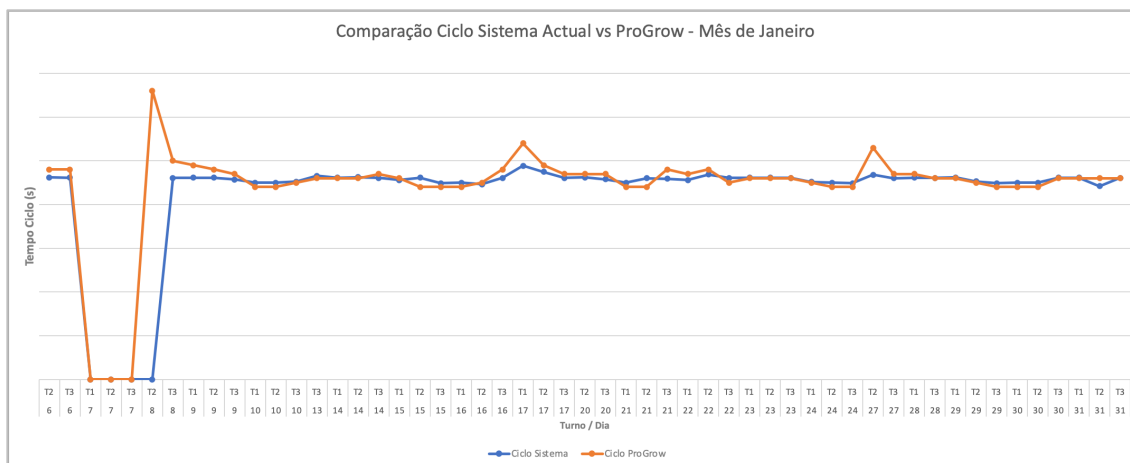


Figura A6. 13 - Comparação ciclo real, sistema atual vs ProGrow – Mês de Janeiro

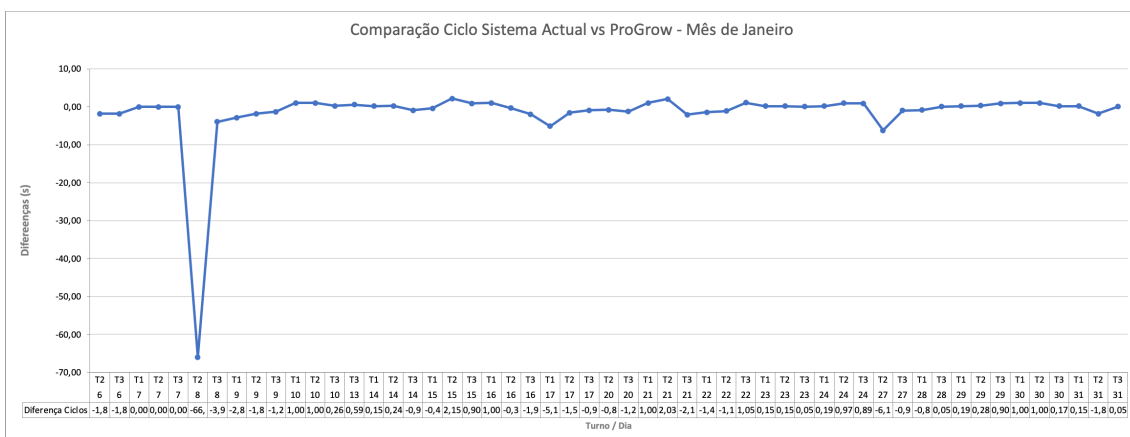


Figura A6. 14 - Diferenças comparação ciclo real, sistema atual vs ProGrow – Mês de Janeiro

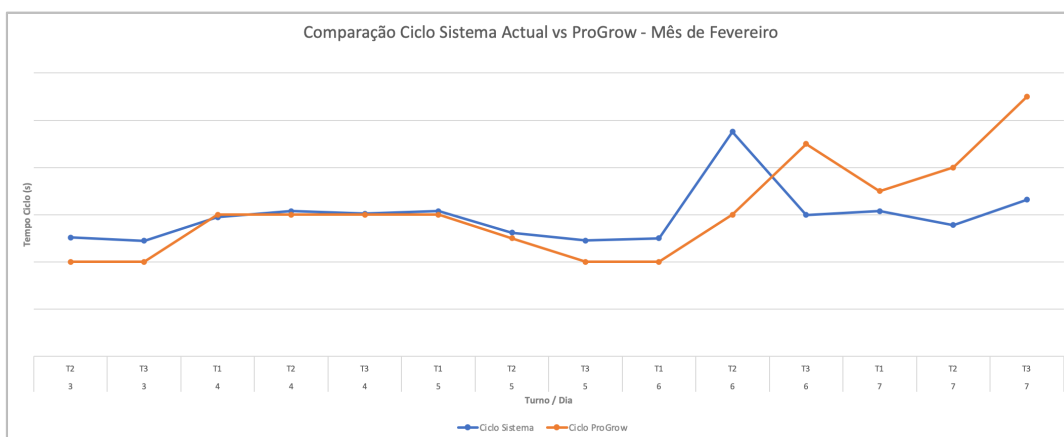


Figura A6. 15 - Comparação ciclo real, sistema atual vs ProGrow – Mês de Fevereiro

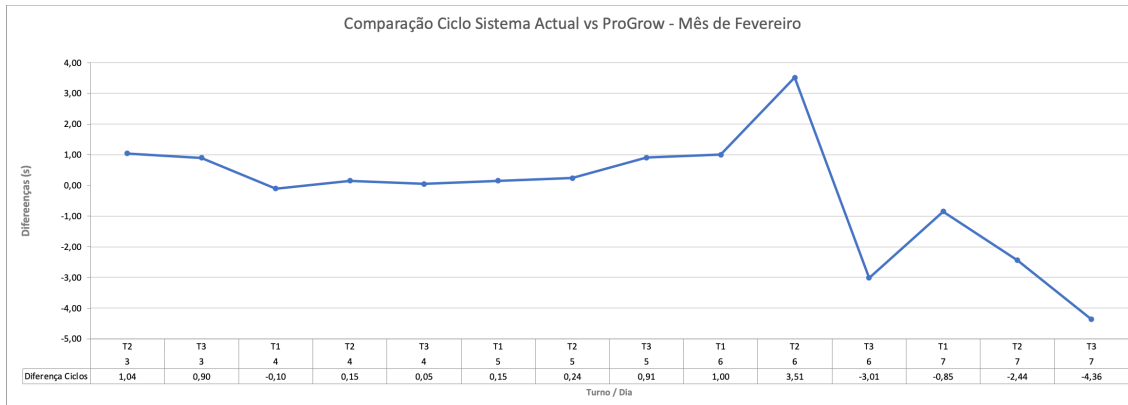


Figura A6. 16 - Diferenças comparação ciclo real, sistema atual vs ProGrow – Mês de Fevereiro

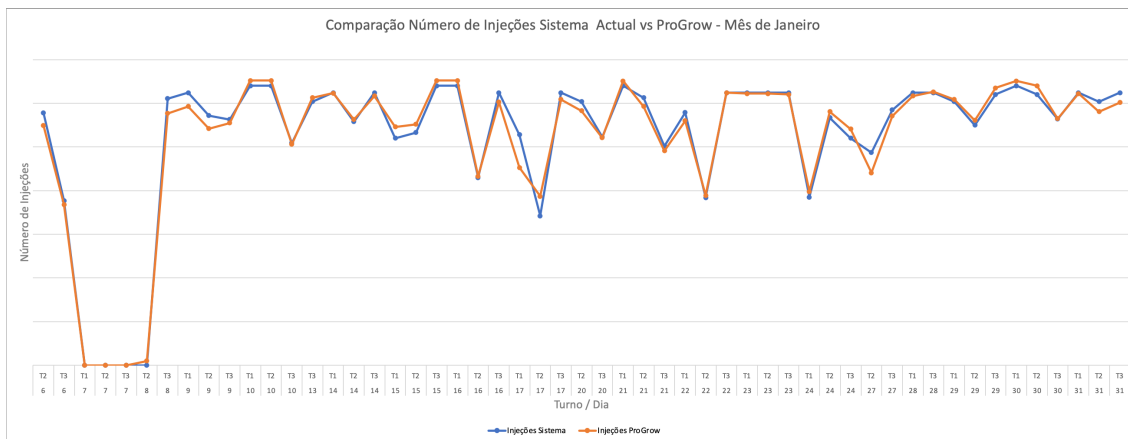


Figura A6. 17 - Comparação número de injeções, sistema atual vs ProGrow – Mês de Janeiro

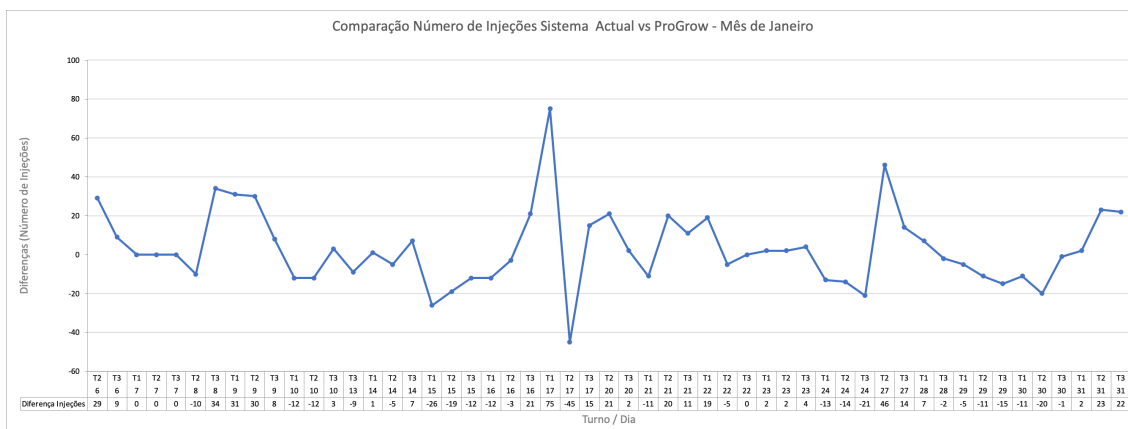


Figura A6. 18 - Diferenças comparação número de injeções, sistema atual vs ProGrow – Mês de Janeiro

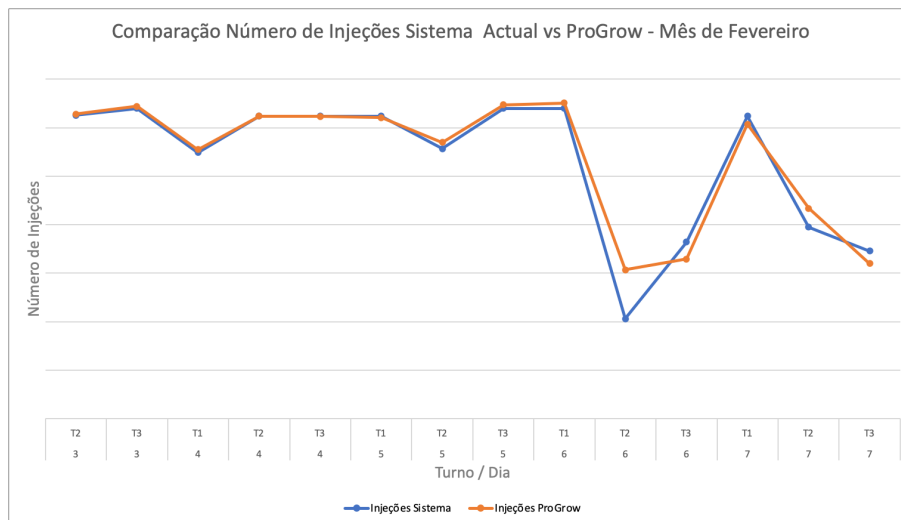


Figura A6. 19 - Comparação número de injeções, sistema atual vs ProGrow – Mês de Fevereiro

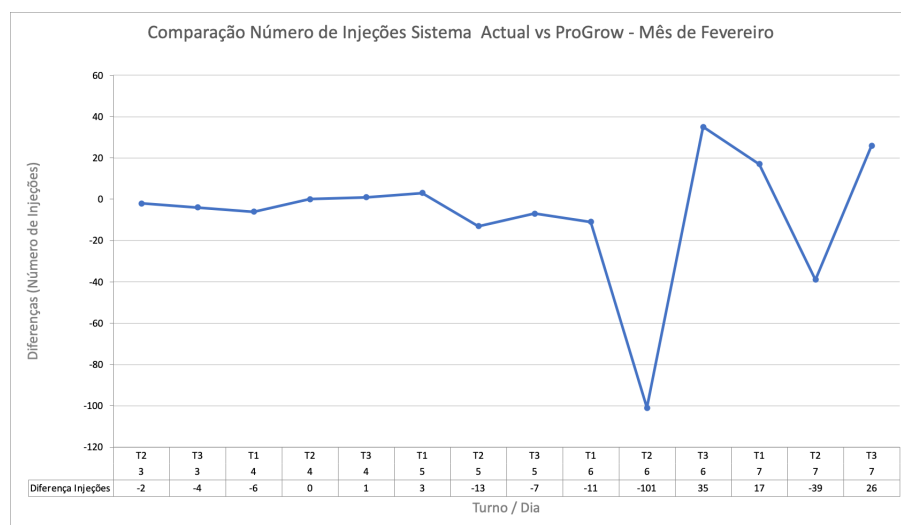


Figura A6. 20 - Diferenças comparação número de injeções, sistema atual vs ProGrow – Mês de Fevereiro

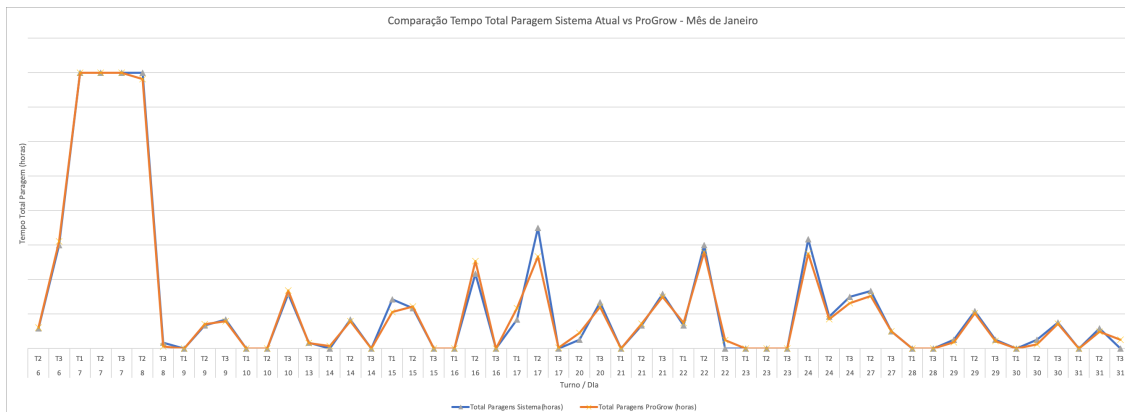


Figura A6. 21 - Comparação tempo total de paragem, sistema atual vs ProGrow – Mês de Janeiro

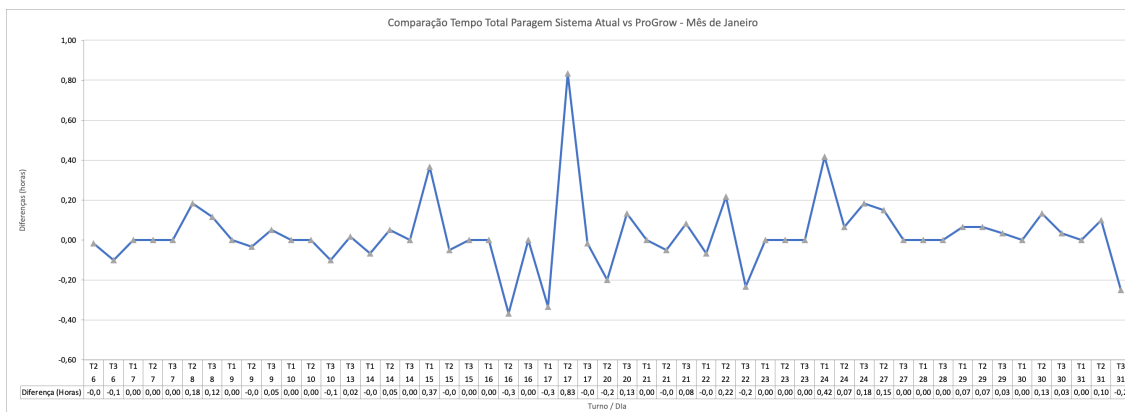


Figura A6. 22 – Diferenças comparação tempo total de paragem, sistema atual vs ProGrow – Mês de Janeiro

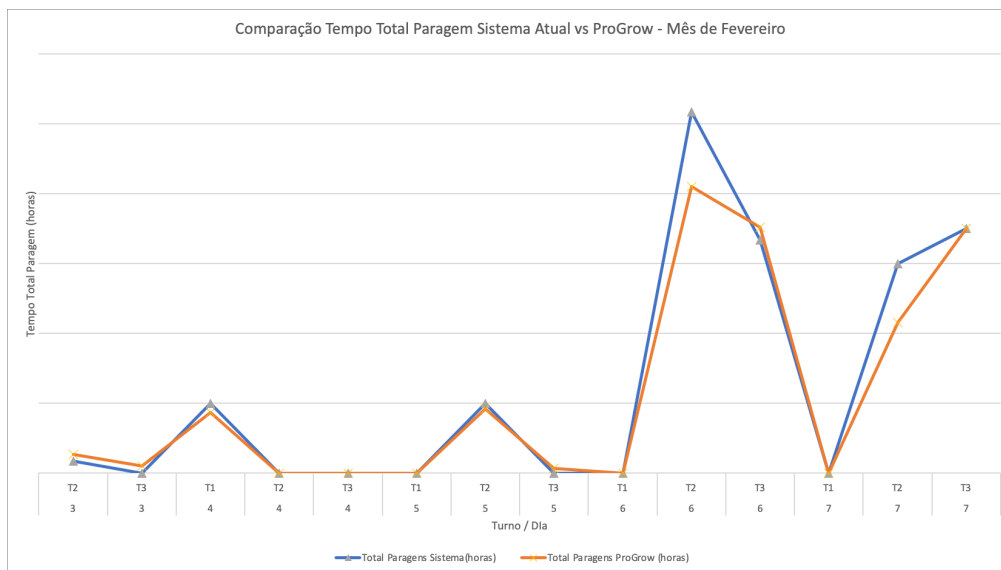


Figura A6. 23 - Comparação tempo total de paragem, sistema atual vs ProGrow – M s de Fevereiro

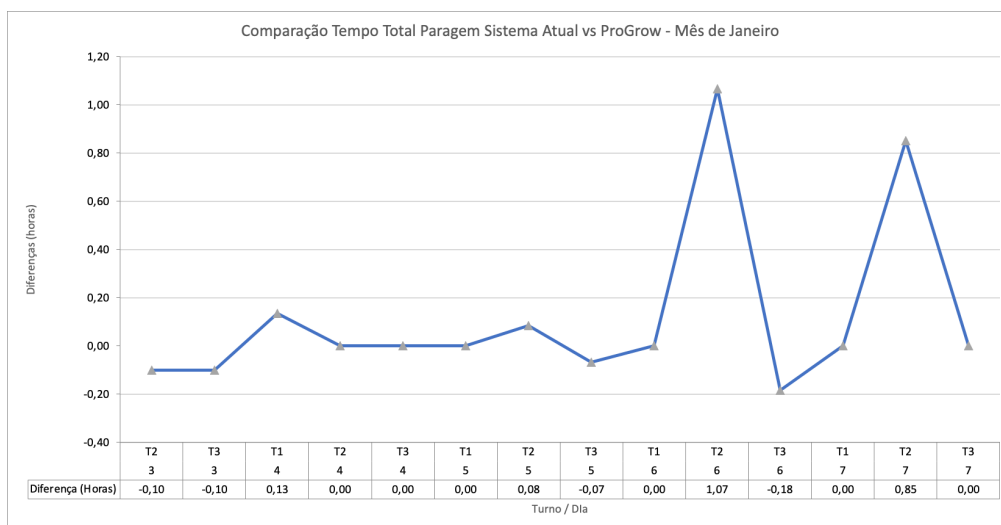


Figura A6. 24 – Diferenças comparação tempo total de paragem, sistema atual vs ProGrow – M s de Fevereiro

KPI's

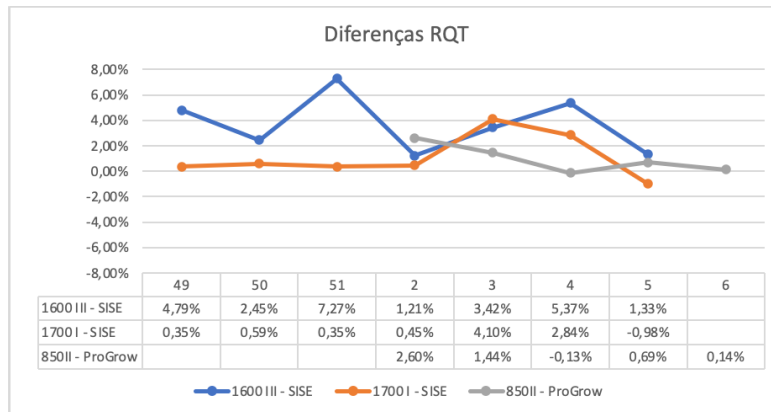


Figura A6. 25 - Diferença de valores entre RQT do sistema atual e dos sistemas de aquisição de dados

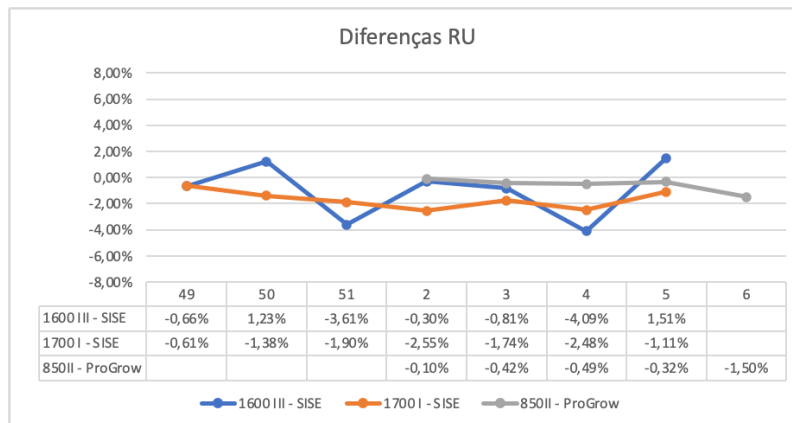


Figura A6. 26 - Diferença de valores entre RU do sistema atual e dos sistemas de aquisição de dados

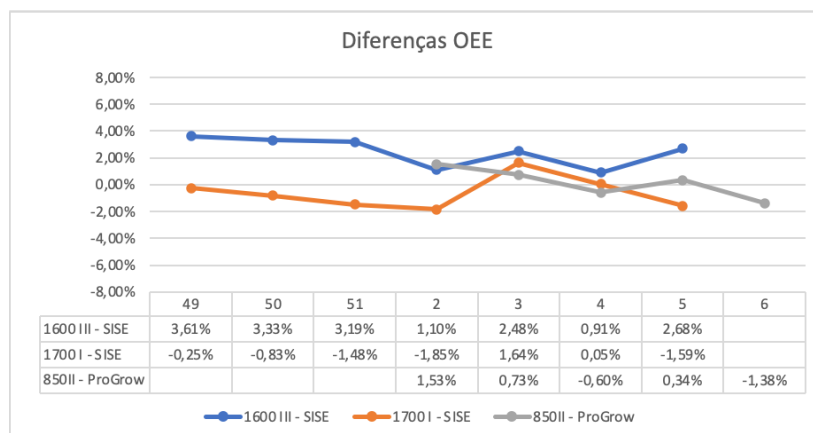


Figura A6. 27 - Diferença de valores entre OEE do sistema atual e dos sistemas de aquisição de dados