



# Transformação Digital numa empresa do setor automóvel: Implementação de um Sistema de Aquisição de Dados de Produção

**VASCO MARTINS PINHO**

Setembro de 2021

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NUMA  
EMPRESA DO SETOR AUTOMÓVEL:  
IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
AQUISIÇÃO DE DADOS DE PRODUÇÃO

Vasco Martins Pinho

Setembro de 2021

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial



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

Candidato: Vasco Martins Pinho, N° 1150957 , 1150957@isep.ipp.pt

Orientação científica: Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira,  
lpf@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Doutor Paulo António da Silva Ávila, psa@isep.ipp.pt

Empresa: Simoldes Plásticos

Supervisão: Engenheiro Miguel Pinho, miguel.pinho@simoldes.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

**2021**



## *Agradecimentos*

Concluída a realização desta dissertação, resta-me manifestar o meu mais sincero agradecimento a todos aqueles que, direta ou indiretamente, se revelaram imprescindíveis e de alguma forma contribuíram para a sua concretização.

Ao Diretor do IT da Simoldes Plásticos, Luís Faustino, pela fantástica oportunidade de integrar o projeto de digitalização da empresa, assim como a toda a equipa de trabalho com quem tive o privilégio de aprender diariamente.

Um especial agradecimento ao Engenheiro Miguel Pinho, por toda a incrível preocupação e disponibilidade diária, pela partilha de conhecimento, estímulo e constantes desafios lançados no decorrer do estágio, e principalmente pelo exemplo de liderança e capacidade de gestão, que um projeto desta dimensão exige.

Ao Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por ter aceitado orientar esta dissertação, pelos conselhos, disponibilidade, incentivo e preocupação que demonstrou durante o desenvolvimento desta dissertação. Ao Professor Doutor Paulo António da Silva Ávila pela coorientação e pela sua opinião assertiva.

Aos meus familiares, especialmente aos meus pais, avós, irmão e namorada pela motivação constante, apoio incondicional, paciência e incentivo demonstrados ao longo destes anos.

Por fim, um agradecimento a todos os meus amigos e colegas de curso que me acompanharam e apoiaram ao longo deste percurso. Certamente que sem eles esta caminhada teria sido mais difícil.



## *Resumo*

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, foi desenvolvida na empresa Simoldes Plásticos em Oliveira de Azeméis. Com um universo a rondar as 300 máquinas de injeção, o controlo de produção de todas as unidades de produção era feita através de registos manuais realizados pelos operadores em cada posto de trabalho e com o preenchimento manual de indicadores de performance e supervisão em quadros visuais. Assim sendo, no que diz respeito à análise dos dados de produção, tornava-se num processo demasiado complexo, pesado e moroso.

Esta dissertação apresenta a implementação de um sistema de aquisição de dados de produção, que se comprometeu a atingir três grandes objetivos: aumentar a performance dos indicadores de desempenho, nomeadamente o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), através da resposta rápida a problemas de performance; aumentar o desempenho dos colaboradores reduzindo as tarefas administrativas sem valor acrescentado; e aumentar e digitalizar as iniciativas de melhoria contínua, promovendo a partilha de *know-how*;

De forma a dar resposta a este desafio, foi implementada uma plataforma *cloud* de aquisição de dados denominada proGrow, que possibilitou a visualização de informação agregada em tempo real e a gestão de todo o universo Simoldes numa visão única. A plataforma possibilitou a geração de relatórios de produção automáticos, configurados para acompanharem todas as reuniões de avaliação de desempenho e permitiu a digitalização das iniciativas de melhoria contínua.

Espera-se que os resultados obtidos no final do projeto, reflitam impactos positivos para a empresa tanto a nível qualitativo como quantitativo. Face aos três objetivos que se pretendiam atingir, relativamente ao rendimento operacional espera-se um aumento do valor do OEE entre 1% e 1,5%. No que diz respeito ao trabalho administrativo espera-se uma redução em 13 mil horas/ano e por último espera-se um aumento de cerca de 5% relativamente ao valor das poupanças associadas a iniciativas de melhoria contínua.

## *Palavras-Chave*

Indústria 4.0, *Smart Factory*, Transformação Digital, Processo Produção, Dados Produção



## *Abstract*

This dissertation carried out within the scope of master's degree in Electrical and Computer Engineering, was developed at Simoldes Plásticos in Oliveira de Azeméis. With a universe of around 300 injection machines, the production control of all production units was carried out through manual records carried out by the operators at each workstation and with the manual filling of performance indicators and supervision on visual boards. Therefore, regarding the analysis of production data, it became a complex, cumbersome and time-consuming process.

This dissertation reports the implementation of a production data acquisition system, which proposes to digitize this process and commits to achieving three main objectives: to increase the performance of performance indicators, namely the OEE, through the rapid response to problems of performance; increase employee performance as non-valued administrative tasks; and increase and digitize continuous improvement initiatives, promoting the sharing of know-how;

In order to respond to this challenge, a cloud platform for data acquisition called proGrow was implemented, which enabled the visualization of aggregated information in real time and the management of the entire Simoldes universe in a single view. The platform enabled the generation of automatic production reports, configured to accompany all performance evaluation meetings and allowed the digitization of continuous improvement initiatives.

It is expected that the results obtained at the end of the project, reflect positive impacts for the company both qualitatively and quantitatively. In view of the three goals that were intended to be achieved, in terms of operating income, an increase in the value of the OEE is expected between 1% and 1.5%. Regarding to the administrative work, a reduction of 13 thousand hours/year is expected and, finally, an increase of around 5% is expected in relation to the value of savings associated with continuous improvement initiatives.

## *Keywords*

4.0 Industry, Smart Factory, Digital Transformation, Productive Process, Production Data



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 ENQUADRAMENTO E PERTINÊNCIA .....	1
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	2
1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	3
1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	4
1.5 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	7
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>9</b>
2.1 INDÚSTRIA 4.0 .....	9
2.2 EVOLUÇÃO INDUSTRIAL E PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	10
2.3 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0.....	12
2.3.1 <i>Robôs autônomos</i> .....	12
2.3.2 <i>Big Data</i> .....	13
2.3.3 <i>Cybersecurity</i> .....	14
2.3.4 <i>Realidade Aumentada</i> .....	15
2.3.5 <i>Fabrico aditivo (Impressão 3D)</i> .....	15
2.3.6 <i>Integração de sistemas</i> .....	16
2.3.7 <i>Simulação</i> .....	19
2.3.8 <i>Cloud Computing</i> .....	20
2.3.9 <i>Industrial Internet of Things</i> .....	21
2.4 CASOS DE ESTUDO INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR DA PRODUÇÃO .....	22
2.5 <i>SMART FACTORY</i> .....	27
2.5.1 <i>Arquitetura de uma Smart Factory</i> .....	27
2.5.2 <i>Características de uma Smart Factory</i> .....	29
2.5.3 <i>Passos para uma Smart Factory</i> .....	32

<b>3.</b>	<b>SISTEMA ATUAL SIMOLDES.....</b>	<b>35</b>
3.1	MOLDAGEM POR INJEÇÃO.....	35
3.1.1	<i>Referência histórica e situação atual da Indústria Portuguesa de Moldes .....</i>	<i>35</i>
3.1.2	<i>Processo de Injeção.....</i>	<i>36</i>
3.1.3	<i>Ciclo de Injeção.....</i>	<i>37</i>
3.2	SISTEMA INFORMÁTICO DA EMPRESA .....	38
3.3	PROCESSO DE CONTROLO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA .....	40
3.3.1	<i>Quadro de Controlo de Produção (Quadro TRS).....</i>	<i>41</i>
3.3.2	<i>Registo do Diário.....</i>	<i>43</i>
3.3.3	<i>Relatórios de Produção .....</i>	<i>43</i>
3.4	PRINCIPAIS KPI'S.....	45
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE PRODUÇÃO..</b>	<b>47</b>
4.1	ÂMBITO, PROBLEMA E OBJETIVOS DO SISTEMA.....	47
4.2	<i>BENCHMARKING, CONCEITO E REQUISITOS DO SISTEMA .....</i>	<i>48</i>
4.3	VISÃO E FASES DA IMPLEMENTAÇÃO.....	55
4.4	FASE 0 DA IMPLEMENTAÇÃO.....	57
4.5	FASE 1 DA IMPLEMENTAÇÃO.....	59
4.6	ROADMAP FASE 1 .....	61
4.7	PLANO GERAL IMPLEMENTAÇÃO FASE 1.1 .....	62
4.7.1	<i>Layouts e Montagens .....</i>	<i>63</i>
4.7.2	<i>Mini-Pc e tablet / Tv e Raspberry.....</i>	<i>64</i>
4.7.3	<i>Ligações Elétricas e procedimento de validação hardware .....</i>	<i>65</i>
4.7.4	<i>Configuração dos Ewons.....</i>	<i>67</i>
4.7.5	<i>Ligações de Rede e Configuração de Switches.....</i>	<i>68</i>
4.7.6	<i>Gestão de Stock Material.....</i>	<i>70</i>
4.7.7	<i>Fluxograma de Suporte.....</i>	<i>71</i>
4.7.8	<i>Formação.....</i>	<i>74</i>
4.7.9	<i>API para escrita de Dados no Registo Diário de Produção.....</i>	<i>75</i>
<b>5.</b>	<b>SISTEMA FINAL E ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>77</b>
5.1	PLATAFORMA EM CLOUD PROGROW.....	77
5.2	PÁGINA DE RECEITAS DOS EQUIPAMENTOS PERIFÉRICOS .....	84
5.3	ANÁLISE DE RESULTADOS .....	85
5.3.1	<i>Aumento do rendimento operacional.....</i>	<i>85</i>
5.3.2	<i>Redução do trabalho administrativo – Automatização.....</i>	<i>88</i>
5.3.3	<i>Aumento de iniciativas de melhoria contínua.....</i>	<i>89</i>
5.3.4	<i>Ganhos Quantitativos .....</i>	<i>90</i>

<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>93</b>
6.1	CONCLUSÕES .....	93
6.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	94
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>97</b>
	<b>ANEXO A – CÓDIGOS DE PARAGEM E REJEIÇÃO .....</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXO B – LEGENDA LAYOUTS POSTOS TRABALHO.....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXO C – LIGAÇÕES ELÉTRICAS.....</b>	<b>107</b>
	<b>ANEXO D – LIGAÇÕES DE REDE .....</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXO E - API PARA ESCRITA DE DADOS NO REGISTO DIÁRIO .....</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXO F – PROGROW.....</b>	<b>115</b>



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Ciclo da metodologia <i>Action-Research</i> (Coghlan & Brannick, 2001)	3
<b>Figura 2</b>	Grupo Simoldes (Simoldes Plásticos, 2017)	5
<b>Figura 3</b>	Simoldes Plásticos (Simoldes Plásticos, 2017)	6
<b>Figura 4</b>	Peças plásticas interior dos automóveis, (Simoldes Plásticos, 2017).	6
<b>Figura 5</b>	Peças plásticas exterior dos automóveis, (Simoldes Plásticos, 2017).	7
<b>Figura 6</b>	Evolução Industrial (Great Myanmar Institute 2021)	10
<b>Figura 7</b>	Tecnologias inerentes à Indústria 4.0 (Leap 2021)	12
<b>Figura 8</b>	Pirâmide da Automação Industrial (Syspro 2019)	17
<b>Figura 9</b>	Arquitetura Hierárquica <i>Smart Factory</i> (Chen et al., 2017)	29
<b>Figura 10</b>	Passos para uma <i>Smart Factory</i> (Burke et al., 2017)	33
<b>Figura 11</b>	Sistema Informático	39
<b>Figura 12</b>	Quadro de Controlo de Produção (TRS)	42
<b>Figura 13</b>	Fluxograma de todo o processo desde um pedido de um cliente até a geração dos relatórios de produção do sistema de produção atual	44
<b>Figura 14</b>	Diagrama de casos de uso	50
<b>Figura 15</b>	Sistema de controlo de produção atual	50
<b>Figura 16</b>	Sistema de controlo de produção futuro	51
<b>Figura 17</b>	Matriz SWOT piloto X	52
<b>Figura 18</b>	Matriz SWOT piloto ProGrow	53
<b>Figura 19</b>	Arquitetura da solução escolhida	54

<b>Figura 20</b>	Conceito da solução escolhida	55
<b>Figura 21</b>	Plano de Digitalização	56
<b>Figura 22</b>	<i>Dashboards</i> proGrow	58
<b>Figura 23</b>	Conclusões Fase 0	58
<b>Figura 24</b>	Âmbito Fase 1	60
<b>Figura 25</b>	<i>Milestones</i> Fase 1	61
<b>Figura 26</b>	<i>Roadmap</i> Fase 1	61
<b>Figura 27</b>	Planeamento Fase 1.1	62
<b>Figura 28</b>	Plano Geral de Implementação Fase 1.1	63
<b>Figura 29</b>	Exemplo definição de <i>layout</i>	64
<b>Figura 30</b>	Dispositivos montados no posto de trabalho	65
<b>Figura 31</b>	Esquema de Ligações elétricas	66
<b>Figura 32</b>	Passos instalação elétrica	66
<b>Figura 33</b>	Funcionamento <i>Ewon</i>	68
<b>Figura 34</b>	Exemplo valores das <i>tags</i> do <i>Ewon</i>	68
<b>Figura 35</b>	Diagrama Ligações Rede da Fábrica Simoldes Plásticos	69
<b>Figura 36</b>	<i>Switch</i> HPE Aruba 2530-48G	70
<b>Figura 37</b>	Gestão <i>stock</i> material	71
<b>Figura 38</b>	Fluxograma de Suporte	73
<b>Figura 39</b>	Sessões de Formação	74
<b>Figura 40</b>	Arquitetura da API para escrita dos dados no Registo Diário de produção	75

<b>Figura 41</b>	Separador KPI's	78
<b>Figura 42</b>	Separador <i>Shopfloor</i>	79
<b>Figura 43</b>	Separador Registo de Produção	80
<b>Figura 44</b>	Resumo Módulo de Produção	80
<b>Figura 45</b>	Separador melhoria contínua	81
<b>Figura 46</b>	<i>Check-list</i> SMED	82
<b>Figura 47</b>	Quadro TRS formato digital	82
<b>Figura 48</b>	Interface registos operador	83
<b>Figura 49</b>	Fluxograma de todo o processo desde um pedido de um cliente até a geração dos relatórios de produção do sistema final digitalizado	83
<b>Figura 50</b>	Exemplo Receita	84
<b>Figura 51</b>	Página de Receitas Tablet Operador com alerta na Estufa 50L	85
<b>Figura 52</b>	Códigos de paragem de produção	104
<b>Figura 53</b>	Códigos de Defeitos	105
<b>Figura 54</b>	<i>Layouts</i> Posto de Prabalho	106
<b>Figura 55</b>	Esquema ligações elétricas	107
<b>Figura 56</b>	Combinação Binária Periféricos	108
<b>Figura 57</b>	Diagrama Ligações Rede da Fábrica Plastaze	109
<b>Figura 58</b>	Diagrama Ligações Rede da Fábrica Inplas	109
<b>Figura 59</b>	Diagrama Ligações Rede da Fábrica Simoldes Plásticos Nave 5	110
<b>Figura 60</b>	Código de cores	115
<b>Figura 61</b>	Exemplo de Relatório de produção Fábrica	115

<b>Figura 62</b>	Exemplo Relatório de produção Módulo	116
<b>Figura 63</b>	Exemplo Separador Kanban	116
<b>Figura 64</b>	Resumo processos críticos	116
<b>Figura 65</b>	Gestão de stock do material	117
<b>Figura 66</b>	Gestão entregas Material IT	118

## *Índice de Tabelas*

<b>Tabela 1</b>	Fases de implementação da metodologia utilizada	4
<b>Tabela 2</b>	Casos de estudo Indústria 4.0 no setor da produção	23
<b>Tabela 3</b>	Características Fábrica Tradicional vs <i>Smart Factory</i> (Wang et al., 2016)	29
<b>Tabela 4</b>	Oportunidades de digitalização numa <i>Smart Factory</i> potenciadas pelas tecnologias da Indústria 4.0 (Büchi et al., 2020)	30
<b>Tabela 5</b>	<i>Tags</i> Sinais <i>Ewon</i>	68
<b>Tabela 6</b>	Resultados Aumento Rendimento Operacional	86
<b>Tabela 7</b>	Resultados Componentes OEE	87
<b>Tabela 8</b>	Resultados Redução do Trabalho Administrativo	89
<b>Tabela 9</b>	Resultados Iniciativas de Melhoria Continua	89
<b>Tabela 10</b>	Resultados Quantitativos	90
<b>Tabela 11</b>	Valores poupança em trabalho administrativo	91



## *Acrónimos*

AGV	–	Automated Guided Vehicle
API	–	Application Programming Interface
CPS	–	Cyber- Physical System
EDI	–	Electronic Data Interchange
ERP	–	Enterprise Resource Planning
FTP	–	File Transfer Protocol
HTML	–	Hypertext Markup Language
IDE	–	Integrated Development Environment
IIoT	–	Industrial Internet of Things
IoT	–	Internet of Things
IP	–	Internet Protocol
IT	–	Information Technology
IWN	–	Industrial Wireless Network
JSON	–	JavaScript Object Notation
KPI	–	Key Performance Indicator
MES	–	Manufacturing Execution System
OEE	–	Overall Equipment Effectiveness
OF	–	Ordem de Fabrico
OOE	–	Overall Operations Effectiveness

OP	–	Ordem de Produção
PLC	–	Programmable Logic Controller
PLM	–	Product Lifecycle Management
PPM	–	Peças Por Milhão
REST	–	Representational State Transfer.
RFID	–	Radio Frequency Identification
RQL	–	Rendimento Qualitativo
RQT	–	Rendimento Quantitativo
RU	–	Rendimento Utilização
SAP	–	Systems Applications and Products
SCADA	–	Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados
SCP	–	Smart Connected Products
SMED	–	Single Minute Exchange of Die
SQL	–	Structured Query Language
SWOT	–	Strengths Weaknesses Opportunities and Threats
TEEP	–	Total Effective Equipment Performance
TRS	–	Taxa de Rendimento Sintético
WIP	–	Work in Progress





# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO E PERTINÊNCIA

O presente documento foi desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no ramo de Sistemas e Planeamento Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Este documento relata o projeto de dissertação compreendido entre Março e Agosto de 2021 e foi desenvolvido em ambiente empresarial, na equipa de Transformação Digital da Simoldes Plásticos situada em Oliveira de Azeméis e líder no mercado nacional de produção de componentes no setor da indústria automóvel. O projeto consistiu na transformação do sistema de controlo produção com a implementação de um sistema de aquisição de dados de produção em tempo real em toda a divisão de plásticos do Grupo Simoldes.

Alguns autores como Rewers, Trojanowska, & Chabowski (2016) afirmam que as empresas devem desenvolver a capacidade de se adaptar a novas realidades, estando aptas a adquirir conceitos, técnicas e produtos inovadores num curto espaço de tempo. Assim, acompanhar a evolução tecnológica deve ser uma das prioridades do lado das organizações, tal como, a otimização dos seus processos e produtos.

A Indústria 4.0 é conhecida como a quarta revolução industrial, e transporta um enorme impacto em toda a indústria, por conduzir à digitalização quer da economia, sociedade e organizações a vários níveis (Erol et al., 2016). Os requisitos para a

implementação da Indústria 4.0 recaem em processos *lean* padronizados e uma estrutura de IT que permita o fluxo de dados entre diferentes sistemas (Bastian, S. et al., 2018).

De forma a não perder a oportunidade que representa a denominada Indústria 4.0 as empresas industriais nacionais têm de aceitar que um setor industrial dinâmico e moderno é um fator essencial para o crescimento da economia e que a digitalização é também um fator incontornável para o setor (PWC 2021). A questão não é se a Indústria 4.0 está a chegar. Trata-se, antes, da rapidez com que é feita a conversão para uma maior transparência digital e, portanto, para uma maior competitividade (Bastian, S. et al., 2018).

Só após a digitalização de uma organização estar finalizada é que se pode começar a acreditar numa maior transparência de dados e dar início a uma análise de dados em tempo real de forma a otimizar e automatizar os processos produtivos. Longe de ser um "estado final", uma *Smart Factory* é uma solução em constante evolução, que se aproveita de múltiplas características, como agilidade, ligação e transparência dos dados (Burke et al., 2017).

## **1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Esta dissertação foi desenvolvida em contexto empresarial e tem como principal objetivo a implementação de um sistema de aquisição de dados de produção em tempo real, de forma a controlar o processo de produção da empresa. Em paralelo tem também como objetivo o estudo do tema da Indústria 4.0 e as suas tecnologias envolventes. A estrutura do documento foi desenvolvida tendo como base a revisão da literatura sobre os temas da Indústria 4.0 e das *Smart Factories*.

Numa fase inicial foi estudada a situação atual do processo de produção da empresa, em que foi detalhada a forma como estavam a ser adquiridos os dados de produção e como estava estruturado todo o fluxo de informação entre os departamentos internos. Posto isto seguiu-se com a implementação do sistema de aquisição de dados e respetiva análise aos resultados que se esperam obter através desta evolução tecnológica.

A implementação deste sistema de aquisição de dados tem como principais objetivos:

- Aumentar a performance dos indicadores de produção, nomeadamente o OEE, através da resposta rápida a problemas de performance espelhados na informação disponibilizada (Aumento do Rendimento Operacional);
- Aumentar o desempenho da equipa da Simoldes, reduzindo assim as tarefas administrativas sem valor acrescentado (Redução do trabalho administrativo);
- Aumentar e digitalizar as iniciativas de melhoria contínua, promovendo a partilha de *know-how* (Aumento de iniciativas de melhoria contínua).

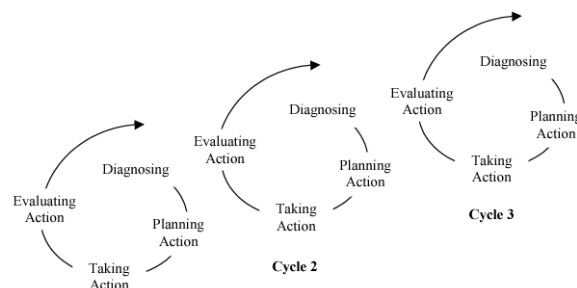
### 1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

No desenvolvimento da presente dissertação, foi adotada a metodologia de investigação *Action-Research*. Esta metodologia de investigação é fundamentalmente prática e define-se pela necessidade de solucionar problemas reais. Esta investigação, concebe uma ação que aponta à transformação da realidade e gera transformações que resultam dessa ação (Coutinho et al., 2009).

Conforme defende Susman & Evered (1978), a metodologia *Action-Research* pode ser implementada através de um ciclo que é composto por quatro fases:

- **Diagnóstico** – nesta fase é feita a identificação e análise do problema;
- **Planeamento das ações** – são estabelecidas um conjunto de ações com vista à resolução dos problemas identificados anteriormente;
- **Implementação das ações** - Aplicação das ações planeadas anteriormente.
- **Avaliação** - averiguar se as ações implementadas apresentaram os resultados esperados.

Na Figura 1 é está apresentado o ciclo da metodologia *Action-Research* (Coghlan & Brannick, 2001).



**Figura 1** Ciclo da metodologia *Action-Research* (Coghlan & Brannick, 2001)

Nesta metodologia os ciclos tendem a convergir para uma melhor compreensão da situação e implementação de novas ações de uma forma otimizada. O objetivo final é polir de uma forma contínua todos os métodos, dados e interpretações com base na aprendizagem desenvolvida nos ciclos anteriores (Koshy, 2005).

A metodologia *Action-Research* pode ser utilizada em várias áreas do sector industrial, como por exemplo no trabalho de Mourato et al., (2020), que foi aplicado na indústria automóvel e com o seu desenvolvimento foi melhorado o processo de receção e posicionamento de materiais num armazém. Outro exemplo da aplicação desta metodologia no setor de produção de produtos plásticos, é o trabalho de Ribeiro et al., (2019), onde foram implementadas ferramentas *Lean* para a melhorar o processo produtivo da empresa.

No contexto desta dissertação as fases da implementação deste projeto podem ser baseadas nas fases da metodologia apresentada, como descrito na Tabela 1.

**Tabela 1** Fases de implementação da metodologia utilizada

<b>Fases</b>	<b>Descrição</b>
Diagnóstico	Esta fase consistiu na avaliação inicial do processo de controlo de produção da empresa onde foi desenvolvida uma análise do sistema atual da mesma.
Planeamento	Identificação dos problemas e planeamento da implementação do sistema de aquisição de dados.
Implementação	Implementação do sistema de aquisição de dados e respetivos trabalhos realizados durante todo o processo.
Avaliação	Apresentação do sistema final e análise aos resultados que se esperam obter.

## **1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

O Grupo Simoldes (Figura 2), surgiu em novembro de 1959 com a inauguração da Simoldes Aços em Oliveira de Azeméis. O grupo destaca-se pela produção de moldes e peças plásticas injetadas, destinados principalmente para a indústria automóvel. Nos seus principais clientes estão presentes várias marcas prestigiadas da indústria automóvel,

como a Renault, a PSA, a Volkswagen, a Seat, a Skoda, a Volvo, a Mercedes, a BMW, a General Motors, entre outras (Simoldes Plásticos, 2017).



**Figura 2** Grupo Simoldes (Simoldes Plásticos, 2017)

O foco do Grupo Simoldes está debruçado nos mercados internacionais, sendo que os seus principais clientes se situam em países como Espanha, França, Alemanha, Reino Unido, Polónia e Suécia, onde apenas uma pequena percentagem da produção se destina ao mercado nacional (Simoldes Plásticos, 2017).

Atualmente o Grupo Simoldes é formado por 24 empresas divididas em dois grupos: a divisão de Aços (*Tool Division*) e a divisão de Plásticos (*Plastics Division*).

A Divisão de Aços é constituída por 9 centros de produção, 6 deles estão localizadas em Portugal (Simoldes Aços, MDA, IMA, Mecamolde, IGM e Ulmolde). As unidades de produção situadas fora de Portugal estão localizadas no Brasil (Simoldes Aços Brasil) e na Argentina (UPSA). As restantes empresas são centros de serviço ao cliente (CSCs) que se encontram localizadas em Espanha (ACS Iberia), França (ACS France), na Alemanha (ACS Germany), Argentina (ACS Argentina) e Turquia (ACS Turquie).

A Divisão de Plásticos é constituída por 10 empresas. Está sediada em Portugal (Simoldes Plásticos), e em território nacional encontram-se ainda a Inplas e a Plastaze. As restantes empresas estão localizados no Brasil (Simoldes Plásticos Brasil, Simoldes Plásticos Indústria), na França (Simoldes Plásticos France), na Polónia (Simoldes Plásticos Polska e SPPz), na República Checa (Simoldes Plásticos Czech) e a mais recente em Marrocos fundada em 2019 (Simoldes Plásticos Maroc Kenitra). À semelhança da divisão de Aços, a divisão de Plásticos dispõe de centros de serviço ao cliente: a Simoldes Plásticos Espanha, a Simoldes Plásticos Deutschland Engineering (na Alemanha), e Simoldes Plásticos France Engineering (em França) (Simoldes Plásticos, 2017).

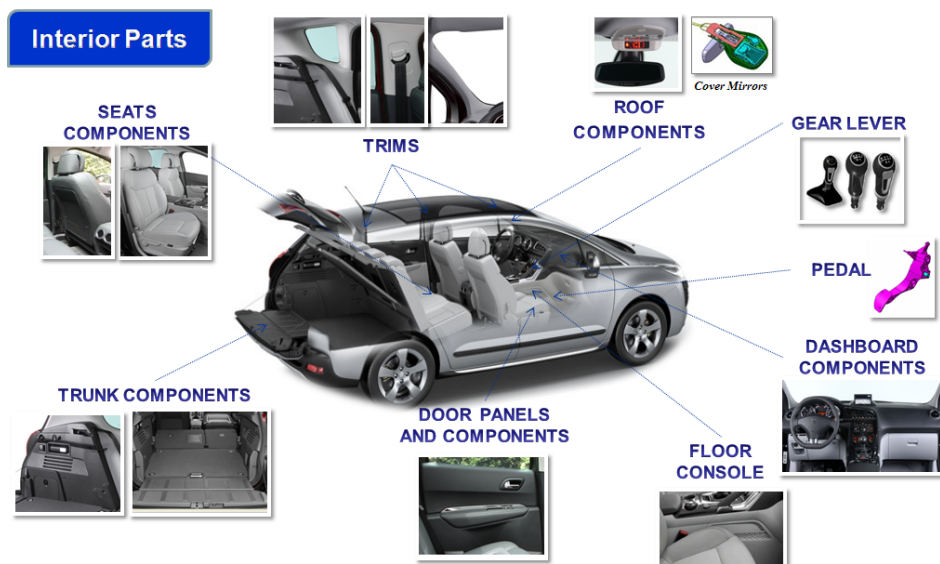
A Simoldes Plásticos (Figura 3) está localizada em Oliveira de Azeméis e surgiu em 1980 devido à mudança na direção estratégica adotada pelo Grupo Simoldes, a criação da Divisão de Plásticos, a qual complementa os serviços e produtos já oferecidos na Divisão de Aços (Simoldes Plásticos, 2017).



**Figura 3** Simoldes Plásticos (Simoldes Plásticos, 2017)

O seu processo de produção funciona com base na injeção de plástico nos moldes, e consegue assim fabricar produtos personalizados os para automóveis, como painéis de porta, componentes de bancos, bagageira, painel de instrumentos, pedais, punhos, protetores de roda, grelhas para-choques, suporte de barras, entre outras peças interiores e exteriores. Para que seja possível a produção destas peças, a empresa utiliza diversas tecnologias que tem adquirido ao longos dos anos, particularmente ao nível de injeção, compressão e acabamentos, pois são fulcrais satisfazer as exigências do mercado.

As Figuras 4 e 5 representam algumas das peças plásticas que o Grupo Simoldes produz, para o interior e para o exterior do carro.



**Figura 4** Peças plásticas interior dos automóveis, (Simoldes Plásticos, 2017).



**Figura 5** Peças plásticas exterior dos automóveis, (Simoldes Plásticos, 2017).

## 1.5 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos, “Introdução”, “Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura”, “Sistema Atual Simoldes”, “Implementação de um sistema de aquisição de dados de produção”, “Sistema final e Análise de resultados” e “Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros”, seguindo-se, ainda, as “Referências Bibliográficas” e os “Anexos”.

No primeiro capítulo, “Introdução”, foi feita uma contextualização geral do trabalho, foram definidos os seus objetivos e a metodologia utilizada. Foi também, apresentada a empresa onde foi desenvolvida esta dissertação.

No que toca ao segundo capítulo, “Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura” foram estudados os conceitos fundamentais para sustentar e apoiar a componente prática do projeto. Para tal, foi revisto o tema da Indústria 4.0 e as suas tecnologias envolventes, assim como o tema das *Smart Factories*. Dentro desta temática foi ainda realizada uma tabela resumo com vários de casos de aplicação prática onde estes conceitos foram aplicados.

Relativamente ao terceiro capítulo “Sistema Atual Simoldes”, foi descrito o sistema atual da empresa. Foi feita uma breve referência histórica Indústria de moldes e do processo de injeção, e foi apresentada a estrutura do sistema informático da empresa. Seguiu-se a descrição de todo o processo de controlo de produção da e por fim foram descritos os principais KPI’s que eram analisados pela empresa.

Já no quarto capítulo “Implementação de um sistema de aquisição de dados de produção”, está detalhado todo o processo de implementação do sistema de aquisição de dados, onde numa fase inicial foi apresentado o âmbito e as fases de implementação do projeto, e posteriormente foi apresentado tanto o conceito como os requisitos pretendidos para o sistema, e por fim é explicado todo o plano de implementação, assim como todos os trabalhos realizados nessa mesma etapa.

No que diz respeito ao quinto capítulo “Sistema Final e Análise de Resultados”, é apresentada toda a interface final do sistema de aquisição de dados, onde é descrita a aplicação em cloud da proGrow, e a página de receitas dos equipamentos periféricos de injeção. No mesmo capítulo é feita uma análise aos resultados que se esperam obter com a implementação deste sistema de aquisição de dados de produção, onde são analisados tanto os ganhos qualitativos como os ganhos quantitativos.

Quanto ao sexto capítulo, “Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros”, foram apresentadas as conclusões obtidas após o desenvolvimento desta dissertação e implementação do respetivo sistema de aquisição de dados de produção. Foram ainda propostos alguns projetos futuros que prometem dar continuidade a todo o plano de digitalização da empresa Simoldes.

Por fim, são apresentadas as “Referências Bibliográficas”, que faz referência a todos os livros, sites e artigos utilizados como ferramenta de suporte ao trabalho realizado e ainda todos os Anexos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, foi revisto o tema da Indústria 4.0 desde a sua evolução, fases anteriores e as suas tecnologias envolventes, assim como o tema das *Smart Factories*. Dentro desta temática foi ainda realizada uma tabela resumo com vários de casos de aplicação prática onde estes conceitos foram aplicados. Esta fundamentação teórica é importante para contextualizar de uma forma geral a temática da Indústria 4.0, mas também para englobar a implementação do sistema de aquisição descrito no Capítulo 4.

### 2.1 INDÚSTRIA 4.0

A Indústria é conhecida pela criação de produtos de uma forma autónoma e mecanizada, em que as evoluções tecnológicas que têm vindo a acontecer nas últimas décadas tem proporcionado mudanças que afetam toda a economia mundial.

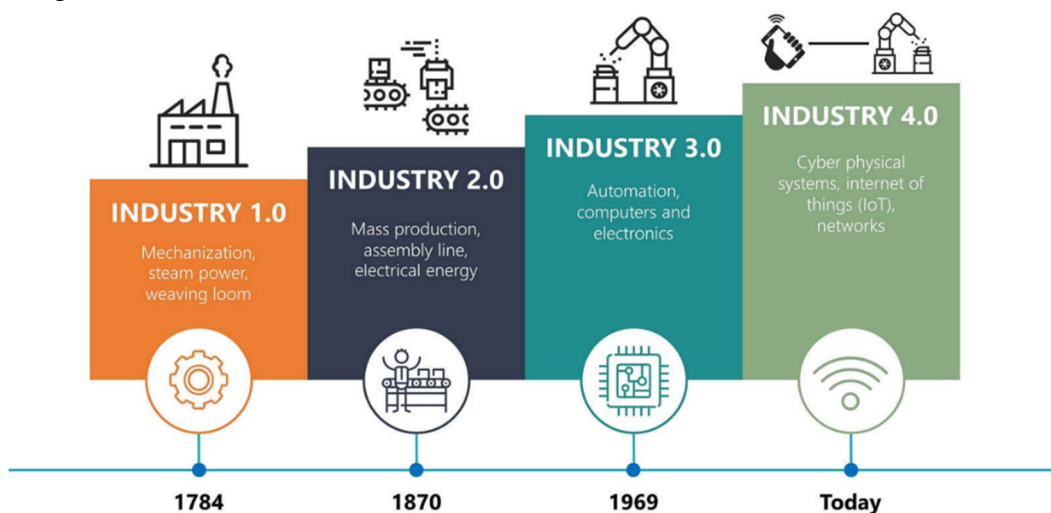
Segundo Vaidya et al., (2018), o termo Indústria 4.0 simboliza a quarta fase da revolução industrial, onde assume o papel de um novo nível de organização e controlo que incide sobre toda a cadeia de valor do ciclo do produto e é direcionado para o aumento da satisfação dos requisitos individuais do cliente. De acordo com Barreto et al., (2017),

o grande objetivo desta revolução visa alcançar as desejadas *Smart Factories*, isto é, fábricas onde exista uma rede inteligente, flexibilidade das operações industriais, integração com clientes e fornecedores e adoção de modelos de negócios inovadores.

De acordo com Brettel et al., (2014), devido ao aumento da procura de produtos personalizados, com ciclos de vida cada vez mais curtos, as organizações ficaram sujeitas a transformações cada vez mais profundas ao nível da sua estrutura. Graças ao impacto das novas tecnologias, as empresas tiveram de se adaptar, de acordo com as exigências dos consumidores, num ambiente cada vez mais competitivo. A diferenciação e o nível de rentabilidade são avaliados pelo tempo que cada empresa leva, desde o momento em que pensa num produto até aquele em que o faz chegar ao mercado.

## 2.2 EVOLUÇÃO INDUSTRIAL E PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0

Desde a sua origem que o ambiente industrial está constantemente a procurar soluções mais eficientes de forma a evoluir todos os níveis dos seus processos de produção. É nesta lógica que, de acordo com del Val Román (2016), a evolução industrial pode ser separada em quatro revoluções distintas (Figura 6) que têm marcado a história da indústria de uma forma global.



**Figura 6** Evolução Industrial (Great Myanmar Institute 2021)

A Primeira Revolução Industrial ocorreu entre o século XVIII e XIX, onde houve uma substituição progressiva dos métodos artesanais por equipamentos mecânicos de produção e deu-se início à produção de energia através do vapor (del Val Román, 2016).

A Segunda Revolução Industrial, teve início no século XX, e nela foi introduzido o uso da Energia Elétrica e da produção em massa. Foi nesta fase que surgiram as primeiras linhas de montagem e também os primeiros barcos de aço movidos por motores a vapor, que revolucionaram o transporte de mercadorias (Mokyr et al., 1998).

A Terceira Revolução Industrial é considerada a Revolução Digital (del Val Román, 2016), graças ao rápido desenvolvimento da eletrônica e da informática e foi nesta fase que se introduziram os primeiros PLC's e muitas tarefas repetitivas foram substituídas por robôs. Atualmente, está a ser implementada a Quarta Revolução Industrial que introduziu os sistemas ciber-físicos, que são basicamente sistemas que integram *software* combinado com a parte mecânica ou eletrônica, e a internet das coisas.

Segundo Jazdi (2014), a Indústria 4.0 tem como base a integração de *software* e de *embedded intelligence* nos produtos e sistemas industriais globais, recorrendo a sistemas ciber-físicos e na constante inovação dos seus serviços. Destes sistemas é esperado que consigam controlar os sensores e atuadores necessários à interação com estruturas físicas, e principalmente que tenham a capacidade de processar os dados obtidos.

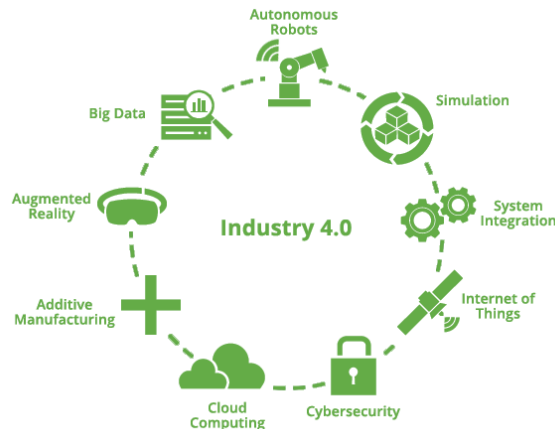
Segundo Porter et al., (2014) a adoção deste tipo de tecnologias, tem levado a que os produtos se tornem mais complexos, combinando *hardware* (sensores, microprocessadores, etc.) e *software* (armazenamento de dados, conectividade, etc.). Os SCP originaram uma nova era no que diz respeito à competitividade entre as empresas, uma vez que estas estão constantemente à procura de melhorar os seus processos e serviços.

Os SCP são baseados em três elementos distintos, uma componente física que inclui os elementos mecânicos e elétricos, uma componente inteligente que inclui os sensores, microprocessadores e também os sistemas operativos e uma componente de conectividade que engloba as infraestruturas de redes *network*. A componente ligada à inteligência é uma mais valia para as capacidades e valores associados à componente física, sendo que a conectividade amplifica as vantagens da componente associada à inteligência, atingindo assim como resultado um ciclo de incremento de valor (Porter et al., 2014).

## 2.3 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

Existem vários tipos de tecnologias que dão suporte ao conceito e aos princípios da Indústria 4.0 que têm sido desenvolvidas ao longo do tempo. Segundo Baur & Wee (2015), algumas destas tecnologias ainda não evoluíram o suficiente para poderem ser utilizadas de uma forma consistente. Por outro lado, existem outras tecnologias que já possuem um nível de fiabilidade mais elevado associado a um custo de implementação mais reduzido, e por isso a sua aplicação a nível industrial já é adotada nos dias de hoje.

De acordo com Vaidya et al., (2018), as principais tecnologias inerentes à Indústria 4.0 estão apresentadas na Figura 7, sendo elas: *Big Data*; Robôs Autónomos; Simulação; Integração de Sistemas; *Cloud Computing*; *Cyber Security*; Fabrico Aditivo; Realidade Aumentada; Fabrico Aditivo; *Industrial Internet of Things*;



**Figura 7** Tecnologias inerentes à Indústria 4.0 (Leap 2021)

### 2.3.1 ROBÔS AUTÓNOMOS

Com a chegada da 3ª revolução industrial houve uma automatização da produção, muito por culpa da introdução de robôs autónomos nos processos produtivos. De acordo com Bahrin (2016), o número de robôs autónomos industriais desenvolvidos na Europa em cenários da Indústria 4.0 quase que duplicou desde 2004. Estes robôs desempenham um papel de extrema importância na indústria transformadora moderna, uma vez que podem completar tarefas de forma inteligente, com foco na segurança, flexibilidade, versatilidade e colaboração. A aplicação destes robôs não implica a necessidade de isolar a sua área de trabalho, facilitando assim a sua integração nos espaços de trabalho dos operadores, abrindo o leque a muitas aplicações possíveis no setor industrial.

Segundo Fitzgerald & Quasney (2017) estes robôs são dispositivos programados para realizar tarefas com pouca ou nenhuma intervenção humana, recorrendo à inteligência artificial. Estes robôs também possuem a capacidade de aprender sozinhos, ou seja, conseguem adquirir novas habilidades sem intervenção humana e reformularem a sua estratégia de acordo com o ambiente em que estão inseridos. Estes robôs tem a capacidade de reconhecer dados padronizados e repetitivos e aprender a partir deles (*Machine Learning*), sendo assim capazes de tomar decisões de uma forma autónoma. A conjugação de tarefas e processos entre robôs e humanos permite o aumento da eficiência, produtividade e qualidade, uma vez que irá:

- Diminuir o número de erros de produção;
- Aumentar a segurança para os trabalhadores em ambientes perigosos;
- Realizar as operações consideradas de pouco valor, e assim eliminar certos postos de trabalho que requerem atividades repetitivas e desgastantes.

### **2.3.2 BIG DATA**

De acordo com Qi & Tao (2018), quando falamos em tecnologias de informação, o termo *Big Data* refere-se a uma grande quantidade de dados estruturados, semiestruturados e não estruturados criados por fontes de dados, que precisariam de muito tempo e dinheiro para serem armazenados e analisados para obter um enorme valor. Dessa forma, o *Big Data* é interpretado como a capacidade de adquirir rapidamente o valor e informação de variadas e grandes quantidades de dados, que vão além das capacidades gerais de processamento dos utilizadores.

Para além disso segundo Dong et al., (2013), o *Big Data* pode também ser definido pelas seguintes características: Volume, Variedade, Velocidade e Valor, os chamados, 4Vs.

- No que diz respeito ao **volume**, refere-se à elevada quantidade de dados que são processados, variando desde alguns PB (1000TB) até vários ZB (mil milhões TB).
- Quanto à **variedade**, refere-se à diversidade do tipo de dados recebidos, ou seja, podem variar em tamanho, conteúdo, formato e na aplicação concreta dos dados. Por exemplo, os dados podem ser estruturados (dígitos, símbolos e tabelas)

semiestruturados (diagramas de árvore, gráficos e documentos XML) e dados não estruturados (registros, áudios, vídeos, documentos e imagens).

- Quanto à **velocidade**, significa que a geração de dados é rápida e que o seu processamento requer uma performance elevada.
- Já na ótica do **valor**, a importância do *Big Data* não é o grande volume de dados, mas sim o seu enorme valor. A capacidade de conseguir extrair o valor de dados em massa através de algoritmos otimizados, é a chave para a melhoria contínua da competitividade.

### 2.3.3 *CYBERSECURITY*

Para Ervural et al., (2018), a conexão entre as operações conduzidas pela Indústria 4.0 e a transformação digital tem vindo a fazer com que os *cyber attacks* tenham vindo a provocar efeitos muito mais extensivos do que em tempos passados, fazendo com que os fabricantes e a sua rede de fornecedores muitas das vezes não consigam estar preparados para estes riscos. Assim, segundo Saif et al., (2015), pensar em desenvolver uma estratégia que previna estes ataques e que possa ser integrada na cadeia de valor de produção é fundamental para garantir a segurança da mesma.

De acordo com Saif et al., (2015), para se proceder à criação de um modelo de gestão de risco eficiente, é aconselhável seguir o seguinte paradigma:

- **Segurança:** Uma gestão de risco eficiente começa com a prevenção de possíveis invasões do sistema;
- **Vigilância:** Tanto o *hardware* como o *software* vão se desatualizando ao longo do tempo. Desta forma, é necessário complementar a segurança, implementando um sistema de controlo que monitorize e determine se o sistema continua seguro ou se foi comprometido;
- **Resiliência:** Assim que um sistema é violado, é necessário possuir recursos que neutralizem de imediato as ameaças, de forma a limitar os possíveis danos e que todos os processos voltem a ser reestabelecidos o mais rapidamente possível.

### **2.3.4 REALIDADE AUMENTADA**

Até há bem pouco tempo, só era possível obter dados detalhados sobre o estado de produtos ou de equipamentos industriais, estando fisicamente próximo para que fosse possível inspecioná-los. De acordo com Porter & Heppelmann (2017), devido à constante evolução tecnológica, já é possível nos dias de hoje realizar este processo de uma forma virtual, criando uma representação digital chamada *Digital Twin*, que se pode aplicar a um equipamento, produto ou até mesmo a uma fábrica. Este *Digital Twin* tem a capacidade de se atualizar em tempo real sempre que a sua correspondente física sofra alguma alteração.

Segundo Carmigniani et al., (2011), a realidade aumentada permite a sobreposição do conteúdo gerado digitalmente no ambiente físico. No fundo, a realidade aumentada transforma grandes volumes de dados, de forma a que posteriormente sejam convertidos em imagens ou animações sobrepostas no ambiente real. Esta informação digital ao ser sobreposta no ambiente real, vai permitir que os colaboradores possam auxiliar as suas decisões e ações em tempo real, enquanto realizam as diferentes tarefas diárias.

### **2.3.5 FABRICO ADITIVO (IMPRESSÃO 3D)**

De acordo com Stock & Seliger, (2016) o fabrico aditivo é uma tecnologia que veio revolucionar a produção e que será cada vez mais implementada nos processos de criação de valor, uma vez que os seus custos têm vindo a diminuir rapidamente ao longo dos últimos anos e os seus níveis de velocidade e precisão tem aumentado simultaneamente. Esta tecnologia apresenta uma enorme margem de progressão ao nível do seu crescimento e na tendência de produção de produtos personalizados pois permite conceber geometrias mais complexas, mais fortes e mais leves, bem como a aplicação a maiores quantidades do produto.

Segundo Hinton et al., (2015), este processo consiste, ao contrário dos processos tradicionais de maquinação, onde há remoção do material, na sobreposição de material camada a camada, sendo, desta forma, construído um modelo aditivo em vez de subtrativo. Este processo começa, obrigatoriamente, com um modelo tridimensional de desenho assistido por computador (CAD 3D).

Numa fase inicial, esta tecnologia era mais utilizada na produção de protótipos de peças plásticas. Atualmente, as impressoras 3D conseguem produzir peças funcionais em materiais que variam desde o titânio à cartilagem humana.

### 2.3.6 INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS

De acordo com Rüßmann et al., (2015), grande parte dos sistemas de informação de uma empresa não se encontram devidamente interligados. Isto deve-se ao facto de não existir uma relação muito próxima entre a empresa, fornecedores e clientes. Da mesma forma se podem comparar os diferentes departamentos de uma indústria, ou até mesmo as diferentes máquinas de uma unidade de produção. Quando o foco é o caminho da melhoria contínua, é fundamental que comece a existir uma maior integração de dados e processos entre os diferentes departamentos das empresas, de forma a que haja um fluxo de informação rápido e eficiente.

Segundo Wang et al., (2016), o conceito de integração industrial está dividido em duas vertentes:

- **Integração horizontal:** Consiste na ligação entre as partes envolvidas na *supply chain*. Ou seja, tem como objetivo fazer a ligação do que está dentro com o que está fora da indústria, como por exemplo, os fornecedores, clientes ou outros parceiros externos. Com isto, a empresa ganha a capacidade de se adaptar, em tempo real, aos requisitos de logística que são necessários para atender às necessidades dos consumidores;

- **Integração vertical:** Consiste na partilha de informação entre os diferentes níveis hierárquicos de produção. Isto é, consiste na ligação entre o chão de fábrica e os sistemas de informação da organização. É responsável por interligar diferentes áreas como a produção, planeamento, processo, etc. Com esta integração é possível obter máquinas mais inteligentes que formam um sistema auto-organizado que pode ser reconfigurado dinamicamente para se adaptar a diferentes tipos de produtos.

Na Figura 8 está representada a pirâmide de Automação Industrial, que tem como base os sensores e os atuadores, uma vez que todos os sistemas de automação industrial se baseiam nos dados recolhidos pelos sensores e realizam ações recorrendo aos atuadores



**Figura 8** Pirâmide da Automação Industrial (Syspro 2019)

A fase inicial, na base, recai em digitalizar os dados relativos ao processo de produção. Este processo de digitalização tem início quando se aplicam sensores para se proceder à recolha de sinais das máquinas das unidades de produção.

Numa fase seguinte, os dados da camada de campo são interligados com a camada de controlo. Assim, esta camada controla os sensores e actuadores no nível inferior. De acordo com Körner et al., (2019) os ambientes de produção utilizam principalmente controladores lógicos programáveis (PLCs), que executam funções específicas pré-programadas por um humano, de forma a conseguirem gerir processos de forma automatizada.

Imediatamente depois, na camada de supervisão, é feita a monitorização do controlo de produção recorrendo a sistemas de supervisão e aquisição de dados, SCADA. Segundo Daneels & Salter (1999), um SCADA é uma combinação de *software* conectado a dispositivos de *hardware*. Usualmente, estes sistemas de supervisão e aquisição de dados incluem uma interface homem-máquina de forma a garantir que os operadores comunicam diretamente com o sistema e assim consigam controlar todos os processos industriais.

Nas camadas seguintes, vão surgir os termos *Manufacturing Execution System*, MES, e *Enterprise Resource Planning*, ERP, que normalmente são utilizados em paralelo pelas empresas de forma a otimizar os seus processos.

De acordo com Kletti (2007), o MES é um sistema que se tem como principal característica a otimização das atividades e dos processos de produção de uma empresa. O MES é uma ferramenta com muita importância ao nível planificação, tem a vantagem de reduzir tempos de ciclo, o WIP, o uso de papel nos postos de trabalho e também de conseguir responder a pedidos do clientes.

O MES normalmente está inserido em áreas/tarefas como:

- Planeamento e execução da produção;
- Ligação entre logística e produção;
- Ajuste de *stocks*
- Registo e análise, de indicadores e métricas de produção, performance e qualidade;
- Otimização da produção e da qualidade do produto final.
- Calendarização intervenções de manutenção nas máquinas.

Para além disso, segundo Coronado et al., (2018), um sistema MES avançado tem a capacidade de interligar o chão de fábrica com a integração de dispositivos IoT, realidade aumentada e *Digital Twin*, que permite uma representação visual 3D do chão de fábrica.

Já no último nível da pirâmide da automação industrial, encontra-se a camada de controlo que introduz o ERP. Segundo Shehab et al., (2004), os sistemas ERP são sistemas de informação integrados que oferecem suporte a uma grande percentagem das operações e processos de uma empresa. Este tipo de sistema é encarado como uma solução de *software* que contribui bastante para a redução da pressão e da carga de trabalho ao nível da administração da empresa e gera informações importantes para auxiliar no processo de tomada de decisão.

De acordo com Rashid et al., (2002), um sistema ERP é composto por um conjunto de módulos interligados entre si, em que cada módulo do *software* ERP incide sobre uma área funcional da organização. Estes módulos comunicam entre si e atualizam constantemente a mesma base de dados central, para garantir que a informação inserida num dos módulos seja disponibilizada para os restantes.

Segundo Rashid et al., (2002), os vários módulos de um sistema de ERP incluem:

- Planeamento de Produção;

- Gestão de compras;
- Controlo de *Stock*;
- Vendas e Distribuição;
- Gestão de Marketing;
- Sistema Financeiro (Contabilidade);
- Gestão de Recursos Humanos;
- Gestão de Materiais;
- Gestão da Qualidade;
- Gestão de Projetos.

### **2.3.7 SIMULAÇÃO**

De acordo com Simons et al., (2017), a simulação é uma ferramenta que pode dar suporte ao processo de tomada de decisão. Os diferentes tipos de simulação 2D e 3D podem ser utilizados com a finalidade de avaliar tempos de ciclo, consumo de energia e aspetos ergonómicos de instalações de produção. A simulação consegue ainda solucionar alguns problemas, tais como a redução dos tempos de inatividade, filas de espera e falhas de produção que possam ocorrer durante a fase de inicialização (Sá et al., 2020).

Estas simulações irão aproveitar os dados em tempo real para espelhar o ambiente físico num modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e seres humanos. Isto permite que os operadores testem e otimizem as configurações das máquinas para os próximos produtos em linha no ambiente virtual antes de realizar a transição física, reduzindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade de produção da mesma (Rüßmann et al., 2015).

De acordo com os trabalhos de Ferreira et al., (2012) e Ferreira et al., (2013), a simulação pode ser utilizada como ferramenta que permite aos utilizadores desenvolver modelos baseados em sistemas reais, em que são previstas ações obtidas a partir de dados antecipadamente recolhidos e estudando áreas em que existe um potencial de melhoria.

Esta tecnologia é utilizada em várias aplicações práticas dentro do setor industrial, como por exemplo na geração automática de modelos de simulação de linha de montagem de auto rádios (Ferreira et al., 2005), e ainda na otimização e automatização de linhas de produção, em conformidade com o trabalho de Ferreira et al., (2011).

De acordo com Ferreira et al., (2003), a simulação permite testar novas configurações do processo produtivo e explorar novas políticas de escalonamento dos recursos, sem ser necessário interromper o normal funcionamento do sistema.

### **2.3.8 CLOUD COMPUTING**

De acordo com Vaidya et al., (2018), no paradigma da Indústria 4.0, as empresas vão cada vez mais ter a necessidade de aumentar a partilha de dados e informação entre os diversos servidores da organização, de forma a que seja possível diminuir os tempos de reação, facilitar a solução de problemas e auxiliar a tomada de decisão. O conceito de digitalização está relacionado com as diversas ligações entre dispositivos em *cloud* para partilha de dados, que podem ser também transportadas para a configuração das máquinas do chão de fábrica.

Atualmente, existem várias definições do conceito de *Cloud Computing*, mas de acordo com Dillon et al., (2010) existem cinco pilares desta tecnologia que estão unanimamente definidos:

- ***On-demand Self-Service*** – O consumidor dos serviços de *cloud* que tenha a necessidade de configurar os seus serviços, consegue fazê-lo diretamente sem que tenha a necessidade de recorrer a um intermediário;
- ***Broad Network Access*** – os recursos da *cloud computing* são entregues pela rede (ex.: Internet) e permitem o acesso a vários clientes com plataformas heterogêneas, (telemóveis, computadores ou tablets);
- ***Resource pooling*** – Os recursos de computação do fornecedor são alocados por segmentos de forma a responder às necessidades dos vários clientes e utilizam os modelos de *multi-tenancy* ou de virtualização. Este tipo de modelos pretende de uma forma simples tornar os recursos de computação física invisíveis ao cliente de forma a que este não tenha a capacidade de identificar onde são armazenados os seus dados na *cloud*.
- ***Rapid Elasticity*** – A *cloud* está constantemente a ser expandida e ajustada de forma a se adaptar às necessidades do cliente. Desta forma, os recursos de processamento, armazenamento, memória, são rapidamente alocados de forma

automática, para aumentar a capacidade disponível ou para a libertar quando já não é necessária.

- **Measured Service** – Os sistemas em *cloud* utilizam mecanismos adequados para controlar e otimizar a utilização dos recursos de forma automática. Estes mecanismos são utilizados para medir o uso dos recursos de cada cliente.

Além destas cinco características apresentadas anteriormente, de acordo com Dillon et al., (2010) os serviços de *cloud* podem ainda subdividir-se da seguinte forma:

- **Software as a Service, SaaS** – trata-se de qualquer aplicação que a empresa corra sem que esta esteja instalada no seu servidor local. Nesta categoria os clientes do serviço de *cloud* não têm controlo sobre a infraestrutura da *cloud*. As aplicações estão alojadas numa rede de *cloud* remota que pode ser acedida através da *web* ou de uma API. Recorrendo a essas aplicações em *cloud*, os utilizadores podem armazenar e analisar dados. O Google Mail e o Google Docs são exemplos desde tipo de serviço;
- **Platform as a Service, PaaS** – o *Paas* oferece aos utilizadores um serviço de *cloud* em que podem desenvolver, gerar e testar aplicações. Para além de armazenamento e de outros recursos de computação, os utilizadores podem usar um conjunto de ferramentas para desenvolver, personalizar e testar as suas próprias aplicações. No entanto, neste serviço *PaaS* o utilizador não tem a possibilidade de configurar nem de gerir os servidores, o armazenamento, a rede e as bases de dados necessárias para o desenvolvimento. O Google AppEngine é um exemplo de *PaaS*;
- **Infrastructure as a Service, IaaS** – É simplesmente uma oferta de um serviço de computação em *cloud* em que um fornecedor oferece aos utilizadores acesso a recursos computacionais, como servidores, armazenamento, redes e sistemas operativos. O EC2 da Amazon é um exemplo de *IaaS*;

### 2.3.9 INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

De acordo com Xia et al., (2012) a IoT (*Internet of Things*) assenta na conexão de dispositivos físicos, ambientes e máquinas através de dispositivos eletrónicos, que

possibilitam a recolha de informação e consequente troca de dados através da rede. Estes sistemas baseados na IoT são conhecidos como sistemas ciber-físicos e são um grande pilar da Indústria 4.0.

A IIoT é a versão Industrial da *Internet of Things* e foi sustentada pela evolução do tratamento de informação dos processos de produção industriais, com a incorporação desta informação na *cloud*. Esta versão é baseada na ligação com a internet através de plataformas de análise de dados evoluídas que processam e apresentam os dados recolhidos por sensores e por máquinas (Gilchrist, 2016).

Segundo Rübmann et al., (2015) atualmente, apenas uma pequena parte dos sensores e das máquinas das organizações estão conectadas à rede e utilizam a computação incorporada. Uma das principais vantagens da IIoT é oferecer às empresas a possibilidade de se antecipar a problemas ou erros na produção. Partindo de dados em tempo real recolhidos a partir de sistemas IIoT para prever defeitos em máquinas, existe a vantagem de poder atuar atempadamente, reduzindo erros e assim contribuir para um consequente aumento da eficiência na produção.

## **2.4 CASOS DE ESTUDO INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR DA PRODUÇÃO**

Com o objetivo de completar a fundamentação teórica sobre a temática principal desta dissertação, foi feita uma pesquisa que visa relatar alguns casos de estudo com aplicação prática na área da Indústria 4.0 no setor da produção.

A finalidade desta Tabela 2 é oferecer ao leitor um resumo de alguns casos práticos previamente desenvolvidos e implementados sobre o tema referido.

Os principais critérios definidos na escolha dos casos de estudo foram os seguintes:

- Enquadramento com o tema da Indústria 4.0;
- Casos de estudo implementados nos últimos anos;

Os casos práticos anteriormente referidos estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** Casos de estudo Indústria 4.0 no setor da produção

Referências	Descrição
(Ferreira et al., 2005)	Neste trabalho foi desenvolvida uma aplicação de apoio à decisão que consiste em realizar a geração automática de modelos de simulação com o objetivo de redefinir e otimizar os diferentes tipos de fluxos de processamento de materiais ao longo de uma linha de produção de auto-rádios, partindo da construção de seis estratégias de controlo independentes que irão ter o papel de apresentar diferentes tipos de soluções em função das variáveis de entrada que são apresentadas.
(Ferreira et al., 2011)	Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão realizado com base num modelo de simulação de eventos discretos numa fábrica de montagem de automóveis. Este modelo de simulação foi desenvolvido no <i>software</i> de simulação Arena, e é utilizado com a finalidade de avaliar o impacto da variação do comprimento dos tapetes rolantes na performance de uma linha de produção. Neste modelo foram também propostas medidas, de forma a que o desempenho da linha de produção fosse maximizado.
(Mourtzis, D. et al., 2016)	Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma aplicação IoT implementada numa indústria de moldes, de forma a demonstrar como é que os dados de produção podem levar ao <i>Big Data</i> Industrial. A ferramenta desenvolvida foi aplicada numa máquina da fábrica onde os dados adquiridos foram transmitidos para um <i>gateway</i> de forma a controlar o volume dos dados gerados. Nesta implementação, a ferramenta de monitorização está organizada numa rede de sensores <i>wireless</i> e consiste num dispositivo de aquisição de dados (DAQ) que utiliza transformadores de núcleo dividido como sensores, um sensor de corrente de efeito <i>hall</i> em circuito fechado e ainda uma câmara. Esta implementação mostra como o paradigma IoT num caso simples de uma empresa de 100 máquinas que tem em conta diferentes tipos de sensores, pode produzir dados e pode levar ao <i>Big Data</i> Industrial.
(Popescu et al., 2017)	Este trabalho foi desenvolvido por um estudante de Engenharia da Universidade de Bucareste, e nele é apresentado a implementação de uma frota de AGV's num armazém de logística com o objetivo de ser utilizado como um sistema de transporte robotizado. Com a implementação deste sistema, cada robô era capaz de pegar em parcelas do produto desde o <i>rack</i> logístico e ainda identificá-las usando uma câmara de vídeo que consegue fazer o scan de um <i>QR code</i> armazenado na base de dados de cada produto. Uma das grandes vantagens do sistema é que pode ser gerido remotamente usando a infraestrutura cliente-servidor com soluções <i>open source</i> , o sistema operativo Linux e o sistema de gestão de bases de dados MySQL, o que significa uma redução drástica de custos, mas também um aumento ao nível da segurança.

<p>(Tjahjono, B. et al., 2017)</p>	<p>O objetivo deste trabalho passou pela tentativa de colmatar a lacuna na implementação das tecnologias relacionadas com a Indústria 4.0 dentro da <i>supply chain</i>, nomeadamente ao nível do armazém, da logística de transporte e da aquisição e concretização de encomendas. Os resultados deste artigo mostram que as áreas mais afetadas pela introdução da Indústria 4.0 foram a logística de transporte e a concretização de encomendas. No que diz respeito à concretização de encomendas, 53.84% do impacto destas tecnologias irão ser oportunidades, enquanto que a restante parte poderão vir a ser oportunidades ou ameaças, dependendo do contexto de implementação. Quanto à Logística de Transporte, 61.54% do impacto destas tecnologias podem ser identificadas como oportunidades, 7.69% podem ser identificadas como ameaças, e a restante parcela poderá derivar entre oportunidades ou ameaças.</p>
<p>(Bastian, S. et al., 2018)</p>	<p>Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma tecnologia de Impressão 3D feito numa indústria Alemã em Nuremberga. Os objetivos que foram identificados como cruciais no desenvolvimento e implementação desta tecnologia foram tentar tornar o desenvolvimento dos produtos num processo mais flexível e mais ágil, de forma a reduzir o tempo de entrada dos produtos no mercado e também para ser possível desenvolver produtos com geometrias mais complexas e de uma forma personalizada. As grandes vantagens que esta implementação trouxe para a empresa foram: o aumento da flexibilidade do design no que diz respeito a geometrias mais complexas; a possibilidade de integração funcional de múltiplos componentes num único componente; a capacidade de satisfazer os requisitos cada vez maiores para a construção de peças de pequena dimensão; maior velocidade na produção de protótipos, pequenos lotes e ferramentas.</p>
<p>(Bastian, S. et al., 2018)</p>	<p>Neste trabalho foi demonstrado o desenvolvimento e implementação de um robô colaborativo em várias linhas de produção de uma fábrica situada em Nuremberga na Alemanha. Os objetivos estudados para esta implementação passaram pela colaboração do robô na montagem de um eixo da válvula do acelerador num porta-peças de trabalho, montagem de suportes e na paletização de produto acabado. Com a introdução deste processo automatizado a empresa conseguiu aumentar a sua produtividade de forma significativa, aumentar a velocidade de todo o processo de produção, e reduzir custos em diversas vertentes.</p>
<p>(Bastian, S. et al., 2018)</p>	<p>Este trabalho retrata um Sistema de Gestão de transportes inteligente desenvolvido numa indústria Alemã em Feuerbach. Nesta fábrica houve a criação de um fluxo de material digital e inteligente em todo o fluxo de valor intralogista onde foi feita a identificação de todos os procedimentos de transporte interno em tempo real para apoiar o pessoal logístico na otimização dos processos de transporte. A solução foi ligada à Gestão de Transportes no sistema de gestão ERP e fornece informações sobre o estado das encomendas de transporte. A solução conseguiu alcançar um</p>

	<p>aumento da eficiência do processo até 15%. A melhoria na utilização na frota <i>milkrun</i> reduziu significativamente o número de comboios da logística e os seus custos associados.</p>
<p>(Bastian, S. et al., 2018)</p>	<p>No seguinte trabalho é descrita a implementação de AGV's numa fábrica situada em Nuremberga na Alemanha. A grande meta da empresa na implementação deste tipo de veículos autónomos foi possibilitar a automação dos processos e reduzir os níveis dos <i>stocks</i> de segurança, dar suporte aos trabalhadores de forma a minimizar as tarefas não cognitivas. A ideia passaria por conseguir transportar contentores vazios do supermercado logístico ou da máquina para a área da logística e utilizar estes veículos para abastecer a produção com matéria-prima. Como resultados, a empresa conseguiu com esta implementação dos AGV's dar suporte aos seus trabalhadores nas suas tarefas diárias, permitiram melhorias ao nível da eficiência durante tarefas de rotina e aumentaram a rentabilidade dos processos logísticos.</p>
<p>(Bastian, S. et al., 2018)</p>	<p>Neste trabalho uma empresa situada em Bamberg na Alemanha, implementou um processo de manutenção digital que possibilita que os trabalhadores da equipa de manutenção tenham acesso a toda a informação relevante para as suas tarefas através de dispositivos móveis. Estes dispositivos móveis seriam utilizados para processar atribuições de manutenção e transmitir informações detalhadas para uma melhor deteção e reparação de possíveis falhas. Com esta nova solução foi possível reduzir o tempo de interrupção de toda a fábrica em cerca de 20% e aumentar o OEE em mais de 5%.</p>
<p>(Theunissen, J. et al., 2018)</p>	<p>Este trabalho foi desenvolvido por 4 investigadores numa universidade da Nova Zelândia, onde foi introduzido um sistema AGV para o típico chão de fábrica de produção. Este sistema utiliza protocolos de comunicação RFID e Wi-Fi que convertem AGVs típicos num sistema inteligente. Com este sistema foi possível verificar que a comunicação sem fios entre AGV's e outras máquinas controladas por IoT, reduzem a dependência de um controlo centralizado, bem como permitem uma melhor coordenação que por consequência diminuirá os tempos improdutos.</p>
<p>(Gong, L. et al., (2019)</p>	<p>No seguinte trabalho foi desenvolvida uma plataforma de simulação de montagem de fluxos mistos de automóveis, construída com base na Indústria 4.0 no papel, que opera e gere a montagem de automóveis, armazém logístico e CPS de forma eficaz. Nesta base, foi utilizado o <i>software</i> FlexSim. Através do ajuste de parâmetros, rearranjo e fusão de processos, todo o tempo de montagem dos 500 automóveis diminuiu cerca de 33 horas, a taxa de utilização do equipamento aumentou 20,19% e a taxa média de bloqueio diminuiu 21,19%. Os resultados otimizados deste artigo mostraram que o modelo proposto pode aumentar consideravelmente a eficiência de fabrico e a aplicação prática na Indústria 4.0.</p>

(Sishi, M. et al., 2020)	<p>Este trabalho foi desenvolvido numa empresa do setor da mineração, que se propõe a estudar as tecnologias e mecanismos da Indústria 4.0 para integrar sistemas de negócio, sistemas de produção e de processos. Estes mecanismos da Indústria 4.0 pesquisados, foram implementados recorrendo a um <i>software development lifecycle</i> (SDLC), que assumiu o papel de integrar vários sistemas da empresa, como a produção, fábrica, parceiros de negócio, SAP ERP. Como resultados obteve-se uma mina semi-inteligente com controlo em tempo real do <i>status</i> geral da mineração e também tornar muito mais fluido o processo de fluxo de dados desde o chão de fábrica até aos responsáveis pela tomada de decisões.</p>
(D'Souza, F. et al., 2020)	<p>Neste trabalho foi apresentado um modelo simplificado de um sistema robótico de recolha de encomendas, isto é, um manipulador móvel composto por um AGV, um robô colaborativo (cobot) e uma mão robótica. Para tal, foi utilizado um AGV ActiveONE, da Active Space Automation, um cobot da Kassow Robots (modelo KR 810). Um Arduino MKR1000 foi utilizado para interligar a <i>user interface</i>, o AGV e o robô colaborativo. A <i>user interface</i> foi desenvolvida em C# recorrendo ao <i>software</i> Microsoft Visual Studio 2019 IDE. O protótipo resultante foi totalmente demonstrado e implementado no armazém da empresa Active Space Automation e constitui uma possível solução de recolha de encomendas, que está pronta a ser integrada em soluções avançadas para as fábricas do futuro.</p>
(Silva, V. et al., 2021)	<p>Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão baseado num modelo de simulação de forma a dar suporte ao processo de produção de uma fábrica de têxteis. A ferramenta foi utilizada para testar diferentes estratégias de controlo para o fluxo de materiais, desde o armazém de matérias-primas até ao armazém de produtos acabados, de forma a avaliar os impactos destas estratégias na produtividade. A ferramenta de apoio à decisão cumpriu os objetivos do projeto, em que todas as cinco estratégias desenvolvidas apresentaram resultados positivos. As taxas de produção de malha e damasco aumentaram até 8% e 44%, respetivamente, e observou-se uma redução de 75% no tempo de espera no ponto de entrada na área de acabamento, em comparação com o sistema existente da empresa.</p>

Através da análise dos casos práticos da Tabela 2, a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 no setor da produção é sem dúvida uma mais-valia para as empresas, uma vez que permite que sejam obtidos ganhos consideráveis.

## 2.5 SMART FACTORY

No contexto da Indústria 4.0, o termo *Smart Factory* atrai um enorme interesse por parte das empresas e de muitos investigadores académicos. Embora este termo seja amplamente discutido por vários autores, ainda existe alguma inconsistência na definição do conceito de uma *Smart Factory* e de quais são as normas para se proceder à sua implementação.

De acordo com Radziwon (2014), uma *Smart Factory* é uma solução de produção que disponibiliza processos de produção flexíveis e adaptativos que resolvem problemas que possam surgir numa unidade de produção com condições dinâmicas, de rápida mudança e de uma elevada complexidade.

Já em conformidade com Hozdić (2015), esta solução está, por um lado, relacionada com a automação, entendida como uma combinação de *software*, *hardware* e/ou mecânica, que deverá levar à otimização do processo de produção, e que resulta na redução da mão de obra desnecessária e do desperdício de recursos. Por outro lado, pode ser vista numa perspetiva de colaboração entre diferentes parceiros industriais e não industriais, onde o termo *smart* vem do desenvolvimento de uma organização dinâmica.

Como referido anteriormente, as normas para se proceder à implementação de uma *Smart Factory* ainda não foram padronizadas. No entanto, segundo Chen et al., (2017), estas baseiam-se fundamentalmente em três aspetos: interconexão, colaboração e execução.

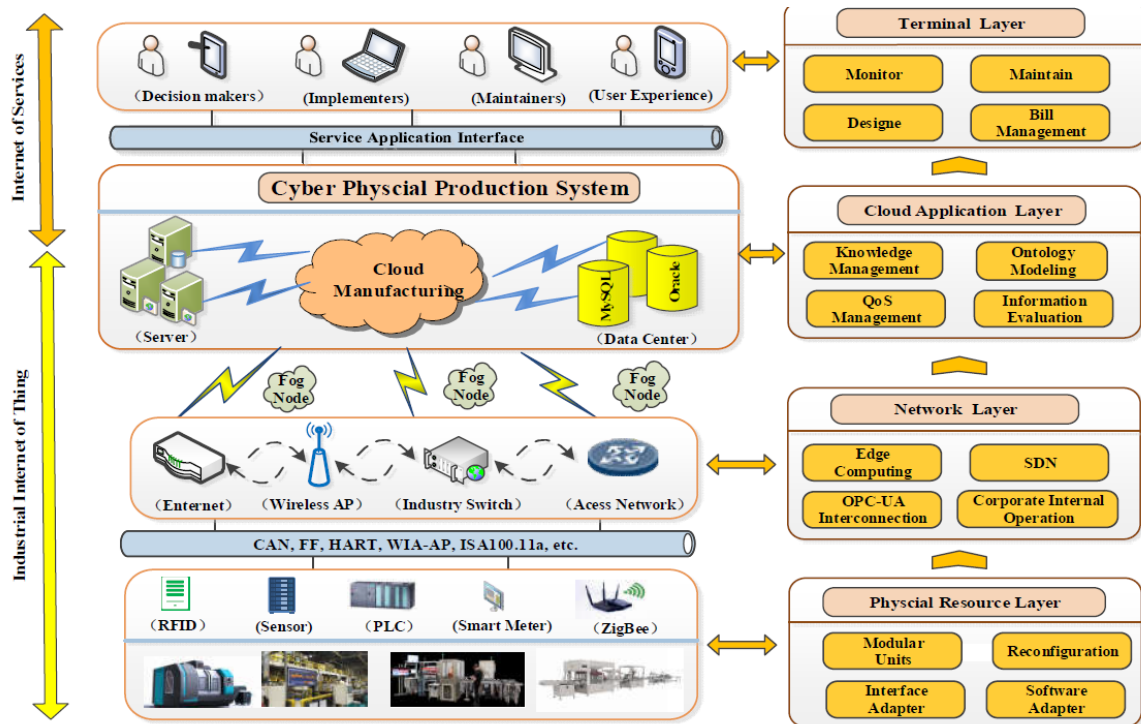
### 2.5.1 ARQUITETURA DE UMA SMART FACTORY

De acordo com Chen et al., (2017), a arquitetura de uma *Smart Factory* está dividida em quatro camadas:

- **Camada de Recursos Físicos** – Esta camada engloba vários tipos de recursos físicos, tais como produtos inteligentes, máquinas inteligentes, transportadores inteligentes, que conseguem comunicar entre si através da rede industrial e formam assim um sistema de produção autónomo e auto-organizado.

- **Camada de Rede** - Esta camada forma uma espécie de infraestrutura importante que não só permite a comunicação entre máquinas e dispositivos IoT, como também faz a ligação entre a camada de recursos físicos com a camada de *cloud*. A rede Industrial sem fios ou IWN, tem vantagem quando comparada à rede com fios, como a *Ethernet* industrial, tendo em conta as características voláteis de uma *Smart Factory* provocadas, por exemplo, por máquinas que estão constantemente a ser adicionadas ou pelos dispositivos que estão constantemente em movimento e necessitam de uma ligação à rede industrial, como é o caso dos AGVs. A IWN, consegue lidar facilmente com estas condicionantes uma vez que estabelece ligações sem fios mais flexíveis e mais consistentes. Desse modo, acredita-se que a IWN é mandatória para uma *Smart Factory*.
- **Camada de Cloud** - Esta camada, é mais uma peça chave que suporta uma *Smart Factory*. Com a tecnologia de *cloud computing* é disponibilizada uma solução muito flexível para a aplicação do *big data* no sentido de que tanto o espaço de armazenamento como a capacidade de computação podem ser dimensionadas a qualquer momento. Quando em funcionamento, os dispositivos inteligentes podem produzir elevadas quantidades de dados, que podem ser transferidos para a *cloud* através da IWN de forma a serem processados pelos sistemas de informação.
- **Camada de Terminal** – Esta camada interliga as pessoas com a *Smart Factory*. Com dispositivos como PC's, tablets e telemóveis, as pessoas conseguem ter acesso a dados e estatísticas disponibilizados pela *cloud*, aplicar-lhes diferentes configurações ou até utilizá-los para prever manutenções ou realizar diagnósticos remotamente através da Internet.

A Figura 9 ilustra a arquitetura hierárquica de uma *Smart Factory*.



**Figura 9** Arquitetura Hierárquica *Smart Factory* (Chen et al., 2017)

## 2.5.2 CARACTERÍSTICAS DE UMA *SMART FACTORY*

Na Tabela 3 é feita a comparação entre as diversas características de uma *Smart Factory* e de uma linha de produção tradicional (Wang et al., 2016).

**Tabela 3** Características Fábrica Tradicional vs *Smart Factory* (Wang et al., 2016)

Linha de produção tradicional	Sistema de Produção <i>Smart Factory</i>
<p><b>Recursos limitados e predefinidos</b> - Para construir uma linha fixa para produção em massa de um produto específico, os recursos necessários são calculados, adaptados e configurados de forma a minimizar a quantidade de recursos.</p>	<p><b>Diversos Recursos</b> - Para produzir diferentes tipos de produtos é necessário que exista no sistema uma elevada quantidade de recursos de diferentes tipos.</p>
<p><b>Rotas Fixas</b> - A linha de produção é fixa, a não ser que seja reconfigurada manualmente enquanto a produção está parada.</p>	<p><b>Rotas Dinâmicas</b> - Ao alternar entre diferentes tipos de produtos, os recursos necessários e a rota de ligação destes recursos podem ser reconfigurados automaticamente.</p>

---

**Controlo Independente** - Cada máquina está pré-programada para executar uma determinada função. Um eventual problema com alguma máquina obriga à paragem total da linha de produção.

**Auto-organização** - A função de controlo distribui-se por várias entidades. Estas entidades inteligentes comunicam entre si para organizarem a dinâmica do sistema.

---

**Controlo de Rede no Chão de Fábrica** - O controlo é feito recorrendo a um controlador central que controla as restantes estações *slave*. A comunicação entre máquinas não é utilizada.

**Conexões Compreensivas** - As máquinas, os produtos, os sistemas de informação e as pessoas estão interligados e interagem uns com os outros através da rede industrial.

---

**Camadas sem ligação** - Os dispositivos do chão de fábrica não estão ligados à camada superior dos sistemas de informação.

**Convergência Total** - Uma *Smart Factory* opera num ambiente de rede onde a IWN e a *cloud* integram todos os dispositivos físicos e os sistemas de informação.

---

**Informação Isolada** - A máquina consegue fazer o registo da sua própria informação de processo, mas raramente é usada por terceiros.

**Big Data** - os dispositivos inteligentes conseguem gerar uma elevada quantidade de dados que podem ser transferidos para a *cloud* para serem processados e analisados.

---

De acordo com Büchi et al., (2020) foram apresentadas na Tabela 4 os vários tipos oportunidades de digitalização que algumas das tecnologias da Indústria 4.0 podem potenciar na transição para uma *Smart Factory*.

**Tabela 4** Oportunidades de digitalização numa *Smart Factory* potenciadas pelas tecnologias da Indústria 4.0 (Büchi et al., 2020)

<b>Tecnologias Indústria 4.0</b>	<b>Oportunidades</b>
Realidade Aumentada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior rapidez na prototipagem através da possibilidade de conceber produtos e processos com realidade virtual aumentada;</li> <li>- Redução dos custos de instalação, erros e tempo de inatividade das máquinas, além da qualidade superior do produto e menos resíduos de produção devido à possibilidade de receber informação em tempo</li> </ul>

	<p>real e de fornecer formação virtual; conseqüentemente, isto melhora os procedimentos de trabalho e os processos de tomada de decisão.</p>
<i>Big Data</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliações mais rigorosas do produto por parte do cliente devido a comunicações mais rápidas, produtos personalizados e capacidade de perfilar os clientes e determinar as suas necessidades relativas.</li> <li>- Flexibilidade devido à possibilidade de estimativas da procura.</li> <li>- Melhor qualidade do produto e menos resíduos de produção, o que otimiza a cadeia de abastecimento devido à melhoria da eficiência, distribuição e venda dos armazéns e aos custos de produção limitados.</li> </ul>
<i>Cyber-Security</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estas tecnologias destinam-se a apoiar outras, limitando os riscos associados à crescente difusão da informação.</li> </ul>
Impressão 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior velocidade na prototipagem devido a tempos mais rápidos em fases complexas de conceção e prototipagem de peças.</li> <li>- A redução dos custos de instalação, erros e tempos de paragem das máquinas, além da qualidade superior do produto e menos resíduos de produção, criando pequenos lotes de produção personalizados. Isto é potencialmente vantajoso em termos dos seus custos de produção e desperdício mais baixos.</li> </ul>
Simulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior velocidade na prototipagem que aumenta os tempos de produção;</li> <li>- Redução dos custos de instalação, erros e tempos de paragem das máquinas.</li> </ul>
Integração de Sistemas	<p>A redução dos custos de instalação, erros e tempo de inatividade da máquina, acrescido da qualidade superior do produto e menos resíduos de produção devido a: custos mais baixos; a capacidade de autoaprendizagem para identificar, diagnosticar e resolver problemas; melhor comunicação interna entre departamentos da empresa e melhor fluxo de dados;</p>

### 2.5.3 PASSOS PARA UMA *SMART FACTORY*

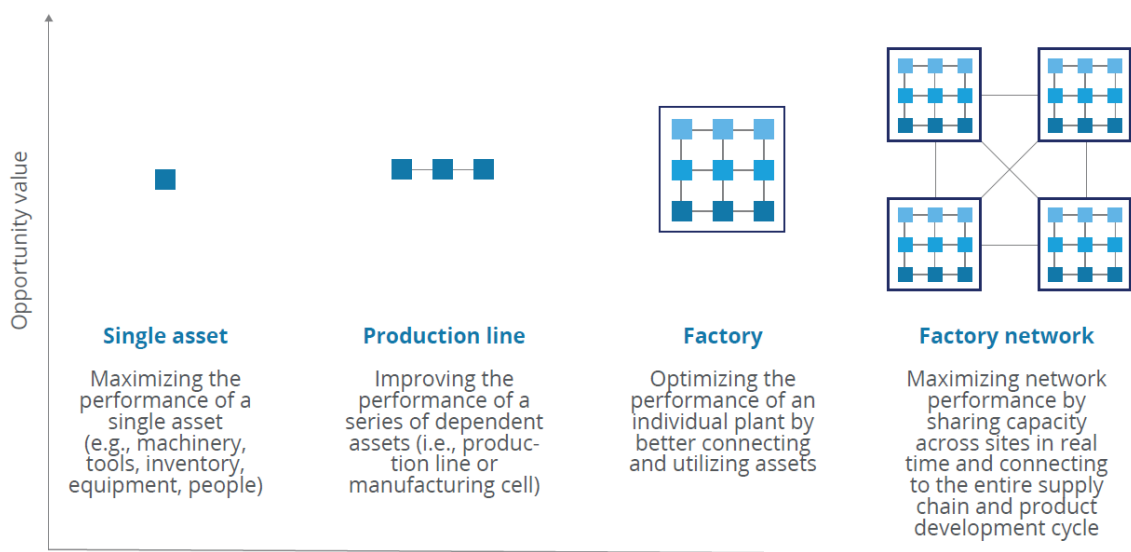
Como é lógico, a transição para uma *Smart Factory* não poderá ser feita de um dia para o outro pois envolve tempo, envolve a mudança de mentalidade e existem vários passos a serem dados por parte das empresas de forma a conseguir atingir este conceito de *Smart Factory*. Segundo Correia et al., (2016), os passos que devem ser dados para caminhar em direção ao conceito de *Smart Factory* são:

1. **Definir a estratégia para a Indústria 4.0:** Definir todos os passos a percorrer para que a empresa se transforme numa empresa digital. É imperativo avaliar a maturidade digital atual, as competências digitais e ainda os benefícios que a empresa poderá ter ao colaborar com clientes, fornecedores, parceiros e até concorrentes.
2. **Desenvolver projetos piloto:** as empresas devem estar preparadas para ultrapassar os desafios iniciais. Desenvolver projetos piloto para apresentar os conceitos e demonstrar o valor que estes podem trazer à empresa é importante, uma vez que permite perceber qual a melhor abordagem e qual delas se adapta melhor à empresa. O processo de aprendizagem com este tipo de experiências é fundamental para concretizar projetos futuros.
3. **Desenvolver as capacidades de análise de dados:** Identificar e selecionar a melhor informação e analisá-la de forma eficaz, será crítico para uma tomada de decisão mais esclarecida. Aprender a obter valor dos dados, desenvolvendo ligações diretas entre o processo de decisão e o desenvolvimento de sistemas inteligentes será fundamental.
4. **Transformar a empresa numa empresa digital:** De forma a que uma empresa consiga aproveitar todo o potencial da Indústria 4.0, pode ser necessário reorganizar a estrutura interna da empresa. A transformação digital só acontece verdadeiramente se a gestão de topo colocar o tema na agenda e o considerar uma prioridade estratégica. De maneira a que se incuta essa cultura digital, todos os colaboradores da empresa devem estar alinhados com esse objetivo, na forma como pensam e agem, experimentando as novas tecnologias e aprendendo formas de as executar.

**5. Planear ativamente uma abordagem ao ecossistema digital:** Desenvolver soluções de produtos e serviços para os consumidores é uma ação fundamental. Devem ser utilizadas parcerias caso não se consigam desenvolver internamente as soluções completas. Os grandes aumentos da performance ocorrem quando se consegue verdadeiramente entender os comportamentos dos consumidores, permitindo assim definir qual o papel da empresa num futuro ecossistema de parceiros, fornecedores e consumidores. O valor de fazer parte de um ecossistema é impulsionado pelo número de parceiros e pela intensidade das suas relações.

As configurações quase ilimitadas de soluções de uma *Smart Factory* disponibilizam uma série de caminhos para prosseguir na viagem que precisa ser definida, planeada e executada a um ritmo adequado à organização e ao desafio ou oportunidade. De acordo com a Burke et al., (2017), à medida que os fabricantes consideram desenvolver a sua *Smart Factory*, devem começar com os seguintes passos: “*Think big, start small and scale fast...*”.

Como mostra a Figura 10, os investimentos de uma *Smart Factory* começam frequentemente com foco em oportunidades específicas, onde numa fase inicial o foco deverá ser direccionado para a aplicação do conceito numa unidade de produção e tentar maximizar a performance numa máquina. A partir desse momento, evoluir para uma linha de produção inteira, e só depois expandir e otimizar esse conceito por toda a fábrica. E finalmente nos casos em que se aplica, englobar todas as fábricas e maximizar a performance de toda a rede.



**Figura 10** Passos para uma *Smart Factory* (Burke et al., 2017)



## 3. SISTEMA ATUAL SIMOLDES

O grande foco deste capítulo passou por descrever o funcionamento do sistema atual da empresa. Primeiramente foi feita uma breve referência histórica à Indústria de moldes e ao processo de injeção, e posteriormente foi apresentada a estrutura do sistema informático da empresa. Seguiu-se a descrição de todo o processo de controlo de produção da empresa e por fim foram descritos os principais KPI's que eram motivo de análise por parte da mesma.

### 3.1 MOLDAGEM POR INJEÇÃO

O processo de moldagem por injeção foi patenteado em 1872 nos Estados Unidos da América pelos irmãos Hyatt, e sofreu uma grande evolução no decorrer do século XX, em particular após o término da Segunda Guerra Mundial, devido à grande difusão dos materiais termoplásticos (Rosato, et al., 2012).

#### 3.1.1 REFERÊNCIA HISTÓRICA E SITUAÇÃO ATUAL DA INDÚSTRIA PORTUGUESA DE MOLDES

O aparecimento da Indústria de Moldes em Portugal foi proveniente de uma evolução da Indústria de Vidro, já que a produção dos materiais plásticos da época era assente em técnicas semelhantes à produção do vidro e que os materiais que se moldavam eram

também semelhantes ao vidro. Assim, foi relativamente fácil aplicar os mesmos métodos da produção de moldes para vidro, na produção de moldes que utilizam materiais plásticos como matéria prima. Em 1946 é produzido o primeiro molde para injeção de plástico em Portugal, muito devido à explosão no desenvolvimento de plásticos sintéticos nas décadas 30 e 40 do século XX. É passado cerca de 10 anos que se destacam as cidades de Oliveira de Azeméis e Marinha Grande e dão início as relações de exportação com Inglaterra. Na década de 80 a indústria de moldes já tinha criado relações de exportação com mais de 50 países (Beira et al., 2004).

A indústria Portuguesa de Moldes tem vindo a crescer e a fortalecer a sua posição no mercado internacional, motivada quer por uma procura externa, quer pelas relações qualidade/preço/prazos de entrega.

Atualmente, o Setor Português de Moldes possui cerca de 540 empresas, que dedicam a sua atividade ao fabrico de moldes e ferramentas especiais, dando emprego a cerca de 11 200 trabalhadores, essencialmente distribuídos pelos grandes polos, Oliveira de Azeméis e Marinha Grande (Cefamol, 2021).

Portugal encontra-se no grupo dos maiores fabricantes mundiais de moldes, principalmente na área dos moldes para injeção de plásticos, sendo que 85% da sua produção total é destinada à exportação. Com o decorrer dos anos, Portugal tem vindo a manter a sua percentagem de exportação, o que significa que tem demonstrado uma elevada capacidade de adaptação à constante evolução dos pedidos e necessidades dos seus clientes, tanto a nível de mercado, como a nível tecnológico (Cefamol, 2021).

### **3.1.2 PROCESSO DE INJEÇÃO**

Nos dias de hoje, a moldagem recorrendo a máquinas de injeção é um dos processos mais utilizados na transformação de materiais de base polimérica, pois é utilizado na produção de quase um terço de todos os materiais plásticos. Ao longo do tempo, tem-se apresentado como um processo com uma grande versatilidade geométrica e dimensional, permitindo que se possa obter acabamentos superficiais de elevada qualidade e garantir tolerâncias dimensionais rigorosas (Rosato, et al., 2012).

O processo de moldagem por injeção é constituído por dois elementos principais: a máquina de injeção e o molde, exigindo ainda a participação de um conjunto adicional de

equipamentos periféricos, como por exemplo, dispositivos de transporte e alimentação de matéria-prima e dispositivos de controlo da temperatura do molde. Este processo é normalmente feito em grandes volumes de produção, devido ao custo elevado dos moldes (Rosato, et al., 2012).

O processo de injeção pode ser explicado como todo o procedimento a partir do qual um material plástico, inicialmente no estado sólido é introduzido numa máquina onde, numa fase posterior é aquecido a fim de amolecer e é pressionado para entrar num molde. Já no interior do molde, o material fundido ocupa a respetiva cavidade e arrefece até recuperar a sua rigidez, sendo depois feita a sua extração.

### 3.1.3 CICLO DE INJEÇÃO

A moldagem por injeção é um processo cíclico que engloba um conjunto de operações necessárias à produção de uma peça moldada, e é designado por ciclo de injeção. Este ciclo pode ser utilizado para descrever praticamente todos os processos de injeção, uma vez que todas as fases do processo não variam de máquina para máquina.

Em baixo são descritas as várias etapas que constituem o ciclo de injeção (Pinto, 2012):

**Fecho do molde e injeção do plástico:** O ciclo começa com o fecho do molde. Nesta fase o fuso empurra sem rodar o material fundido para o molde arrefecido. O ar é expelido por um sistema de fuga de gases.

**Fase de Pressurização:** consiste na aplicação de uma nova pressão na peça. Esta pressão depois da injeção do material fluído no molde, diminui o efeito de contração por arrefecimento (vazios) e contribui para que o número de empenos na peça produzida diminua.

**Fase de Arrefecimento e Plasticização:** 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 momento que se dá a solidificação do material dentro do molde.

**Fase de abertura e extração:** Esta fase consiste na abertura do molde, para que seja efetuada a extração da peça. Assim logo que é efetuada a abertura, a peça fica exposta e pronta a ser extraída. Quando concluída a extração o molde é fechado novamente.

O ciclo de injeção desenvolve-se segundo os seguintes modos:

**Manual:** é o método menos eficiente em que o processo não é automatizado, e é apenas controlado pelo operador, que normalmente recorre a este modo quando se pretende afinar o processo e controlar os parâmetros da máquina.

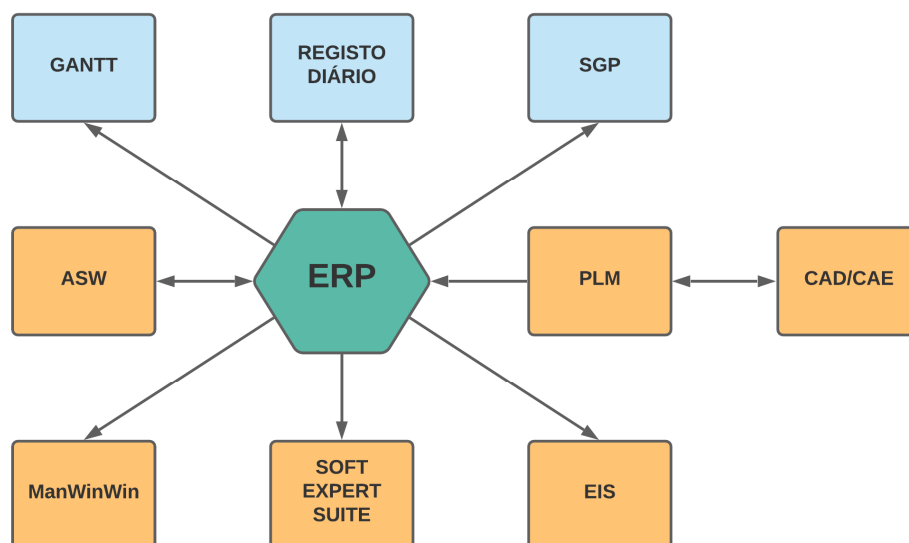
**Semi-automático:** este método é utilizado em máquinas que não funcionam numa produção em série ou que sejam utilizadas para testar novos moldes que necessitem da intervenção do operador frequentemente.

**Automático:** modo de execução que funciona sem qualquer intervenção do operador, sendo este totalmente autónomo. É o modo mais eficiente e em que se verifica uma maior produtividade.

### 3.2 SISTEMA INFORMÁTICO DA EMPRESA

O sistema informático atualmente implementado na Simoldes Plásticos centraliza toda a sua informação no seu ERP, o XPERT. Devido à natural desatualização das funcionalidades deste ERP, já que este foi implementado na empresa há mais de vinte anos, houve a necessidade de recorrer à implementação de *softwares* auxiliares, que permitissem colmatar as lacunas existentes no ERP.

Na Figura 11, está representado todo o sistema informático da empresa onde são apresentados todos estes *softwares* auxiliares e as suas respetivas relações com o ERP, de forma a que se perceba todo o fluxo de dados da empresa. A azul encontram-se representados os *softwares* que foram desenvolvidos internamente pelo departamento de IT e a laranja os *softwares* que foram adquiridos em empresas externas.



**Figura 11** Sistema Informático

De seguida serão descritos os *softwares* representados na Figura 11:

- **Gantt:** *Software* de planeamento que segue as diretrizes do diagrama de Gantt, em que as tarefas são representadas como barras coloridas sobre o eixo horizontal dentro dos intervalos de tempo em que devem ser realizadas.
- **Registo Diário:** *Software* que permite a um operador introduzir manualmente os dados de produção diários, de forma a serem posteriormente exportados para o ERP.
- **Sistema Gestão Projetos, SGP:** Gere toda a componente financeira dos projetos.
- **Enterprise Information Systems, EIS:** é uma ferramenta que gere as informações consideradas relevantes para o negócio de forma “*user friendly*” e que permite gerar relatórios personalizados e adaptados às necessidades da empresa e num espaço temporal mais eficiente.
- **Application SoftWare, ASW:** Gere toda a parte financeira da empresa.
- **Computer Aided Design e Computer Aided Engineering, CAD/CAE:** apresenta uma 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.
- **Product Lifecycle Management, 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.

Todos estes *softwares* têm ligação à rede interna da Simoldes e por motivos de segurança na troca de dados a nível interno, estes encontram-se ligados a vários servidores distintos.

### 3.3 PROCESSO DE CONTROLO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA

De seguida irá ser descrito todo o processo de controlo de produção atualmente implementado no chão de fábrica e que está a sofrer um processo de digitalização. Todo este processo de controlo de produção é destinado ao controlo das peças que são produzidas, de forma a que possam ser analisados os níveis de desempenho do processo produtivo, sustentados pela análise de vários indicadores de produção (KPI's).

O primeiro passo que antecede todo o processo de controlo de produção, e que dá início ao mesmo, é a emissão de um EDI por parte do cliente, onde estão descritos os pedidos do cliente. É a partir daqui que entra a secção de planeamento, que irá avaliar os pedidos solicitados pelo cliente, o quão urgente é e como é lógico avaliam a disponibilidade das máquinas de injeção. Com isto, são planeadas as Ordens de Produção, onde são definidas as quantidades e o tipo de peças que cada máquina vai ser responsável por produzir, isto tudo tendo como base o conceito do Diagrama de Gantt. Depois de terminado todo este planeamento passa-se então à emissão das Ordens de Produção. Para tal, existe um operador responsável por este processo, que insere 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. Todas as OP's são únicas, pois a referência que as identifica nunca se repete e é diferente das restantes. Cada OP contém as seguintes informações:

- N.º da Ordem de Produção;

- N° da Máquina;
- 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 previstas 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;

Realizada a emissão das Ordens de Produção, o passo seguinte passa por colocar cada uma destas Ordens no respetivo módulo de produção de cada nave. Antes de se iniciar cada turno, estas são distribuídas pelas respetivas máquinas de injeção para se dar então início ao processo de produção. No final de cada dia todas estas Ordens de Produção voltam a ser recolhidas até que após trinta dias estas são arquivadas.

### **3.3.1 QUADRO DE CONTROLO DE PRODUÇÃO (QUADRO TRS)**

De forma a fazer a aquisição dos dados de produção para o sistema informático da empresa, ainda é efetuado um processo manual que é suportado por um Quadro de controlo de produção (Figura 12), também conhecido internamente por Quadro de Taxa de Rendimento Sintético, TRS. Este quadro é sempre preenchido no início de cada turno com os seguintes parâmetros:

- Número dos operadores do respetivo posto de trabalho;
- Número do molde utilizado;
- Número de cavidades do respetivo molde;
- Número da Ordem de Produção;

- Objetivo de peças por hora;

Simoldes		Quadro de Controlo de Produção										Máquina - KW-1600 III		
Hora	Operadores	Nº Molde		Designação		Nº Peç Object.	Nº Peç Real	Aliz. Param.	Rejeições		Paragens			
		Nº Cav.	Nº Ordem Prod.	Código - Designação	Pcs Rej.				Código - Designação	Início	Fim	OK 1ª Peça		
0101	2055 A	8548	1	62W JOLET K9	25	24	37	4	63	54	1F	20:43	00:50	✓
0102									63	40	1F			
0203									63	57	6C	02:45	02:25	
0304									63	63	0			
0405	22513 B								63	63	0			
0506									63	57	1F	05:20	05:23	
0607									63	57	1L	06:10	06:15	
0708									63	63	0			✓
Total						504	454	Total peças rejeitadas=	4	Rend. do turno=	89,8%	PPM do turno=	2210	

Figura 12 Quadro de Controlo de Produção (TRS)

Durante cada um dos três turnos, os operadores registam no quadro todas as paragens de máquina que vão surgindo, assim como a respetiva razão de paragem e a respetiva hora de início e de fim. Registam ainda todas as peças rejeitadas e a respetiva causa da sua rejeição. A Simoldes tem toda esta informação organizada numa tabela de códigos de paragens e rejeições e o operador apenas se limita a registar o código correspondente a essa causa de paragem ou de rejeição. Esta tabela pode ser consultada no Anexo A.

O quadro TRS está dividido em intervalos de uma hora, e para cada intervalo o operador deve registar ainda o número de peças produzidas durante esse intervalo de tempo. Esses valores são registados a cor verde caso o operador cumpra o objetivo proposto no início do turno ou a vermelho, caso não cumpra.

O último passo no final de cada turno passa por contabilizar e registar no quadro TRS o número total de peças produzidas e o número total de peças rejeitadas. A partir daí são finalmente calculados os valores os valores de Rendimento do Turno, e Peças Por Milhão, PPM, como descrevem as seguintes equações 1 e 2.

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

$$PPM\ do\ Turno = \frac{Total\ Peças\ Rejeitadas}{Total\ Peças\ Produzidas} \cdot 1\ 000\ 000 \quad (2)$$

### **3.3.2 REGISTO DO DIÁRIO**

De forma a serem elaborados os relatórios de controlo de produção, os dados de produção registados no Quadro TRS são recolhidos e inseridos na base de dados do Registo Diário.

No funcionamento atual, existe um funcionário responsável por esta tarefa de recolha de dados, que está encarregue de percorrer todas as máquinas da fábrica duas vezes por dia. Esse funcionário completa um percurso estabelecido por todas as máquinas, sendo que a primeira volta é realizada às 8 horas da manhã, e nesse momento o funcionário insere no registo diário os dados relativos ao último turno do dia anterior (turno compreendido entre as 16h:00 e as 00h:00) e do primeiro turno do dia atual (turno compreendido entre as 00h:00 e as 08h:00). Já na segunda volta diária que é feita perto das 17 horas, o funcionário introduz os dados relativos ao segundo turno do dia atual (turno compreendido entre as 08h:00 e as 16h:00).

Deve ter-se em conta que para a introdução destes dados no *software* é necessário que o funcionário realize um pequeno cálculo. Neste processo de inserção dos dados na base de dados afeta ao registo diário, é necessário que o funcionário introduza o número total de injeções realizadas nesse turno. De forma a obter esse valor, o funcionário tem de efetuar um cálculo, onde divide o número de peças produzidas nesse respetivo turno pelo número de cavidades do molde utilizado na produção dessas mesmas peças. Atualmente, embora este cálculo seja pouco complexo, contribui em parte para o aumento do tempo de execução desta tarefa, uma vez que, este tem de ser repetido para cada uma das máquinas.

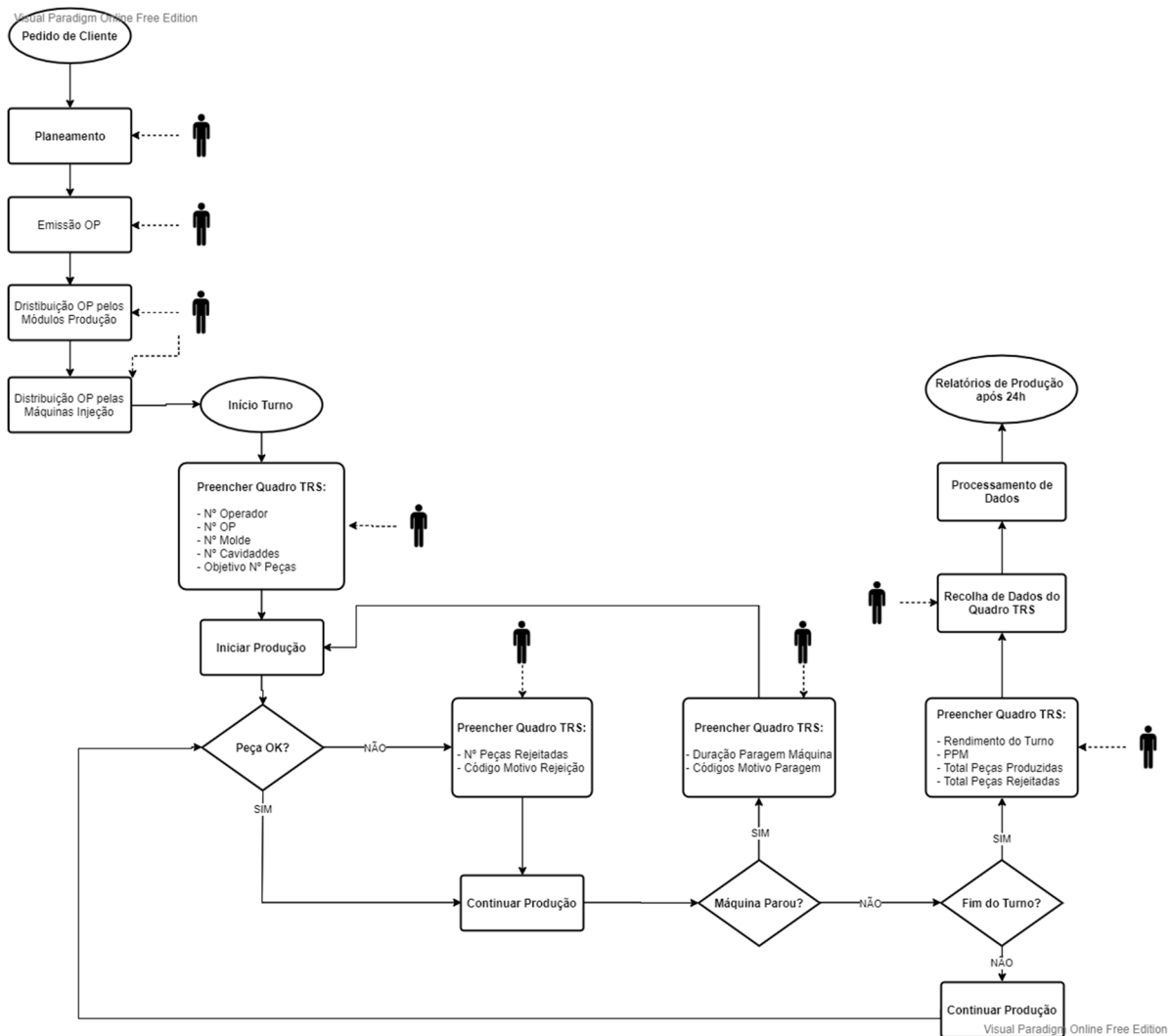
### **3.3.3 RELATÓRIOS DE PRODUÇÃO**

Só numa fase posterior à inserção dos dados de produção na base de dados do Registo Diário detalhado na última secção, é possível iniciar o processo de criação dos Relatórios de Produção.

No funcionamento atual do processo de produção, existe um período de cerca de 24 horas, desde a recolha dos dados dos Quadros TRS até ser possível gerar um relatório de produção. Desta forma, nesse período só é possível ter acesso aos dados de produção

através da deslocação até cada uma das máquinas para consultar o preenchimento do Quadro TRS pretendido.

De forma a resumir todo o processo de controlo de produção que se pretende evoluir digitalmente, foi elaborado um fluxograma (Figura 13) de todo o processo que se inicia com um pedido de um cliente até a geração dos relatórios de produção.



**Figura 13** Fluxograma de todo o processo desde um pedido de um cliente até a geração dos relatórios de produção do sistema de produção atual

### 3.4 PRINCIPAIS KPI'S

Diariamente, o Departamento de Produção da empresa recorre à análise de um conjunto de KPI's de forma a poder controlar e atuar nos eventuais desvios de valores que estão planeados.

Neste ponto, apenas os KPI's de maior importância no controlo do processo de produção da empresa serão apresentados. Os indicadores referidos são os seguintes: Disponibilidade ou RU (Rendimento de Utilização), Performance ou RQT (Rendimento Quantitativo), Qualidade ou RQL (Rendimento Qualitativo), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e *Overall Operations Effectiveness* (OOE).

Para calcular alguns dos indicadores referidos anteriormente, é necessário ter em conta os tempos que se seguem:

- **Paragem Planeada** ou **TNA**: corresponde ao tempo de todas as paragens que são planeadas e inevitáveis. Estas são representadas pelos códigos de paragem 2A, 2B, 2C, 6E da tabela de códigos de paragem representada no Anexo A;
- **Paragem Não Planeada** ou **TPP**: corresponde ao tempo em a máquina se encontra parada, não estando esta paragem planeada e sendo evitável.

A disponibilidade, representada na Equação 3, é a razão entre o tempo que a máquina produziu e o tempo total disponível para produção. Para calcular a disponibilidade não se tem em conta os tempos de paragem planeadas, pois não irão afetar o rendimento da máquina.

$$Disponibilidade = 1 - \frac{TPP}{Tempo\ Total - TNA} \quad (3)$$

A performance, representada na Equação 4, compara a quantidade produzida com a quantidade teórica que poderia ter sido produzida enquanto o equipamento se encontrava a produzir. Neste caso o cálculo pode ser realizado através da razão entre o tempo de ciclo teórico e o tempo de ciclo real de produção de uma peça.

$$Performance = \frac{Tempo\ Ciclo\ Teórico\ (s)}{Tempo\ Ciclo\ Real\ (s)} \quad (4)$$

A qualidade, representada na Equação 5, é a proporção entre a quantidade de peças boas e a quantidade total de peças produzidas.

$$Qualidade = 1 - \frac{N.^{\circ} Total Peças Rejeitadas}{N.^{\circ} Total Peças Produzidas} \quad (5)$$

O OEE, é considerado um dos KPI's de maior importância no controlo do processo de produção da empresa. Através da sua monitorização é possível perceber qual a proporção entre o que foi efetivamente produzido e o que se poderia ter produzido consoante o que foi previamente planeado. O OEE pode ser calculado através da Equação 6.

O OOE, é calculado de forma semelhante ao OEE, no entanto o OEE tem em conta o tempo planeado para produzir, já no cálculo do OOE é usado o tempo de cada turno, mesmo que a máquina esteja parada para uma ação de reparação. O OOE pode ser calculado através da Equação 7.

$$OEE = (Disponibilidade \cdot Performance \cdot Qualidade) \cdot 100 \quad (6)$$

$$OOE = \left( \frac{Tempo Produção}{Tempo Total} \cdot Performance \cdot Qualidade \right) \cdot 100 \quad (7)$$

# 4. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DE PRODUÇÃO

Neste capítulo foi detalhado todo o processo de implementação do sistema de aquisição de dados, onde se começou por apresentar o âmbito, os objetivos e as fases de implementação do projeto, e posteriormente se descreveu tanto o conceito como os requisitos pretendidos para o sistema. Por fim, foi explicado todo o plano de implementação, assim como todos os trabalhos realizados durante a Fase 1.1 do projeto, que coincidiu com o período de desenvolvimento desta dissertação. Durante este capítulo é constantemente mencionada a plataforma em *cloud* da proGrow, que é a base de todo este sistema de aquisição de dados. Porventura esta será apresentada em detalhe no Capítulo 5, que descreve o Sistema Final e Resultados.

## 4.1 ÂMBITO, PROBLEMA E OBJETIVOS DO SISTEMA

Com cerca de trezentas máquinas de injeção, a gestão de produção das mesmas era feita através de registos manuais realizados pelos colaboradores em cada posto de trabalho e com o preenchimento de indicadores de performance e supervisão em quadros

visuais (Quadro TRS). Assim sendo, o processo de análise de todo o histórico dos dados de produção gerados, tornava-se demasiado complexo, pesado e moroso.

Para além disso, como já explicado na secção 3.3.3, desde o momento em que é feita a recolha dos dados de cada um dos Quadros TRS até ser possível gerar um relatório de produção, existe um período de cerca de 24 horas. Como consequência, nesse período só era possível ter acesso aos dados de produção, através da deslocação até cada uma das máquinas para consultar os dados preenchidos no Quadro TRS pretendido.

Por isso, foi estruturado todo este projeto de digitalização e de implementação de um sistema de aquisição de dados de produção automático e em tempo real, que se propõe a digitalizar esse processo e se compromete a atingir três principais objetivos:

- Aumentar o rendimento operacional e a performance dos indicadores, nomeadamente o OEE, através da resposta rápida a problemas de performance espelhados nos dados disponibilizados;
- Aumentar o desempenho da equipa da Simoldes reduzindo o trabalho e as tarefas administrativas sem valor acrescentado;
- Digitalizar e aumentar as iniciativas de Melhoria Contínua, promovendo a partilha de *know-how*;

Para além disto, existiram outros fatores e outros objetivos secundários que estão inerentes a este projeto de digitalização, sendo eles:

1. Grande passo em frente na transformação digital
2. Maior visibilidade e transparência nos resultados
3. Recolha de dados de produção em tempo real
4. Visualização de dados em tempo real e em qualquer lugar.
5. KPI's em tempo real e decisões mais rápidas e eficazes

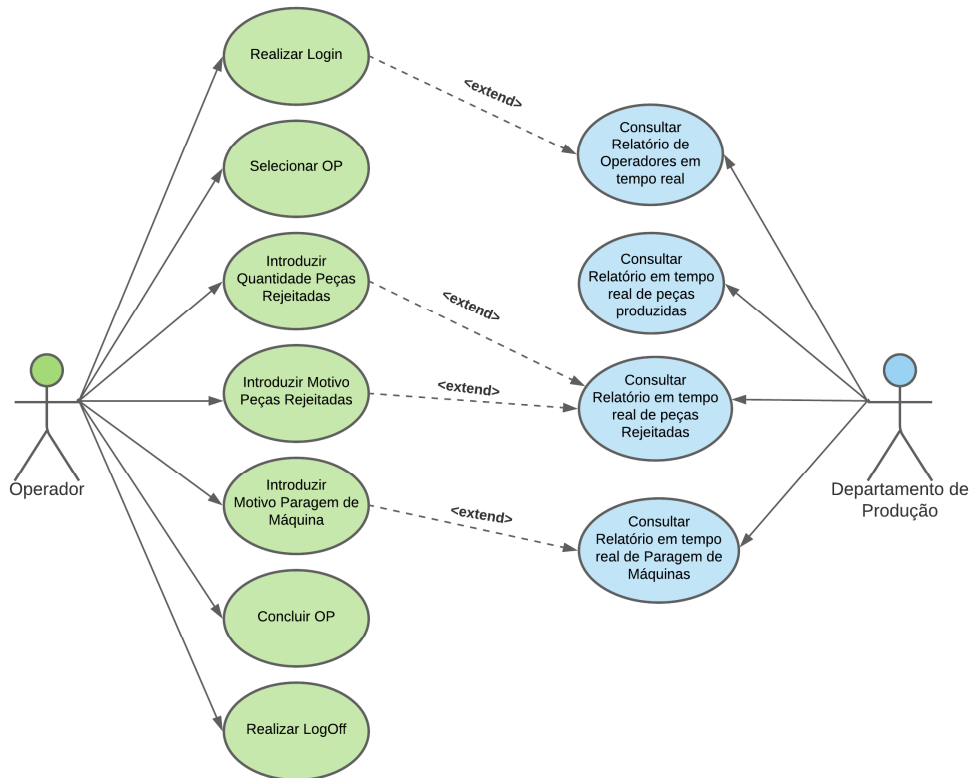
## **4.2 BENCHMARKING, CONCEITO E REQUISITOS DO SISTEMA**

Numa fase anterior a esta dissertação, foi realizado um *Benchmarking* entre as várias soluções existentes no mercado, que consistiu na avaliação e na escolha de um sistema de aquisição de dados para digitalização do processo de controlo de produção.

De forma a que fossem atingidos os principais objetivos no que diz respeito à aquisição de dados de forma automática desde o chão de fábrica, e o acesso à informação em tempo real, foi necessário testar e analisar as diversas soluções disponíveis no mercado. A grande prioridade passava por encontrar uma solução que fosse compatível com o sistema de produção atualmente implementado e que no futuro pudesse dar continuidade ao desenvolvimento tecnológico em todo o sistema produtivo. Para isso foram analisadas algumas empresas que atuam na área em questão e que já tinham implementado projetos similares noutras organizações.

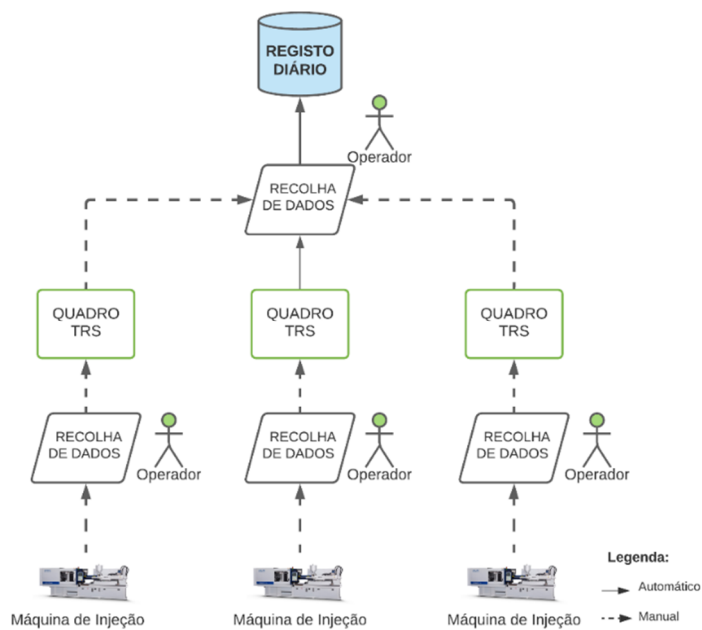
Para se proceder a tal escolha, tiveram de ser analisados os requisitos que se pretendiam para este sistema. No decorrer desta análise chegou-se à conclusão de que seria impossível implementar no chão de fábrica um sistema que fosse cem por cento automatizado. Muito por culpa do sistema de produção que existe atualmente na Simoldes, iria sempre existir a necessidade de recorrer a processos de introdução de dados de forma manual pelo operador, que não poderiam ser obtidos de forma automática pela máquina de injeção. Alguns exemplos disso seriam por exemplo a inserção no sistema de que foi rejeitada uma peça e as respetivas causas da rejeição, uma vez que, as rejeições normalmente dependem de parâmetros visuais que, à data de hoje, só conseguem ser identificados pelo olho humano. Da mesma forma, estavam também dependentes da avaliação do operador, os motivos de paragem de máquina.

Partindo disto, foi elaborado um digrama de casos de uso de forma a estruturar as funcionalidades principais que eram fulcrais incluir no *software* do sistema de controlo de produção a implementar. O diagrama está representado na Figura 14.

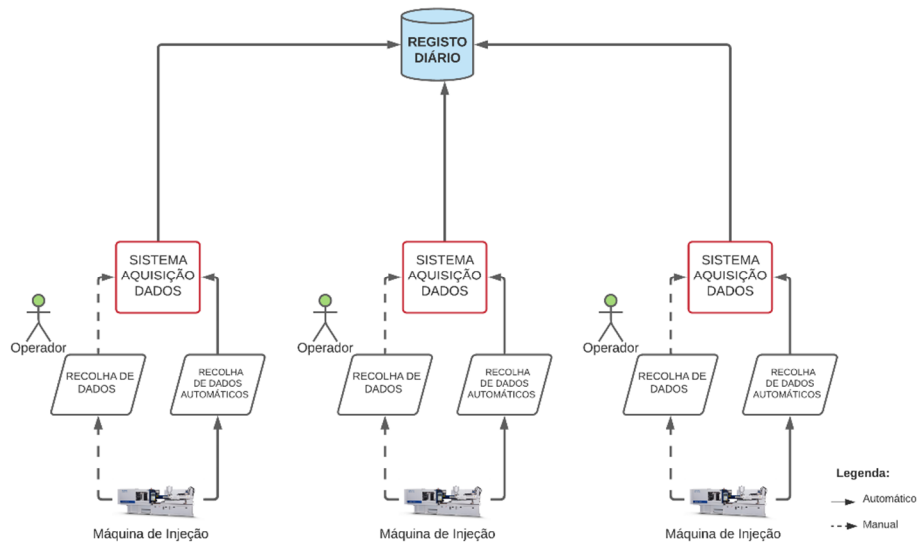


**Figura 14** Diagrama de casos de uso

Nas Figuras 15 e 16 estão esquematizados tanto o sistema de controlo de produção em vigor no chão de fábrica antes da implementação do sistema de aquisição de dados, assim como o sistema que se pretendia implementar. No sistema que se pretende implementar (Figura 16) continuaria a existir um registo de dados de forma manual por parte do operador, como já explicado anteriormente.



**Figura 15** Sistema de controlo de produção atual



**Figura 16** Sistema de controlo de produção futuro

Posto isto, feita a análise às ofertas existentes no mercado e que cumpriam os requisitos pretendidos, foram escolhidas duas soluções piloto para serem testadas no chão de fábrica, o piloto X e o piloto proGrow. Nesta dissertação, a primeira solução piloto será referida como piloto X, devido ao sigilo exigido pela empresa.

O piloto X recorria a um terminal para fazer a aquisição dos dados de produção, e utilizava um *software* standard, para gerir estes mesmos dados. Esse *software* era suportado por uma base de dados SQL onde eram armazenados todos esses dados. O *software* incluía ainda uma ferramenta de planeamento que disponibilizava em tempo real, um diagrama de Gantt com todas as OP previstas para uma fase posterior assim como as que estavam em produção naquele momento, e mostrava ainda o estado das mesmas com base num código de cores.

Quanto à solução piloto da proGrow, oferecia uma plataforma de aquisição de dados personalizada, que permitia ser alterada tendo em conta as necessidades e requisitos do cliente. Esta solução não incluía uma componente de *hardware* e os dados de controlo de produção eram disponibilizados numa aplicação via *cloud*. Como se tratava de uma solução bastante personalizada, permitia que quer os *dashboards*, como os KPI's e os relatórios de produção fossem adaptados de acordo com as necessidades da empresa.

Todavia, a aquisição de dados deste sistema da proGrow teria de ser feita através do protocolo de comunicação EuroMap63, o que por um lado seria uma vantagem e ao mesmo tempo uma desvantagem para esta solução. Por um lado, iria possibilitar o acesso

a vários dados de processo da máquina de injeção (temperaturas, pressões, etc.) sem a necessidade de se recorrer a um *hardware* complementar, e ainda seria uma vantagem para uma outra fase do plano de digitalização da empresa, onde se pretende fazer aquisição dos dados de processo.

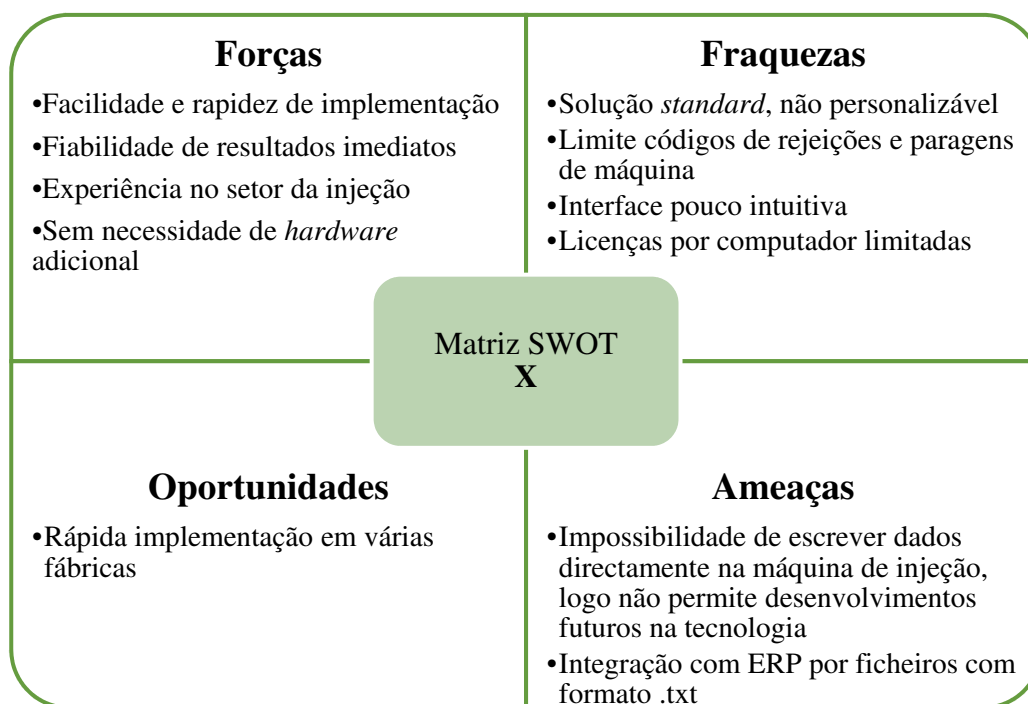
A grande desvantagem era que nem todas as máquinas de injeção eram compatíveis com o protocolo de comunicação EuroMap63, e modificar as máquinas para que essa comunicação fosse possível poderia comprometer financeiramente todo o projeto.

Durante cerca de três meses estes pilotos estiveram em fases de testes onde foi feito um acompanhamento e verificação da aquisição dos dados e também ao nível da formação dos operadores para permitir que fossem estes a utilizar os sistemas.

Passados esses três meses, foi feita uma comparação de resultados entre o sistema atual da empresa e os pilotos em teste, de forma a que posteriormente fosse possível avaliar estes sistemas e fazer uma análise com o intuito de se retirarem as vantagens e desvantagens de cada piloto.

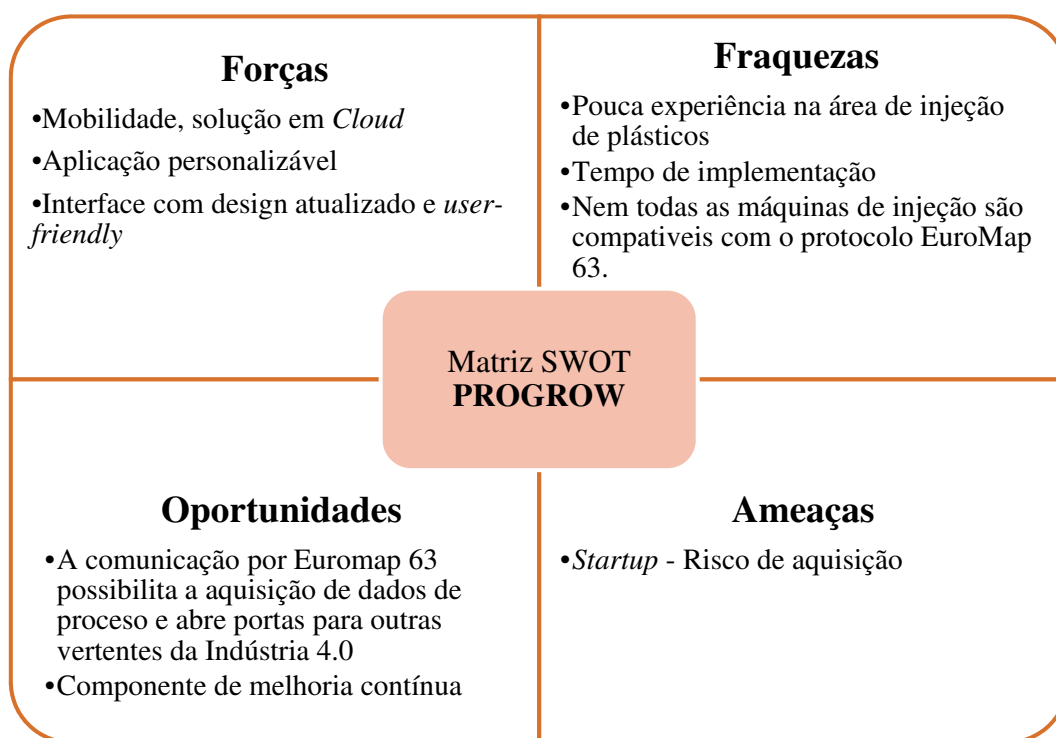
Para se proceder à comparação de resultados entre os dois sistemas piloto em teste foi realizada uma análise SWOT para cada um dos pilotos.

Quanto ao piloto X, a matriz SWOT apresentada encontra-se na Figura 17.



**Figura 17** Matriz SWOT piloto X

Quanto ao piloto proGrow a matriz SWOT apresentada encontra-se na Figura 18:



**Figura 18** Matriz SWOT piloto ProGrow

Após este período de três meses em que os dois pilotos foram equacionados e avaliados, chegou-se à conclusão de que nenhuma das duas soluções satisfazia plenamente os requisitos definidos pela empresa.

Por sua vez, a escolha recaiu na procura de uma solução que conseguisse acoplar os pontos fortes dos dois pilotos testados. Se por um lado, o piloto X oferecia uma garantia de aquisição de dados eficaz, de rápida implementação e com um custo relativamente baixo, do outro lado a proGrow destacava-se pela apresentação de uma solução em *cloud*, que iria permitir uma plataforma personalizada e adaptada e que se mostrava flexível às necessidades da empresa.

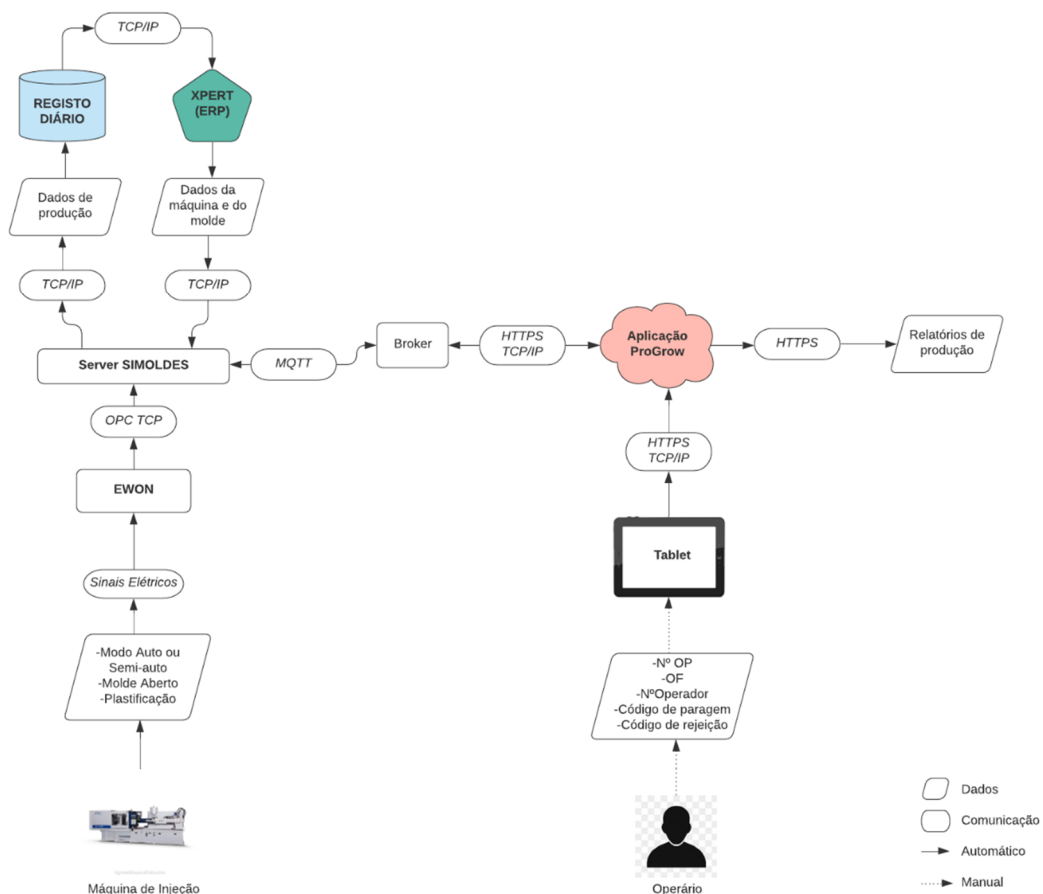
Tudo pesado, a decisão tomada foi avançar com a implementação do piloto proGrow com algumas alterações na sua arquitetura e com a inclusão de algum *hardware*. Foi então decidido não realizar a aquisição de dados recorrendo ao protocolo de comunicação EuroMap63. Assim, foi incluído no sistema, um *Data IoT Gateway* de forma a que fossem recolhidos os três sinais elétricos enviados por cada uma das máquinas de injeção.

O *Data IoT Gateway* escolhido para inclusão no sistema foi o dispositivo *Ewon*. Os dados obtidos através da recolha dos três sinais elétricos pelo dispositivo *Ewon*, são

guardados em *tags* de forma a serem enviados para um servidor FTP da empresa, não sendo obtidos diretamente pela proGrow por motivos de segurança. Do outro lado, a proGrow faz a recolha destes dados do servidor e processa os mesmos de forma a serem apresentados na aplicação em *cloud*. Todo o funcionamento do *Ewon* e da recolha dos três sinais de injeção será detalhado na secção 4.7.4 deste capítulo.

Do lado do operador, no que toca à necessidade de introdução de alguns dados de produção de forma manual, este sistema requereu a presença de um tablet acoplado a um Mini PC, que possibilitasse ao operador introduzir na plataforma de aquisição de dados, os códigos referentes às causas de rejeição de uma peça produzida e as causas de paragem das máquinas.

Na Figura 19 está apresentada a arquitetura da solução final que foi escolhida para implementação no chão de fábrica, e na Figura 20 está ilustrado o conceito da solução.



**Figura 19** Arquitetura da solução escolhida

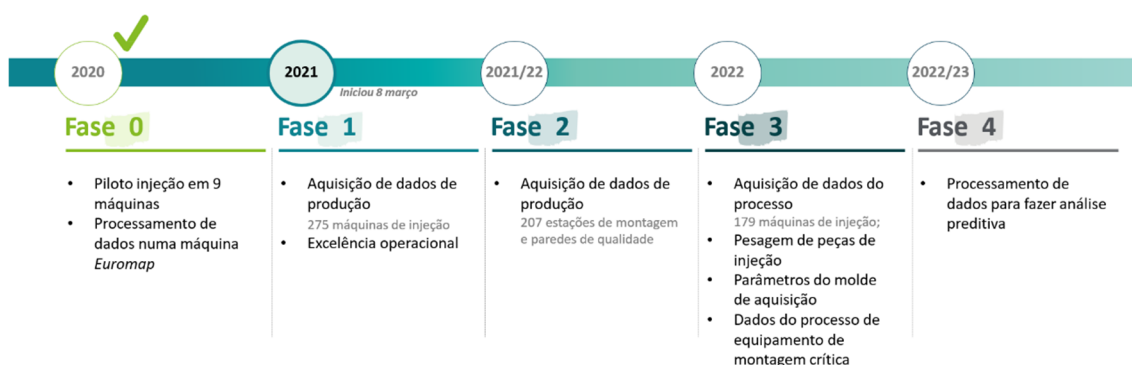


**Figura 20** Conceito da solução escolhida

Na Figura 20 onde está ilustrado o conceito do sistema de aquisição de dados de produção, é possível observar toda a sua constituição. De um lado está visível o procedimento manual de inserção de dados (rejeições, paragens) na plataforma proGrow por parte do operador, através de um tablet, e do outro a aquisição de dados automática com a recolha dos sinais da máquina de injeção realizada pelo dispositivo *Ewon*. Está representada também a troca de informação entre o servidor e o ERP da empresa e ainda uma nova funcionalidade deste sistema, a apresentação dos quadros TRS em formato digital mostrados numa TV aplicada em cada posto de trabalho, que vem substituir os antigos quadros TRS.

### 4.3 VISÃO E FASES DA IMPLEMENTAÇÃO

Como é possível observar na Figura 21, foi definido como estratégia interna da empresa, um plano de transformação digital segmentado em quatro fases, sendo que esta dissertação foi desenvolvida durante a Fase 1, que corresponde à digitalização do processo de injeção.



**Figura 21** Plano de Digitalização

A primeira fase que surge neste Plano de Digitalização é a Fase 0, que já foi concluída durante o ano 2020. O objetivo desta Fase 0 consistiu na implementação da solução escolhida e apresentada na secção anterior (plataforma proGrow), em nove máquinas de injeção de uma fábrica, servindo como piloto para a restante implementação em toda a empresa.

Já na Fase 1, em que foi desenvolvida esta dissertação, a Simoldes Plásticos alargou o âmbito da plataforma, de forma a potenciar a solução e alcançar maiores benefícios. Nesta fase o sistema de aquisição de dados de produção estendeu-se ao total de 275 máquinas de injeção. Para além disto, para esta fase foi planeado o alargamento da cobertura da plataforma a nível geográfico por todas as fábricas da empresa fora do país, sendo ainda necessário dotar esta solução de novas funcionalidades que permitam potenciar ainda mais a excelência operacional do sistema de produção da Simoldes Plásticos.

Quanto à Fase 2 do Plano de Digitalização, prevê-se que seja iniciada entre o final de 2021 e o início de 2022 e está planeado continuar a expansão de todo o processo de aquisição de dados pelas 207 estações de montagem e paredes de qualidade.

Já na Fase 3 do Plano de Digitalização, que está planeada para ter início também em 2022, pretende-se começar também a adquirir os dados do processo de injeção, e de acordo com o planeamento realizado está previsto adicionar este funcionamento a 179 máquinas de injeção. Esta fase irá contar com a inclusão de mais três *upgrades*, uma delas será começar com o processo de pesagem de peças de injeção, outra delas será a aquisição de parâmetros do molde, e por fim a aquisição de dados do processo de montagem crítica.

Para finalizar este Plano de Digitalização, surge a Fase 4, que está planeada para decorrer em parte no ano de 2022 e 2023, e o objetivo será começar a utilizar o processamento de dados para que se comece a entrar no panorama da análise preditiva.

#### **4.4 FASE 0 DA IMPLEMENTAÇÃO**

A primeira fase que surgiu na implementação do sistema de aquisição de dados foi a Fase 0, concluída durante o ano 2020. Esta fase consistiu basicamente na implementação do projeto piloto da plataforma de aquisição de dados proGrow em nove máquinas de injeção na fábrica em que o mesmo foi testado (Simoldes Plásticos), e que contou com dezasseis semanas de projeto, acrescido de um período de estabilização.

Esta fase inicial surgiu após as fases de testes e escolha dos pilotos, e o seu principal foco recaiu em aplicar todo conceito da solução piloto escolhida, numa unidade de produção, de forma a tentar maximizar a performance numa linha de produção inteira, e só depois expandir e otimizar esse conceito por toda a fábrica e pelas restantes fábricas do grupo.

Nesta Fase 0 os objetivos chave e as principais tarefas realizadas foram as seguintes:

- Teste dos registos manuais de produção realizados pelos operadores da Simoldes Plásticos (ex. ordem de produção, inserir na plataforma proGrow os códigos de paragem e rejeição de peças) através de nove *tablets*;
- Disponibilização na plataforma proGrow dos *dashboards* relativos ao *shopfloor* (registos de produção e quadro TRS);
- Integração da plataforma proGrow com o sistema de informação ERP da Simoldes Plásticos;
- Recolha de três sinais elétricos de nove máquinas de injeção através de IoT *gateways* (dispositivo *Ewon*);
- Teste do módulo de melhoria contínua da plataforma proGrow;

A implementação desta Fase 0 trouxe à Simoldes Plásticos uma série de mais valias, pois conseguiu disponibilizar um acompanhamento de cerca de quarenta KPI's, relatórios praticamente em tempo real, sete *dashboards* em tempo real e registos manuais, utilizados diariamente por todos os níveis hierárquicos da organização e que têm vindo a servir de suporte no processo de tomada de decisão.

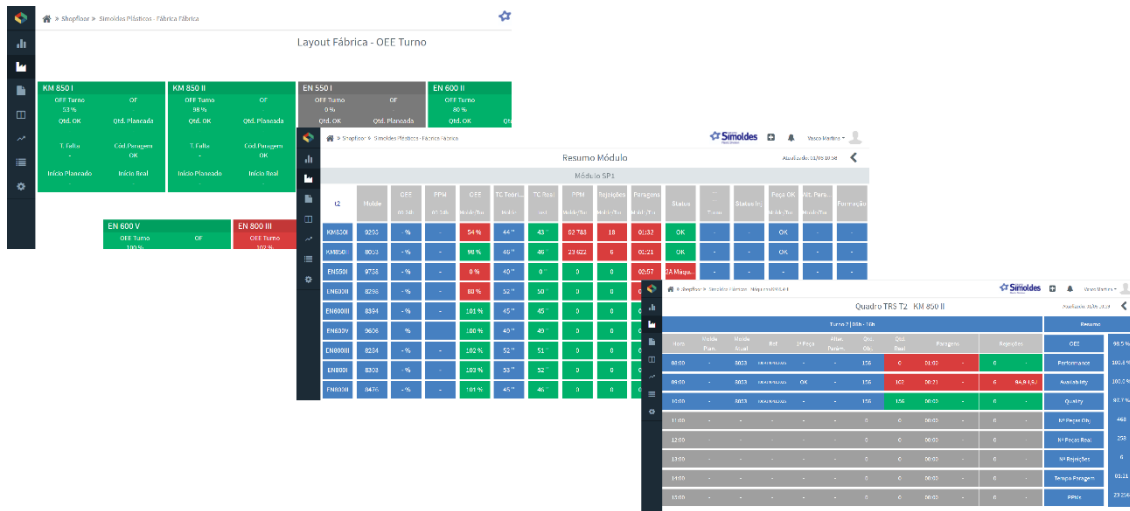


Figura 22 Dashboards proGrow

Após estar implementada a Fase 0, todo este processo foi acompanhado durante algumas semanas, e desse acompanhamento foi possível tirar algumas conclusões do sistema implementado nas nove máquinas de injeção, que deram o mote para o desenrolar da Fase 1. Conforme mostra a Figura 23, foram tiradas conclusões em vários aspetos: quanto às análises detalhadas, estado da produção e também quanto à tomada de decisões.

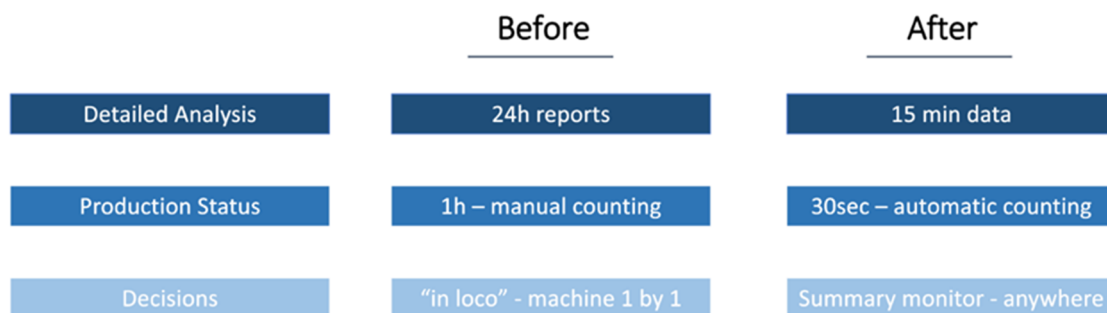


Figura 23 Conclusões Fase 0

No que diz respeito ao nível da análise detalhada, numa fase anterior à implementação deste sistema piloto nas nove máquinas de injeção, só era possível obter relatórios de produção a cada 24 horas, e atualmente a cada quinze minutos são gerados os dados necessários à produção desses mesmos relatórios. Quanto ao estado da produção, foi

possível verificar que numa fase anterior, a recolha dos dados de produção normalmente teria a duração de uma hora sendo efetuada por um colaborador, e com este sistema implementado os dados são adquiridos e atualizados automaticamente na plataforma proGrow a cada trinta segundos. Relativamente ao processo de tomada de decisão, esta transformação no sistema de produção eliminou de certa forma a chamada tomada de decisão “*in loco*”, ou seja, ter que haver uma deslocação de quem toma a decisão até à máquina específica para poder atuar e decidir, e passar assim a que seja possível tomar decisões em qualquer lugar e através de qualquer dispositivo com ligação à rede, com recurso aos dados que são acessíveis na plataforma em *cloud* da proGrow.

#### 4.5 FASE 1 DA IMPLEMENTAÇÃO

A partir desta Fase 0, o passo seguinte é alargar o âmbito da plataforma, de forma a potenciar a solução e alcançar maiores benefícios, e é aqui que entra a Fase 1. É no decorrer desta fase que é desenvolvida esta dissertação e nela pretende-se que o sistema de aquisição de dados da produção se estenda ao total de 275 máquinas de injeção. Para além disto, nesta fase foi planeado o alargamento da cobertura da plataforma a nível geográfico, para as fábricas fora de Portugal.

Desta forma, os grandes desafios que esperados para esta Fase 1 do plano de digitalização são:

- **Escalar a plataforma a toda a organização.** Após um primeiro projeto piloto em nove máquinas na Simoldes Plásticos, as valências da plataforma foram notórias, sendo necessário escalar a solução por todas as fábricas da divisão de plásticos de forma a obter mais benefícios.
- **Endereçar novas funcionalidades e análises.** Para além do alargamento da cobertura da plataforma a nível geográfico, é necessário também dotar a solução de novas funcionalidades que permitam potenciar ainda mais a excelência operacional da Simoldes.

Quanto aos objetivos desta fase, vão de encontro aos objetivos do projeto e são os seguintes:

- Aumentar a eficiência operacional;
- Redução do trabalho administrativo;

- Aumento de iniciativas de melhoria contínua;

Nesse sentido, de acordo com o Plano de Digitalização, o projeto definido para o ano 2021 consiste na digitalização das operações de sete fábricas do Grupo Simoldes. Nesta Fase 1 do Plano de Digitalização pretende-se sobretudo implementar as funcionalidades da Fase 0 para as restantes fábricas da Europa e de África, e ainda acrescentar novas funcionalidades e análises à plataforma da proGrow para as mesmas fábricas da Europa e de África.

FASES	ÂMBITO				Total
	SP	INPLAS + PLT	Euro-África		
2021	<b>#1 [F1] – Injeção</b>				
	Rollout das funcionalidades da Fase 0 para as 7 fábricas EU/África				
	Desenvolvimento das novas funcionalidades e análises				
Rollout das novas funcionalidades para as 7 fábricas EU/África					
<b>#2 [F2] - Montagem</b> Dividida em duas fases					
<b>Piloto Montagem</b>					
Piloto da aplicação da plataforma num grupo de equipamentos das Linhas de Montagem					
	45	89	95	229*	
	4			4	

**Figura 24** Âmbito Fase 1

Como está descrito na Figura 24, na Simoldes Plásticos está previsto implementar este sistema de aquisição de dados em 45 máquinas de injeção, na Inplas e Plastaze 89 máquinas e nas restantes fábricas da Europa e África 95 máquinas, o que corresponde a 229 máquinas de injeção. Para atingir as 275 máquinas referidas anteriormente, ficam a faltar as máquinas da fábrica sediada no Brasil, que foi planeada para outra fase do projeto.

As funcionalidades deste sistema de aquisição de dados serão disponibilizadas de forma faseada nas sete fábricas do Grupo, sendo que no final todas terão acesso aos mesmos conteúdos de cada fábrica.

Na Figura 25 a seguir apresentada, é possível visualizar os *milestones* definidos para esta Fase 1 a decorrer durante o ano de 2021. No primeiro *milestone* está representada a Fase 0, a única atualmente terminada e que está implementada em nove máquinas de injeção no chão de fábrica da Simoldes Plásticos. No que diz respeito à Fase 1, é importante clarificar que esta se encontra dividida em duas etapas, a Fase 1.1 e a Fase 1.2. O *milestone* que se segue no ano de 2021 está definido para o mês de Agosto, e está previsto que nessa altura já se encontre finalizada a Fase 1.1. Nessa mesma Fase 1.1 irá ser implementado o sistema de aquisição de dados nas fábricas presentes em território nacional. O sistema irá ser implementado nas restantes máquinas da Simoldes Plásticos,

e ainda num total de 89 máquinas nas duas outras fábricas portuguesas, a Inplas e Plastaze. Por fim, o último *milestone* do ano de 2021 está marcado para o mês de Dezembro onde se espera concluir a Fase 1.2 e dar por terminada a totalidade da Fase 1. Nesta Fase 1.2, serão introduzidas novas funcionalidades na plataforma proGrow para todas as fábricas, quer em Portugal quer no estrangeiro, e está planeado a implementação deste sistema de aquisição de dados em mais 95 máquinas nas fábricas fora de Portugal.

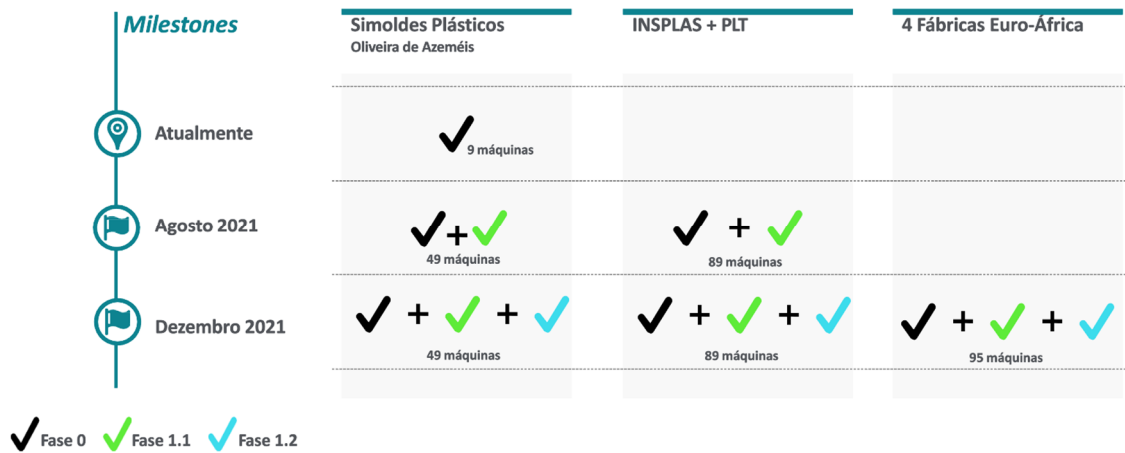


Figura 25 Milestones Fase 1

#### 4.6 ROADMAP FASE 1

Quanto ao planeamento realizado para a totalidade da Fase 1 (Figura 26), está previsto ter uma duração total de 38 semanas. No que diz respeito ao projeto relativo às máquinas de injeção, como já foi referido anteriormente, espera-se dar por concluídas as Fases 0 e 1.1 até ao mês de Agosto de 2021, nas três fábricas em Portugal. A partir desse momento, iniciam-se os trabalhos nas fábricas fora de Portugal, estando prevista a sua conclusão até Dezembro de 2021, contando já com as Fases 0, 1.1 e 1.2.

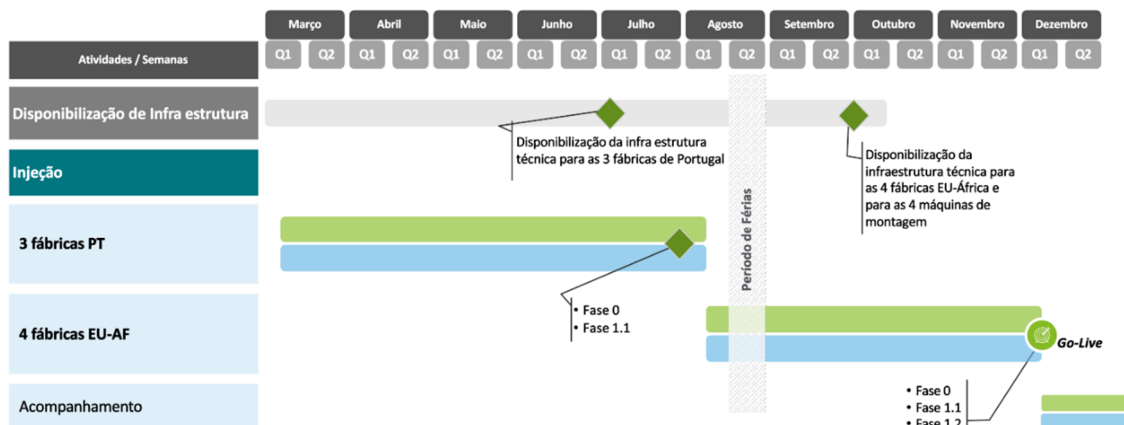
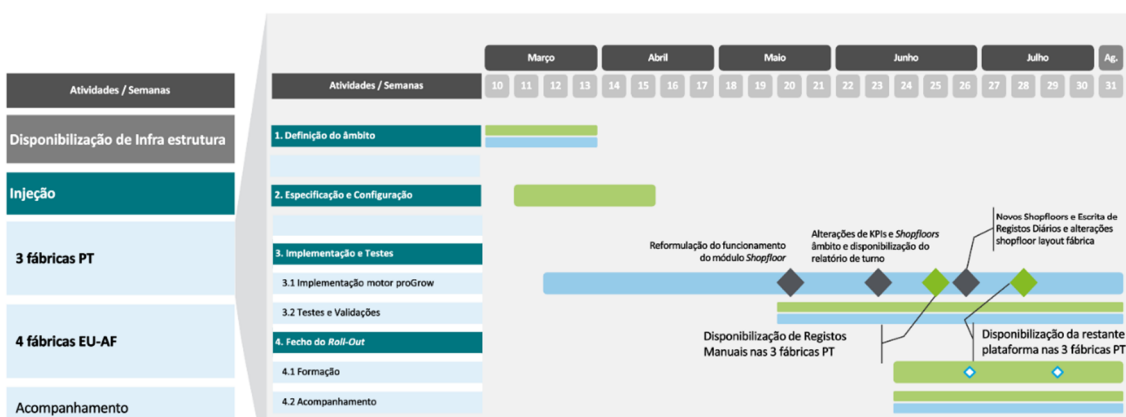


Figura 26 Roadmap Fase 1

No que diz respeito à Fase 1.1, já que foi a fase com maior foco durante o período de desenvolvimento desta dissertação, tem prevista a duração de 22 semanas para que esteja totalmente implementada.

Numa primeira etapa dessa Fase 1.1, foram definidos todos os objetivos e o âmbito da mesma, e em paralelo foram definidas várias especificações e configurações que a empresa pretendia no desenrolar dessa fase.

Numa etapa posterior, deu-se início à implementação do sistema de aquisição de dados nas três fábricas de Portugal, que será detalhado na próxima secção 4.7, e que contou com vários passos no seu desenvolvimento como estão descritos na Figura 27. Passadas algumas semanas desta etapa anterior, começaram a ser feitos os testes e respetivas validações ao sistema que se estava a implementar.



**Figura 27** Planeamento Fase 1.1

Já numa etapa final desta Fase 1.1, deu-se o desfecho da implementação, que contou com diversas sessões de formação realizadas para todos os níveis hierárquicos da empresa, e ainda com um período de algumas semanas para acompanhar o funcionamento de todo o sistema.

## 4.7 PLANO GERAL IMPLEMENTAÇÃO FASE 1.1

Nesta secção está detalhado todo o processo de implementação do sistema de aquisição de dados nas fábricas presentes em território nacional. Por coincidir com o período de desenvolvimento desta dissertação, todo o processo e todos os trabalhos realizados na Fase 1.1 serão apresentados ao longo desta secção. Todo este processo será implementado de igual forma na Fase 1.2, quando se iniciar a implementação do sistema nas fábricas fora de Portugal.

Na seguinte Figura 28, é possível visualizar todo o plano geral da implementação do sistema de aquisição de dados (Fase 1.1) nas três fábricas de Portugal (Simoldes Plásticos, Plastaze e Inplas).



**Figura 28** Plano Geral de Implementação Fase 1.1

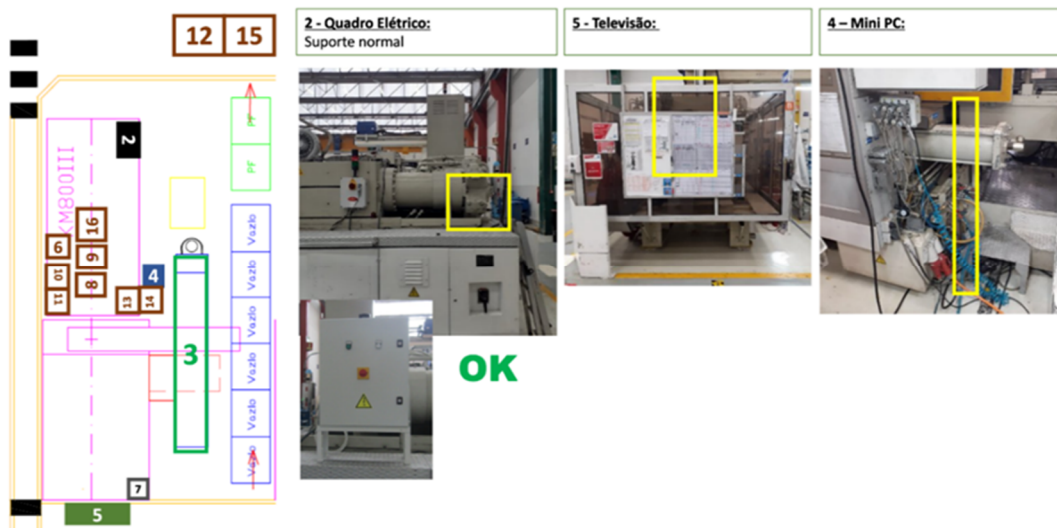
Toda esta implementação despoletou no início na semana dez do ano de 2021, e a partir desse momento todos os trabalhos relativos à implementação do projeto seguiram o planeamento ilustrado na Figura 28, desde a entrega e montagem de suportes e quadros elétricos, entrega de material de IT (mini-pc’s, tablet, tv’s e raspberry) ligações de rede, ligações elétricas, etc. Todos estes trabalhos irão ser detalhados ao longo desta secção 4.7.

#### 4.7.1 LAYOUTS E MONTAGENS

Uma das primeiras etapas que surgiu no desenrolar desta implementação, foi a definição dos layouts dos equipamentos a implementar em cada posto de trabalho e posteriormente a montagem e conclusão dos mesmos. Durante todo o projeto, uma equipa da Engenharia do Processo ficou responsável tanto pela escolha dos layouts como pela fase de montagem dos equipamentos. Esta equipa ficou encarregue de definir quais os locais de cada posto de trabalho para se aplicarem os três equipamentos que iriam ser comuns a todas as máquinas: um quadro elétrico, uma televisão e um Mini PC que iria ser conectado a um tablet, de forma a auxiliar o operador na parte de inserção manual dos dados de produção.

A Figura 29 permite visualizar todo este procedimento de definição dos layouts, onde está representado do lado esquerdo da imagem um layout que corresponde ao espaço afeto a um posto de trabalho com a respetiva identificação de todos os componentes e elementos do espaço, e do lado direito são visíveis a amarelo os locais que foram definidos neste exemplo para se montar os três equipamentos já referidos. Como o exemplo mostra, existem vários números identificados no layout cuja sua identificação

pode ser consultada no Anexo B. No entanto deve ser dada especial atenção aos pontos 2, 4 e 5 representados no *layout*, que correspondem ao local definido para montagem do quadro elétrico, Mini PC/tablet e TV respetivamente.



**Figura 29** Exemplo definição de *layout*

A definição destes *layouts* teve de ser efetuada individualmente, ou seja, máquina a máquina, pois era impossível implementar uma disposição *standard* para todos os postos de trabalho. Durante todo este processo, cada posto de trabalho despoletou novas condicionantes, que levaram a ter de definir para cada caso, uma nova disposição dos três elementos a serem montados. As principais condicionantes que surgiram foram impostas principalmente pelas questões de acessos físicos para a intervenção da equipa de manutenção, e também pela presença de equipamentos periféricos de produção em locais que normalmente são escolhidos para aplicar os suportes para estes três elementos.

#### 4.7.2 MINI-PC E TABLET / TV E RASPBERRY

Como foi referido na secção 4.7.1 onde são explicados os *Layouts* e Montagens, existe um conjunto de dispositivos a aplicar em cada posto de trabalho, que são necessários ao funcionamento do sistema de aquisição de dados. Estes dispositivos podem ser acoplados em dois grupos diferentes: o primeiro inclui um Mini-Pc e um Tablet, e o segundo agrupa um *Raspberry* e uma Televisão. O primeiro grupo irá ter o papel de fazer a aquisição dos dados que são introduzidos manualmente pelo operador, em que o Tablet serve de interface para o operador introduzir esses mesmos dados, e o Mini PC faz o tratamento desses dados e procede ao envio para a plataforma da proGrow, como mostra a arquitetura do sistema ilustrada na Figura 19 do capítulo 4. Quanto ao segundo grupo, que inclui o

*Raspberry* e a televisão, irão atuar de forma a que os dados de produção sejam apresentados digitalmente na televisão aplicada em cada posto de trabalho, de forma a substituir os antigos Quadros TRS apresentados no capítulo 3. O *Raspberry* é configurado para comunicar com a *cloud* da proGrow e corre um *script* que apresenta na televisão de cada posto, uma página HTML com o Quadro TRS em formato digital, contendo os dados de produção atualizados em tempo real. Tudo isto será apresentado com mais detalhe no capítulo 5, onde será mostrado o sistema final. A Figura 30 apresenta um exemplo de todos estes dispositivos montados num posto de trabalho.



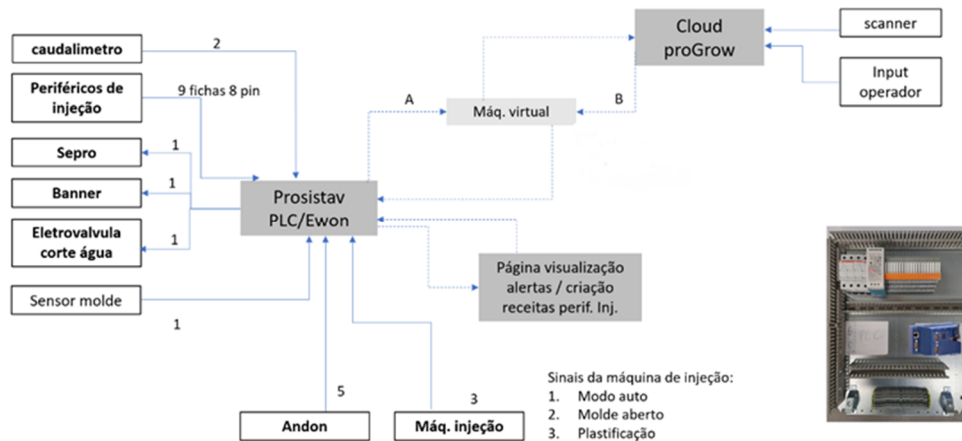
**Figura 30** Dispositivos montados no posto de trabalho

### **4.7.3 LIGAÇÕES ELÉTRICAS E PROCEDIMENTO DE VALIDAÇÃO HARDWARE**

As ligações elétricas exigidas para o funcionamento do sistema de aquisição de dados foram realizadas por uma empresa externa ao Grupo Simoldes, e podem ser divididas em dois diferentes cenários.

O primeiro grupo de ligações foi feito de forma a que pudessem ser adquiridos três sinais elétricos da máquina de injeção (sinal de molde aberto, plastificação e modo automático), para serem interpretados pelo *Ewon* incorporado no quadro elétrico. O tratamento destes sinais está detalhado na secção 4.7.4. O segundo grupo de ligações consistiu na ligação ao quadro elétrico de todos os equipamentos periféricos que são utilizados no processo de injeção, de forma a que estes possam ser controlados no que diz respeito ao seu correto funcionamento e se estão adequados à OP em questão. O controlo do correto funcionamento e ligação destes periféricos é feito numa página de visualização de alertas e criação de receitas para os periféricos de injeção, que será apresentada no capítulo 5. Estas ligações elétricas encontram-se ilustradas na Figura 31 e com mais

detalhe no Anexo C. A identificação de todos os equipamentos periféricos utilizados também está presente no Anexo C.



**Figura 31** Esquema de Ligações elétricas

A equipa responsável pelas ligações elétricas realizava diariamente os trabalhos em duas máquinas de injeção por fábrica e seguia os passos ilustrados na Figura 32. Os números referidos na Figura 32, estão associados ao *layout* apresentado no Anexo B.

Instalação Elétrica e Comando:	Instalação de Comunicações:
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Aplicar caixa Prosistav</b> - montar no suporte (dimensões quadro elétrico 600x500x210mm) - Nº 2 no layout</li> <li>○ <b>Passagem de cablagem entre periféricos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 9 x caixa – equipamentos periféricos (ver layout em baixo do ponto nº 2 p/ nº 6,8,9,10,11,12,13,14)</li> <li>○ 1 x caixa – andon/botoneira (ver layout a cima do ponto nº2 p/ nº 7)</li> <li>○ 1 x caixa – IMM (interface)( ver layout a cima do ponto nº2 p/ nº 1)</li> <li>○ 1 x caixa – IMM (potência)( ver layout a cima do ponto nº2 p/ nº 1)</li> <li>○ 1 x caixa – alimentação TV c/ tomada dupla (ver layout a cima do ponto nº2 p/ nº 5)</li> <li>○ 1 x caixa – Sepro ( ver layout em baixo do ponto nº2 p/ nº 17)</li> </ul> </li> <li>○ <b>Ligar caixa</b> – andon/selector (ver layout em baixo do ponto nº2 p/ nº 7)</li> <li>○ <b>Montar fichas em 10 cabos e ligar na caixa Prosistav</b> ( ver layout em baixo do ponto nº 2 p/ nº 6,8,9,10,11,12,13,14)</li> <li>○ <b>Ligar interface e potência da caixa</b> (ver layout a cima do ponto nº2 p/ nº 1)</li> <li>○ <b>Montar ficha no cabo Sepro e ligar na caixa</b> (ver layout a cima do ponto nº2 p/ nº 17)</li> <li>○ <b>Ligar alimentação PC+Ecrã ao Tapete</b> (ver layout a cima do ponto nº3)</li> <li>○ <b>Montar saída alarme nos periféricos</b> ( ver codificação em anexo e ver layout a cima nº 6,8,9,10,11,12,13,14)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Instalar 1 Rack por cada 10 máquinas</b> - com Painel, Passa-fios e Tomada de Energia</li> <li>○ <b>Criar 4 pontos de rede</b> - comando IMM, caixa Prosistav, junto ao operador e monitor (ver layout a cima nº 1, 2, 4, 5), sendo 4 deles com cabo blindado</li> <li>○ <b>Alimentação do Rack</b> - através de ligação ao QE distribuição da zona (assumimos a existência de Reserva Equipada)</li> <li>○ <b>Inteligência dos Racks à rede Ethernet existente</b> - através de 2 uplinks a cobre, e assumindo que a distância máxima entre eles será de 100m.</li> <li>○ <b>Toda a rede de cablagem estruturada é categoria 6A</b></li> </ul>

**Figura 32** Passos instalação elétrica

No final de cada dia de trabalho das equipas de ligações elétricas, uma equipa da Simoldes estava responsável por efetuar a validação das máquinas que estiveram a ser ligadas nesse dia. Essas validações tinham como objetivo verificar o correto funcionamento de todas as ligações que foram feitas, e foram divididas em duas etapas distintas: a verificação dos três sinais que chegam da máquina de injeção, e a verificação das ligações realizadas para os equipamentos periféricos necessários para a produção.

Na etapa de validação das ligações dos equipamentos periféricos de injeção, a equipa de trabalho ficou incumbida de verificar todas as fichas *harting* dos equipamentos periféricos de injeção, de forma a garantir que estes se encontravam configurados com a codificação binária correta. Esta codificação é extremamente importante pois serve para identificar eletricamente cada equipamento periférico de injeção, de forma a que o *Ewon* consiga identificar cada um deles e averiguar se estes se encontram ligados ou desligados da máquina de injeção. A designação de todos estes periféricos assim como a sua respetiva codificação binária, encontra-se apresentada no Anexo C.

O controlo do estado destes periféricos é feito numa página de receitas dos equipamentos de injeção, que também está disponível no tablet de cada posto de trabalho dos operadores e será detalhada no capítulo 5.

#### **4.7.4 CONFIGURAÇÃO DOS EWONS**

Para se conseguir interpretar os três sinais que chegam da máquina de injeção (molde aberto, modo auto ou semi-auto e plastificação), foi configurado um *Data IoT Gateway* (*Ewon*) para aplicar no quadro elétrico de cada posto de trabalho. O processo de aquisição de dados recorrendo a este dispositivo será explicado de seguida.

No processo de produção, quando um molde é aberto, é enviado pela máquina de injeção o sinal de “molde aberto”, que assinala o término de um ciclo de injeção e naturalmente o começo de outro. Devido a tal, são registados os *Timestamps* relacionados com esse sinal, *Timestamp início ciclo* e *Timestamp Fim Ciclo*, e partindo da diferença entre esses valores é calculado o tempo de ciclo da produção de uma peça em segundos.

O controlo do número de injeções é feito recorrendo ao sinal “Plastificação”. Cada vez que este sinal for recebido pelo *Ewon*, o valor da *tag Peça Produzida*, que está numa fase inicial definido como 0, muda para 1.

Para além disso, existe um tempo de ciclo teórico, e um tempo de tolerância que foi definido para 120 segundos, sendo que cada vez que é ultrapassada a totalidade destes dois tempos, é feito o registo de uma paragem de máquina. O tempo associado a essa paragem de máquina é calculado através da diferença entre os *timestamps* associados aos sinais de abertura de molde. Todavia, sempre que o sinal de “modo auto” seja perdido, o estado da máquina é definido como máquina parada. Se porventura for recebido um sinal

de “plastificação” enquanto o estado da máquina se encontra como “Parado”, o período compreendido entre o sinal de molde aberto do ciclo anterior e o sinal de plastificação, é considerado como tempo de ciclo, sendo o tempo que resta registado como tempo de paragem. A Figura 33 mostra todo este processo descrito, a Tabela 5 apresenta as *tags* relacionados com o funcionamento o *Ewon* e a Figura 34 mostra um exemplo das *tags* com valores adquiridos pelo *Ewon*.

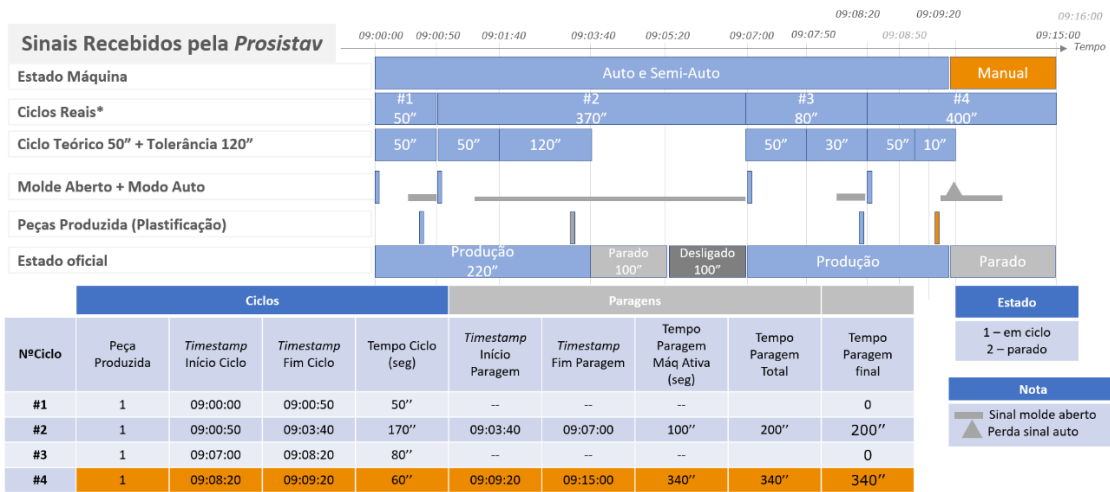


Figura 33 Funcionamento *Ewon*

Tabela 5 *Tags* Sinais *Ewon*

Nome Tag	Tipo	proGrow	Prosisstav	Área	Observações
NºCiclo	Inteiro 32Bit	Leitura	Escrita	Injeções	No início de um novo ciclo, é incrementado um novo ciclo (contador de ciclos)
Peça Produzida	Bool	Leitura	Escrita	Injeções	Inicia-se como 0 = sem peça; Altera para 1 = peça produzida OK
Timestamp Início Ciclo	String ou Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Injeções	Data e hora do início de ciclo; correspondente à data e hora do Sinal Fecho de Molde + Semiautomático ou Automático
Timestamp Fim Ciclo	String ou Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Injeções	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	Injeções	Diferença de tempo entre fim e início de ciclo; incrementado tempo até o ciclo terminar
Timestamp Início Paragem	String ou Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Injeções	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	String ou Inteiro32Bit	Leitura	Escrita	Injeções	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	Injeções	Incrementado tempo com máquina ativa, durante uma paragem
Tempo Paragem Total	Inteiro 32Bit	Leitura	Escrita	Injeções	Diferença de tempo entre fim e início de paragem; incrementado tempo até à paragem terminar
Estado	Inteiro 8Bit	Leitura	Escrita	Injeções	1 - Em ciclo; 2 - Parado

✓	✓	✓	✓	Peca_Produzida	1	No unit	Inicia-se como 0 = sem peça; Altera para 1 = peça produzida OK
✓	✓	✓	✓	Timestamp_Inicio_Ciclo	1626156899	No unit	Data e hora do início de ciclo; correspondente à data e hora do Sinal Fecho de Molde ...
✓	✓	✓	✓	Timestamp_Fim_Ciclo	1626156972	No unit	Data e hora do fecho de ciclo; correspondente à data e hora de quando é iniciado um...
✓	✓	✓	✓	Tempo_Ciclo	73	No unit	Diferença de tempo entre fim e início de ciclo; incrementado tempo até o ciclo termin...
✓	✓	✓	✓	Timestamp_Inicio_Paragem	1626145105	No unit	Data e hora de início de paragem; correspondente à data e hora de quando o estado ...
✓	✓	✓	✓	Timestamp_Fim_Paragem	1626145137	No unit	Data e hora de fim de paragem; correspondente à data e hora de quando se inicia no...
✓	✓	✓	✓	Tempo_Paragem_Maquina_Ativa	9188	No unit	Incrementado tempo com máquina ativa, durante uma paragem
✓	✓	✓	✓	Tempo_Paragem_Total	32	No unit	Diferença de tempo entre fim e início de paragem; incrementado tempo até à parage...
✓	✓	✓	✓	Estado	2	No unit	1 - Em ciclo; 2 - Parado

Figura 34 Exemplo valores das *tags* do *Ewon*

#### 4.7.5 LIGAÇÕES DE REDE E CONFIGURAÇÃO DE SWITCHES

De forma a criar um fluxo de comunicação entre os servidores da empresa e os dispositivos que foram implementados para o funcionamento deste sistema de aquisição



que a estes foram ligadas, ou seja, a azul encontram-se as máquinas ligadas ao bastidor “C4” e a verde as máquinas ligadas ao bastidor “C5”. O papel do bastidor primário “B1” é intermediar a ligação entre um *switch core* (*switch* principal que comunica com o servidor interno da empresa) até aos vários bastidores secundários onde estão ligadas as máquinas de injeção.



**Figura 36** *Switch* HPE Aruba 2530-48G

Dentro destes bastidores secundários estão armazenados os *switches* ilustrados na Figura 36, que contém as entradas onde vão ser ligados os cabos de rede vindos de cada máquina de injeção. Por cada máquina, vão ser ligados aos *switches* quatro cabos de rede. Estes quatro cabos são destinados ao *raspberry/TV*, Mini Pc, *Ewon*, e o último para adquirir dados de processo com o Euromap63, sendo que este último ponto não será implementado nesta fase.

Todos estes *switches* foram configurados de forma a que os IP’s destes quatro tipos de dispositivos fossem atribuídos a duas sub-redes diferentes, onde os Mini Pc’s e os *raspberrys* foram atribuídos a uma sub-rede, e os *Ewon’s* foram atribuídos a outra. A criação destas sub-redes de menor dimensão foi feita de forma a permitir uma redução no tráfego da rede, uma administração simplificada e uma melhor performance de rede.

#### **4.7.6 GESTÃO DE STOCK MATERIAL**

De forma a controlar todo o material adquirido e utilizado pela empresa durante toda a implementação deste projeto, foi realizada desde o início uma gestão e um controlo de *stock* de todo o material. Este controlo foi aplicado para as três fábricas em Portugal e para todo o tipo de material, desde quadros elétricos, suportes para quadros elétricos, suportes para televisão, material elétrico e material de IT (Mini PC’s, Tablet’s, Televisões, *Raspberry’s*).

Esta gestão foi feita semanalmente, onde todos estes componentes eram atualizados conforme a quantidade que era entregue e a quantidade que estava planeada chegar à

empresa. De quinze em quinze dias era também feito um inventário a todo o material, com o objetivo de ter sempre as quantidades de cada tipo de material atualizadas, e para se perceber que quantidade de material já tinha sido utilizado quer nas montagens, ou nas ligações efetuadas. Na Figura 37 está apresentado um exemplo de um documento utilizado na gestão e controlo de *stock* de material e no Anexo F encontram-se mais imagens e documentos também utilizados nesse processo.

		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29
Suportes Q.E	SP		9 (12/03)	5 (25/03)	5 (25/03)	6 (6/04)	6 (09/04)			6											
	PLT		5 (12/03)	5 (19/03)	5 (26/03)	5 (06/04)		6 (16/04)	19		3 (516)	6 (516)	4 (516)								
	INP						6 (09/04)	6 (16/04)	6 (23/4)	6	6	6	7								
Q.E	SP		5 (19/03)	5 (26/03)	5 (31/03)	6 (09/04)	6 (16/04)				6	3									
	PLT		5 (19/03)	5 (26/03)	5 (31/03)	6 (09/04)		6 (26/04)	6	6	6	6	4								
	INP						6 (16/04)	6 (26/04)	6		6	6	7								
Suportes TV	SP																				
	PLT																				
	INP																				
Material elétrico	1ª Tranche						16/04/2021					19/05/2021									
	2ª Tranche										05/05/2021						14/06/2021				
	3ª Tranche													31/05/2021							11/07/2021
Material IT	SP																				
	PLT																				
	INP																				
ProGrow	SP																	9		10	
	PLT																	9		10	
	INP																	9		10	

Figura 37 Gestão *stock* material

#### 4.7.7 FLUXOGRAMA DE SUPORTE

Ao longo da implementação deste sistema de aquisição de dados e com o acompanhamento contínuo do processo de produção dos nove postos de trabalho cujas máquinas já possuíam este sistema implementado (Fase 0), foram detetados alguns problemas e erros pontuais que ocorriam durante o funcionamento do sistema. Inicialmente a solução para estes problemas não estava estandardizada e cada caso era resolvido de uma forma individual. No entanto, este processo de resolução iria torna-se crítico a partir do momento em que o número de máquinas ligadas com este sistema de aquisição de dados fosse largamente expandido por todas as fábricas. Devido a tal, surgiu a necessidade de elaborar um Fluxograma de Suporte para que sempre que estes problemas existissem, fosse dada uma resposta *standard* aos mesmos e que já estivessem previamente estipuladas as ações necessárias e os fluxos de suporte relativos ao problema. Ou seja, a partir do momento em que um operador deteta uma falha, este tem de saber a quem deve recorrer para que o problema seja resolvido.

Posto isto, foi elaborado um Fluxograma de Suporte ilustrado na Figura 38, em que a sua estrutura pode ser dividida nos três principais problemas que o sistema de aquisição de dados tem despoletado: Quadro TRS digital com a informação errada (dados);

problema ou avaria de um Quadro Elétrico; e por fim Problema ou avaria de um componente (Mini PC, tablet, TV, *Raspberry*). Para cada um destes problemas foi então definido o fluxo de suporte e as ações que devem ser tomadas para a resolução do problema.

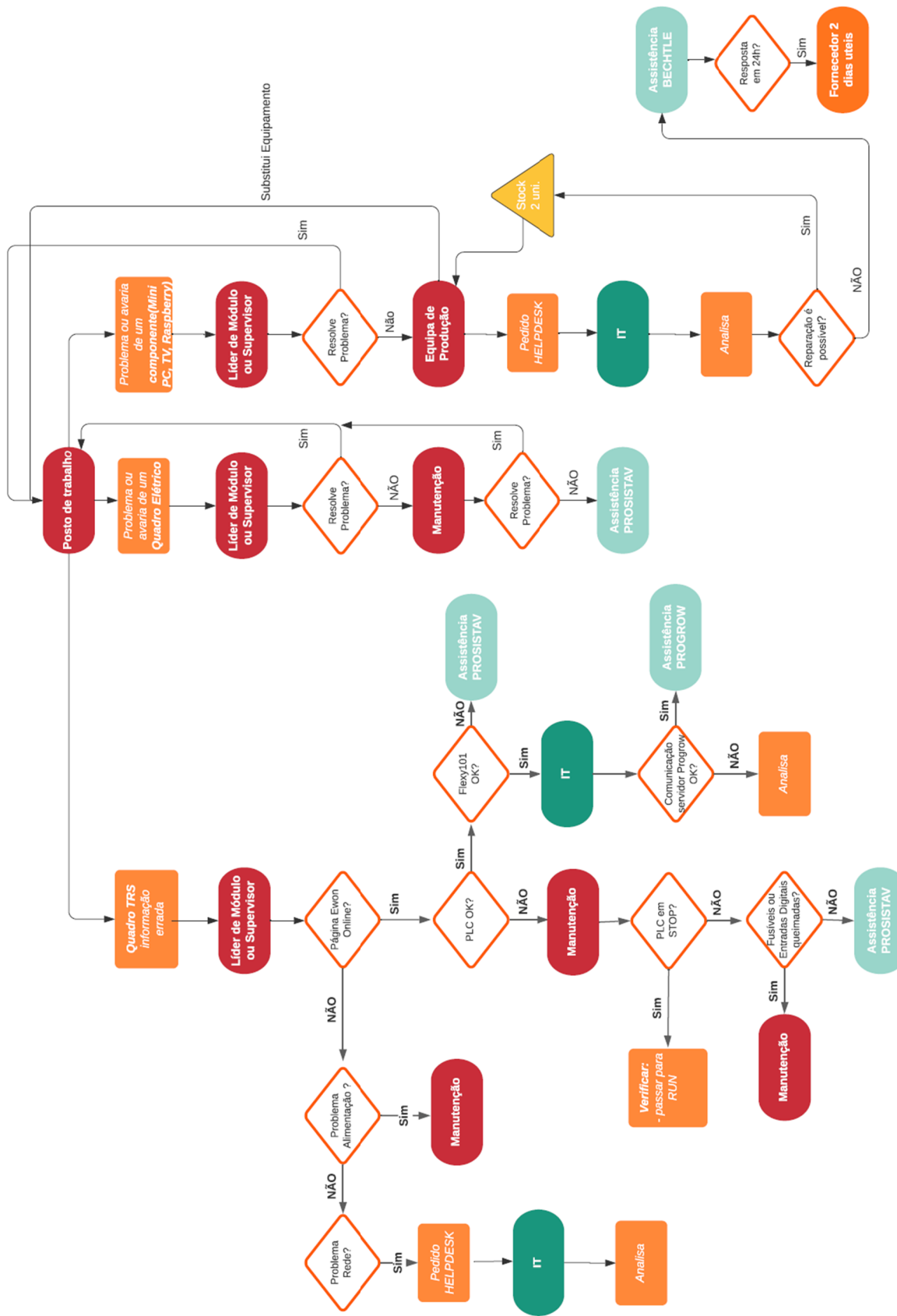


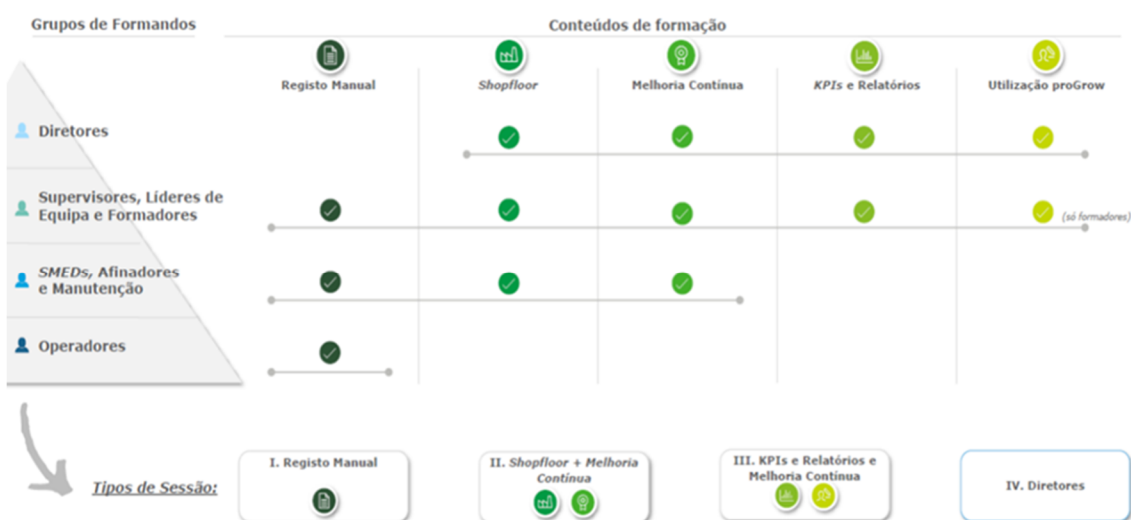
Figura 38 Fluxograma de Suporte

## 4.7.8 FORMAÇÃO

Neste projeto, uma das etapas fundamentais passou por envolver os funcionários neste processo de transformação digital. Para isso, foi necessário por parte da empresa, formar e adaptar os seus colaboradores de forma a que estes permanecessem incorporados e se sentissem parte deste novo modelo industrial.

Assim, no desfecho da Fase 1.1 do plano de implementação, deu-se início às sessões de formação previamente planeadas. Estas sessões de formação foram realizadas para todos os níveis hierárquicos da empresa e tinham como objetivo dotar todos os colaboradores da empresa com os conhecimentos necessários para utilização da plataforma proGrow nas suas tarefas diárias.

De forma a facilitar todo o processo de formação, os formandos foram divididos em grupos de acordo com o seu nível e com o papel que desempenhavam na empresa. Como está ilustrado na Figura 39, formaram-se quatro grupos: Diretores, Supervisores Líderes de equipa e Formadores, SMED's Afinadores e Manutenção, e por fim os Operadores de produção. Foram também organizados vários tipos de sessões de maneira a permitir que os formandos adquirissem o conhecimento necessário para operar com os vários separadores e funcionalidades da plataforma da proGrow. Essas sessões foram divididas de acordo com o tipo de conteúdo: Registos Manuais, *Shopfloor*, Melhoria Contínua e KPI's e Relatórios.

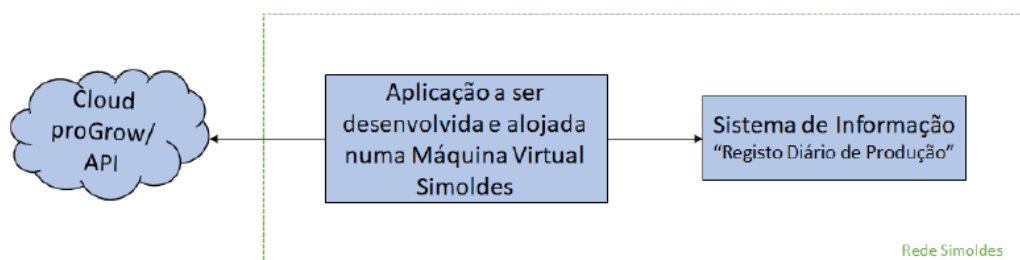


**Figura 39** Sessões de Formação

#### 4.7.9 API PARA ESCRITA DE DADOS NO REGISTO DIÁRIO DE PRODUÇÃO

No contexto da implementação da plataforma proGrow no processo de controlo de produção da Simoldes, surgiu a necessidade do desenvolvimento de uma aplicação que conseguisse recolher dados adquiridos pela plataforma proGrow via API e escrever na base de dados de um sistema de informação da Simoldes denominado por “Registo Diário de Produção”, já apresentado no Capítulo 3.

Por culpa da implementação deste sistema de aquisição de dados, o Registo Diário de produção deixou de ser útil no que diz respeito à elaboração de relatórios de produção, já que essa tarefa começou a ser realizada pela plataforma proGrow de uma forma mais eficaz e muito mais rápida. Mesmo assim, chegou-se à conclusão de que o Registo Diário teria forçosamente de receber todos os dados de produção recolhidos pelo novo sistema, de forma a que este pudesse atualizar o ERP da empresa, uma vez que comunica diretamente com o mesmo. Na Figura 40 está ilustrada a arquitetura desta aplicação.



**Figura 40** Arquitetura da API para escrita dos dados no Registo Diário de produção

Para desenvolver esta API, a Simoldes optou por recorrer a uma empresa externa (proGrow). No final do seu desenvolvimento a aplicação ficará alojada nos servidores da Simoldes juntamente com o seu código fonte, de forma a que a empresa se possa encarregar do suporte e manutenção da aplicação. Do lado da Simoldes, o que foi feito foi a especificação dos requisitos e informação que tinha de estar presente no desenvolvimento da API. Por esse mesmo motivo e de forma a que se perceba toda a estrutura da API é que se decidiu incluir este ponto na dissertação, embora o código fonte da mesma não tenha sido desenvolvido pela Simoldes.

A plataforma proGrow encontra-se alojada na *cloud*, sendo que a API a ser desenvolvida teria de comunicar com a mesma a partir dos servidores alojados na rede interna da Simoldes.

De um modo geral, esta API teria de ser capaz de migrar os dados de produção armazenados nas tabelas da base de dados da plataforma proGrow, denominadas por Tabelas Origem, até às tabelas da base de dados do Registo Diário, chamadas Tabelas de Destino. No Anexo E deste documento foi disponibilizada toda a estrutura das Tabelas Origem e Destino.

Os requisitos definidos por parte da Simoldes para o desenvolvimento desta API foram:

- API obrigatoriamente desenvolvida em C#.
- Conseguir efetuar pedidos em JSON à plataforma da proGrow alojada na *cloud* que possui uma autenticação *username/password*, sendo devolvido um *token* de sessão que deve ser inserido no cabeçalho dos pedidos HTTP de forma a se proceder à autenticação.
- Possuir *drivers* de comunicação com a base de dados *SQL Server* onde estão alojadas as Tabelas de Destino.
- A atualização das tabelas teria de acontecer uma vez por dia, às 12:00 (hora portuguesa), carregando os dados do dia anterior, atualizando os dados dos últimos quinze dias.

No momento de conclusão do desenvolvimento desta dissertação, esta API ainda não se encontrava desenvolvida na sua totalidade por parte da empresa externa. Por esse motivo, nesta dissertação foi só detalhada a sua estrutura e os requisitos pretendidos.

# 5. SISTEMA FINAL E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada toda a interface final do sistema de aquisição de dados, onde é descrita a plataforma em *cloud* da proGrow, e a página de receitas dos equipamentos periféricos de injeção. Posteriormente realizou-se uma análise aos resultados que se esperam obter com a implementação deste sistema de aquisição de dados de produção, em que foram analisados tanto os ganhos qualitativos como os ganhos quantitativos.

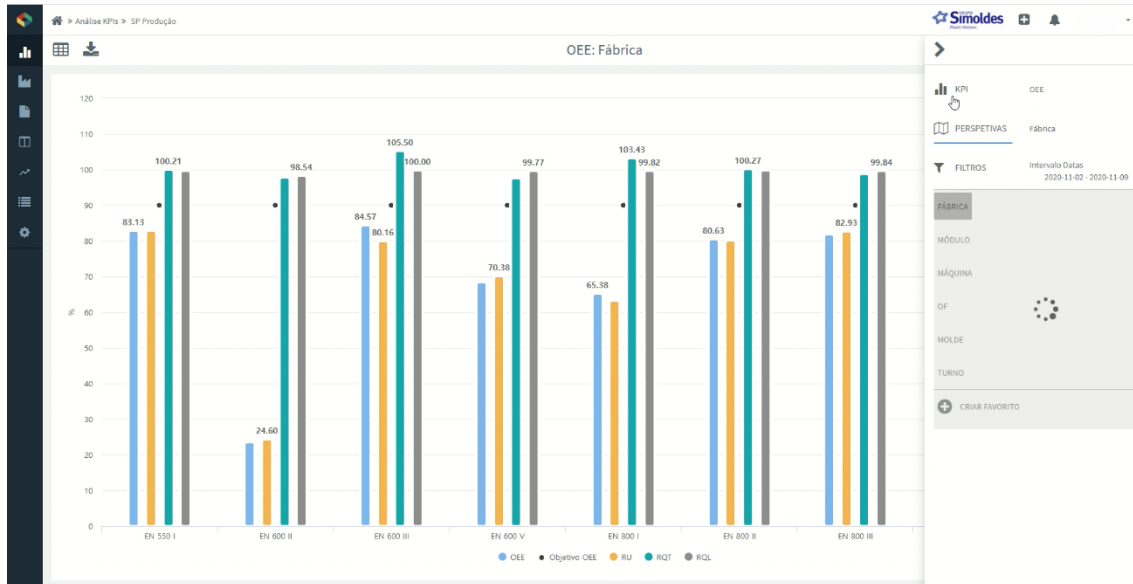
## 5.1 PLATAFORMA EM *CLOUD* PROGROW

Esta secção visa apresentar com detalhe toda a interface e funcionamento da plataforma em *cloud* proGrow, que atua como base de todo este sistema de aquisição de dados de produção.

Esta plataforma é uma aplicação alojada em *cloud*, que possibilita que os colaboradores da empresa acessem à mesma recorrendo a qualquer dispositivo que possua ligação à internet, e que detenham os dados exigidos para o *login*.

A plataforma encontra-se dividida em seis separadores principais distintos, sendo eles: KPI's, *Shopfloor*, Relatórios, Kanban, Melhoria Contínua e Tarefas.

No primeiro separador destinado aos KPI's, (Figura 41) é possível ter acesso a uma série de indicadores de performance e de produção que são adquiridos pelo sistema e controlados pela empresa.



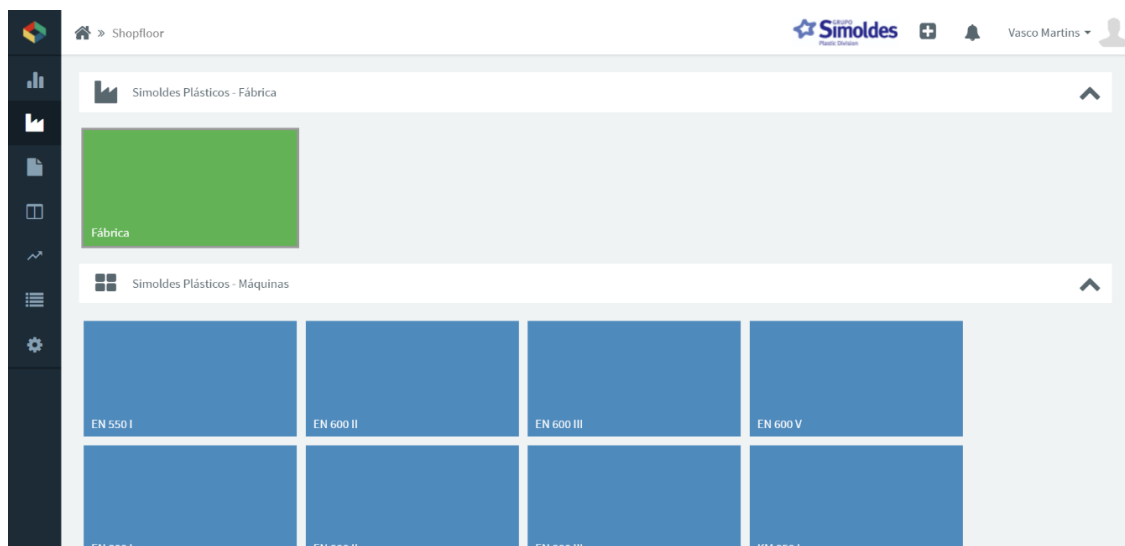
**Figura 41** Separador KPI's

Este separador permite selecionar e filtrar a informação que se pretende consultar, recorrendo a uma série de filtros, que permitem mostrar apenas a informação relativa a por exemplo, uma máquina, fábrica, módulo, molde, turno, etc. Da mesma forma é possível limitar a análise destes indicadores ao intervalo de tempo desejado. Os vários indicadores de performance e produção que este separador disponibiliza são os seguintes:

- OEE;
- Performance;
- Disponibilidade;
- Qualidade;
- TEEP;
- Desvios de Ciclo;
- N° de Rejeições;
- N° de Rejeições por Colaborador;
- N.º de Peças;

- N° de Peças por Colaborador;
- PPM;
- PPM por Tipo de Rejeição
- PPM por Código de Rejeição
- Tempo Ciclo Real;
- Tempo Total de Paragens;
- Tempo médio de SMED;
- Tempo de Trabalho do Colaborador;
- Tempo de Paragem do Colaborador;

No separador *Shopfloor* apresentado na Figura 42 é possível ter acesso aos dados em tempo real correspondentes a cada máquina de injeção, ou seja, são mostrados vários *dashboards* onde cada um deles apresenta os dados respetivos à máquina de injeção associada.



**Figura 42** Separador *Shopfloor*

Acedendo a cada um destes cartões (Figura 43), é possível apurar 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.



**Figura 43** Separador Registo de Produção

Para além disso, de forma a que quando se pretender fazer uma análise em tempo real do estado das linhas de produção, o *dashboard* referente a cada máquina tem sempre uma cor associada. Quando o *dashboard* é apresentado com a cor verde, indica que a máquina está a trabalhar ao seu rendimento habitual, caso o *dashboard* esteja colorido a vermelho significa que a máquina não se encontra a trabalhar naquele momento. Se eventualmente a cor do *dashboard* estiver a cinzento significa que a máquina está parada para SMED. No Anexo F é apresentado o código de cores completo que é utilizado atualmente na empresa.

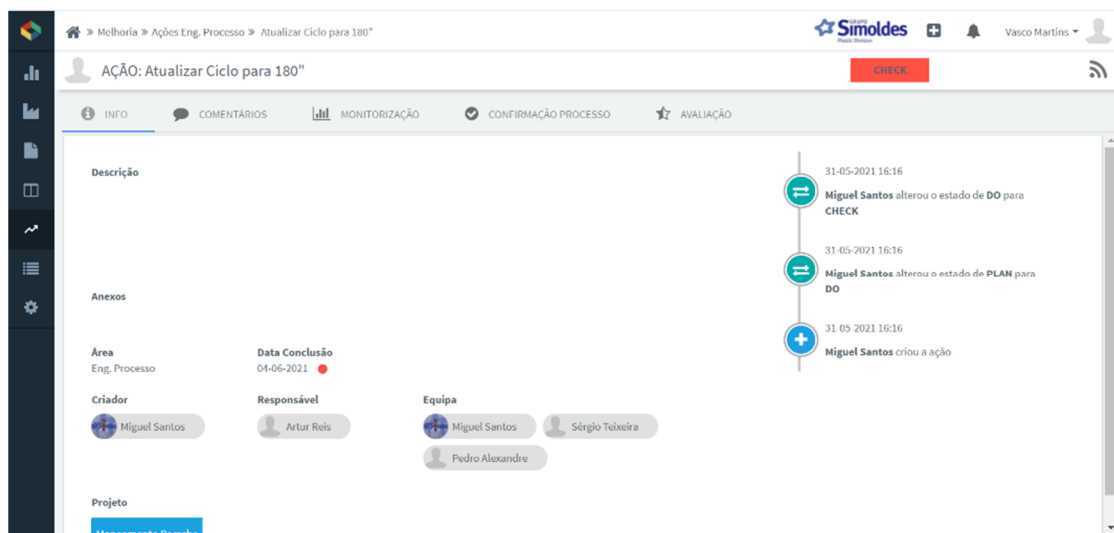
Na Figura 44 é possível observar um *dashboard* de resumo de um módulo de produção, que também pertence ao separador *Shopfloor* e possibilita a visualização da informação agregada em tempo real de um conjunto de máquinas.



**Figura 44** Resumo Módulo de Produção

O separador seguinte está destinado aos relatórios de produção, e é lá que podem ser consultados os relatórios diários correspondentes aos três turnos. Estes relatórios diários vão permitir que sejam analisadas e avaliadas algumas discrepâncias no que diz respeito a alguns indicadores de produção nos três diferentes turnos. Estão presentes nesses relatórios vários indicadores como, OEE's, número de peças produzidas por hora, PPM's, tempos de SMED, etc. No Anexo F encontra-se ilustrado com mais detalhe este separador destinado aos relatórios de produção.

Para além destes, existe ainda na plataforma um separador destinado à componente de melhoria contínua, em que a sua estrutura assenta num quadro Kanban que se divide em quatro colunas (PLAN, DO, CHECK e ACT), que permite a representação das etapas ou dos fluxos necessários para se resolver um problema. O procedimento é muito simples, em que sempre que se identifica um problema, é desencadeada uma proposta de resolução. Numa fase inicial são planeadas as ações que visam resolver o problema, e consoante estas forem evoluindo, o seu estado altera da mesma forma para as colunas que se seguem até ao problema estar resolvido na sua totalidade (ACT). Este separador pode ser visível na Figura 45.



**Figura 45** Separador melhoria contínua

Por último, existe ainda um separador destinado às tarefas, que atualmente disponibiliza de forma digital as *checks-list* SMED com todas as tarefas que devem ser executadas pela equipa dos SMED, como se pode observar na Figura 46.

Nº	Pergunta	Resposta
1	1 - Verificar ordem de produção	✓
2	2 - Separar cartões pull de matéria-prima e componentes	✓
3	3 - Preparar matéria-prima	✓
4	4 - Preencher quadro de estufagem	✓
5	5 - Verificação de necessidade de matéria-prima de limpeza	✓
6	6 - Verificação de necessidade de estufa/desumidificador	✓
7	7 - Validar a correta limpeza da estufa/desumidificador	✓
8	8 - Medição do teor de humidade da MP estufada antes da alocação da estufa junto à máquina	✓
9	9.1 - Preparação do equipamento: Bico definido	✓
10	9.2 - Preparação do equipamento: Caixas de Aquecimento	✓
11	9.3 - Preparação do equipamento: Sequencial	✓
12	9.4 - Preparação do equipamento: Refrigerador	✓
13	9.5 - Preparação do equipamento: Aparelhos de Água	✓

**Figura 46** Check-list SMED

Como já referido, foi ainda replicado o Quadro TRS antigo em formato digital de forma a ser apresentado numa TV aplicada em cada máquina de injeção junto ao posto de trabalho de cada operador, no seguinte formato apresentado na Figura 47.

Este novo formato de controlo dos dados de produção da empresa, vem substituir o antigo Quadro TRS que era preenchido de forma manual, e acrescenta a possibilidade dos operadores e responsáveis de produção terem acesso aos dados em tempo real e de forma atualizada, com o formato muito semelhante ao que outrora estavam habituados.

Turno 2   08h - 16h											Resumo	
Hora	Molde	Molde	Ref.	1ª Peça	Alter.	Qtd.	Qtd.	Paragens	Rejeições	OEE	71.2 %	
	Plan.	Atual			Parâm.	Obj.	Real					
08:00	-	7670	100412009001A	-	-	114	0	00:59	-	0	Performance	106.7 %
09:00	-	7670	100412009001A	-	-	62	17	00:43	1L	0	Availability	66.8 %
10:00	-	7670	100412009001A	-	-	62	44	00:20	1L,6C	0	Quality	100.0 %
11:00	-	7670	100412009001A	-	-	62	57	00:08	-	0	Nº Peças Obj	548
12:00	-	7670	100412009001A	-	-	62	46	00:20	-	0	Nº Peças Real	362
13:00	-	7670	100412007001A	-	-	62	67	00:00	-	0	Nº Rejeições	0
14:00	-	7670	100412007001A	-	-	62	68	00:00	-	0	Tempo Paragem	02:29
15:00	-	7670	100412007001A	-	-	62	63	00:00	-	0	PPMs	0

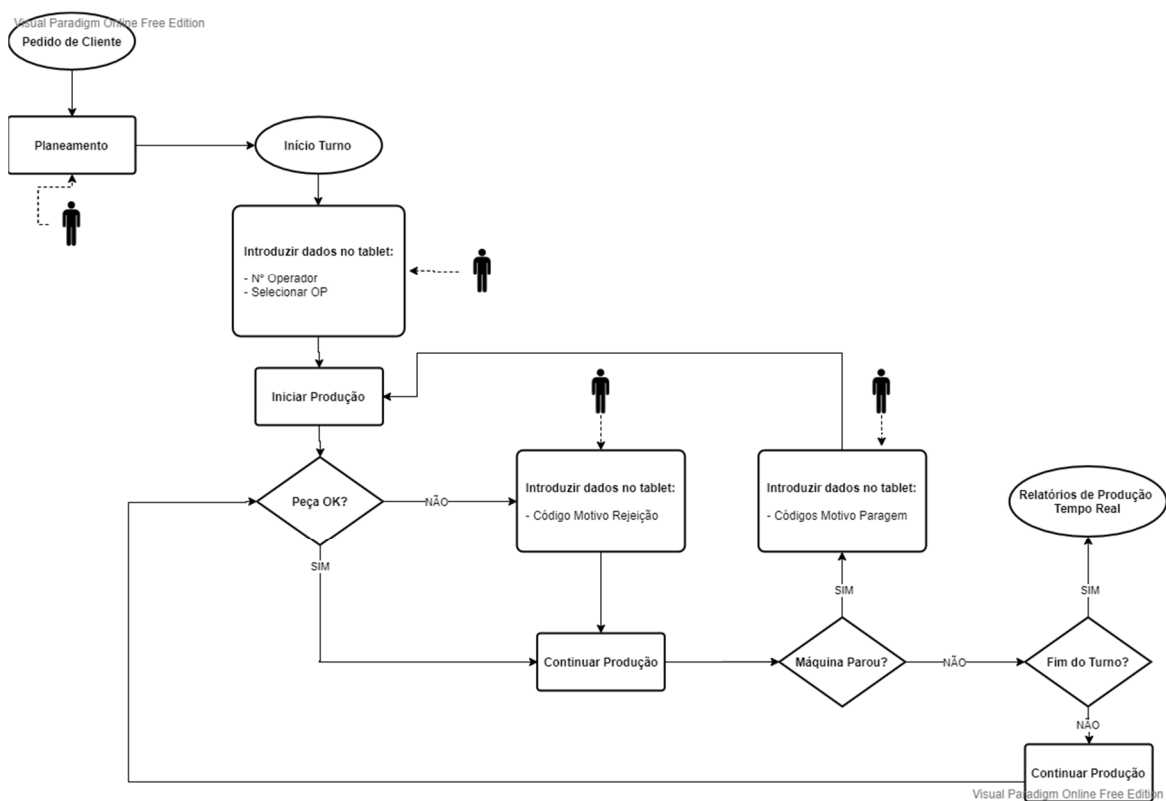
**Figura 47** Quadro TRS formato digital

Quanto aos registos manuais que são feitos pelos operadores através de um tablet, a sua interface pode ser observada na Figura 48. É através desta interface que estes conseguem monitorizar a informação relativa ao seu turno de produção atual e ainda inserir os códigos e motivos de rejeição de peças e de paragens da máquina de injeção.



**Figura 48** Interface registos operador

De forma a resumir todo o processo de controlo de produção após a implementação do sistema de aquisição de dados, elaborou-se um fluxograma (Figura 49) de todo o processo que se inicia com um pedido de um cliente até a geração dos relatórios de produção. Este fluxograma pode ser comparado com o fluxograma representado na Figura 13 da secção 3.3.3, de forma a comparar o funcionamento do novo sistema que se está a implementar com o funcionamento do sistema que foi evoluído digitalmente.



**Figura 49** Fluxograma de todo o processo desde um pedido de um cliente até a geração dos relatórios de produção do sistema final digitalizado

## 5.2 PÁGINA DE RECEITAS DOS EQUIPAMENTOS PERIFÉRICOS

No tablet incorporado em cada posto de trabalho, está também acessível ao operador uma página de receitas dos equipamentos periféricos de injeção utilizados no processo produtivo.

No funcionamento interno do processo de produção da empresa, uma receita corresponde a uma lista pré-definida dos equipamentos periféricos que são necessários para a produção de uma determinada peça. Assim, esta lista irá variar de acordo com a referência associada à OP em questão e ao molde que irá ser utilizado para produção. A Figura 50 ilustra um exemplo de uma receita associada à referência “F05215042001A” que irá utilizar o molde 8584.



Figura 50 Exemplo Receita

Já na Figura 51 é possível visualizar a página que está disponível em cada posto de trabalho no tablet do operador. Nesta página, são apresentados os dados relativos à OP que está a decorrer (referência, número de molde e máquina), e dependendo desses dados são mostrados todos os equipamentos periféricos necessários para o processo de produção dessa OP, o estado da ligação (ligado ou desligado) de cada um dos periféricos e ainda se os mesmos se encontram em alarme por apresentarem valores fora do especificado. Desta forma, o operador consegue perceber e controlar o correto funcionamento de cada um dos periféricos, e reagir a eventuais falhas ou interrupções na conexão dos mesmos. Este controlo é de extrema importância pois muitas das peças que são produzidas com defeito, devem-se ao funcionamento incorreto ou ausência da ligação destes periféricos. Deste modo, o operador ao supervisionar e reagir de imediato a eventuais falhas destes

equipamentos, está a contribuir para que sejam produzidas menos peças com defeito e para a diminuição dos tempos de paragem da máquina.



Figura 51 Página de Receitas Tablet Operador com alerta na Estufa 50L

### 5.3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com a realização da análise de resultados, foi possível perceber de que forma é que os objetivos do projeto se alinham com as estratégias da empresa, bem como analisar os riscos, os benefícios e o possível retorno financeiro após a implementação do projeto.

Assim, optou-se por fazer esta análise individualmente para cada um dos três objetivos que este projeto se comprometeu a cumprir. A primeira é relativa ao aumento do rendimento operacional, a segunda à redução do trabalho administrativo e a terceira ao aumento de iniciativas de melhoria contínua.

#### 5.3.1 AUMENTO DO RENDIMENTO OPERACIONAL

A melhoria da performance e do rendimento operacional resultou do acompanhamento em tempo real dos principais indicadores, que permitiu acelerar e melhorar o processo de tomada de decisão sobre situações críticas.

A flexibilidade das análises e a inclusão de novos indicadores na plataforma conferiram aos utilizadores mais ferramentas para chegarem às raízes dos problemas e atuarem mais rapidamente sobre eles.

Quanto a esta primeira vertente cujo foco está centrado no aumento do rendimento operacional, os resultados estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** Resultados Aumento Rendimento Operacional

<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
<p>Não existia <b>informação imediata</b> quanto às áreas críticas que merecem atenção em determinado momento</p>	<p>A plataforma da proGrow apresenta um <b>resumo dos processos críticos</b> (Anexo F) para várias equipas. Os responsáveis passam a ter a informação necessária para <b>atacarem de imediato os problemas mais críticos</b> e prioritários, potenciando uma <b>melhoria da performance</b> do OEE</p>
<p>O <b>acompanhamento do OEE</b> era feito ao <b>final de cada turno</b>, levando a um maior tempo de reação a ineficiências</p>	<p>Existe um <b>acompanhamento em tempo real do OEE</b>, permitindo às equipas terem noção de potenciais problemas e atacarem de imediato os mesmos, potenciando uma <b>melhoria da performance</b> do OEE</p>
<p>A fiabilidade dos <b>registos manuais estava muito dependente do operador, dando aso a erros ou omissões</b> nos dados de produção registados</p>	<p><b>Maior fiabilidade</b> dos dados, nomeadamente do OEE e dos seus componentes, permitindo uma <b>tomada de decisão mais robusta e eficaz</b></p>
<p>Para diagnosticar os problemas críticos, os responsáveis de produção <b>contavam apenas com os relatórios diários, com pouca flexibilidade de análise</b></p>	<p>A plataforma <b>facilita análises dinâmicas e personalizadas aos relatórios em tempo real</b> de acordo com as necessidades de cada utilizador, potenciando a <b>identificação de tendências e problemas recorrentes</b></p>
<p>As <b>checklists SMED eram usadas principalmente por motivos de compliance</b> e os resultados destas <b>checklists</b> não eram analisados ao pormenor, <b>de forma a detetar ineficiências e problemas</b></p>	<p>Com a digitalização das <b>checklists SMED</b>, os seus resultados são <b>consolidados em indicadores</b>, sendo passíveis de <b>análises mais granulares e flexíveis</b></p>

As melhorias na performance operacional são conseguidas não só devido à visibilidade em tempo real de indicadores como o OEE, mas também devido à

possibilidade de análise dinâmica que a plataforma confere. Assim, problemas previamente não detetados, podem agora ser analisados e corrigidos mais rapidamente.

O aumento da produtividade operacional teve impacto no OEE, nomeadamente nas seguintes componentes:

- Rápido acesso à informação e redução dos tempos de reação a paragens (Disponibilidade);
- Rápido acesso à informação e tomada de decisão na gestão de rejeições (Qualidade);

A análise de resultados no que diz respeito ao aumento do rendimento operacional pode ser dividida e detalhada nos três componentes do OEE: Disponibilidade ou RU (Rendimento de Utilização), Performance ou RQT (Rendimento Quantitativo), Qualidade ou RQL (Rendimento Qualitativo). Essa análise encontra-se detalhada na Tabela 7.

**Tabela 7** Resultados Componentes OEE

<b>Componente</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Performance	<b>Tempos de ciclo teóricos</b> dos moldes estavam por vezes desatualizados e eram definidos de acordo com <b>experiência passada</b> , podendo não estar totalmente ajustados por comparação aos valores reais	O ajuste destes tempos de ciclo teóricos ao nível do molde permitiu um <b>maior controlo</b> sobre eventuais desvios deste indicador, de modo a aumentar o nível da performance
Disponibilidade	<p><b>O fluxo de informação após uma paragem</b> (espera de afinadores, de manutenção e de logística) <b>era ineficiente</b>, passando por vários intervenientes até que a causa-raiz seja efetivamente atacada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operador deteta a paragem e reflete-a no sistema de cores do <i>Andon</i></li> <li>▪ Supervisores podem não ter visibilidade imediata do <i>Andon</i>; (<i>Continua próxima Página</i>)</li> </ul>	Com a plataforma proGrow, a informação de uma paragem é transmitida em <b>tempo real</b> a todos os intervenientes, através de <b><i>Dashboards</i></b> em tempo real, com a informação do <b>tempo de paragem e causa-raíz, permitindo assim uma intervenção imediata</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Após se aperceber da paragem, o supervisor tem de analisar com o operador a causa da paragem</li> <li>▪ O supervisor tem de mobilizar os técnicos para a resolução do problema</li> </ul>	
Qualidade	<p>Situações problemáticas em que as <b>rejeições se vão acumulando</b> rapidamente, não eram atacadas de imediato, o que se traduzia em <b>rejeições que poderiam ser evitadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operador rejeita várias peças, mas prossegue a produção</li> <li>▪ Os supervisores não têm visibilidade do estado de produção até serem alertados pelo operador</li> <li>▪ O supervisor contacta os afinadores para resolver o problema</li> <li>▪ Caso não seja dada visibilidade ao supervisor, o problema só será observado no final do turno/dia</li> </ul>	<p>Com a plataforma proGrow, a <b>acumulação de rejeições é imediatamente detetada</b> pelo operador, sendo caracterizada no momento por parte do próprio. Consequentemente a informação é destacada em tempo real nos <i>dashboards</i> da plataforma, <b>evitando o prolongamento das rejeições:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b><i>Dashboards</i></b> em tempo real, com a informação sobre o <b>número de rejeições e as causas mais frequentes</b></li> </ul>

### 5.3.2 REDUÇÃO DO TRABALHO ADMINISTRATIVO – AUTOMATIZAÇÃO

Com a automatização e digitalização dos quadros TRS, indicadores e relatórios, houve uma redução de trabalho administrativo resultante dos seguintes pontos apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8** Resultados Redução do Trabalho Administrativo

<b>Vertente</b>	<b>Ganhos</b>
Registos	<p><b>Gestão e registo digital</b> do Quadro TRS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eliminação</b> da necessidade do <b>operador registar as informações da produção no final da hora/turno</b> e de <b>calcular manualmente</b> os principais indicadores</li> </ul>
Escrita	<p><b>Automatização da escrita de informação</b> noutros sistemas (API)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eliminação</b> da necessidade de ter um <b>colaborador exclusivamente dedicado à recolha e inserção manual de dados</b> nos sistemas de informação da empresa, libertando-o para trabalhos de maior valor acrescentado</li> </ul>
Relatórios	<p><b>Geração automática de relatórios</b> de suporte à gestão</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Eliminação</b> da necessidade de <b>despender tempo</b> na elaboração de relatórios diários e semanais que sumariam a informação da produção</li> </ul>

### 5.3.3 AUMENTO DE INICIATIVAS DE MELHORIA CONTÍNUA

A maior facilidade na criação de iniciativas de melhoria e no seu controlo e acompanhamento através da plataforma proGrow, permitiu aumentar o impacto nas poupanças associadas a iniciativas de melhoria contínua, devido aos seguintes pontos apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9** Resultados Iniciativas de Melhoria Contínua

<b>Vertente</b>	<b>Ganhos</b>
Cultura	<p>Iniciativas de qualquer tipologia (melhoria de processo, melhoria de indicadores operacionais, melhoria de equipamentos ou ferramentas, etc.) podem ser facilmente acompanhadas e destacadas através da plataforma proGrow, <b>fomentando a cultura de melhoria contínua</b>. As melhorias devem-se a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior visibilidade, controlo e rigor sobre as iniciativas e sobre os respetivos resultados alcançados</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior gestão e controlo sobre as iniciativas em curso</li> <li>• Valorização e destaque das melhores iniciativas</li> <li>• Uma plataforma <i>user-friendly</i> e interativa</li> <li>• Tempo libertado em trabalho administrativo (preenchimento do Quadro TRS), que pode ser usado para sugestões de melhoria</li> </ul>
--	---

### 5.3.4 GANHOS QUANTITATIVOS

Após analisados todos estes resultados qualitativos respeitantes a todos os objetivos do projeto, foi feito o estudo relativamente ao retorno financeiro que é esperado no final de cada ano, após implementado todo o projeto. Devido ao sigilo que a empresa exige, os valores que serão apresentados em baixo relativamente ao retorno financeiro esperado no final do projeto, não serão apresentados no seu valor monetário.

O retorno de investimento foi claro, desde o início do projeto, sendo que apenas a vertente do aumento do rendimento operacional foi suficiente para a recuperação do investimento a curto prazo. Os potenciais ganhos a médio prazo, confirmam a rentabilidade deste caminho da digitalização.

Neste projeto, o principal condutor dos benefícios operacionais foi o aumento da capacidade de utilização da fábrica, que se traduziu no OEE.

Na Tabela 10 são apresentados os resultados relativos aos ganhos quantitativos que se esperam obter no final do projeto, para cada uma das suas três vertentes. Os ganhos quantitativos mostrados nesta Tabela 10 serão explicados após a mesma.

**Tabela 10** Resultados Quantitativos

<b>Objetivo</b>	<b>Ganhos Quantitativos</b>
Aumento do rendimento Operacional	-Aumento do valor do <b>OEE</b> entre <b>1%</b> e <b>1,5%</b>
Redução do trabalho administrativo - Automatização	-Poupança de <b>13 mil horas/ano</b> em trabalho administrativo
Aumento de iniciativas de melhoria contínua	-Aumento de cerca de <b>5%</b> relativamente ao valor das poupanças associadas a iniciativas de melhoria contínua

Na Tabela 11, é apresentado o número de horas em cada ano relativo às poupanças em trabalho administrativo em cada uma das fábricas que foi implementado o sistema de aquisição de dados. Mais uma vez devido ao sigilo exigido pela empresa, a identificação de cada fábrica na Tabela 11 será representada por uma letra, de forma a proteger os interesses de cada uma das fábricas.

Na análise dos tempos de poupança em trabalho administrativo, consideram-se os seguintes pontos de forma a que se fosse calculado o número de horas total em cada ano:

- uma poupança de 15 minutos, por máquina e por dia, em termos de registos dos operadores no Quadro TRS;
- uma poupança de 8 horas, por fábrica e por dia, em termos de inserção manual de dados nos sistemas de informação da Simoldes;
- uma poupança de 3 horas e 30 minutos, por fábrica e por dia, em termos de elaboração de relatórios de apoio à gestão;

Estes pontos anteriores foram concluídos através da análise feita ao sistema implementado na Fase 0 nas nove máquinas de injeção, assim como nas máquinas já ligadas com o sistema na data de conclusão desta dissertação. A partir daí foram calculados os tempos para as restantes fábricas.

**Tabela 11** Valores poupança em trabalho administrativo

<b>Fábrica</b>	<b>Poupança em trabalho administrativo (h/ano)</b>
A	2657
B	2137
C	3061
D	1350
E	650
F	1986
G	1311
<b>Total</b>	<b>13151</b>

Quanto aos resultados, quer da vertente do aumento do rendimento operacional, em que se espera o aumento do valor do OEE entre 1% e 1,5%, quer da vertente do aumento de iniciativas de melhoria contínua, que se espera o aumento de cerca de 5% relativamente ao valor das poupanças associadas a iniciativas de melhoria contínua, estes foram estimados pela empresa externa proGrow, tendo em conta a quantidade de máquinas que cada fábrica possui, e de acordo com a sua experiência na implementação desta plataforma noutras organizações do mesmo setor.

# 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

## 6.1 CONCLUSÕES

As organizações do setor industrial estão progressivamente a procurar soluções que lhes permitam aumentar a sua produtividade, nomeadamente através da redução dos tempos de ciclo, da diminuição da quantidade de peças produzidas com defeito e dos tempos improdutivos e de paragem. Com a quarta revolução industrial a caminhar a passos largos, é fundamental que essas organizações se consigam adaptar a esta nova era da transformação digital, de modo a melhorar a eficiência de todo o seu processo produtivo e a manter a sua competitividade face à concorrência presente no mercado.

Ao cumprir mais uma fase de todo o Plano de Digitalização do processo de controlo de produção da Simoldes, concluiu-se que foi dado um grande passo no caminho da transformação digital. Isto porque, a implementação deste sistema de aquisição de dados e a sua extensão a todas as fábricas do grupo, veio proporcionar uma maior fluidez interna na troca de dados e uma maior visibilidade e transparência nos resultados obtidos. Para além disto, a possibilidade de recolha de dados de produção em tempo real de forma a visualizá-los em qualquer momento e em qualquer lugar, juntamente com a possibilidade de análise de KPI's em tempo real, muniu a organização com a capacidade de tomar decisões mais rápidas e mais eficazes.

A implementação deste sistema de aquisição de dados comprometeu-se a atingir três principais objetivos e posto isto, no momento de conclusão deste projeto é esperado que os resultados obtidos reflitam impactos positivos para a empresa tanto a nível qualitativo como quantitativo. Face aos três objetivos delineados, como foi possível verificar no capítulo em que foi realizada a análise de resultados, relativamente ao rendimento operacional é esperado um aumento do valor do OEE entre 1% e 1,5% para as sete fábricas em questão. No que diz respeito ao trabalho administrativo é esperada uma redução total de 13 mil horas/ano e por último é esperado um aumento de cerca de 5% relativo ao valor das poupanças associadas a iniciativas de melhoria contínua.

A possibilidade de desenvolver esta dissertação em contexto empresarial foi sem margem para dúvida uma excelente oportunidade. Esta experiência permitiu uma evolução não só a nível profissional, em que foi incorporada uma equipa de trabalho que permitiu expandir e adquirir novos conhecimentos do setor e de como é gerido todo o processo de produção industrial, mas também a nível pessoal, onde foram desenvolvidos vários aspetos importantes para o panorama profissional, tais com o sentido de análise crítica, sentido de responsabilidade, criatividade, aptidão para a resolução de problemas, trabalho em equipa, gestão do tempo e vários conceitos e *standards* industriais do setor automóvel, que atualmente é dos mais exigentes do mercado.

## **6.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS**

Após o término da presente dissertação, confirma-se que ainda existem várias fases de todo este Plano de Digitalização que podem ser acompanhadas e implementadas. Devido ao período imposto para a realização do estágio e desenvolvimento desta dissertação, essas fases acabam por ser propostas como trabalhos a realizar futuramente.

Com isto, a prioridade no final deste ano será continuar a expansão de todo o sistema de aquisição de dados pelas estações de montagem e pelos muros de qualidade.

Numa terceira fase do Plano de Digitalização, pretende-se começar também a adquirir os dados do processo de injeção recorrendo ao protocolo de comunicação EuroMap63. Com este protocolo será possível não só ler, mas também escrever dados na própria máquina de injeção, de forma a que se possam executar correções em determinados parâmetros da máquina durante o processo de produção. Nessa fase espera-se contar

também com a inclusão de mais três evoluções, onde a primeira delas será começar com o processo de pesagem de peças de injeção, a segunda será a aquisição de parâmetros do molde, e por fim a aquisição de dados do processo de montagem crítica.

Para finalizar este Plano de Digitalização, o objetivo será começar a utilizar o processamento de dados implementado nas fases anteriores para que se comece a entrar no panorama da análise preditiva.



## *Referências Bibliográficas*

- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78, pp. 6-13.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1245-1252.
- Bastian, S., Hüttenhein, C., Hellwig, M., Klose, J., Massold, W., Paulus-Rohmer, D., Scholz, S., Schott, T., Jacobi, N., (2018). From Lean to Industry 4.0 – More than just the Vision of a Smart Factory, *Bosch Industry Consulting*.
- Baur, C., & Wee, D. (2015). Manufacturing's next act. *McKinsey & Company*, 6.
- Beira, E., Crespo, C., Gomes, N., & Menezes, J. (2004). Dos moldes à engenharia do produto, a trajetória de um cluster. *Momentos de Inovação e Engenharia em Portugal no Século XX*, Dom Quixote, Lisboa, pp. 394-421.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2017). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. *FormaMente*, 12.
- Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., Sniderman, B. (2017) The Smart Factory. *Deloitte Insights*, pp. 1–19.
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia tools and applications*, 51(1), pp. 341-377.
- Coghlan, D. & Brannick, T. (2001). Doing Action Research in Your Own Organisation. *London: Sage Publications, Ltd.*
- Coronado, P. D. U., Lynn, R., Louhichi, W., Parto, M., Wescoat, E., & Kurfess, T. (2018). Part data integration in the Shop Floor Digital Twin: Mobile and cloud technologies

- to enable a manufacturing execution system. *Journal of manufacturing systems*, 48, 25-33.
- Correia, António Brochado, Pedro Deus e João Rui Baptista. 2016. "Indústria 4.0: Construir a empresa digital". *PwC "Global Industry 4.0"*.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. R. C., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia, Educação e Cultura*, Vol. XIII, 2, pp. 355-379.
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2017). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *Ieee Access*, 6, 6505-6519.
- Cefamol. (2021). Associação Nacional da Indústria de Moldes. Obtido em Março de 2021, de Indústria Portuguesa de Moldes, Relatório 2021: [www.cefamol.pt/](http://www.cefamol.pt/).
- Daneels, A., & Salter, W. (1999). What is SCADA? *International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems*, pp. 339-343.
- del Val Román, J. L. (2016, March). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. In *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII*.
- Dillon, T., Wu, C., & Chang, E. (2010, April). Cloud computing: issues and challenges. In *2010 24th IEEE international conference on advanced information networking and applications* (pp. 27-33).
- Dong, X. L., & Srivastava, D. (2013). Big data integration. In *2013 IEEE 29th international conference on data engineering (ICDE)* (pp. 1245-1248).
- D'Souza, F., Costa, J., & Pires, J. N. (2020). Development of a solution for adding a collaborative robot to an industrial AGV. *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application* 723-735.
- Ervural, B. C., & Ervural, B. (2018). Overview of cyber security in the industry 4.0 era. In *Industry 4.0: managing the digital transformation* (pp. 267-284). Springer, Cham.

- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia Cirp*, 54, 13-18.
- Fitzgerald, J., & Quasney, E. (2017). Using autonomous robots to drive supply chain innovation. *Deloitte Perspectives*, 1-12.
- Ferreira, L. P. (2003). Geração automática de modelos de simulação de uma linha de produção na indústria electrónica. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial, Área de Especialização em Logística e Distribuição, Departamento de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia, Universidade do Minho
- Luís Pinto Ferreira, Enrique Ares Gómez, Gustavo Peláez Lourido, Marina Salgado, José Diéguez Quintas. (2011) “Analysis on the Influence of the Number of Pallets Circulating on an Automobile Closed-Loops Assembly Line”, *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies (IJAEST)*, Volume number 2, Issue number 2, pp. 119-123.
- Ferreira, L. P., Gómez, E. A., Lourido, G. C. P., Quintas, J. D., & Tjahjono, B. (2012). Analysis and optimisation of a network of closed-loop automobile assembly line using simulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(1), 351-366.
- Ferreira, Luís Pinto, Gómez, E. A., Lourido, G. P., & Tjahjono, B. (2013). Modeling a Complex Production Line Using Virtual Cells. In *Electrical Engineering and Intelligent Systems* (pp. 361–373). New York, NY: Springer.
- Ferreira, L. P., Pereira, G. A., & Machado, R. J. (2005). Geração Automática de Modelos de Simulação de uma Linha de Montagem de Auto-Rádios. *Investigação Operacional*, 25 (2005) 37-62 37.
- Gilchrist, A. (2016). Industry 4.0: the industrial internet of things. Apress. Berkeley
- Gong, L., Zou, B., & Kan, Z. (2019). Modeling and optimization for automobile mixed assembly line in industry 4.0. *Journal of Control Science and Engineering*, 2019.
- Great Myanmar Institute (2021). “History of Industries”. Obtido em Abril de 2021, de [www.greatmyanmarinstitute.com/revolution/history-of-industries/](http://www.greatmyanmarinstitute.com/revolution/history-of-industries/).

- Hinton, T. J., Jallerat, Q., Palchesko, R. N., Park, J. H., Grodzicki, M. S., Shue, H. J., & Feinberg, A. W. (2015). Three-dimensional printing of complex biological structures by freeform reversible embedding of suspended hydrogels. *Science advances*, *1*(9), e1500758.
- Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, *7*(1), 28-35.
- Jazdi, N. (2014, May). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. In 2014 *IEEE international conference on automation, quality and testing, robotics* (pp. 1-4). IEEE.
- Kletti, J. (Ed.). (2007). Manufacturing execution system-MES. *Springer Science & Business Media*.
- Körner, M. F., Bauer, D., Keller, R., Rösch, M., Schlereth, A., Simon, P., Bauernhansl, T., Fridgen, G., Reinhart, G. (2019). Extending the automation pyramid for industrial demand response. *Procedia CIRP*, *81*, 998-1003.
- Koshy, V. (2005). Action research for improving practice: A practical guide. Sage.
- Leap Australia (2021). “Indústria 4.0”, Obtido em Abril de 2021, de <https://www.leapaust.com.au/i4/>.
- Mokyr, J., & Strotz, R. H. (1998). The second industrial revolution, 1870-1914. *Storia dell'economia Mondiale*, 21945, 1.
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. J. P. C. (2016). Industrial big data as a result of IoT adoption in manufacturing. *Procedia cirp*, *55*, 290-295.
- Pinto, R. J. (2012). Injeção e Caracterização do Comportamento Mecânico de Polímeros Termoplásticos (Influência da Pressão de Injeção). Dissertação em Equipamentos e Sistemas Mecânicos, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Politécnico de Coimbra.

- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard business review*, 92(11), 64-88.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2017). Why every organization needs an augmented reality strategy. *Harvard Business Review*.
- Popescu, Mihai-Nicolae & Cormos, Angel. (2017). Automated Guided Vehicle management within a warehouse. *Supply Chain Management for Efficient Consumer Response Conference*.
- PWC 2021, “Indústria 4.0 – Construir a empresa digital”, Obtido em Junho de 2021, de <https://www.pwc.pt/pt/temas-actuais/industria-40.html>.
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison. *Ieee Access*, 6, 3585-3593.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184-1190.
- Rashid, M. A., Hossain, L., & Patrick, J. D. (2002). The evolution of ERP systems: A historical perspective. In *Enterprise resource planning: Solutions and management* (pp. 35-50). IGI global.
- Rewers, P., Trojanowska, J., & Chabowski, P. (2016). Tools and methods of Lean Manufacturing-a literature review. In *Proceedings of 7th International Technical Conference TECHNOLOGICAL FORUM* (pp. 28-30).
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), pp. 765–775.
- Rosato, D. V., & Rosato, M. G. (2012). Injection molding handbook. *Springer Science & Business Media*.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.

- Sá, J., Ferreira, L. P., Dieguez, T., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Role of the Industry 4.0 in the Wine Production and Enotourism Sectors. In J. V. de Carvalho, Á. Rocha, P. Liberato, & A. P. Editors (Eds.), *International Conference on Tourism, Technology and Systems* (pp. 171–180). Singapore: Springer.
- Saif, I., Peasley, S., & Perinkolam, A. (2015). Safeguarding the Internet of Things. *Deloitte Review*.
- Shehab, E. M., Sharp, M. W., Supramaniam, L., & Spedding, T. A. (2004). Enterprise resource planning. *Business process management journal*. 359-386.
- Simons, S., Abé, P., & Naser, S. (2017). Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 9, 81–88.
- Sishi, M., & Telukdarie, A. (2020). Implementation of Industry 4.0 technologies in the mining industry-a case study. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 11(1), 1-22.
- Silva, V., Ferreira, L. P., Silva, F. J., Tjahjono, B., & Ávila, P. (2021). Simulation-Based Decision Support System to Improve Material Flow of a Textile Company. *Sustainability*, 13(5), 2947.
- Simoldes Plásticos, (2017). Simoldes. Obtido em Maio de 2021, de <http://www.simoldes.com/plastics/>
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative science quarterly*, 582-603.
- Syspro (2019). The 5 Layers of the Automation Pyramid and Manufacturing Operations Management. Obtido em Abril de 2021, de [www.syspro.com/blog/erp-for-manufacturing/the-5-layers-of-the-automation-pyramid-and-manufacturing-operations-management/](http://www.syspro.com/blog/erp-for-manufacturing/the-5-layers-of-the-automation-pyramid-and-manufacturing-operations-management/)

- Theunissen, J., Xu, H., Zhong, R. Y., & Xu, X. (2018, November). Smart AGV system for manufacturing shopfloor in the context of industry 4.0. In *2018 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)* (pp. 1-6). IEEE.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain?. *Procedia manufacturing*, *13*, 1175-1182.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia manufacturing*, *20*, 233-238.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International journal of distributed sensor networks*, *12*(1), 3159805.

## ANEXO A – Códigos de Paragem e Rejeição

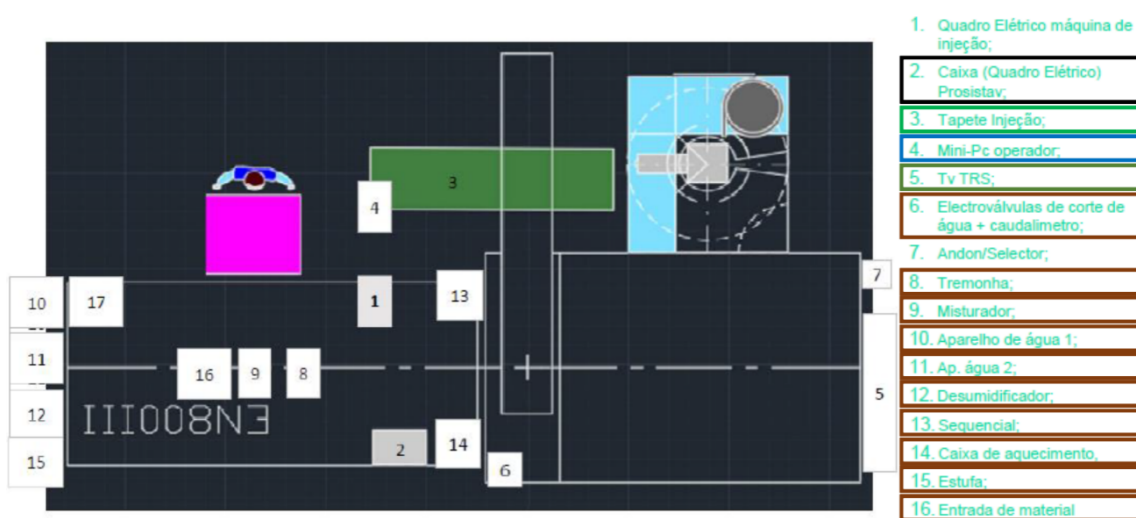
<b>CÓDIGOS DE PARAGENS PRODUÇÃO</b>			
<b>Produção</b>		<b>Logística</b>	
1A	Afinação	4A	Atraso Fornecimento Embalagem
1B	Espera Afinador	4B	Atraso Fornecimento Componentes
1C	Afinação Equipamento	4C	Atraso Fornecimento M.P.
1D	Falta Operador	4D	M.P. Trocada
1E	Falta Equipamento (Especificar)	4E	Falta Embalagem em Armazém
1F	Falta Rendição	4F	Falta Componentes em Armazém
1H	Limpeza Ferramenta	4G	Falta M.P. em Armazém
1I	Erro Operação		
1J	Arranque Semanal		
1K	M.P. Mal Estufada		
1L	Afinação Robot		
1M	Descarga Peças da Linha	<b>Qualidade</b>	
1N	Descarga Peças da Cabine	5A	Paragem Qualidade (Especificar)
1P	Formação Operador	5B	Validação de Arranque
1V	Carga Peças da Linha		
1W	Limpeza Equipamento		
1X	Formato Encravado		
1Y	Adicionar Cola		
<b>SMED</b>		<b>Manutenção</b>	
3A	Muda. ferramenta	6A	Avaria Ferramenta
3B	Afinação Robot/M. Presa	6B	Avaria Máquina
3C	Afinação Equipamento	6C	Avaria Robot
3D	Afinação Arranque	6D	Avaria Equipamento
3E	M.P. Mal Estufada	6F	Falta Energia
3F	Mudança Não Planificada		
3G	Ferramenta Não Alocada		
3H	Limpeza do Fuso		
3I	Mudar Versão		
3J	Mudar Cor		

**Figura 52** Códigos de paragem de produção

CÓDIGOS DE DEFEITOS							
Arranque Injeção		Injeção		Montagem		Aspecto	
9A	Incompletos	1A	Incompletos	4A	Componentes Trocados	1B	Queimados
9B	Queimados	1F	Chupados	4B	Falta Componentes	1E	Manchas
9C	Rebarbas	1J	Marcas de Extração	4C	Soldadura não Conforme	1G	Riscos
9D	Empenos ou Deformações	1T	Peças fim de lote	4D	Marcas Criadas pelo Equipamento	1H	Pintas
9E	Manchas ou Brilhos	2A	Sem Gás	4E	Soldadura Descentrada	1I	Gorduras
9F	Chupados	2B	Paredes Finas	4F	Peça não soldada	1K	Bolhas
9G	Pintas	2C	Excesso de Gás	4G	Montagem Incorreta	1L	Raiados
9H	Gorduras	2F	Infiltração de Gás	4H	Picagem (PY) não Conforme	1N	União de Material
9I	Marcas de Extração/Forçado	2H	Falta IMD / IML	4K	Ruidos	1P	Cor não Conforme
9J	Raiados	2I	Impurezas no IMD / IML	4L	Charneira NOK	1S	Sujidade
9K	União de Material	2J	IMD / IML Descentrada	4M	Componente Defeituoso	1U	Brilhos
9L	Cor não conforme	2K	IMD / IML Cortada	4N	Mau Funcionamento	1V	Brilho NOK
9M	Bolhas	2L	Peças sem Inserto	4O	PVC Danificado	2D	Rugosidade Superficial
9N	Rugas	2M	EPDM Rasgado	4P	Rosca Esmagada	3A	Rugas
9O	Tecido Descentrado	2N	Invasão do 2º Material	4Q	Rebitagem não Conforme	3F	Casca de Laranja
9Q	Projeções / Migrações	3C	Sem Tecido	4R	Perpendicularidade não conforme	3N	Marcas
9S	Peças de Purga	3D	Material Migrado	4S	Torque não conforme	3Q	Textura NOK
		3H	Projeção de Tecido	4T	Aperto não conforme		
		3I	Peça sem Corte	4U	Filme Proteção Mal Montado		
		3J	Excesso de Cola				
		3L	Tecido Rasgado				<b>Forma / Geometria</b>
	<b>Tampografia e Pintura</b>	3M	Fios Puxados do Tecido			1C	Rebarbas
5A	Falta de Tinta	3O	Padrão de tecido NOK			1D	Peça Deformada
5B	Posição do Print	3P	Falta Aderência / Adesividade			1M	Partidas
5C	Cor do Print / Má Cobertura				<b>Revestimento</b>	1Q	Dimensional NOK
6A	Grumos			7A	Incorreta Mistura Cola	1R	Corte Gito NOK
6B	Escorridos			7B	Brilho no Material Revest.	2G	Peso NOK
6C	Impurezas			7C	Cola na Superf. Visível	3B	Formato NOK
6D	Defeito Lixagem			7D	Rebordagem Incorreta	3G	Formato Descentrado
6E	Água Cortinas			7E	Formato mal Posicionado	3K	Corte NOK
6G	Falta de Verniz			7F	Peça Inacabada	4I	GAP NOK
6I	Ataque Pulverização					4J	Afloramento NOK
6K	Catalizado					5D	Contorno Incompleto
						5E	Contorno Borrado

Figura 53 Códigos de Defeitos

## ANEXO B – Legenda *Layouts* Postos Trabalho



**Figura 54** *Layouts* Posto de Prabalho

# ANEXO C – Ligações Elétricas

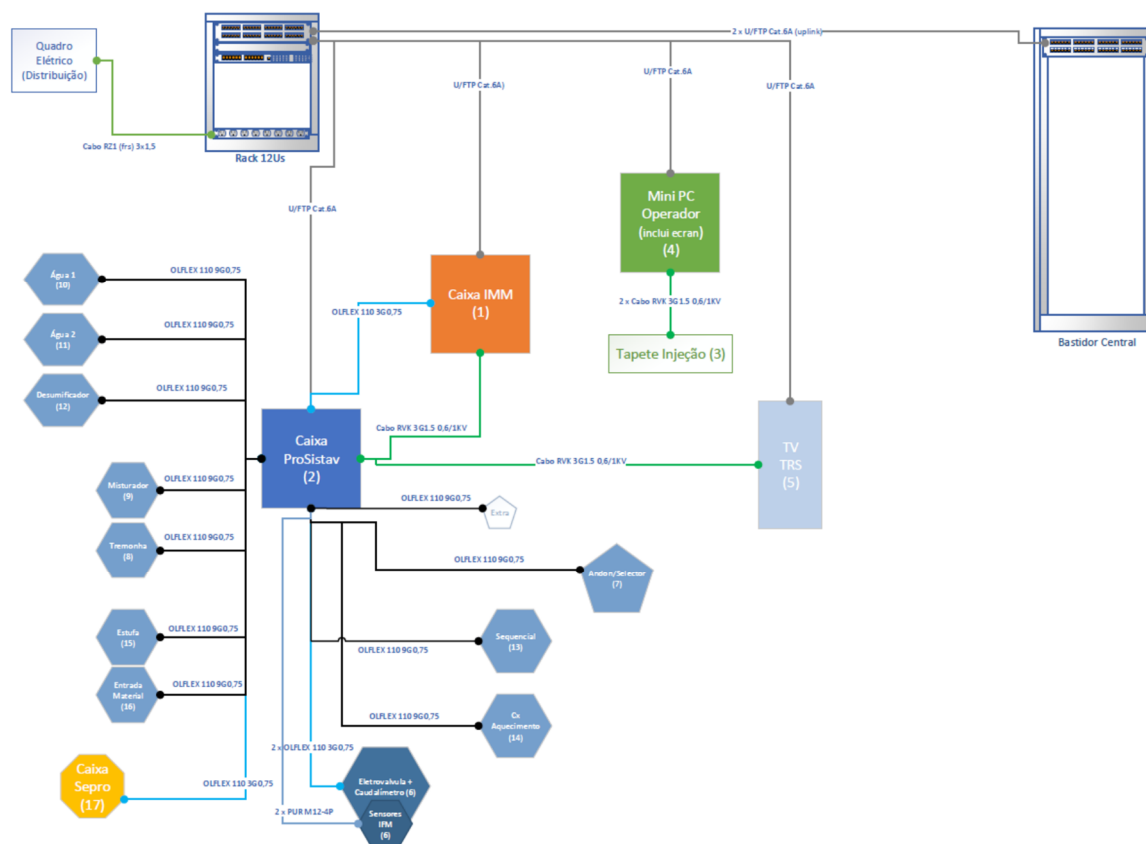


Figura 55 Esquema ligações elétricas

Combinção Binária Periféricos								
Pino 6	Pino 5	Pino 4	Pino 3	Pino 2	Designação	Valor Bin Ficha	Nº Layout	Nº cabo
					misturador	1	9	5
					tremonha material/coranteaspirador / bomba de vacuo	2	8	4
					estufa (25kg) 10 a 30L	3	15	1
					estufa (50kg) 50L	4		
					estufa (75kg) 60 a 75L	5		
					estufa (100kg) 100L	6		
					estufa (150kg) 150L	7		
					estufa (200kg) 200L	8		
					estufa (400kg) >= 300L	9		
					desumificador 40L	10	12	6
					desumificador (75kg) 75 a 80L	11		
					desumificador (100kg) 100L	12		
					desumificador (150kg) 150 a 180L	13		
					desumificador (200kg) 200L	14		
					desumificador (250kg) 240 a 250L	15		
					desumificador (300kg) 300L	16		
					desumificador (400kg) 360 a 400L	17	10 e 11	2 e 3
					desumificador (600kg) 500 a 600L	18		
					aparelho agua quente 9 kw	19		
					aparelho agua quente 12 kw	20		
					aparelho agua quente 18 kw	21		
					aparelho agua refrigerada 10 kw	22		
					aparelho agua refrigerada 20 kw	23		
					aparelho agua refrigerada 30 kw	24		
						25		
						26	14	8
						27		
					sequencial	28	13	7
					entrada de material	29	16	9
						30		
					caixa de aquecimento	31	14	8

**Figura 56** Combinção Binária Periféricos

# ANEXO D – Ligações de Rede

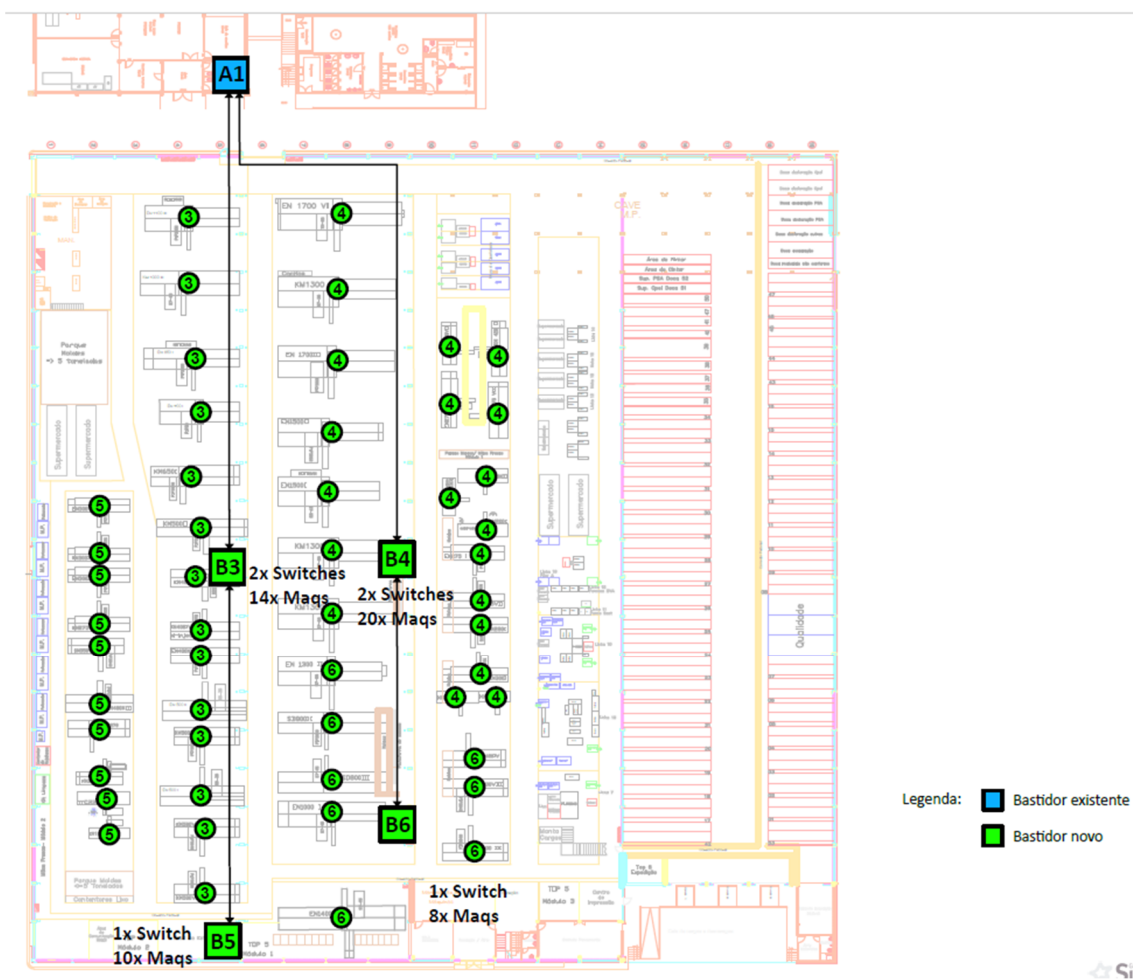
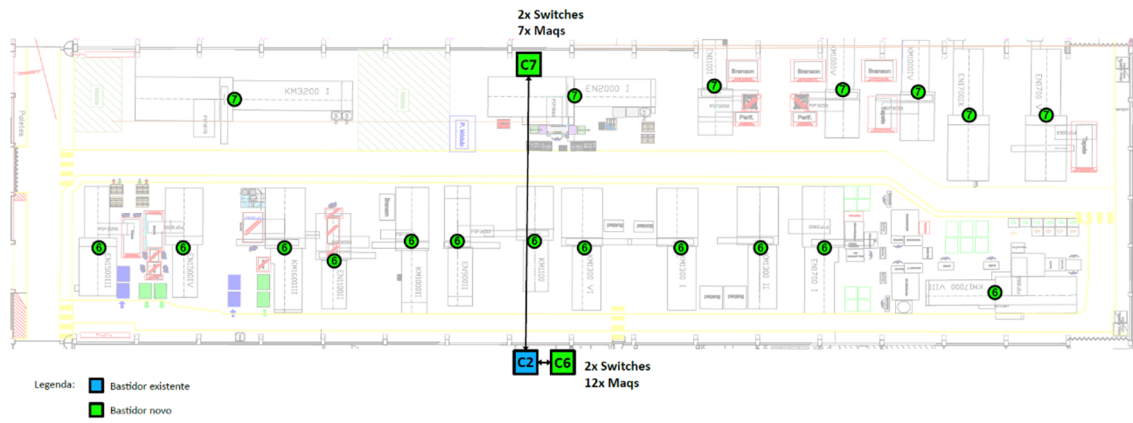


Figura 57 Diagrama Ligações Rede da Fábrica Plastaze



Figura 58 Diagrama Ligações Rede da Fábrica Inplas



**Figura 59** Diagrama Ligações Rede da Fábrica Simoldes Plásticos Nave 5

# ANEXO E - API para escrita de Dados no Registo Diário

## TABELAS ORIGEM

### 1. Tabela Hora1

Nome Campo	Data Type	Observações
Dia	date	formato yyyy-MM-dd
Turno	varchar	
Fábrica	varchar	
Código Fábrica	int	
Máquina	varchar	
Código Máquina	varchar	
OF	varchar	
Nº Peças	int	
Tempo Abertura	int	tempo em s
Tempo Abertura Planeado	int	tempo em s
Tempo de Paragens Planeadas	int	tempo em s
Tempo Paragens	int	tempo em s
Tempo Trabalho	int	tempo em s
Nº Peças Teórico	decimal	

### 2. Tabela Peças por Colaborador

Nome Campo	Data Type	Observações
Data_Inicio	datetime	formato yyyy-MM-dd hh:mm:ss
Data_Fim	datetime	formato yyyy-MM-dd hh:mm:ss
Dia	date	formato yyyy-MM-dd
Turno	varchar	
Fábrica	varchar	
Código Fábrica	int	
Máquina	varchar	
Código Máquina	varchar	
OF	varchar	
Referência	varchar	
Código e Nome Colaborador	varchar	
Nº Injeções	int	
Nº Peças	int	
Rótulo Início	varchar	
Rótulo Fim	varchar	

### 3. Tabela Tempo Trabalho por Colaborador

Nome Campo	Data Type	Observações
Data/Hora Início	datetime	formato yyyy-MM-dd hh:mm:ss
Data/Hora_Fim	datetime	formato yyyy-MM-dd hh:mm:ss
Dia	date	formato yyyy-MM-dd
Turno	varchar	
Fábrica	varchar	
Código Fábrica	int	
Máquina	varchar	
Código Máquina	varchar	
OF	varchar	
Duração	int	tempo em s

### 4. Tabela Estados de Paragem

Nome Campo	Data Type	Observações
Data/Hora Início	datetime	formato yyyy-MM-dd hh:mm:ss
Data/Hora Fim	datetime	formato yyyy-MM-dd hh:mm:ss
Dia	date	formato yyyy-MM-dd
Turno	varchar	
Fábrica	varchar	
Código Fábrica	int	
Máquina	varchar	
Código Máquina	varchar	
OF	varchar	
Estado	varchar	
Tipo de Paragem	varchar	
Código	varchar	
Duração	int	tempo em s
IDParagem	varchar	

### 5. Tabela PPM por Código

Nome Campo	Data Type	Observações
Dia	date	formato yyyy-MM-dd
Turno	varchar	
Fábrica	varchar	
Código Fábrica	int	
Máquina	varchar	
Código Máquina	varchar	
OF	varchar	
Referência	varchar	
Rejeição	varchar	código de rejeição
Nº Rejeições	varchar	

## TABELAS DESTINO

### 1. Tabela REG\_REGISTO

Nome Campo	Agregação	Data Type	Null/ Not Null	Descrição
ID_REG	-	int	Not Null	Não Preencher. Id automático.
FIR_REG	1	varchar	Not Null	Firma (Código)
NUM_XOF_REG	1	varchar	Not Null	Número OF.
FAS_XOF_REG	1	varchar	Not Null	Fase (relação de 1 para 1 com o campo REF_XOF_REG)
POS_XOF_REG	1	varchar	Not Null	Posição referência na OF. Relação de 1 para 1 com o campo REF_XOF_REG
REF_XOF_REG	1	varchar	Not Null	Código da referência da OF. A informação dos restantes campos de várias referências de uma mesma OF, deverá ser a mesma.
DAT_REG	1	datetime	Not Null	Dia da produção que está a ser reportada
COD_TUR_REG	1	varchar	Not Null	Turno para a Hora início report OF - HRI_REG. Deve-se referir ao código

_REG				
QTD_PEC_REA_REG	1	int	Null	Quantidades peças reais
TMP_NET_REG	1	int	Null	Tempo líquido (tempo de trabalho em min)
TMP_BRU_REG	1	int	Null	Tempo bruto (tempo abertura planeado em min)
VEL_LIN_PIN_REG		decimal	Null	Null. Não preencher
ID_REG_PAI		int	Null	ID_REG do registo master
DAT_EXP_REG		datetime	Null	NÃO PREENCHER, gerido pelo programa após exportação para o ERP
USR_EXP_REG		varchar	Null	Utilizador autenticado no computador. Valor alfanumérico (ex: PLASTICOSIMAzvedo). Campo sempre preenchido a cada registo.
IND_ANU_REG		bit	Not Null	0 ou 1 (1 se este registo for um registo anulado)
ID_REG_ANU_REG		int	Null	ID_REG do registo anulado
DCR_TEC		datetime	Null	data criação registo
UCR_TEC		varchar	Null	user criação registo
DMO_TEC		datetime	Null	Data modificação registo. Preenchido em caso de alteração
UMO_TEC		varchar	Null	user modificação registo

### 1.2 continuação Tabela REG\_REGISTO

				existente na tabela TUR_TURNOS da base de dados do Registo Diário de Produção.
COD_MAQ_REG	1	varchar	Not Null	Código da máquina.
HRI_REG	1	varchar	Not Null	Hora início report OF (registo de hora de início de trabalho da OF para registos de tempo de trabalho ou de sucata. Registo da hora de início de paragem para registos de interrupção) horas sem separador : formato HHMM
HRF_REG	1	varchar	Not Null	Hora fim report OF (registo de hora de fim de trabalho da OF para registos de tempo de trabalho ou de sucata. Registo da hora de fim de paragem para registos de interrupção) horas sem separador : formato HHMM
NUM_PES_REG	1	varchar	Not Null	número do 1º funcionário alocado à OF, mediante o tipo de registo
TMP_PRP_REG	-	int	Null	Não preencher (sempre igual a NULL)
TMP_INT_REG	1	int	Null	Tempo de interrupção em minutos
COD_MIN_REG	1	varchar	Null	Código do motivo de interrupção
QTD_SUC_REG		int	Null	Quantidade sucata
COD_MSU_REG		varchar	Null	Código motivo sucata
QTD_INJ_REG	1	int	Null	Quantidade injeções
QTD_PEC_TEO	1	int	Null	Quantidade peças teóricas

## 2. Tabela POLIVALENCIA

Nome Campo	Data Type	Null/Not Null	Descrição
FIR_LRP	varchar	Not Null	Firma
NUM_XOF_LRP	varchar	Not Null	Número OF
FAS_XOF_LRP	varchar	Not Null	Fase OF
DAT_LRP	datetime	Not Null	Dia da produção que está a ser reportada
COD_TUR_LRP	varchar	Not Null	Turno (ver tabela TUR_TURNOS - coluna COD_TUR)
NUM_PES_LRP	varchar	Not Null	Código do operador
HRS_LRP	int	Not Null	horas de trabalho (sem paragens) sem separador : formato HHMM
TMP_LRP	int	Not Null	tempo de trabalho (sem paragens) em minutos
DCR_TEC	datetime	Null	Data criação registo. Campo sempre preenchido a cada registo criado.
UCR_TEC	varchar	Null	Utilizador autenticado no computador na criação de registo. Valor alfanumérico (ex: PLASTICOS\MAzevedo). Campo sempre preenchido a cada registo criado.
DMO_TEC	datetime	Null	Data de modificação do registo. Preenchido em caso de alteração.
UMO_TEC	varchar	Null	User modificação registo.

## 3. Tabela TUR\_TURNOS

Nome Campo	Data Type	Null/Not Null	Descrição
FIR_TUR	int	Not Null	Firma
COD_TUR	varchar	Not Null	Designação Turno
INI_TURN	int		hora início turno sem separador : formato hhmm
FIM_TUR	int		hora fim turno sem separador : formato hhmm
COD_XPP_TUR	int	Not Null	Código turno

# ANEXO F – proGrow

Simoldes 5	
MUDANÇA DE MOLDE / COR / VERSÃO	[Barra com 10 segmentos cinza]
PRODUÇÃO OK	[Barra com 10 segmentos, 1 verde, 9 cinza]
AVARIA DE MÁQUINA / MOLDE / ROBOT	[Barra com 10 segmentos, 1 vermelho, 9 cinza]
PARADO POR PROBLEMAS DE QUALIDADE	[Barra com 10 segmentos, 1 laranja, 9 cinza]
PARADO POR FALTA DA LOGÍSTICA	[Barra com 10 segmentos, 1 azul, 9 cinza]
A PRODUZIR CHAMAR "P. CONTROL" + QUALIDADE	[Barra com 10 segmentos, 2 verde, 1 laranja, 7 cinza]
PRODUZIR CHAMAR LOGÍSTICA	[Barra com 10 segmentos, 2 verde, 1 azul, 7 cinza]
ENSAIO	[Barra com 10 segmentos, 2 verde, 8 cinza]
A PRODUZIR CHAMAR "P. CONTROL" + QUALIDADE + LOGÍSTICA	[Barra com 10 segmentos, 2 verde, 1 laranja, 1 azul, 6 cinza]
PARAGEM PROGRAMADA	[Barra com 10 segmentos, 1 azul, 9 cinza]

Figura 60 Código de cores

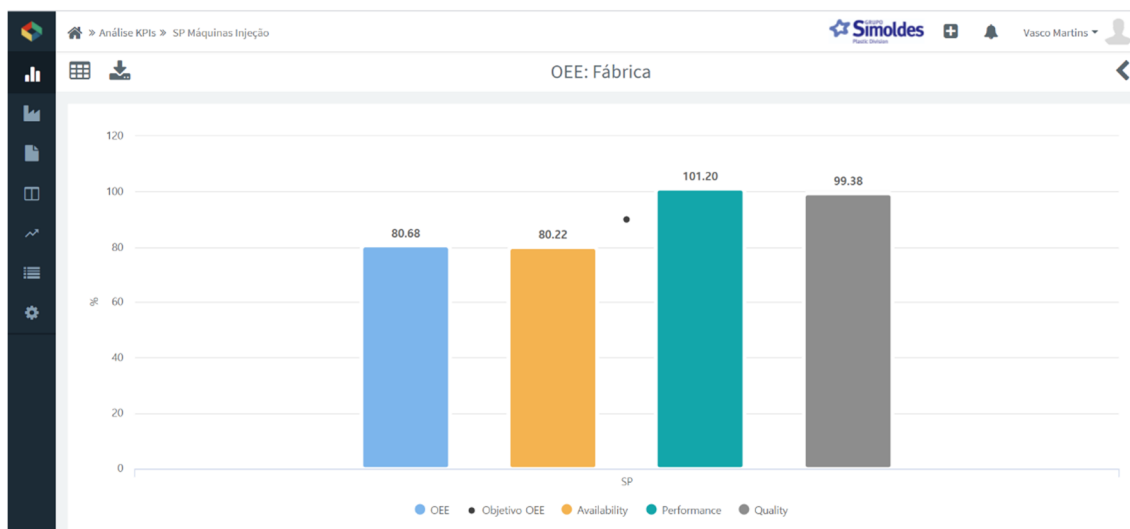


Figura 61 Exemplo de Relatório de produção Fábrica



Figura 62 Exemplo Relatório de produção Módulo

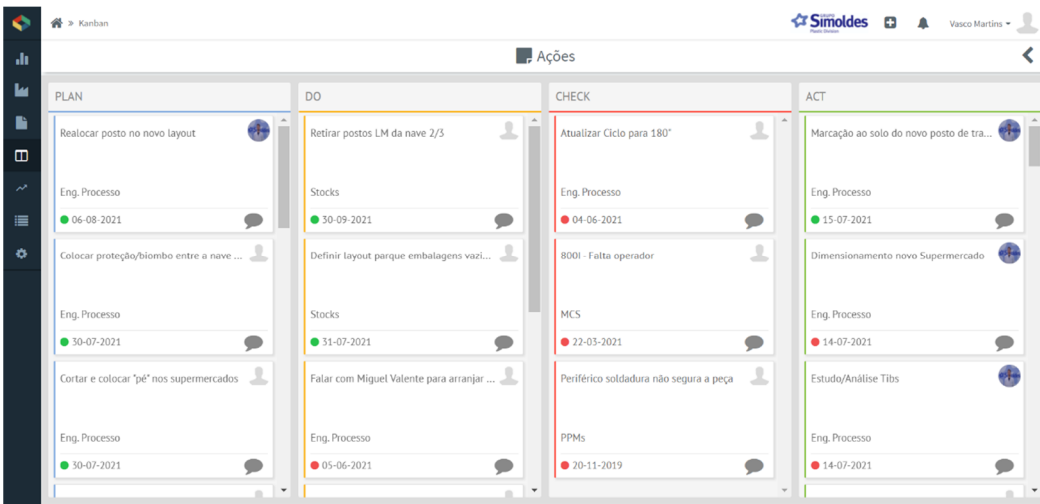


Figura 63 Exemplo Separador Kanban



Figura 64 Resumo processos críticos

# ANEXO F – Gestão Stock Material

Codigo NAV	Part-Number (RV-K)	Fabricante	Descrição	Unidade	TOTAL Compras	Entregue %	TOTAL ENTREGUE (GUIAS)	Stock (GUIAS) teorico	Teorico gasto	Material P.2 semanas	Material Critico
718654	FXV (RV-K)		Cabo RV-K 0,6/1kV 2x1,5+T	mt.	42	103%	5400	3216	2184	840	
717825	A9P54610	Schneider	DISJUNTOR 1P-N 10A 6/10KA A9P54610	und.	2	98%	244	140	104	40	
706977	69701	Legrand	TOMADA SCHUKO PLEXO 2P+T 16A 069733	und.	4	98%	492	284	208	80	
718690	53111030	Skintop	BUCIM SKINTOP ST-M25X1,5 RAL 7001	und.	3	107%	400	244	156	60	
718691	53119030	Skintop	PORCA SKINTOP GMP-GL M25X1,5 RAL 7001	und.	3	41%	153	-3	156	60	CRITICO
718692	53111040	Skintop	BUCIM SKINTOP ST-M32X1,5 RAL 7001	und.	3	52%	194	38	156	60	CRITICO
718693	53119040	Skintop	PORCA SKINTOP GMP-GL M32X1,5 RAL 7001	und.	3	98%	369	213	156	60	
718694	38.51.7.024.0050	Finder	RELE FINDER 24VDC	und.	4	106%	529	321	208	80	
718668	1119752		CABO OLFLEX CLASSIC 110 9G0,75	mt.	150	32%	5970	-1830	7800	3000	CRITICO
718667	1119752		CABO OLFLEX CLASSIC 110 3G0,75	mt.	50	37%	2340	-260	2600	1000	CRITICO
718695	09.36.008.2732	Harting	Terminação Han 8D-F Quick Lock 1,5mm²	und.	8	0%	0	-416	416		CRITICO
718696	09.36.008.2632	Harting	Terminação Han 8D-M Quick Lock 1,5mm²	und.	8	0%	0	-416	416		CRITICO
718697	21W5KB350	ODE	Electrovalvula laiaõ ved.NBR NF rosc.1,1/4"	und.	2	47%	55	23	32	40	CRITICO
718698			T. redução FIF 11/4x1/2	und.	1	83%	97	45	52	40	
718699	SAD10XBFRK3/US-100	IFM	Sensor de fluxo SA5000	und.	2	71%	67	35	32	40	CRITICO
718700	SMR21XGXFRRK3/US	IFM	Sensor de fluxo SM9000	und.	2	42%	5	5	0		
718701	E40096	IFM	ADAPTADOR PI Sensor - ADAPTER SH1/G1/2VA	und.	2	96%	91	59	32	40	
718704	10H04	IFM	CABO LIGAÇÃO M12.4 plus cable PUR 10m (EVC006)	und.	2	97%	57	41	16	20	
700280	20H04	IFM	CABO LIGAÇÃO M12.4 plus cable PUR 20m (EVC087)	und.	2	55%	48	32	16	20	
718705	08024CS	ODE	Bobine BDA 8W 24VDC	und.	2	47%	55	23	32	40	CRITICO
718706	F990305	ODE	<<	und.	2	47%	55	23	32	40	CRITICO
700405	9360083001	Harting	Han 8D MALE INSERT CRIMP	und.	8	100%	224	224	0	160	
700406	9360083101	Harting	Han 8D FEMALE INSERT CRIMP	und.	8	100%	224	-192	416	160	CRITICO
700407	9150006105	Harting	Han D Male R15 stift-c 0,75 mm Ag	und.	64	100%	1800	1800	0	1280	
700408	9150006205	Harting	Han D Female R15 stift-c 0,75 mm Ag	und.	64	100%	1800	-1528	3328	1280	CRITICO
			UNIAO PEX ROSCA M 1"1/4 P/TUBO 40MM	und.	1	7%	8	-44	52	20	CRITICO

PROEF

Figura 65 Gestão de stock do material

