

João Pedro Pereira da Rocha

**O IMPACTO DE UM PROCESSO BASEADO EM
CONCEITOS DE INDÚSTRIA 4.0 NO VALUE
STREAM MAP**

O CASO DA VALCONTROL

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em Gestão
de Empresas

Orientador: Professor Especialista Abílio da Cunha Vilaça

Instituto Superior de Administração e Gestão

PORTO, JUNHO DE 2022

Declaração de Honra

João Pedro Pereira da Rocha, estudante do mestrado em Gestão de Empresas do Instituto Superior de Administração e Gestão, com o n.º 202160009, declaro por minha honra que o presente trabalho académico foi elaborado exclusivamente por mim, e respeita os direitos de autor e não contém qualquer plágio.

Por ser verdade e me ter sido solicitada apresento esta declaração que vai assinada por mim.

Porto, 28 de junho de 2022

João Pedro Pereira da Rocha

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a minha família, em especial aos meus pais e a minha irmã, por todo o esforço, dedicação, pelas oportunidades que me proporcionaram ao longo de toda a minha vida, e por toda a motivação que me proporcionaram durante todo o meu percurso académico.

Agradeço também aos meus amigos, que me acompanharam neste processo, e que sempre me incentivaram a sua finalização.

Quero também agradecer ao meu orientador Professor Especialista Abílio Cunha Vilaça, por todo o acompanhamento, pela sua disponibilidade e motivação durante todo o tempo decorrido no desenvolver deste trabalho.

Por fim agradeço a Valcontrol pelo seu apoio e suporte na elaboração do trabalho.

RESUMO

O presente trabalho projeto, originado pela motivação e vontade de melhoria continua por parte da empresa alvo de estudo, pretende demonstrar, através de uma aplicação real, as vantagens de uma aplicação de tecnologias Indústria 4.0.

Este trabalho tem como base motivações profissionais, tendo em conta que o investigador desempenha funções de Gestor de Stock dentro da empresa, na investigação e implementação de ferramentas e tecnologias provenientes da Indústria 4.0, isto não serve apenas para aprofundar o tema em estudo, como também uma mais-valia no desempenho logístico do departamento.

Com cada nova revolução industrial são introduzidas novas tecnologias e metodologias, sendo que na presente, a automatização criada pela comunicação entre diferentes sistemas é um ponto fulcral para a melhoria do bom funcionamento das empresas, sendo que pode provocar impactos em vários setores dentro de uma instituição, tais como no logístico.

A investigação participante permitiu que o autor realizasse um estudo empírico demonstrando que, efetivamente, existe uma correlação positiva entre a aplicação de sistemas provenientes dos conceitos da Indústria 4.0 nos processos logísticos da empresa em análise. Investigação esta, sustentada por uma revisão bibliográfica das diferentes tecnologias emergentes, e de uma metodologia qualitativa que procura corroborar juntamente com outras instituições os resultados obtidos.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, Logística, *Picking*, Melhoria Continua

ABSTRACT

The present work project, originated by the motivation and desire for continuous improvement on the part of the company being studied, intends to demonstrate, through a real implementation, the advantages of an implementation of Industry 4.0 technologies.

This work is based on professional motivations, taking into account that the researcher plays the role of Stock Manager within the company, in the investigation and implementation of tools and technologies from Industry 4.0, this not only serves to deepen the topic under study, but also added value in the department's logistical performance.

With each new industrial revolution, new technologies and methodologies are introduced, and at present, the automation created by the communication between different systems is a key point for improving the proper functioning of companies and can cause impacts in various sectors within an institution, as in logistics.

The participatory investigation allowed the author to carry out an empirical study demonstrating that, effectively, there is a positive correlation between the application of systems from Industry 4.0 in the logistical processes of the company under analysis. This investigation is supported by a bibliographic review of the different emerging technologies, and a qualitative methodology that seeks to corroborate the results obtained together with other institutions.

Keywords: Industry 4.0, Logistics, Picking, Continuous Improvement

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	vi
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas.....	ix
Lista de Anexos	x
1. INTRODUÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA ORGANIZACIONAL.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	33
2.1 O que é Indústria 4.0.....	3
2.2 Importância da implementação de Indústria 4.0	4
2.3 Formas de aplicação Indústria 4.0	7
2.3.1 Fabrico Aditivo	8
2.3.2 Internet das Coisas (IdC) / Internet de Serviços (IdS)	9
2.3.3 Robots Autónomos.....	10
2.3.4 Simulação	11
2.3.5 <i>Cloud</i>	13
2.3.6 Big Data	13
2.3.7 Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas	14
2.3.8 Segurança Cibernética.....	14
2.3.9 Sistemas Ciber Físicos.....	15

2.4	Riscos da Indústria 4.0.....	16
3.	DIAGNÓSTICO, CONTEXTO EMPRESARIAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3.1	Contexto Organizacional.....	18
3.1.1	A empresa.....	18
3.1.2	Mercado.....	19
3.2	<i>Balance Scorecard</i>	21
3.3	Contextualização macroeconómica.....	22
3.4	Evolução da Sociedade no presente período.....	23
3.5	Cadeia de fornecimento	24
3.6	Identificação da problemática.....	28
4.	METODOLOGIA.....	32
4.1	Amostra	33
4.1.1	Resultados da amostra	34
4.2	Investigação empírica	34
5.	PROJETO / PROGRAMA DE AÇÃO / RECOMENDAÇÕES.....	36
5.1	Tecnologias usadas pelos fornecedores	36
5.2	Implementação do sistema	38
5.3	Resultados.....	42
6.	CONCLUSÕES.....	46
7.	LIMITAÇÕES.....	48
	Referências Bibliográficas.....	49
	Webgrafia	56
	Apêndice.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CEO – *Chief Executive Officer*
- DGS – Direção Geral Saúde
- DMF – Deposição Material Fundido
- GPS – *Global Positioning System*
- I4.0 – Indústria 4.0
- IdC – Internet das Coisas
- IdS – Internet de Serviços
- RA – Realidade Aumentada
- RFID – *Radio Frequency Identification*
- RSW – Redes Sensores Wireless
- SCF – Sistemas Ciber-Físicos
- SLA – Estereolitografia
- SLS – Seleção Seletiva Laser
- VSM – *Value Stream Map*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Revoluções industriais	4
Figura 2 – Indústria 4.0 - interligação de elementos	4
Figura 3 - Transição processo Mecatrónico para Sistema Ciber-Físico	6
Figura 4 - Pilares da Indústria 4.0	7
Figura 5 - Impressora 3D Industrial na Fábrica da Ford	8
Figura 6 - Gráfico comparativo Fabrico Aditivo vs Injeção plástico	9
Figura 7 - <i>Robot</i> colaborativo com outro robot	11
Figura 8 - <i>Robot</i> colaborativo com usuário humano	11
Figura 9 - Soldador em formação com recurso a realidade virtual	12
Figura 10 - Organograma da Valcontrol	19
Figura 11 – Áreas de Ação.....	20
Figura 12 - <i>Balance Scorecard</i> Valcontrol	21
Figura 13 – Simbologia <i>Value Stream Map</i>	25
Figura 14 – Exemplo de um <i>Value Stream Map</i>	26
Figura 15 – <i>Value Stream Map</i> da empresa em estudo	26
Figura 16 – Receção e lançamento de encomendas	28
Figura 17 – Separação de encomendas	28
Figura 18 – Atrasos em 2021	29
Figura 19 – Divisão em dias dos atrasos 2021	29
Figura 20 – Devolução de clientes face as encomendas 2021	30
Figura 21 – Referências com ajustes de <i>stock</i> 2021	31
Figura 22 – Armazém automatizado ICP	36
Figura 23 – Armazém automatizado Pekos	36
Figura 24 – Armazém com <i>picking</i> VYC	37
Figura 25 – Identificação código barras de paletes VYC	37
Figura 26 – Antigo alcance <i>wi-fi</i> no armazém	38

Figura 27 – Novo alcance <i>wi-fi</i> no armazém	39
Figura 28 – <i>Routers</i> instalados	39
Figura 29 – Aparelhos <i>picking</i>	40
Figura 30 – Antiga identificação produto	40
Figura 31 – Nova identificação produto com código barras	41
Figura 32 – Indicação encomenda em <i>picking</i>	42
Figura 33 – Novo <i>Value Stream Map</i> da empresa em estudo	42
Figura 34 – Atrasos em 2022	43
Figura 35 – Divisão em dias dos atrasos 2022	43
Figura 36 – Devoluções de clientes face as encomendas 2022	44
Figura 37 – Comparativo de referências com ajuste de <i>stock</i>	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado pré-teste	34
--------------------------------------	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Lista de produtos comercializados pela Valcontrol	57
---	----

1. INTRODUÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA ORGANIZACIONAL

Com o desenvolvimento e evolução de tecnologias na última década, e a crescente exigência dos clientes quanto à satisfação das suas necessidades, a logística tornou-se um dos focos de atenção na modernização das empresas. As empresas vêem-se forçadas a fornecer um serviço aos seus clientes que permita que se diferenciem da sua concorrência de forma a satisfazer de forma completa as necessidades de escolha de produto, entregas atempadas e disponibilidade de *stock* a preços competitivos. Sendo assim, um sistema logístico torna-se um sistema de serviços.

Este serviço, também ele em constante evolução, permite às empresas diferenciarem-se dentro do mercado extremamente competitivo, não estando as empresas a competir apenas a nível nacional, mas devido às evoluções tecnológicas, a competição assume uma dimensão global.

1.1. Enquadramento

A nova revolução industrial, a chamada Indústria 4.0, traz com ela novas oportunidades para esta tão necessária modernização, entre sistemas *cloud*, sistemas automatizados com acesso remoto e que possuem a capacidade de intercomunicação com outros sistemas, as empresas conseguem criar valor dentro da sua organização através de aplicação de conceitos, originados por esta nova Indústria, em praticamente todos os seus possíveis departamentos.

1.2. Objetivos

Este trabalho pretende demonstrar a mais-valia que pode ser obtida, através da modernização das empresas aplicando conceitos da Indústria 4.0, conseguindo otimizar o seu processo logístico, permitindo uma possível diferenciação perante a sua concorrência.

Perceber, implementar e analisar o impacto causado pela aplicação de conceitos de Indústria 4.0 na secção logística da Valcontrol.

1.3. Metodologia

Deste modo, iremos iniciar uma revisão bibliográfica que procura explicar o que é a Indústria 4.0 e descrever as suas diferentes tecnologias e conceitos que permitem a sua aplicação. Posteriormente, através de um estudo empírico, será demonstrado um exemplo prático de uma tecnologia aplicada na empresa em estudo, que procurará responder à pergunta “É possível que a aplicação de um processo, baseado em conceitos e tecnologias de Indústria 4.0, criem um impacto no *value stream map*?”.

Perceber, implementar e analisar o impacto causado pela aplicação de conceitos de Indústria 4.0 na secção logística da Valcontrol.

1.4. Estrutura

O relatório está estruturado em 5 capítulos, sendo o primeiro a Introdução onde se apresenta o tema, os objetivos e a metodologia seguida, o segundo capítulo foca-se na revisão da literatura sobre a Indústria 4.0, a Internet das Coisas, a Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas sem deixar de considerar a Segurança Cibernética e os desafios atuais. No Capítulo 3 apresenta-se o diagnóstico da empresa e estudo. No capítulo 4 efetua-se uma apresentação e discussão da metodologia seguida. No capítulo 5 efetua-se a aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 dentro da empresa e uma reflexão sobre o programa de ação e recomendações. Apresenta-se ainda a implementação do sistema desejável e seus resultados.

Por último nos capítulos 6 e 7 apresentam-se as conclusões e as respostas às questões de partida e as limitações observadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O que é Indústria 4.0

É importante salientar que o termo “Indústria” não se destina apenas à produção, mas também engloba outros tipos de negócios e, por sua vez, a definição de Indústria

4.0 pode variar dependendo da perspectiva que se aplica na sua análise. Desta forma, o termo Indústria 4.0 é muitas vezes definido através da enumeração dos elementos que o definem.

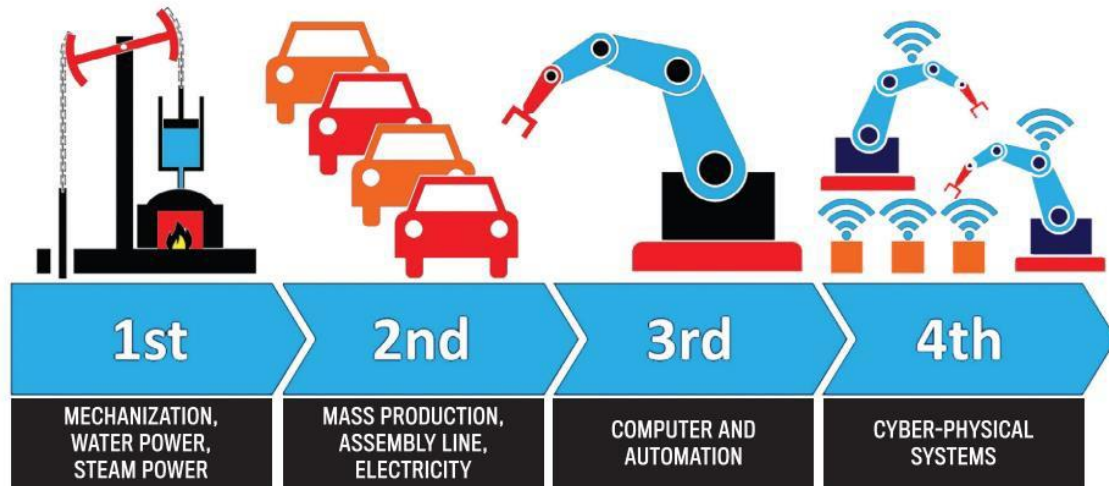
Sanders et al., (2016) comenta que a Indústria 4.0 provém da aplicação de princípios como a *Internet* e de tecnologias orientadas para o futuro com paradigmas aprimorados relativamente a relação homem-máquina. Estas tecnologias do futuro trazem consigo a necessidade de adaptação por partes das empresas, pois apresentam uma mudança geral pela digitalização e automatização de vários sectores da mesma (Trstenjak & Cosic, 2017). Neste seguimento, Pereira & Romero, (2017) comenta que a Indústria 4.0 é um termo que engloba estas tecnologias do futuro como os Sistemas Ciber-Físicos (SCF), *Internet* das Coisas (IdC) e *Internet* de Serviços (IdS), robótica, Big Data e Realidade Aumentada.

Outra alteração que teve origem nesta evolução tecnológica é o mercado de consumidores, estes, devido à sua conexão crescente com a Internet seja ela através das redes sociais, como dos canais digitais de comunicação utilizados pela empresa, têm expectativas cada vez maiores sobre o seu papel no mercado, seja de obter respostas mais rapidamente, seja de aceder a informação de alta qualidade e até de maior interação com as empresas, no fundo, a relação consumidor-empresa têm cada vez maior foco no consumidor (Piccinini et al., 2015). Segundo Wang et al. (2017), a Indústria 4.0 permitirá uma nova forma de personalização, ou seja, estes terão a possibilidade de interagir com as empresas e participar na criação ou personalização do produto, isto é possível devido a evolução ou revolução digital que começa a decorrer na manufatura (Nosalska et al., 2019), que permite a satisfação das expectativas crescentes do consumidor, pois acaba por estar incluído no processo de criação de valor (Piccinini et al., 2015).

De forma geral, a descrição usada para descrever a Indústria 4.0, sendo esta considerada a quarta revolução industrial, é que todas as revoluções industriais têm origem em inovações tecnológicas e mudanças nos modelos de negócio existentes, a primeira revolução com a introdução de máquinas com funcionamento a água e vapor, os novos modos de organização laboral juntamente com a eletricidade que levou a

segunda revolução, a terceira revolução através da introdução da robótica (Brettel et al., 2014) e por fim, a quarta revolução originada pela introdução da IdC e dos SCF (Qin et al., 2016), tal como demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Revoluções industriais

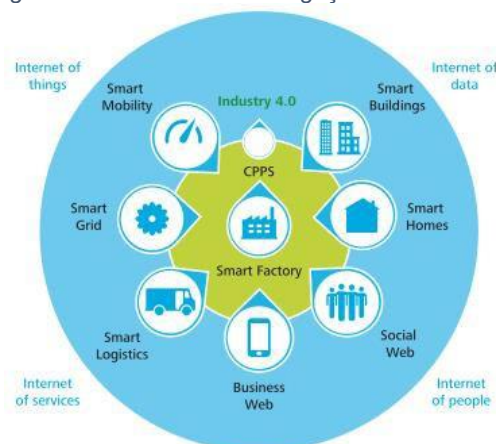


Fonte: Cristoph Roser, Allaboutlean.com

2.2 Importância da implementação de Indústria 4.0

A introdução da eletrónica e da robótica na indústria levou a um grande aumento na automatização do processo de produção das empresas e agora, com esta última revolução que está a decorrer, espera-se uma integração ainda mais profunda destes elementos, aliados também a tecnologias emergentes como o 5G, tornando-se possível uma interligação de vários elementos podendo estes trazer várias alterações à dinâmica empresarial. Na Figura 2 podemos verificar como os vários elementos estão interligados.

Figura 2: Indústria 4.0 - interligação de elementos

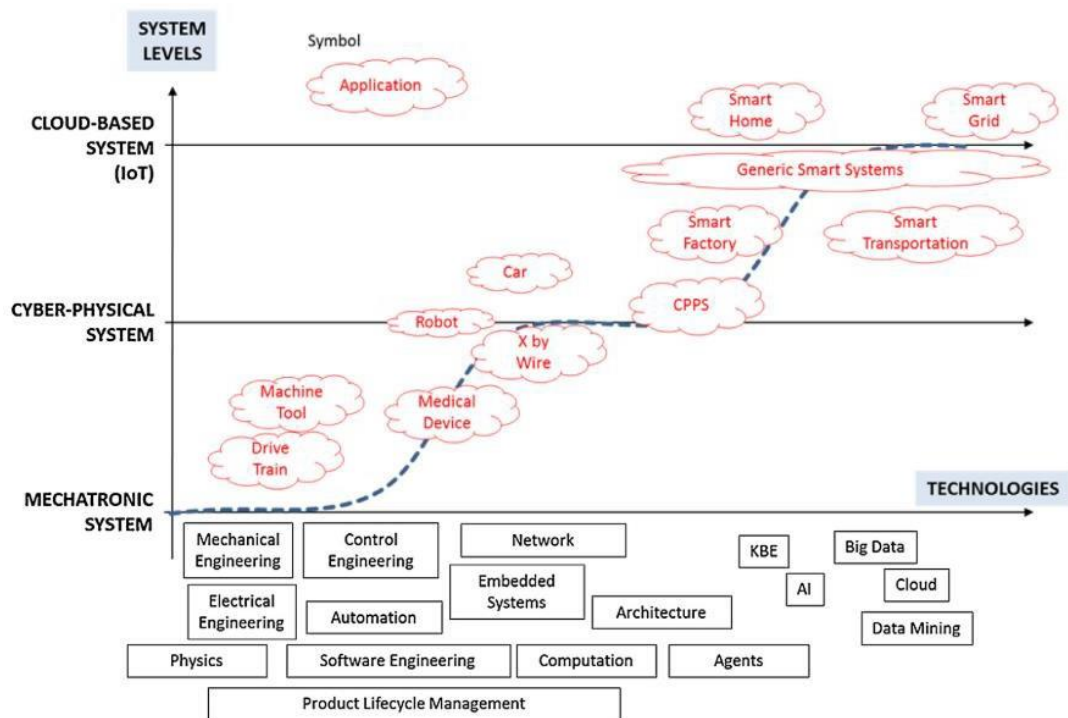


Fonte: Study of Deloitte Consulting - deloitte.com

Começa-se a verificar uma mudança de foco nas empresas do produto para a informação e conhecimento, isto leva a necessidade de alterar metodologias dentro das mesmas, o desenvolvimento e integração de SCF e a IdC provêm desta necessidade. Além do mais, devido à crescente automatização e complexidade de procedimentos nos vários patamares das organizações, começa a haver também a necessidade de analisar o posicionamento do “operador humano” em favor da “máquina”, e a forma como ambos se relacionam (Hehenberger et al., 2016; Sousa & Rocha, 2019).

A integração mais profunda de componentes inteligentes nas empresas é o que permite abrir o horizonte de possibilidades que no passado seria impossível. A famosa expressão Internet das Coisas é uma forma de explicar e englobar facilmente as máquinas e aparelhos inteligentes existentes, que permitem comunicação entre si, e que têm uma utilidade crescente para as empresas seja pela sua capacidade de recolha e análise de informação, pela sua velocidade ou distância de comunicação. Esta IdC tem, portanto, um impacto transversal nas várias Indústrias devido a esta sua capacidade de comunicação que acaba por se desenrolar nos restantes conceitos “Smart” que leva à criação de fábricas inteligentes (Shrouf et al., 2014). Relativamente aos aparelhos, como comentado anteriormente, permitem a recolha de elevada quantidade de informação, que sendo aproveitada pelas empresas, permitem a utilização de análise analítica de forma que leve à tomada de decisões mais acertadas e à melhoria de eficiência de processos (Research, 2014). Esta informação por ser recolhida em tempo-real também permite uma conexão humano-máquina e máquina-máquina sem precedentes, permitindo o conhecimento quase imediato da tendência dos consumidores e dando a conhecer o estado de máquinas ou processos “*just in time*”, segundo Mark Bernardo, General Manager de Software e Automatização das plataformas inteligentes da GE: “*When you equip people with mobile technology, you can dramatically shrink the delta between when a problem occurs and when it’s acted upon. If there’s a quality control problem in a production line, they can shut down the line before it continues to create products that will all be waste.*”, que vem a demonstrar a importância de conectar os utilizadores a informação atual no momento em que é necessária e daí a existência dos sistemas ciber-físicos.

Figura 3- Transição processo Mecatrónico para Sistema Ciber-Físico



Fonte: (Hehenberger et al., 2016)

Estes sistemas também disponibilizam uma crescente flexibilidade no desenvolvimento de produto que leva a um período de desenvolvimento e inovação mais curtos, tal como verificamos na Figura 3, que é cada vez mais importante atendendo a cada vez maior individualização de produto, o chamado “*batch size one*” (Khorram Niaki et al., 2019). Esta crescente individualização cria por vezes oportunidades de negócio tirando partido da nova geração de produtos (Hehenberger et al., 2016; Miranda, Pérez-Rodríguez, et al., 2019), tendo isto a implicação de necessidades de investigação de mercado e mesmo análise do produto a desenvolver (Kušar et al., 2004) disponibilizando dados que necessitam de ser analisados.

Segundo Kuo & Kusiak et al, (2019), os desenvolvimentos na produção de dados de investigação mostram que as metodologias adotadas para os mesmos estão a ficar cada vez mais “*data-driven*” e “*data-intensive*”, os algoritmos utilizados pelas novas ferramentas de tratamento de dados estão por isso a ficar cada vez mais evoluídos de forma a providenciar a informação de forma mais atempada e devido aos sistemas *cloud* cada vez mais implementados, que permitem acesso independentemente da localização do utilizador (Gualtieri et al., 2020), resulta em melhorias no tempo necessário para resolução de problemas e corte de custos (Research, 2014).

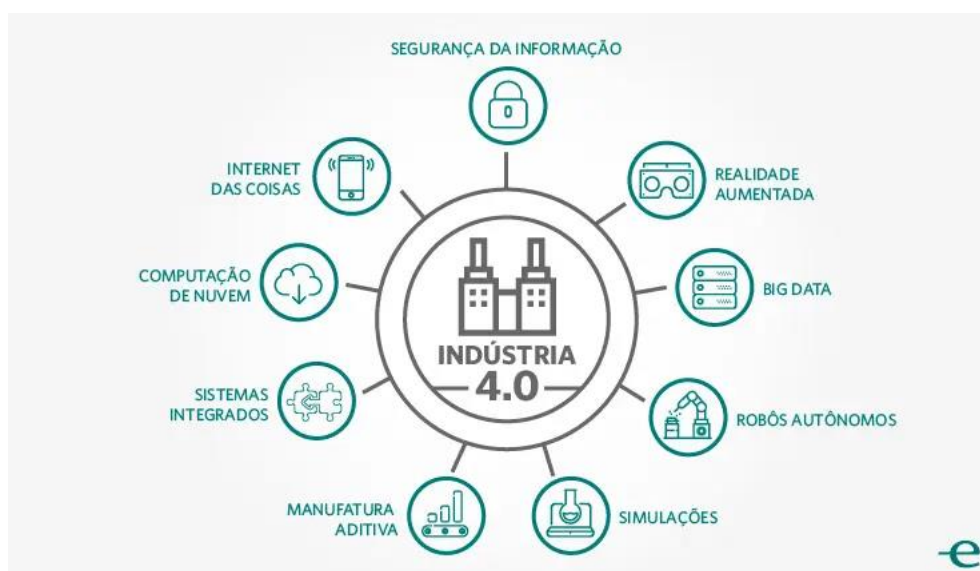
2.3 Formas de aplicação Indústria 4.0

Tendo em conta as possíveis vantagens que se pode obter através da aplicação da Indústria 4.0 dentro de uma empresa, temos agora de verificar quais os formatos em que a Indústria 4.0 pode ser efetivamente aplicada.

Desta forma, e tal como exemplificado na Figura 4, podemos verificar 9 tecnologias e conceitos para aplicar:

- Fabrico aditivo;
- Internet of things (IoT) / Internet of services (IoS);
- *Robots* Autónomos;
- Simulação Virtual;
- *Cloud Computing*;
- *Big Data*;
- Integração Horizontal e Vertical dos sistemas;
- Segurança Cibernética;
- *Ciber Physical Systems* (CPS).

Figura 4: Pilares da Indústria 4.0



Fonte: (www.lwtsistemas.com.br)

2.3.1 Fabrico Aditivo

Fabrico aditivo, também conhecido por prototipagem rápida ou impressão 3D, é uma técnica de manufatura que está em rápida evolução, que permite o fabrico de produtos sem a necessidade de utilização de ferramentas especializadas e de grandes recursos para a sua produção. Esta técnica começa a complementar e substituir técnicas de manufatura tradicionais, quando utilizada em contextos de baixo-volume e alta-variedade. (Holmström et al., 2016) As impressoras 3D são de momento o principal recurso associado ao fabrico aditivo, tal como o exemplo da Ford demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Impressora 3D Industrial na Fábrica da Ford



Fonte: Plastico Virtual – (plasticovirtual.com.br)

Com a necessidade dos clientes em constante alteração, o fabrico aditivo mostra o seu potencial perante os métodos tradicionais de produção, permite a realização simultânea de produtos altamente customizáveis, independentemente da alteração realizada, seja de peças completamente diferente, ou uma parte adicional, (Attaran, 2017).

A produção também é mais rápida e económica, utilizando as tecnologias de fabrico aditivo como a Deposição de Material Fundido (DMF), a Estereolitografia (SLA) e a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) (Guo & Leu, 2013; Landherr et al., 2016), esta

poupança é maior quanto menor a quantidade de peças necessárias por parte do cliente, como podemos evidenciar na Figura 6.

Figura 6: Gráfico comparativo Fabrico Aditivo vs Injeção plástica

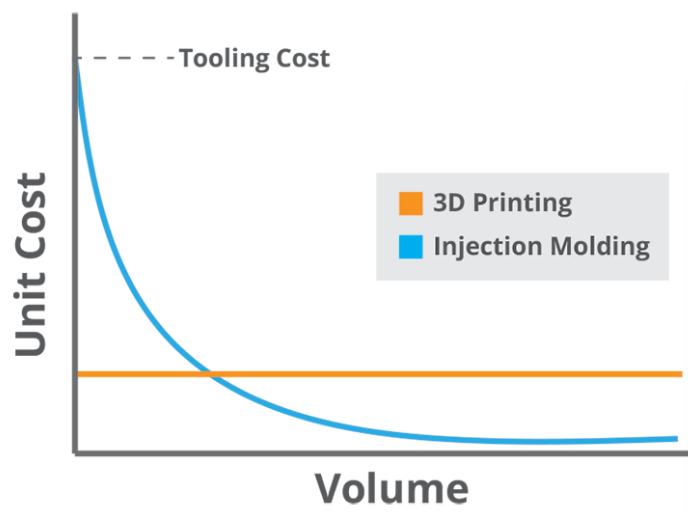


Figura 1 – 3SPACE (2018)

2.3.2 Internet das Coisas (IdC) / Internet de serviços (IdS)

Como indicado no ponto 2.2, a IdC é uma forma de englobar facilmente as máquinas e aparelhos inteligentes existentes, que permitem comunicação entre si. Nos início, a IdC era referida unicamente para objetos que comunicavam usando tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) (Li et al., 2014), agora a IdC já se encontra a ser usada com outras tecnologias, como sensores, atuadores, *GPS*, e dispositivos móveis através do *Wi-Fi*, *Bluetooth* e, redes móveis. Neste momento, a fundação da IdC pode ser considerada como uma rede global, composta de inúmeros dispositivos conectados utilizando tecnologias sensoriais, de comunicação e de processamento de informação (Liu et al., 2017; Mao et al., 2016), as tecnologias *RFID* e as redes de sensores wireless (RSW) são de momento as tecnologias vistas como essenciais para o uso de redes IdC. RFID permite que microchips transmitam informação de identificação para um leitor através de comunicação wireless e, usando estes leitores, os usuários conseguem distinguir e monitorizar qualquer produto que esteja identificado com etiquetas RFID (Alyahya et al., 2016; Mao et al., 2016).

A Internet de Serviços (IdS), é uma evolução natural da IdC, tendo como única diferença a sua relação com os serviços, e não com entidades físicas. Esta acaba por oferecer uma variedade de serviços internos e inter-organizacionais que são utilizados por todos dentro da sua cadeia de valor (Al-Salman & Salih, 2019).

Sendo um dos pilares da Indústria 4.0, podemos ver o seu impacto, tendo em conta as diversas possibilidades com a sua aplicação (Grodner M. , Kokot W. , Kolenda P. , Krejtz K. , Legoń A. , Rytel P., 2015):

- Ambiente – Ecossistema inteligente que visa o desenvolvimento económico e bom funcionamento da sociedade, através da utilização de sistemas automáticos de monitorização que permite análise em tempo real e estimar probabilidades de desastres naturais;
- Gestão de Água – Proteção contra inundações, análise do impacto de recursos de água no ambiente, monitorizar o processo de abastecimento de água;
- Indústria – Controlo de linhas de produção, controlo de rotação de produtos monitorização e diagnóstico de sistemas;
- Transporte – Geo-localização em tempo real, verificação de rotas;
- Sociedade – monitorização de trânsito, iluminação inteligente (adaptável a luz ambiente), análise a ameaças a segurança (camaras, sensores de movimento), monitorização de propriedades;
- Saúde – Ampla gama de aplicações de monitorização de saúde, higiene, segurança que visam melhorar o conforto e qualidade de vida dos seus utentes.

2.3.3 Robots Autónomos

A robótica autónoma é um ponto que também se encontra em constante evolução e prevê-se que com a diminuição dos custos de implementação deste tipo de tecnologias dentro das empresas, se possa combater o *out-sourcing* fabril (Stentoft & Rajkumar, 2020). Apesar da robótica já se encontrar a ser utilizada por muitas indústrias, a novidade que é introduzida com a I4.0 é a versatilidade, os robots estão cada vez mais autónomos, flexíveis na sua aplicação, e cooperativos. Conta-se que no futuro, estes robôs irão conseguir interagir entre eles, e vai ser possível trabalhar lado a lado com humanos, em segurança, enquanto aprendem com os mesmos (De Pace et al., 2018; Russmann et al., 2015).

Existem atualmente fabricantes de equipamento robótico, que desenvolvem robôs com tecnologia de ponta que permitem o funcionamento em fábrica *robot-robot* ou *robot-humano*, estes conseguem trabalhar em conjunto de forma automática de forma a ajustarem-se às exigências atuais, como exemplo, temos a empresa ABB que lançou recentemente o robô GoFa que através da utilização de sensores inteligentes, consegue

trabalhar em conjunto com humanos. Nas Figuras 7 e 8, podemos visualizar o *robot* desenvolvido a interagir com outro robot, e com usuário humano.

Figura 7 – Robot colaborativo com outro robot



Fonte: ABB

Figura 8 - Robot colaborativo com usuário humano



Fonte: ABB

2.3.4 Simulação

A simulação é uma tecnologia chave para o desenvolvimento de modelos de planeamento de forma a otimizar a tomada de decisões, bem como o projeto e as operações de sistemas de produção complexos e inteligentes (de Paula Ferreira et al., 2020), esta é definida como o processo de desenhar um modelo de um sistema real ou hipotético para análise de comportamentos do mesmo (Galvão Scheidegger et al., 2018).

Esta tecnologia é comumente utilizada nas fases iniciais de engenharia nos desenhos 3D de produtos, de forma a analisar comportamentos e a proceder a melhorias antes de passar à fase de produção. No futuro, pensa-se aplicar o mesmo não apenas a produtos, mas a operações mais complexas como operações de fábrica, podendo estas simulações incluir máquinas, produtos e mesmo humanos.

Dentro da simulação temos também a realidade aumentada, que se baseia na integração de informação virtual no mundo real através de camaras e sensores

(Russmann et al., 2015), o uso desta tecnologia na indústria começou com a Boing, com a ideia de apresentar um *heads-up display* de forma a providenciar ao operário de informação sobre a tarefa que está a decorrer.

Este exemplo entra num dos pontos chave em que esta tecnologia é possível de ser aplicada, à manutenção, montagem e reparações. Tendo em conta que a maioria das empresas têm como objetivo principal a redução de custos, a disponibilização de toda a informação necessária para um operário conseguir realizar o seu trabalho ser apresentada de forma atempada é algo que as empresas valorizam. Outro ponto que pode ser melhorado com a aplicação de RA é a formação, os conteúdos multimédia providenciam uma rica experiência sensorial que consegue melhorar interações usuário-máquina como usuário-usuário. (De Pace et al., 2018), como exemplo temos a Siemens, que desenvolveu um módulo de treino virtual para operadores de fábrica com significativa poupança em termos de custos, tempo e risco, como se pode ver na Figura 9.

Figura 9 – Soldador em formação com recurso a realidade virtual



Fonte: Soldamatic

2.3.5 *Cloud*

Computação *Cloud* é a tecnologia digital que envolve a disponibilização de recursos computacionais através da internet, como servidores, armazenagem, bases de dados, redes, etc. Esta tecnologia providencia uma possibilidade de maior inovação e recursos que são mais flexíveis, o que resulta numa redução de custos de operação (Javaid et al., 2020).

Uma plataforma *cloud* serve como pilar técnico para a comunicação e conexão de uma serie de elementos para a aplicação da Indústria 4.0 (Landherr et al., 2016), na sua forma mais simples, a tecnologia *Cloud* é um sistema de armazenagem que providencia conveniência operacional através de aplicativos web, isto ajuda as empresas na partilha de recursos e na melhoria de prestação de serviços (Xu et al., 2018), num formato mais extenso, o sistema de armazenar todas as aplicações, programas e dados num servidor virtual chama-se computação *cloud*.

Este tipo de computação, sendo totalmente virtual, traz também consigo um inerente aumento na segurança dos dados e considera-se que com o tempo cada vez mais empresas a implementem devido ao aumento exponencial de dados manuseados. Por todas as vantagens que a computação *cloud* providencia, considera-se que as empresas que protelem a adesão a esta tecnologia aumentem a probabilidade de ser menos competitivas (Taleb & Mohamed, 2020).

2.3.6 *Big Data*

O conceito de *Big Data* é baseado na analítica de grandes conjuntos de dados gerados no ecossistema da Indústria 4.0 e é algo que surgiu recentemente na indústria. Utilizando técnicas de análise histórica, preditiva e descritiva, este conceito permite a otimização da qualidade de produção, economizar energia e melhorar o serviço de equipamentos (Russmann et al., 2015).

O uso deste conceito não tem grande dependência do tamanho da indústria em que se situa, depende sim, se a estratégia de negócio da empresa, se foca em tomar partido dos dados obtidos. Outro ponto importante do *Big Data* é relativo a segurança, à análise e correlação de dados e permite a deteção de fraude e análise de comportamental de clientela, redes inteligentes e de Sistemas Ciber Físicos (Velásquez et al., 2018).

De acordo com a definição de Forrester, podemos classificar *Big Data*, nas seguintes quatro dimensões (Witkowski, 2017):

- Volume: Conjunto de dados cujo tamanho excede a capacidade de ferramentas comuns de recolha, armazenamento, gestão e análise;

- Variedade: Dados provenientes de sistemas tradicionais, redes sociais e da Internet mudam dinamicamente e são muito desestruturados, logo não são adequados para as formas tradicionais de análise;

- Velocidade: A análise é realizada praticamente em tempo real, uma vez que as conclusões dos dados que estão em constante fluxo tem de ser implementadas continuamente;

- Valor: O alvo geral é de isolar do grande bloco de informação aquilo que é realmente importante, daí ser tão importante que os resultados reflitam as condições atuais de forma a levarem a atividades de negócio mais favoráveis;

2.3.7 Integração Horizontal e Vertical dos sistemas

De forma geral, não é comum que uma empresa esteja integrada de forma vertical ou horizontal, é dizer, a comunicação existente entre uma empresa e os seus fornecedores e cliente é, de forma geral, limitada, feita através de comunicação convencional, que torna o fluxo de informação mais lento. A nível interno, também não é comum uma integração horizontal, o que torna mais difícil uma comunicação fluida entre departamentos, por exemplo, o departamento de engenharia, produção e de serviços. A indústria 4.0 traz consigo redes universais de integração de dados que permitem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas, tornando possível uma integração completa, interempresa, de forma a criar um fluxo de informação por toda a cadeia de valor.

2.3.8 Segurança Cibernética

Com a transformação digital que está a ocorrer, e a passagem dos sistemas de gestão e produção que são desconectados ou fechados, para a baseados em tecnologia *cloud*, aumenta a probabilidade de ataque informático as empresas (Ghadge et al., 2020), o que cria a necessidade de integração de estratégias de ciber segurança nos sistemas informáticos das empresas (Oztemel & Gursev, 2020).

Dentro deste conceito de segurança cibernética temos de considerar vários fatores (Ghadge et al., 2020):

- Ameaças Físicas: Comprometimento do funcionamento de forma deliberada, dano ou roubo de componentes de estrutura física (Dano a servidores, *switches*, sensores, *routers*, etc);

- Quebra: Comprometimento do funcionamento de forma não-deliberada, quebra do sistema devido a recursos antiquados ou mal configurados (falta *updates* segurança, *firewalls* antiquadas, etc);
- Ataques Indiretos: Serviços negados ou deteção de senhas de usuários (comum *fishing*, utilizado para recolher informação que permita acesso a computadores, etc);
- Ataques Diretos: Ataques de *Virus*, ataques de *hacking* que provocam impacto nas operações;
- Ameaças Internas: Problemas criados por descuido devido a falta de consciência por parte do colaborador, ou de forma intencional.

Segundo (Boyes, 2015) a presença de riscos físicos e ambientais são muitas vezes ignorados por muitos gestores de risco, quando falamos de ciber riscos. Podemos com isto considerar, que quando um gestor pensa na ciber segurança, o seu principal foco é a Internet, apesar de riscos naturais serem também um grande motivo de comprometimento do funcionamento operacional, cheias, trovoadas, podem muitas vezes danificar sistemas físicos que interfere com o bom funcionamento dos sistemas informáticos, ou mesmo a desatualização do próprio sistema (Papadopoulos et al., 2016; Urciuoli, 2015). As ameaças internas são um fator muitas vezes menosprezado pelas empresas, o descuido com a confidencialidade das *passwords*, a simplicidade das mesmas, ou mesmo a discussão de informação potencialmente sensível com outros colaboradores, são pontos que muitas vezes não se têm em conta, mas que apresentam um risco significativo para a segurança dos sistemas informáticos (P.N, sindhuja;Kunnathur, 2015; Venter, 2014).

2.3.9 Sistemas Ciber-Físicos (SCF)

Sistemas ciber-físicos são a combinação de sistemas elétricos ou eletrónicos com componentes físicas, estes ajudam a sistemas mecânicos tendo como um dos seus objetivos a resposta a feedback gerado, os sistemas integrando imagens e funcionalidades de controlo conseguem perceber o mundo físico e a processam essa informação como dados em computadores, fazem cálculos de forma instantânea, e mudam o resultado dos processos para aqueles esperados (Trappey et al., 2016).

Devido à busca da flexibilidade, customização e o desenrolar de novas funcionalidades em conceito de indústria, os requisitos e a complexidade geral das áreas de utilização dos SCF têm vindo a aumentar drasticamente. Temos como exemplo as viaturas, onde

os condutores apenas necessitam um número limitado de inputs/controles para controlar o seu sistema, estando por detrás desse controlo, uma grande complexidade de sensores e atuadores a controlar toda a sua estrutura mecânica. Ou seja, de momento, com a automação e a criação de indicadores de performance recolhido com sensores, permitimos que um operador possa operar o sistema apesar de não conhecer ou compreender a complexidade do SCF (Leitão et al., 2016).

2.4 Riscos da Indústria 4.0

Segundo Chen et al, (2017) com os avanços da rede tecnológica a privacidade individual e a segurança empresarial continuam a ser problemas críticos, o que justifica o número crescente de empresas a desenvolver e implementar sistemas de ciber-segurança internos. Estes sistemas tornam-se extremamente necessários devido ao número elevado de acessos existentes ao SCF devido a sua conexão à rede, permitindo acesso a dados confidenciais que podem comprometer a competitividade da empresa (Dalenogare et al., 2018; Gu et al., 2019; Kusiak, 2018; Oesterreich & Teuteberg, 2016) A existência de uma grande quantidade de dados existentes no sistema e da necessidade do seu tratamento implica também uma atualização de *hardware* e de integração de ferramentas como o “*Big Data*” que permita esse tratamento (Fatorachian & Kazemi, 2018; Haddud et al., 2017; Mourtzis et al., 2019) e isto, segundo Camarillo et al., (2018), implicaria um grande investimento inicial, que é um fator que muitas vezes impede empresas de iniciarem a transição para a Indústria 4.0, sendo por vezes necessário o desenvolvimento de metodologias alternativas de forma a contornar este fator (Frank et al., 2019; Miranda, Ponce, et al., 2019), empresas que estejam em localizações em que a conectividade possa ser comprometida ficam, por natureza, mais limitadas (Hehenberger et al., 2016; Xu et al., 2018).

Este novo paradigma relativamente à transição para o digital cria também uma resistência na sua implementação por parte dos recursos humanos das empresas.

Sendo a resistência à mudança, uma componente da natureza humana, é sempre um fator a ser considerado. A falta de conhecimentos técnicos, na altura de manusear ou implementar estas novas tecnologias (Fettermann et al., 2018; Hendler, 2019) e também o medo criado pela ameaça da transição, torna o desemprego num perigo real na mente do colaborador, sendo fundamental que as empresas tomem medidas claras de forma a reorganizar os seus recursos humanos de forma a evitar esse destino (Haddud et al., 2017; Kusiak, 2018; Sousa & Rocha, 2019)

Segundo Moon et al., (2019), as empresas agora deparam-se com o desafio de responder às necessidades e exigências cada vez mais diversas por parte dos consumidores, num mercado baseado em produtos com tempo de vida curtos aliado com o interesse crescente do consumidor de fazer parte do processo de desenvolvimento do mesmo (Piccinini et al., 2015), o que se torna um problema cada vez mais real.

3. DIAGNÓSTICO, CONTEXTO EMPRESARIAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.1 Contexto Organizacional

3.1.1 A empresa

Fundada em 1995, a Valcontrol, S.A tem como *Core Business*, o comércio por grosso de válvulas e máquinas e de outros equipamentos industriais.

Sediada no Porto, conta presentemente com um total de 18 colaboradores, distribuídos conforme organograma da Figura 10, estando 15 afetos à sede e 3 à filial sita na Charneca da Caparica. Ambas as suas instalações ocupam uma área de cerca de 1800 m² que permite oferecer um forte apoio logístico, técnico e comercial por todo o território nacional.

Tendo completado em fevereiro de 2022, 27 anos de atividade, a empresa manteve-se sempre fiel aos seus princípios, cumprindo uma estratégia de contínuo crescimento com a criação de condições para responder aos crescentes desafios de um mercado competitivo e dinâmico. A empresa sempre apostou fortemente na criação de parcerias com os seus fornecedores, desenvolvendo relações de colaboração, confiança e benefício mútuo que, neste ambiente empresarial cada vez mais competitivo, é cada vez mais fundamental.

Atenta às oportunidades e graças à especialização e excelência dos seus profissionais a Valcontrol afirma-se no mercado como uma empresa de referência, capaz de oferecer aos seus clientes soluções que acrescentem valor aos seus negócios, sendo sinónimo de competitividade, qualidade e confiança.

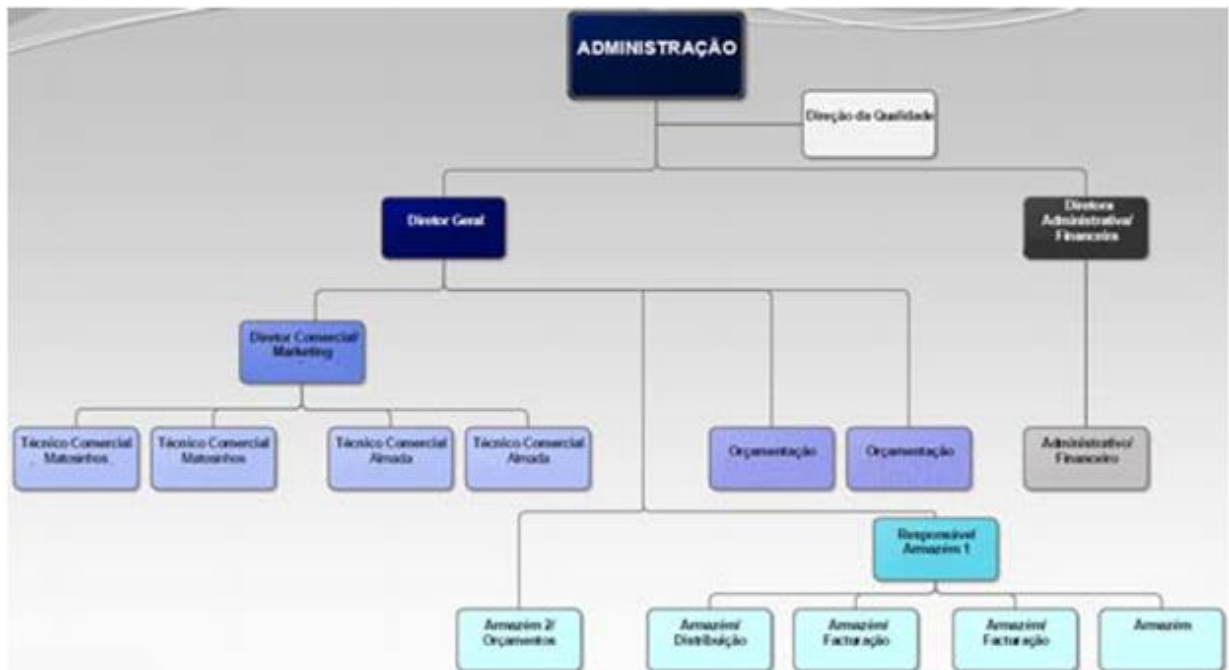
Missão

Fornecer equipamentos industriais com tecnologia adequada e qualidade superior, encontrar soluções ágeis, competentes e personalizadas visando a satisfação dos seus clientes, colaboradores e comunidade, contribuindo para o incremento da produtividade industrial, respeitando o individuo, a sociedade e o meio ambiente.

Visão

Ser um “*player*” de referência no mercado dos equipamentos industriais e reconhecida como uma empresa competitiva, inovadora e de referência no mercado nacional.

Figura 10 – Organograma da Valcontrol



Fonte: Valcontrol

3.1.2 Mercado

Empresa importadora e armazenista de válvulas e outros vários equipamentos para controlo de fluido, é das empresas mais representativas da sua área. Cobrindo todas as áreas da indústria, e com uma equipa de grande conhecimento técnico, mantém relações comerciais de longo prazo. A Valcontrol representa marcas de referência a nível mundial, muitas desde o ano da sua fundação, apostando na qualidade e fiabilidade dos seus equipamentos (Ver anexo 1) e na proximidade criada através desta relação de longa data, de forma a satisfazer as necessidades da sua clientela empresarial, distribuídas por várias áreas de ação dentro do mercado, conforme Figura 11.

Figura 11 – Áreas de Ação

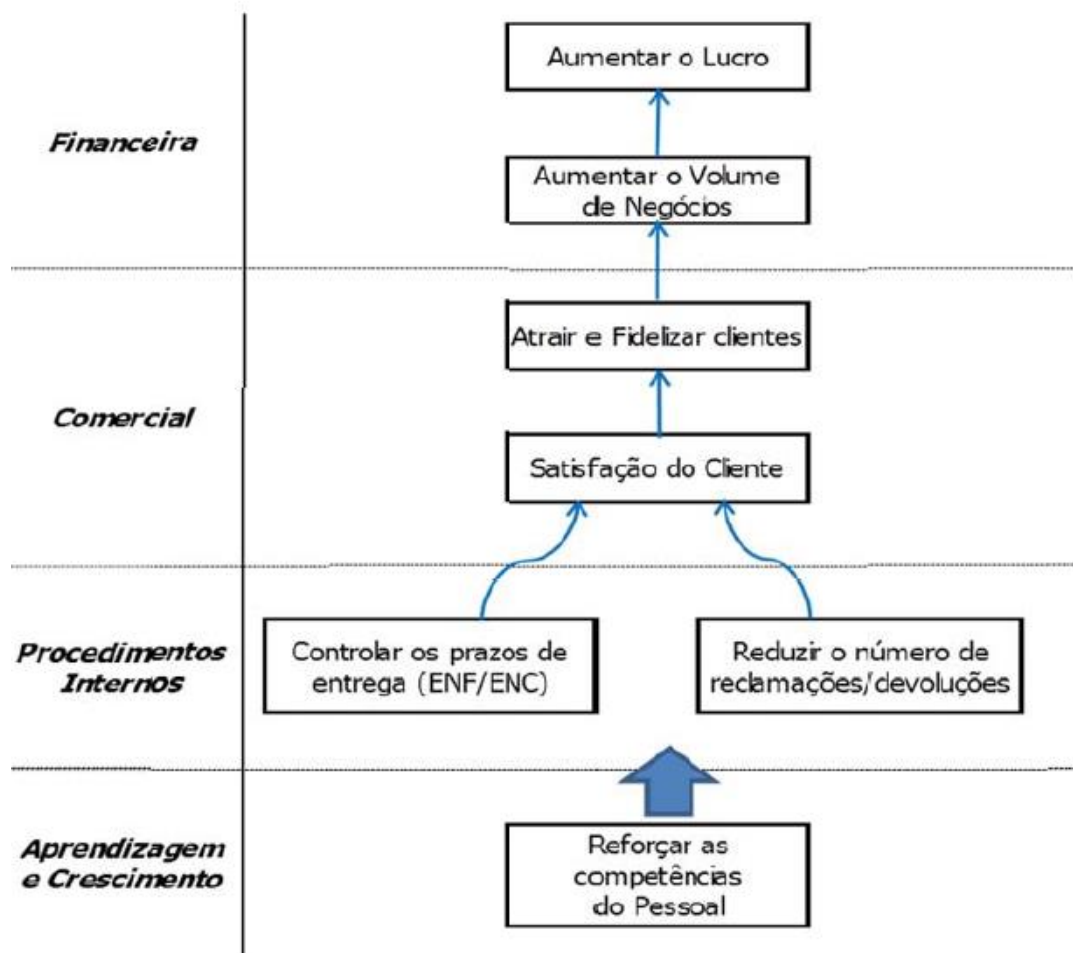
	Estações de Tratamento de Águas Residuais		Controlo de Pressão e Temperatura
	Estações de Energia Convencional e Renováveis		Instalações Industriais, Vapor e Fluidos Térmicos
	Tanques de Armazenamento e Redes de Distribuição de Gás		Industria Naval
	Abastecimento de Águas		AVAC
	Tratamento e Desinfeção de Água Potável		Distribuição e Transporte de Fluidos
	Barragens e Centrais Térmicas		

Fonte: Valcontrol

3.2 Balance Scorecard

O *Balance Scorecard* é uma ferramenta visionada a permitir que gestores de empresas possam obter uma visão rápida e compreensiva do seu negócio, mostrando como é que os resultados são obtidos refletindo o balanço estabelecido entre os objetivos de diferentes naturezas (Kaplan & Norton, 2005). Esta ferramenta procura traduzir a visão e estratégia de uma empresa em objetivos e indicadores mensuráveis em quatro áreas distintas: Aprendizagem e crescimento, os procedimentos internos, a perspetiva dos clientes e a perspetiva financeira. A relação causa-efeito criada pela interligação dos objetivos definidos nestas quatro áreas, criam um mapa estratégico, onde se pode verificar a realidade dia-a-dia do funcionamento da empresa, como demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Balance Scorecard Valcontrol



Fonte: Elaboração própria

3.3 Contextualização macroeconómica

Em Portugal e no mundo a disseminação da Covid-19 global teve repercussões profundas tanto a nível de saúde pública como a nível económico, ao serem necessárias medidas de confinamento com impacto direto na atividade económica.

Com a atividade económica a nível do turismo, restauração, comércio a retalho, cultura, serviços, condicionada ou encerrada, foram tomadas medidas pelo estado português e pela Comissão Europeia com vista a atenuar o impacto negativo da Covid-19, nas empresas e nas famílias, nomeadamente linhas de crédito garantidas, moratórias de crédito e de obrigações contributivas para empresas e particulares, para além de um regime de *layoff* simplificado.

Estas medidas não impediram a queda do PIB Português para valores sem precedentes nas últimas décadas, sendo Portugal um dos países mais afetados pela pandemia, principalmente pela representatividade do turismo na nossa balança comercial e pelo seu impacto a nível do emprego e ainda pelo decréscimo nas exportações, condicionadas pela recessão verificada em alguns dos nossos principais parceiros comerciais como por exemplo Espanha.

Desde o início que o ano 2021 se apresentou envolvido em grande incerteza económica, com a evolução errática do vírus SARS-CoV-2 e das suas variantes a provocar em Portugal e no mundo a alternância entre o desconfinamento e a aplicação de medidas restritivas a nível da circulação, trabalho etc.

Apesar disso, as campanhas de vacinação em larga escala em marcha, e as anunciadas medidas de apoio à Economia por parte dos vários Governos e da CEE/BCE, levaram a um aumento dos níveis de confiança e conseqüentemente da procura, a nível mundial.

Este aumento da procura que não conseguiu ser acompanhado pela oferta, por fatores causados pela pandemia por Covid-19, e por situações extraordinárias como o problema ocorrido com o navio *Evergreen* no canal de Suez, que causou o caos total a nível marítimo, com repercussões em todo o mundo, conduziu a uma crise logística sem precedentes, com implicações a nível dos prazos de entrega de matérias-primas e bens e a uma escalada nos preços a nível mundial.

A estes problemas veio juntar-se a crise energética com aumento significativo do preço dos combustíveis, gás e eletricidade, causada pela aplicação de medidas com vista à descarbonização e ao necessário controlo das alterações climáticas, sem a implementação de medidas de fundo em termos globais em energias renováveis, que permitissem uma transição energética tranquila e controlada.

3.4 Evolução da Sociedade no presente período

Depois de um 2020 muito desafiante face a todas as condicionantes que advieram da crise pandémica Covid-19, entramos em 2021 em confinamento generalizado motivado pelo agravamento da pandemia e elevado nº de internados e de mortes, com muitas empresas forçadas novamente a encerrar temporariamente a sua atividade ou a colocar parte dos trabalhadores em teletrabalho reforçando as medidas de prevenção.

Apesar disso, também em 2021 a empresa manteve-se sempre em atividade, com parte da equipa em teletrabalho, cumprindo naturalmente as regras estabelecidas pela DGS, e com os restantes trabalhadores, cuja atividade não permitia o teletrabalho, a assegurar o serviço presencialmente, mas sempre mantendo excelentes níveis de qualidade e prontidão na resposta aos clientes e demais parceiros.

Muitos dos nossos clientes adotaram medidas de condicionamento no contacto comercial pessoal, durante 2021, o que dificultou e condicionou o trabalho comercial, nomeadamente o acompanhamento das propostas, com repercussões económicas difíceis de quantificar.

A empresa foi confrontada com o aumento do custo dos transportes, problemas de atraso na entrega de bens e equipamentos e com constantes subidas das tabelas de preços dos fabricantes com que trabalha, motivados pela crise logística e crise sanitária que gerou roturas a nível mundial de equipamentos entre os quais chips e outros componentes eletrónicos que são elementos constituintes de muitos dos equipamentos que comercializa, como válvulas de controlo, electroválvulas, atuadores, etc.

Para minimizar o impacto desta realidade, a empresa implementou algumas medidas de prevenção como o reforço de stocks e formalização de encomendas anuais com entregas programadas de forma a contornar a flutuação de preços.

Apesar do contexto desfavorável, mais uma vez a Valcontrol mostrou capacidade e resiliência face às adversidades e conseguiu aproximar-se do objetivo traçado em termos de volume de negócio, atingindo os 4.5M€ e manter um excelente desempenho financeiro e ótimos rácios económico-financeiros.

3.5 Cadeia de fornecimento

Sam Hoskins, defende que a redução dos *Lead Times* assenta em 5 pontos-chave:

- Criação do *Value Stream Map* (VSM);
- Cálculo do tempo necessário para as atividades que acrescentam valor;
- Revisão do VSM de forma a identificar onde se pode reduzir *bottleneck*;
- Identificação de constrangimentos no processo;
- Definição de métricas para identificar localização, duração e frequência dos prazos de entrega.

O VSM é uma técnica que permite a um investigador identificar e remover desperdício através de um mapeamento visual do fluxo de materiais e produção, com este mapa visual é possível trazer-se num só sitio todos os passos envolvidos dando uma imagem global e permitindo facilmente apontar quais os pontos passíveis de melhoria e qual a prioridade nas implementações das mesmas melhorias (Singh et al., 2020).

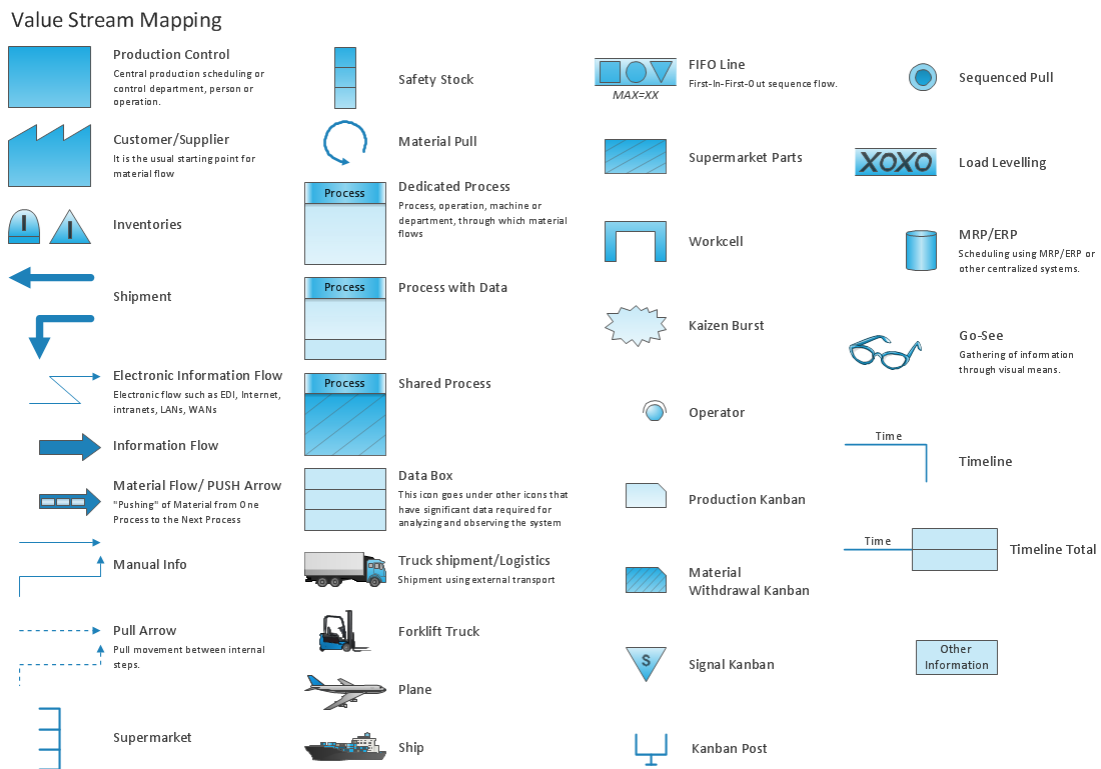
O VSM divide as atividades em três secções:

- As que adicionam valor;
- As que não adicionam valor;
- As que não adicionam valor, mas são necessárias.

O objetivo do VSM é eliminar as atividades que não adicionam valor dentro do processo ou seja, tudo exceto a quantidade mínima de equipamento, esforço, material, peças, espaço e tempo que é essencial para adicionar valor a um produto, e otimizar ao máximo as atividades que adicionam valor, com isto, conseguimos assegurar uma melhor qualidade na satisfação das exigências de clientes empresa-empresa (Ghosh & Lever, 2020).

Temos também de ter em conta, que na aplicação desta ferramenta, é realizado um mapa para dois estados, um estado atual e um estado futuro. No estado atual é analisada as condições atuais que estão a ser utilizadas no processo, serve, portanto, como uma base para possíveis melhorias. Estas melhorias são colocadas no mapa futuro, sendo com isto possível uma comparação com o mapa anterior. De seguida apresentamos a simbologia a utilizar através da Figura 13, e um exemplo de um VSM na Figura 14.

Figura 13 – Simbologia Value Stream Map

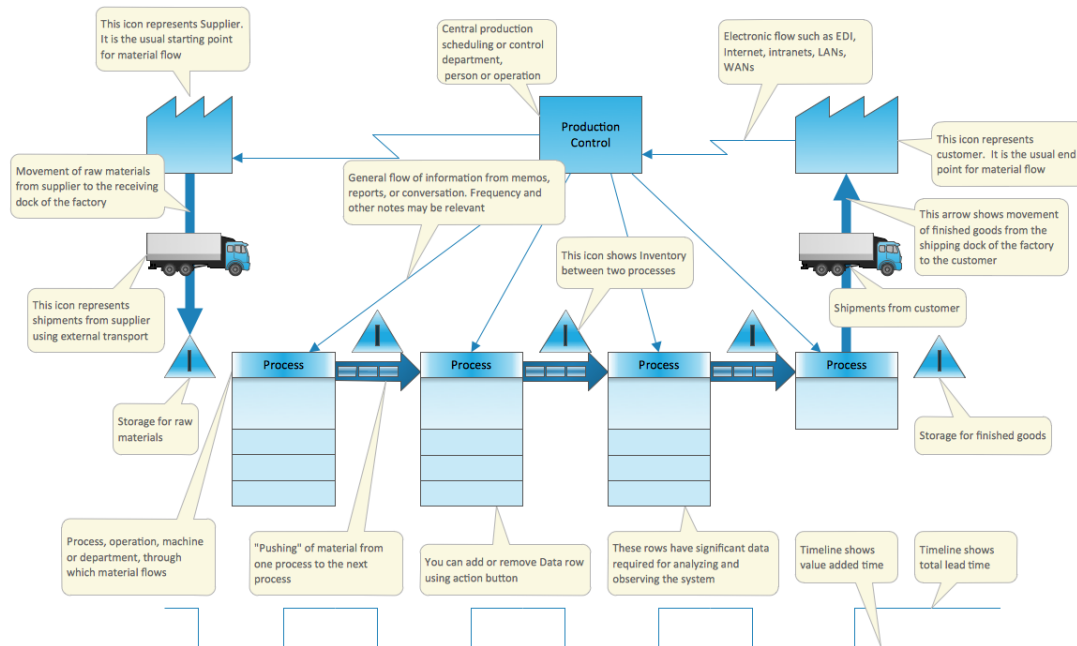


Fonte: conceptdraw.com

Para iniciar o desenho do mapa devemos ter em conta (Manos, 2006; Martin, 2013):

- O mapeamento do estado atual deve ser realizado num dia só;
- O mapa não deve ser realizado por uma pessoa apenas;
- Deve ser efetuada uma observação direta;
- Desenhar no mapa apenas os processos principais;
- Considerar inventário, transporte, tempo de processamento, *setup*;
- Deve se usar a medida de tempo mais pequena para cada passo;
- Determinar os fluxos de informação;
- Analisar o mapa para ineficiências processuais.

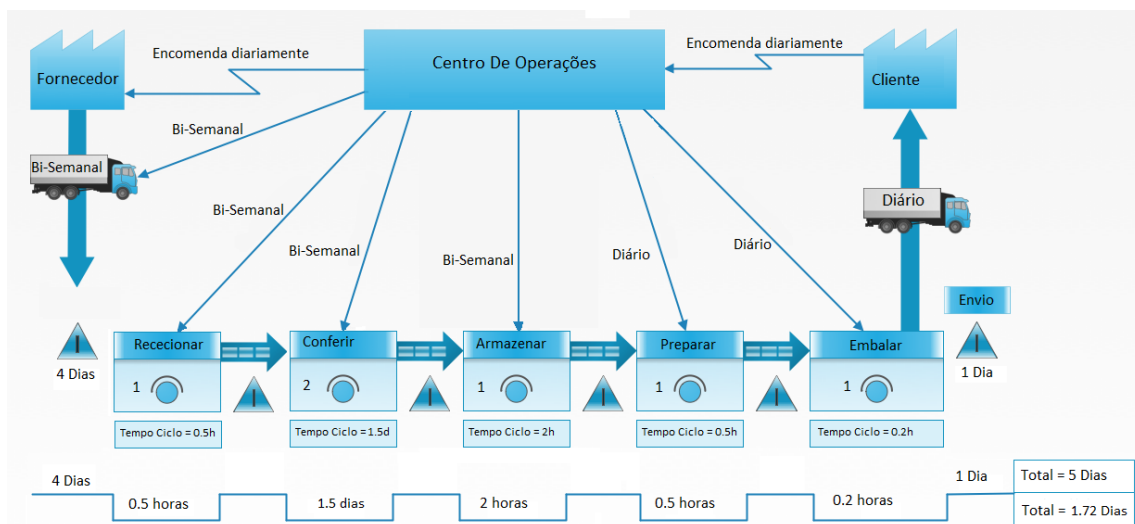
Figura 14 – Exemplo de um Value Map Stream



Fonte: conceptdraw.com

O VSM da logística da Valcontrol foi elaborado juntamente com o Responsável de Armazém e com a Responsável de Qualidade da empresa, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Value Stream Map da empresa em estudo



Fonte: Elaboração própria (adaptado de conceptdraw.com)

O fluxo de informação inicia-se com a receção das encomendas por parte do departamento de orçamentação, seja esta efetuada por chamada telefónica ou por email, e seu respetivo registo no *software* de gestão utilizado pela empresa, o PHC. Tendo em conta o material encomendado, atribui-se um prazo de entrega a encomenda que é comunicado ao cliente na altura de registo.

Realizado o registo, caso o material seja de *stock*, mas não haja quantidade suficiente, é enviado um e-mail para o gestor de stocks como resultado de um algoritmo introduzido no sistema informático, caso o material encomendado não seja de *stock*, é comunicada ao gestor de *stocks* a necessidade da compra do mesmo e este, é responsável por colocar nos respetivos fornecedores a encomenda respetiva. É também da responsabilidade do gestor de stocks, a compra do material normal de stock, sendo que a Valcontrol mantém cerca de 3000 referências em *stock* dentro do seu armazém, e o respetivo controlo de prazo de entrega das encomendas, sejam elas de cliente ou fornecedor.

As encomendas a fornecedor podem ser efetuadas em fornecedores nacionais ou internacionais, sendo a Valcontrol uma empresa principalmente importadora, realiza os seus transportes de forma bissemanal num regime de grupagem de forma a economizar os gastos de transporte, de modo geral, este transporte demora três a quatro dias a chegar do fornecedor ao nosso armazém. Chegando o material, o pessoal de armazém realiza a sua descarga do camião, demorando em média 30 minutos para a tarefa, e procede para a sua conferencia.

Esta conferencia é realizada em pares de forma a minimizar o erro humano de contagem, a contagem é feita manualmente e com o auxilio das guias de remessa do fornecedor, qualquer discrepância é registada nestas guias, após esta contagem, as guias são enviadas para o responsável de armazém que procede a dar entrada do material no PHC, o responsável cruza os dados escritos pelo pessoal que realizou a contagem nas guias de remessa do fornecedor com o pedido a fornecedor registado, avisa o gestor de *stock* para material em falta, que não veio nas devidas condições, ou material que foi entregue apesar de não ter sido encomendado, este processo desde o inicio da contagem, até a finalização da entrada de material no sistema, demora em média um dia e meio.

Após a contagem procede-se ao armazenamento do equipamento no respetivo local no armazém.

As encomendas de cliente após registadas são enviadas para o armazém que procede a sua separação e respetivo despacho. Este despacho é realizado pelo responsável de

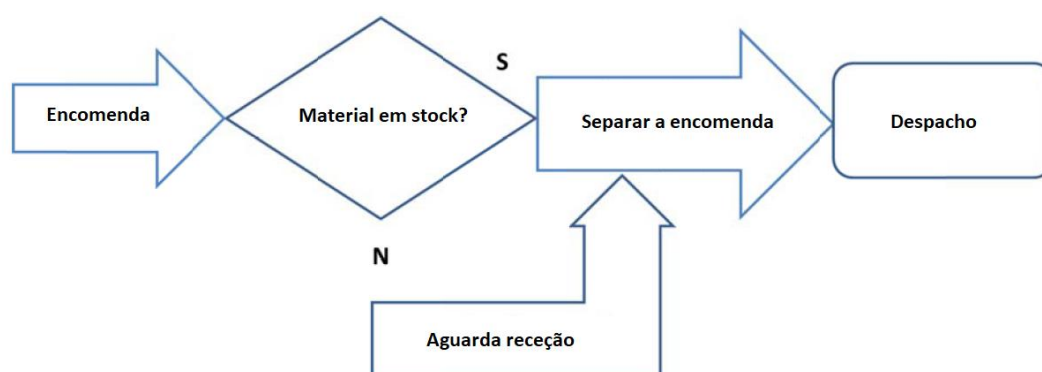
armazém manualmente no sistema PHC indicando as quantidades de cada produto que esta a ser enviado para o cliente. Estes funcionamentos podem ser observados nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 – Receção e lançamento de encomendas



Fonte: Elaboração própria

Figura 17 – Separação



Fonte: Elaboração própria

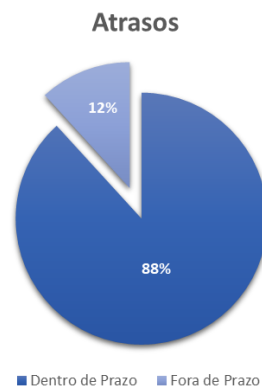
3.6 Identificação da problemática

Tendo a Valcontrol um grande empenho na melhoria continua, apresentou como objetivo a melhoria dos seus procedimentos logísticos de forma a mitigar erros que foram identificados no decorrer da sua atividade laboral.

Neste sentido, e forma a ser possível analisar o problema, foram analisados através de mapas retirados do sistema de gestão as encomendas transatas no ano 2021

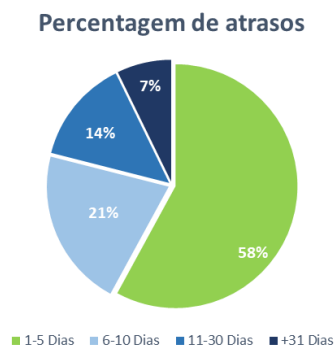
A Valcontrol no ano 2021 registou 10251 encomendas de cliente tendo 1213, cerca de 12%, destas encomendas sido entregues fora do prazo inicial estabelecido., dentro destes atrasos 58% dos mesmos foram entregues com 1 a 5 dias de atraso perante a data inicial, 21% com 6 a 10 dias, 14% entre 11 e 30 dias de atraso e 7% com mais de 31 dias de atraso, como podemos verificar na Figura 18 e 19.

Figura 18 – Atrasos em 2021



Fonte: Elaboração própria

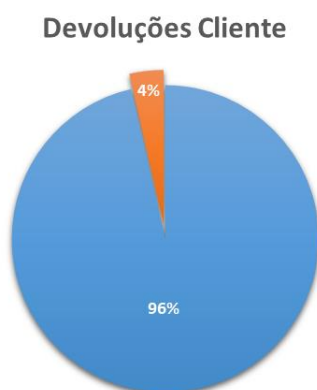
Figura 19 – Divisão em dias dos atrasos 2021



Fonte: Elaboração própria

Foram também analisadas todas as devoluções de cliente resultantes de erros de envio a nível de entregas por parte da Valcontrol aos seus clientes, de forma a perceber a percentagem de erro humano na altura de preparação de despacho, face as encomendas em atraso.

Figura 20 – Devoluções de cliente face as encomendas 2021



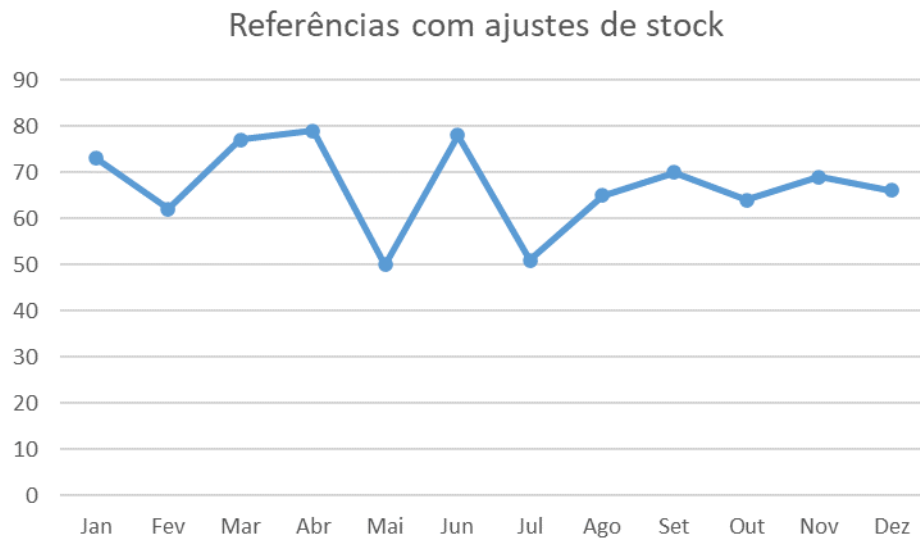
Fonte: Elaboração própria

Das 10251 encomendas, em 2021, 410 foram sujeitas a devolução devido a erro na entrega de material, resultando numa percentagem de 4% de devolução, como mostrado na Figura 20, não tendo a encomenda sido entregue em concordância com o pedido do cliente.

Por fim, foi analisado também a quantidade de referências que sofreram ajustes de *stock* realizados no decorrer de 2021, estes ajustes provocados por erro humano na altura de dar entrada do material no sistema PHC (entrada de quantidades erradas ou de material errado).

A Valcontrol realiza uma recontagem de inventário semestralmente, analisando de seguida a origem do erro, isto permite descobrir o número de referências que sofreram ajuste mensalmente.

Figura 21 – Referências com ajustes de stock 2021



Fonte: Elaboração própria

Em média, 67 referências sofreram ajustes a nível de stock por mês, sendo na sua maioria, devido a erros na entrada de material no PHC. A distribuição mensal destes ajustes podem ser verificados através da Figura 21.

Armados com esta informação, criamos uma base por onde podemos verificar facilmente se, implementado uma melhoria no nosso procedimento logístico, a mesma foi realmente eficaz.

4. METODOLOGIA

O intuito deste trabalho projeto verificar a possibilidade de melhoria a nível da logística dentro da Valcontrol, aplicando conceitos e tecnologias presentes na Indústria, e o seu impacto no *Value Stream Map*. Comprovando-se esta possibilidade, a empresa tem como plano expandir para outros departamentos a aplicação de outros conceitos presentes na Indústria 4.0.

O caso da Valcontrol é real, ou seja, não se baseou apenas na recolha de dados para possível revisão bibliográfica, mas sim na real implementação de tecnologias e conceitos dentro da empresa.

Este capítulo apresenta as metodologias seguidas, com base em observação participante, onde foram obtidos dados que levaram a escolha da aplicação de conceito, e onde foram obtidos resultados que podem ser analisados e comparados, de forma a verificar a sua veracidade. Além desta observação, e de forma a complementar a mesma, foi utilizada uma metodologia qualitativa através de entrevistas a fornecedores da empresa que também efetuaram a implementação de tecnologias presentes na Indústria 4.0, apoiada fortemente pela análise e estudo empírico das medidas implementadas.

Este método qualitativo permite uma maior liberdade no diálogo e, sendo o alvo a recolha de informação que pode ser considerada relevante ou sigilosa por parte da entidade entrevistada, cria uma maior probabilidade de revelar essa mesma informação, providenciando dados mais concretos para análise.

Segundo Yin, (n.d.) “um projeto de pesquisa é um plano de ação para se sair daqui e chegar lá, onde aqui pode ser definido como o conjunto inicial de questões a serem respondidas, e lá um conjunto de conclusões sobre essas questões” este plano apresenta cinco componentes, nomeadamente, as questões do estudo, as suas proposições, as unidades de análise, a lógica que une os dados às proposições e por fim os critérios implementados para a interpretação do que se descobre (Yin, n.d.).

De forma a alcançar o objetivo apresentaram-se cinco perguntas em forma de pré-teste aos fornecedores, de forma a aumentar a probabilidade do mesmo, sendo que a existência destas permitem criar um foco de análise e, segundo Yin, quanto maior o número de proposições, mais exequível este será.

P1: a motivação inicial para a implementação: (a) aumento dos serviços prestados, (b) melhoria no acesso e tratamento de informação

P2: a dificuldade mais presente durante a implementação da Indústria 4.0: (a) foi financeira, (b) proveio dos recursos humanos, (c) foram problemas técnico

P3: a nível financeiro o fator inesperado foi: (a) o elevado valor de investimento inicial (b) custo de mensalidade (c) valores “extra” que surgiram durante a implementação

P4: as resistências por parte dos recursos humanos da empresa foram originadas de: (a) resistência à mudança, (b) falta de conhecimento técnico, (c) reorganização das equipas.

P5: através da aplicação de um sistema de *picking*, verificou-se uma melhoria processual:

(a) sim (b) não

Após estas entrevistas procedeu-se a elaboração e implementação de uma melhoria no procedimento logístico, cientes que esta implementação poderia apresentar falhas, sendo necessário tempo para a sua adaptação e consequente melhoria.

4.1 Amostra

O trabalho projeto realizado teve com base o *input* de fornecedores da Valcontrol, que tiveram experiência na implementação das tecnologias em análise, pelo que identificamos as seguintes empresas como alvo de entrevista:

- Pekos Valves – Fábrica sediada em Espanha (CEO);
- VYC Industrial – Fábrica sediada em Espanha (CEO);
- ICP Valves – Fábrica sediada em Espanha (CEO);
- Valcontrol – Empresa em estudo de caso (CEO).

4.1.1 Resultados da amostra

Após receção das respostas, resulta no seguinte resultado.

Tabela 1 – Resultado Pré-Teste

	a	b	c
P1		100%	
P2		100%	
P3			100%
P4	75%	25%	
P5	100%		

Fonte: Elaboração própria

Junto com os quatro elementos entrevistados, as respostas obtidas encontraram-se dentro do esperado, conseguimos entender que o seu principal foco era melhoria de procedimentos internos, de forma a otimizar os mesmos e diminuir os custos finais dos seus produtos.

De modo em geral, os seus maiores problemas durante a sua implementação provieram dos seus colaboradores, apesar de todos terem sentido uma grande resistência a mudança a nível de procedimentos, apenas a VYC sentiu que esta mudança foi originada por falta de conhecimento técnico perante o novo equipamento.

No final, todos os elementos entrevistados indicaram que obtiveram uma visível melhoria face a metodologia anterior.

4.2 Investigação empírica

Como indicado anteriormente, este trabalho projeto tem a finalidade de implementar efetivamente uma nova metodologia dentro dos procedimentos logísticos na Valcontrol, pelo que neste ponto, será abordado cada fase da implementação.

1º Fase:

Nesta primeira fase, foi obtida informação, através de análise documental com base na observação participante.

- Início: 01 de janeiro de 2022;

- Fim: 31 de janeiro de 2022;

Esta análise teve como principal objetivo uma compreensão profunda dos procedimentos atuais, e dos resultados obtidos em 2021 de forma a ser possível a sua comparação.

2º Fase

Nesta fase foi iniciada a procura de equipamento e implementação das melhorias através dos conceitos 4.0, tal como previsto neste trabalho, esta foi a fase mais trabalhosa, devido a situação atual, e a dificuldade na obtenção dos equipamentos necessários

- Início: 01 de fevereiro de 2022;

- Fim: 01 de abril de 2022;

3º Fase

Nesta última fase já com o sistema implementado, foram realizados os reajustes necessários dentro do novo procedimento, trabalhando junto com os colaboradores do departamento logístico, de forma a conseguirmos otimizar o mesmo a realidade da empresa

- Início: 04 de abril;

-Fim: 31 de maio;

Nesta fase foi realizada uma formação aos colegas do departamento logístico quanto a utilização do novo sistema, foi também dividido o mesmo em duas equipas, estando uma a funcionar como normal, e outra a funcionar com o novo sistema de *picking* implementado, isto permite no final, analisar de forma mais concreta a evolução e se conseguimos concluir que esta melhoria realmente surtiu o efeito pretendido.

5. PROJETO / PROGRAMA DE AÇÃO / RECOMENDAÇÕES

5.1 Tecnologias usadas pelos fornecedores

Como base da melhoria a apresentar, foi analisada a forma como os fornecedores atacaram a sua problemática relativamente a logística.

Tanto a Pecos como a ICP, optaram pela implementação de um armazém inteligente para gerir a sua logística.

Figura 22 – Armazém automatizado ICP



Fonte: Elaboração própria

Figura 23 – Armazém automatizado Pecos



Fonte: Elaboração própria

Estes armazéns, apresentados nas Figuras 22 e 23, são equipados com um sistema de estantes robotizadas que armazena as paletes de equipamento fabricado no seu lugar específico, podendo o utilizador utilizar o computador de controlo para introduzir as encomendas que são para separar. Após a introdução, o robô recolhe todas as paletes com equipamento presente na encomenda, tendo o utilizador apenas retirar o material

Sendo que a VYC tem na sua maioria, encomendas de cliente que apresentam uma maior variedade de produtos comparado com a Pekos ou ICP, analisaram ambas as opções e segundo o os mesmos “após analisarmos o sistema automático contra o sistema *picking* implementado, vimos que este seria muito mais de encontro ao pretendido, como temos encomendas com uma grande variedade de material, iríamos perder muito tempo apenas a espera que cada palete de material chegasse as mãos do utilizador para separar as peças, regressasse ao seu lugar e que viesse a próxima.” No sistema implementado, todas as paletes têm identificação código de barras que identifica o material que contêm, o utilizador apenas insere as encomendas que pretende separar no aparelho de *picking*, e o mesmo apresenta o caminho otimizado para a recolha dos diferentes produtos.

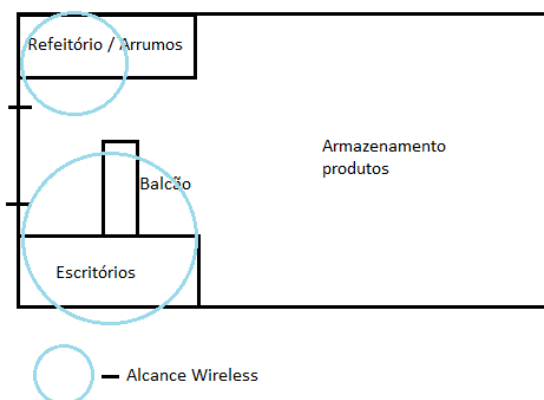
Tendo em conta que a Valcontrol comercializa produtos de várias dimensões e peso, e mantém cerca de três mil referências constantemente em *stock*, optamos por este sistema quando confrontados com as diferentes opções.

5.2 Implementação do sistema

Tal como identificado nas entrevistas realizadas, a implementação da melhoria na logística através da implementação de um sistema de *picking* apresentou alguns custos extra a empresa devido a natureza da nova Indústria 4.0. Como visto anteriormente, grande parte desta nova inovação, provém da interatividade entre os vários aparelhos eletrónicos, pelo que, de forma a conseguirmos implementar este sistema, foi necessário realizar uma melhoria também a infraestrutura da empresa.

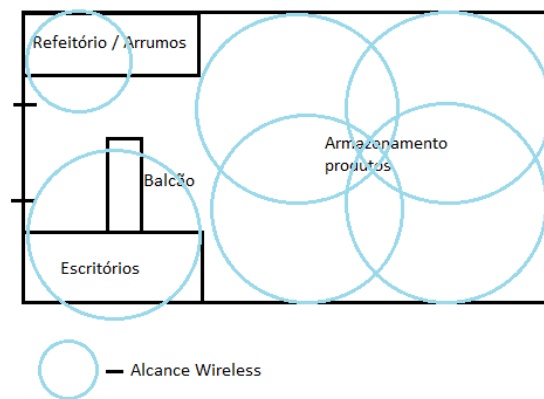
Foi expandida a rede *wireless* dentro do armazém, de forma a possibilitar a comunicação dos aparelhos, como se constatar nas Figuras seguintes.

Figura 26 – Antigo alcance wi-fi no armazém



Fonte: Elaboração própria

Figura 27 - Novo alcance wi-fi no armazém



Fonte: Elaboração própria

Figura 24 – Routers instalados



Fonte: Elaboração própria

Desta forma o equipamento escolhido já consegue comunicar com o sistema de gestão utilizado pela empresa, o PHC

Foi necessário também, a adjudicação a uma empresa que tem como especialidade a integração dos aparelhos com o PHC, visto que a Valcontrol não tem equipa de IT que consiga realizar a implementação.

Figura 25 – Aparelhos Picking



Fonte: Elaboração própria

Estes aparelhos, apresentados na Figura anterior, estando integrados no PHC, permitem que o utilizador, leia códigos de barras de forma a dar entrada do material, ou utilizar os mesmos códigos de forma a informar o sistema que o material está separado, e proceder ao despacho do mesmo.

Este é muito semelhante ao sistema apresentado pela VYC, sendo que foi considerado que iria mais de encontro às necessidades da empresa

Dentro do armazém, também foi necessário proceder a criação e impressão de códigos de barras de forma a permitir a identificação do equipamento presente dentro de portas, como se pode observar nas duas seguintes Figuras.

Figura 30 – Antiga identificação produtos6



Fonte: Elaboração própria

Figura 31 - Nova identificação produtos com código barras



Fonte: Elaboração própria

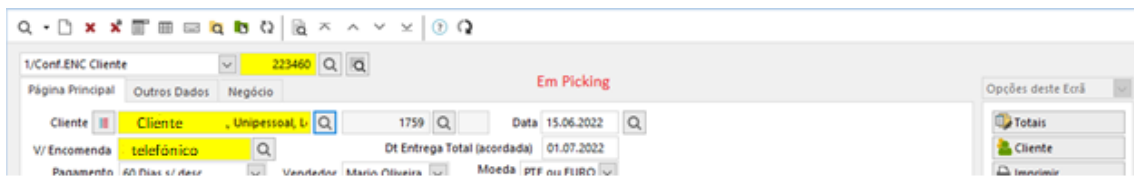
Neste novo procedimento, a equipa, munida destes novos aparelhos, deve proceder a descarga do material que chega proveniente dos fornecedores como habitual, mudando o procedimento a partir deste ponto.

Nesta nova metodologia, os dois elementos que realizam a conferência do material devem indicar no aparelho de *picking* qual a encomenda de fornecedor que chegou e, enquanto realizam a contagem, utilizam os códigos de barras impressos para dar entrada do material, registando a quantidade que chegou do fornecedor. Em caso de inconformidade, devem colocar no campo de observações a posição que chegou não-conforme, o que irá permitir ao gestor de *stock* realizar as medidas necessárias para contornar a mesma.

Devem, após a conferência, armazenar os produtos junto com o restante *stock*, sendo que o aparelho identifica ao utilizador a lugar delineado para o respetivo produto.

No momento de separação das encomendas, o colaborador deve, semelhante ao momento de conferência, indicar no aparelho qual a encomenda ou encomendas que vai separar, tendo apenas de ler o código do produto que vai separar e a quantidade separada, sendo que o sistema *picking* irá de imediato dar o produto como separado. O mesmo sistema também indica na encomenda no PHC que a mesma está no momento a ser separada através da indicação “Em *picking*”, isto permite que colaboradores de outros departamentos, consigam acompanhar o estado da encomenda caso necessário, como se pode constatar na Figura 32.

Figura 32 – Indicação encomenda em picking



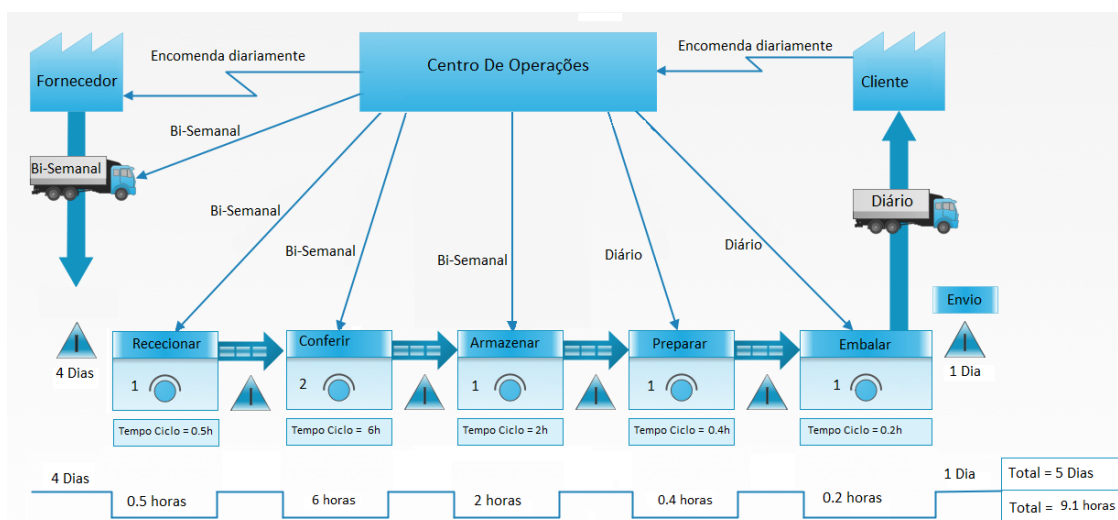
Fonte: Elaboração própria

Finalizada a separação, o colaborador deve simplesmente indicar no aparelho para despachar, e o mesmo criará uma guia de remessa, finalizando o procedimento logístico.

5.3 Resultados

Após a implementação do novo sistema, procedeu-se a realização do VSM futuro de forma a comprovar a melhoria do sistema, conforme apresentado de seguida:

Figura 33 – Novo Value Stream Map da empresa em estudo



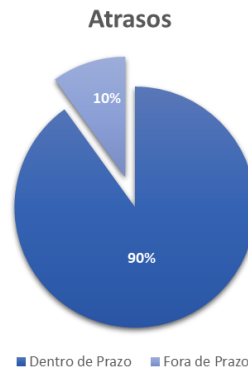
Fonte: Elaboração própria (adaptado de conceptdraw.com)

Neste novo VSM, conseguimos verificar uma melhoria considerável a nível operacional, passando de necessitar de 1.72 dias para 9.1 horas para completar o típico procedimento logístico.

Foi também necessário analisar os restantes elementos para comparação. No ano 2022 a Valcontrol até ao final de maio, que consideramos como o período de análise foram registadas 4365 encomendas de cliente tendo 434, cerca de 10%, destas encomendas sido entregues fora do prazo inicial estabelecido., dentro destes atrasos 60% dos mesmos foram entregues com 1 a 5 dias de atraso perante a data inicial, 28% com 6 a

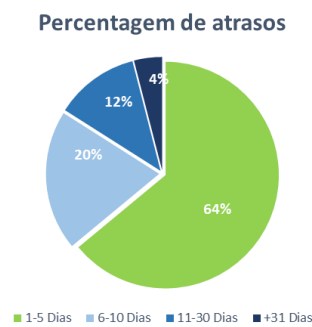
10 dias, 8% entre 11 e 30 dias de atraso e 4% com mais de 31 dias de atraso, como constatado na seguinte Figura.

Figura 34 – Atrasos em 2022



Fonte: Elaboração própria

Figura 35 – Divisão em dias dos atrasos 2022

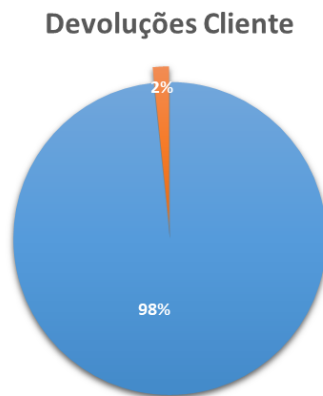


Fonte: Elaboração própria

Com isto verificamos que foi possível reduzir em cerca de 1 a 2 dias a entrega das encomendas a clientes, passando a sua maioria, as encomendas em atraso a serem entregues no espaço de 1 semana após a data prevista inicialmente, conforme visualizado na Figura anterior.

Foram também novamente analisadas todas as devoluções de cliente resultantes de erros de envio a nível de entregas por parte da Valcontrol aos seus clientes.

Figura 36 – Devoluções de clientes face as encomendas 2022

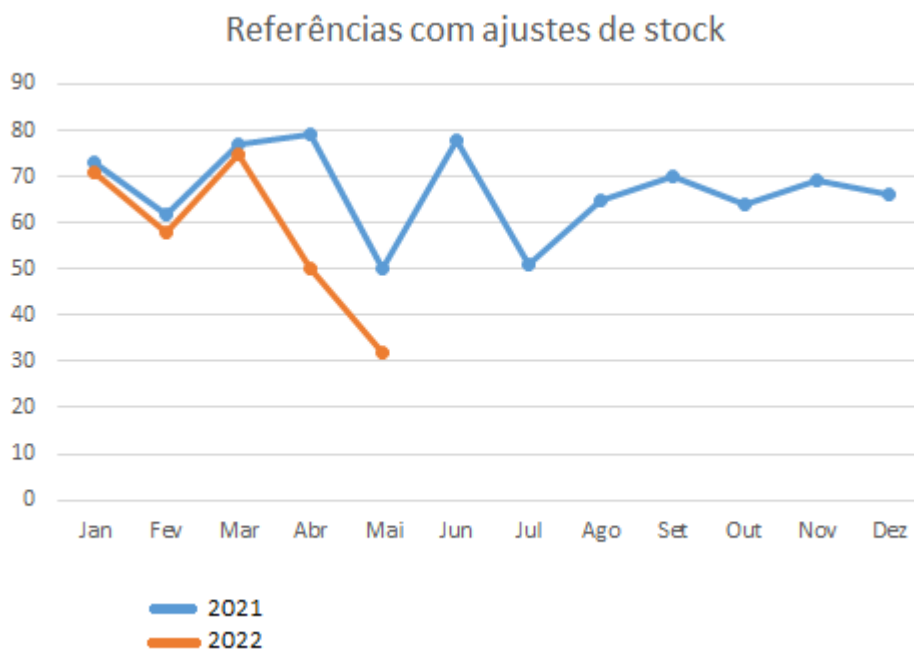


Fonte: Elaboração própria

Das 4365 encomendas, em 2022, 73 foram sujeitas a devolução devido a erro na entrega de material, o que resulta em 2% de encomendas devolvidas, como se vê na Figura 36, isto representa uma diminuição de 58% à data face ao resultado anterior.

Por fim, foi analisado também a quantidade de referências que sofreram ajustes de stock realizados no decorrer de 2022 até ao final de maio, estes ajustes provocados por erro humano na altura de dar entrada do material no sistema PHC (entrada de quantidades erradas ou de material errado).

Figura 37 – Comparativo de referências com ajustes de stock



Fonte: Elaboração própria

Em média, 67 referências sofreram ajustes a nível de stock por mês, no ano de 2021, sendo na sua maioria, devido a erros na entrada de material no PHC. Em 2022 esta média reduziu para 57 referências, sendo que conseguimos visualizar uma melhoria drástica a partir de abril, data em que se iniciou em pleno o uso deste novo sistema, a melhoria de abril para maio, conseguimos justificar com o tempo de habituação por parte dos colaboradores. Esta melhoria consegue ser facilmente visualizada na Figura 37, apresentada anteriormente.

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo, encerra-se o relatório projeto, expondo as conclusões obtidas através da revisão bibliográfica e de todos os resultados provenientes do processo implementado na empresa, através da inserção de novas tecnologias dentro do processo logístico, com o intuito de melhorar o mesmo, tendo como objetivo final providenciar uma maior competitividade a logística na empresa Valcontrol. Desde o início deste trabalho, que era o objetivo responder à seguinte pergunta:

“É possível que a aplicação de um processo, baseado em conceitos e tecnologias de Indústria 4.0, criem um impacto no *value stream map*?”

Com a revisão de literatura efetuada, focada na explicação do que verdadeiramente é a Indústria 4.0, e apresentar os diferentes pilares que a suporta, foi um ponto chave no desenvolvimento da aplicação descrita anteriormente, pois com a pesquisa, foi possível verificar as diferentes tecnologias que poderiam ser inseridas dentro da empresa.

Através do estudo empírico efetuado, com a aplicação do sistema de *picking*, foi possível verificar uma melhoria em todos os pontos analisados comparando os dados obtidos e com as datas e tempos inicialmente previstos:

- VSM: melhoria de 33.9% do tempo operacional relativamente ao anterior;
- Atrasos: diminuição em 12% dos atrasos à data comparado com o ano anterior;
- Devoluções cliente: diminuição em 58% das devoluções à data comparado com o ano anterior;
- Dias em atraso: Aumento da percentagem das entregas efetuadas nos primeiros 5 dias de atraso de 58% para 64%
- Ajuste de stock: diminuição da média mensal de 15% relativamente ao ano anterior e, considerando apenas os meses em que o sistema foi implementado, diminuição de 39%;

Tendo em conta a questão inicial, com base na revisão bibliográfica efetuada, bem como os resultados da análise empírica efetuada, podemos verificar que sim, é possível aplicar um processo, com tecnologias baseadas da Indústria 4.0, e que esta cria um impacto dentro do *value stream map* da empresa em questão. Como recomendação para trabalhos futuros, seria interessante verificar a aplicação de diferentes tecnologias em diversos departamentos, e verificar se é possível um impacto positivo, da mesma forma que a logística ganha com esse processo. Seria também interessante, entrevistar empresas de diferentes áreas, e verificar se os resultados seriam consistentes com o

demonstrado anteriormente.

As virtualidades dos conceitos e ferramentas desenvolvidas com a Indústria 4.0, uma vez aplicados a processos de tipologia industrial produz ganhos efetivos de melhoria contínua, o que desperta o interesse na sua aplicação em empresas com forte concorrência no mercado. Exige-se, no entanto, uma atitude de organização aprendente, onde se avança de forma gradualista. As alterações a implementar têm de ser consolidadas e a equipa tem de participar nos avanços organizacionais, como se demonstrou no caso tratado.

7. LIMITAÇÕES

As limitações encontradas na elaboração deste trabalho, prenderam-se com o período instável que nos encontramos, tanto pelo Covid 19 que dificultou a realização das entrevistas, e da interação com os diferentes fornecedores que intervieram com o desenvolver do trabalho. Outro aspeto foi a instabilidade de mercado relativamente a materiais, pois a falta de equipamento impactou severamente o desenvolver deste trabalho, atrasando a implementação do processo e a obtenção dos resultados pretendidos.

A resistência a mudança por parte dos colaboradores também foi algo que foi sentido inicialmente, sendo esta minimizada através da formação realizada, e a medida que os resultados foram sendo obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Salman, H. I., & Salih, M. H. (2019). A review Ciber of Industry 4.0 (Ciber-Physical Systems (CPS), the Internet of Things (IoT) and the Internet of Services (IoS)): Components, and Security Challenges. *Journal of Physics: Conference Series*, 1424(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1424/1/012029>
- Alyahya, S., Wang, Q., & Bennett, N. (2016). Application and integration of an RFID-enabled warehousing management system – a feasibility study. *Journal of Industrial Information Integration*, 4, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.08.001>
- Attaran, M. (2017). The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*, 60(5), 677–688. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011>
- Boyes, H. (2015). Cibersecurity and Ciber-Resilient Supply Chains. *Technology Innovation Management Review*, 5(4), 28–34. <https://doi.org/10.22215/timreview888>
- De Pace, F., Manuri, F., & Sanna, A. (2018). Augmented Reality in Industry 4.0. *American Journal of Computer Science and Information Technology*, 06(01). <https://doi.org/10.21767/2349-3917.100017>
- de Paula Ferreira, W., Armellini, F., & De Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulation in industry 4.0: A state-of-the-art review. *Computers and Industrial Engineering*, 149(January), 106868. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106868>
- Galvão Scheidegger, A. P., Fernandes Pereira, T., Moura de Oliveira, M. L., Banerjee, A., & Barra Montevechi, J. A. (2018). An introductory guide for hybrid simulation modelers on the primary simulation methods in industrial engineering identified through a systematic review of the literature. *Computers and Industrial Engineering*, 124, 474–492. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.07.046>
- Ghadge, A., Weiß, M., Caldwell, N. D., & Wilding, R. (2020). Managing ciber risk in supply chains: a review and research agenda. *Supply Chain Management*, 25(2), 223–240. <https://doi.org/10.1108/SCM-10-2018-0357>
- Ghosh, S., & Lever, K. (2020). A lean proposal: development of value stream mapping for L'Oreal's artwork process. *Business Process Management Journal*, 26(7), 1925–1947. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2020-0075>
- Grodner M. , Kokot W. , Kolenda P. , Krejtz K. , Legoń A. , Rytel P., W. R. (2015). *Internet rzeczy w Polsce*. 36. <https://iab.org.pl/wp-content/uploads/2015/09/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf>
- Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: Technology, applications and

- research needs. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 8(3), 215–243.
<https://doi.org/10.1007/s11465-013-0248-8>
- Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J. (2016). The direct digital manufacturing (r)evolution: definition of a research agenda. *Operations Management Research*, 9(1–2), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s12063-016-0106-z>
- Javid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., Suman, R., & Vaish, A. (2020). Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, 14(4), 419–422.
<https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.032>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2005). The balanced scorecard: Measures That drive performance. *Harvard Business Review*, 83(7–8).
- Landherr, M., Schneider, U., & Bauernhansl, T. (2016). The Application Center Industrie 4.0 - Industry-driven Manufacturing, Research and Development. *Procedia CIRP*, 57, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.006>
- Leitão, P., Colombo, A. W., & Karnouskos, S. (2016). Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. *Computers in Industry*, 81, 11–25. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.08.004>
- Li, L., Li, S., & Zhao, S. (2014). QoS-Aware scheduling of services-oriented internet of things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1497–1507.
<https://doi.org/10.1109/TII.2014.2306782>
- Liu, F., Tan, C. W., Lim, E. T. K., & Choi, B. (2017). Traversing knowledge networks: an algorithmic historiography of extant literature on the Internet of Things (IoT). *Journal of Management Analytics*, 4(1), 3–34.
<https://doi.org/10.1080/23270012.2016.1214540>
- Manos, T. (2006). Value stream mapping - An introduction. *Quality Progress*, 39(6), 64–69.
- Mao, J., Zhou, Q., Sarmiento, M. D., Chen, J., Wang, P., Jonsson, F., Xu, L. D., Zheng, L. R., & Zou, Z. (2016). A hybrid reader/tranceiver design for industrial internet of things. *Journal of Industrial Information Integration*, 2, 19–29.
<https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.05.001>
- Martin, C. (2013). Maximized Value Stream Mapping. *Apcis 2013*, 1–22.
- Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(1), 127–182.
<https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>
- P.N, sindhuja;Kunnathur, A. (2015). Information & Computer Security Article information : *Information & Computer Security*, 23(5), 476–496.
- Papadopoulos, N., Alia, L. H., Banna, E., Badu, E., Edwards, D. J., Owusu-Manu, D.,

- Bolisani, E. S. E., State, O. F., Foodstuffs, T., & Act, M. (2016). Article information : About Emerald www.emeraldinsight.com. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 10(12), 1–23.
- Russmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: World Economic Forum. *The Boston Consulting Group*, 1–20.
- Singh, J., Singh, H., Singh, A., & Singh, J. (2020). Managing industrial operations by lean thinking using value stream mapping and six sigma in manufacturing unit: Case studies. In *Management Decision* (Vol. 58, Issue 6).
<https://doi.org/10.1108/MD-04-2017-0332>
- Stentoft, J., & Rajkumar, C. (2020). The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2953–2973.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660823>
- Taleb, N., & Mohamed, E. A. (2020). Cloud computing trends: A literature review. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 9(1), 91–104.
<https://doi.org/10.36941/ajis-2020-0008>
- Trappey, A. J. C., Trappey, C. V., Govindarajan, U. H., Sun, J. J., & Chuang, A. C. (2016). A Review of Technology Standards and Patent Portfolios for Enabling Cyber-Physical Systems in Advanced Manufacturing. *IEEE Access*, 4, 7356–7382.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2619360>
- Urciuoli, L. (2015). Cyber-Resilience: A Strategic Approach for Supply Chain Management. *Technology Innovation Management Review*, 5(4), 13–18.
<https://doi.org/10.22215/timreview886>
- Velásquez, N., Estevez, E., & Pesado, P. (2018). Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures. *Journal of Computer Science and Technology*, 18(03), e29. <https://doi.org/10.24215/16666038.18.e29>
- Venter, H. S. (2014). Security issues in the security cyber supply chain in South Africa. *Technovation*, 34(7), 392–393. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.02.005>
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 - Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How

- virtualization, decentralization. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37–44. <https://waset.org/publications/9997144/how-virtualization-decentralization-and-network-building-change-the-manufacturing-landscape-an-industry-4.0-perspective>
- Camarillo, A., Ríos, J., & Althoff, K. D. (2018). Product lifecycle management as data repository for manufacturing problem solving. *Materials*, 11(8), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ma11081469>
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. *Engineering*, 3(5), 588–595. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204(July), 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2018). A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. *Production Planning and Control*, 29(8), 633–644. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1424960>
- Fettermann, D. C., Cavalcante, C. G. S., Almeida, T. D. de, & Tortorella, G. L. (2018). How does Industry 4.0 contribute to operations management? *Journal of Industrial and Production Engineering*, 35(4), 255–268. <https://doi.org/10.1080/21681015.2018.1462863>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210(January), 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Gu, F., Guo, J., Hall, P., & Gu, X. (2019). An integrated architecture for implementing extended producer responsibility in the context of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 57(5), 1458–1477. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1489161>
- Gualtieri, L., Palomba, I., Wehrle, E. J., & Vidoni, R. (2020). Industry 4.0 for SMEs. In

D.

- T. Matt, V. Modrák, & H. Zsifkovits (Eds.), *Industry 4.0 for SMEs - Challenges, Opportunities and Requirements*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
- Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., & Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055–1085. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2017-0094>
- Hehenberger, P., Vogel-Heuser, B., Bradley, D., Eynard, B., Tomiyama, T., & Achiche, S.(2016). Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: Methods and applications. *Computers in Industry*, 82, 273–289. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.05.006>
- Hendler, S. (2019). Digital-physical product development: a qualitative analysis. *European Journal of Innovation Management*, 22(2), 315–334. <https://doi.org/10.1108/EJIM-01-2018-0026>
- Khorram Niaki, M., Nonino, F., Palombi, G., & Torabi, S. A. (2019). Economic sustainability of additive manufacturing: Contextual factors driving its performance in rapid prototyping. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(2), 353–365. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2018-0131>
- Kuo, Y. H., & Kusiak, A. (2019). From data to big data in production research: the past and future trends. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4828–4853. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443230>
- Kušar, J., Duhovnik, J., Grum, J., & Starbek, M. (2004). How to reduce new product development time. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(03\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(03)00049-8)
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1–2), 508–517. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1351644>
- Miranda, J., Pérez-Rodríguez, R., Borja, V., Wright, P. K., & Molina, A. (2019). Sensing, smart and sustainable product development (S3 product) reference framework. *International Journal of Production Research*, 57(14), 4391–4412. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1401237>

- Miranda, J., Ponce, P., Molina, A., & Wright, P. (2019). Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. *Computers in Industry*, 108, 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.02.002>
- Moon, H., Han, S. H., & Kwahk, J. (2019). A MORF-Vision Method for Strategic Creation of IoT Solution Opportunities. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(10), 821–830. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1497896>
- Mourtzis, D., Fotia, S., Boli, N., & Vlachou, E. (2019). Modelling and quantification of industry 4.0 manufacturing complexity based on information theory: a robotics case study. *International Journal of Production Research*, 57(22), 6908–6921. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1571686>
- Nosalska, K., Piątek, Z. M., Mazurek, G., & Rządca, R. (2019). Industry 4.0: coherent definition framework with technological and organizational interdependencies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 837–862. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0238>
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Piccinini, E., Gregory, R. W., & Kolbe, L. M. (2015). Changes in the Producer – Consumer Relationship – Towards Digital Transformation. *12th International Conference on Wirtschaftsinformatik*, 1634–1648.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Research, L. (2014). “Building Smarter Manufacturing With The Internet of Things (IoT)” *Manufacturing: IOT and the Next Industrial Revolution*. January.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean

- manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811–833. <https://doi.org/10.3926/jiem.1940>
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2015-Janua, 697–701. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>
- Sousa, M. J., & Rocha, Á. (2019). Digital learning: Developing skills for digital transformation of organizations. *Future Generation Computer Systems*, 91, 327–334. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.048>
- Trstenjak, M., & Cosic, P. (2017). Process Planning in Industry 4.0 Environment. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1744–1750. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.303>
- Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2017). Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 311–320. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0204-7>
- Xu, L. Da, Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941–2962. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- Yin, R. K. (n.d.). *ESTUDO DE CASO: Planejamento e Métodos (2º Ed.)*. Sage Publications, Inc. e Artmed Editora Ltda.

WEBGRAFIA

3SPACE (2018). 3D Printing Vs. Injection Molding

Disponível em: <https://3space.com/blog/3d-printing-vs-injection-molding>

ABB . Robot Colaborativos

Disponível em: <https://new.abb.com/products/robotics/collaborative-robots/crb-1100>

Soldamatic. Noticia sobre formação em realidade virtual

























Disponível em: <https://www.soldamatic.com/siemens-choses-augmented-reality/>

ConceptDraw. Programa usado para a elaboração do Value Stream Map

Disponível em: <https://www.conceptdraw.com/>

APÊNDICE

Anexo I –

		Válvulas de Guilhotina	
		Válvulas de globo	
		Válvulas de retenção	
		Filtros tipo Y	
		Válvulas de regulação	
		Válvulas de Controlo	
		Válvulas redutoras de Pressão	
		Válvulas de Segurança	

		Válvulas de macho esférico	
		Válvulas de borboleta	
		Atuadores/Fins de curso	
		Válvulas de cunha	