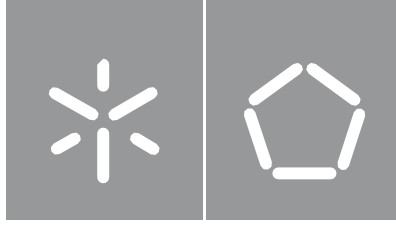


Universidade do Minho

Escola de Engenharia

João Dias

Aplicação de sistemas MES numa linha de fabrico de unidades de climatização



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

João Dias

Aplicação de sistemas MES numa linha de fabrico de unidades de climatização

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do:

Professor João Pedro Mendonça Assunção Silva

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha profunda gratidão à OCRAM por me acolher e permitir que eu fizesse parte deste projeto. Um agradecimento especial ao Pedro Araújo pelo acompanhamento e orientação durante o estágio, e a todos os colaboradores por me terem acolhido.

Ao meu orientador, professor João Mendonça, o meu sincero obrigado por ter aceitado orientar-me na realização da dissertação, pela motivação, aconselhamento e pelas oportunidades de desenvolvimento pessoal e profissional que me forneceu.

Por fim, agradeço à minha família, à minha namorada e aos meus amigos pelo apoio incondicional ao longo desta jornada e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Aplicação de sistemas MES numa linha de fabrico de unidades de climatização

Resumo

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, em colaboração com a empresa OCRAM.

No contexto atual de mercado com concorrência globalizada e feroz, a sobrevivência das empresas depende da adoção de medidas que permitam melhorar a eficiência dos processos, controlo de qualidade e, especialmente, na rastreabilidade ao longo de toda a cadeia de produção.

Neste trabalho, propôs-se a criação de uma metodologia para a modelação dos processos, utilizando BPMN, de forma a ser possível automatizar determinados processos relacionados com a gestão de informação do *Manufacturing System* (MES) da empresa, que se encontrava numa fase inicial de implementação, inferior a um ano.

O objetivo principal da dissertação foca-se na implementação da plataforma MES da empresa, que se iniciou pela definição do âmbito da plataforma até aos dados que deveriam ser apresentados em cada Dashboard. Com a implementação surgiram tarefas que derivaram do processo de implementação do MES, como a reestruturação dos códigos de artigo e a criação de um sistema de custeio baseado em centro de custos.

A proposta de reestruturação dos códigos de artigo visa criar códigos específicos para a matéria-prima mecânica, como ventiladores e recuperadores de calor, entre outros. Além disso, procura facilitar a criação de fichas técnicas para uma futura integração com o MES. A proposta de reestruturação dos centros de custos tem como objetivo obter custos/hora realistas para integrar com os tempos do MES.

Palavras-chave:

Automatização, BPMN, Manufacturing Execution System

Abstract

The present master's thesis was developed in the 5th year of the Integrated Master in Mechanical Engineering , in the company's OCRAM. In today's market, with globalized and fierce competition, the survival of companies depends on adopting measures to improve process efficiency, quality control and, especially, traceability throughout the production chain.

This work proposed the creation of a methodology for modeling processes using BPMN, so that it would be possible to automate certain processes related to the information management of the company's Manufacturing Execution System (MES), which was at an early stage of implementation, being less than a year old.

The main objective of the dissertation focuses on the implementation of the company's MES platform, which began by defining the scope of the platform and the data that should be presented on each Dashboard. With the implementation came tasks that derived from the MES implementation process, such as the restructuring of article codes and the creation of a cost center-based costing system.

The proposal to restructure article codes aims to create specific codes for mechanical raw materials, such as fans and heat recovery units, among others. It also seeks to facilitate the creation of technical data sheets for future integration with the MES. The proposal to restructure cost centers aims to obtain realistic costs/hour to integrate with MES times.

Palavras-chave:

Automation, BPMN, Manufacturing Execution System

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Palavras-chave:	v
Abstract.....	vi
Palavras-chave:	vi
Índice.....	vii
Índice de figuras.....	xi
Índice de tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xiv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e motivação	1
1.2 Descrição da empresa	1
1.2.1 História da Vieira & Lopes e a marca OCRAM	2
1.2.2 Produtos	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	3
2 Revisão bibliográfica.....	5
2.1 Pirâmide da automação	5
2.2 Indústria 4.0: Evolução histórica	6
2.3 Indústria 4.0: Requisitos.....	7
2.4 O sistema Enterprise Resource Planning	9
2.5 MES	10
2.6 Principais funcionalidades dos MES	11
2.7 MES “Off the shelf” vs MES personalizado	13
2.8 Interface MES/ERP	14
2.9 Modelo funcional de controlo empresarial	15

2.10	Estratégias de implementação	15
2.11	Modelação de processos.....	16
2.12	Centros de custos	19
2.12.1	Sistema de custeio baseado em centros de custos	20
2.12.2	Custo de transformação	21
2.13	Codificação de artigos	21
2.14	Lista de Materiais	23
2.15	Lista operatória	24
2.16	UTA: Evolução histórica.....	25
2.17	UTA: Caracterização e aplicabilidade	27
2.18	UTA: Principais constituintes.....	27
2.18.1	Módulo de ventilação.....	28
2.18.2	Módulo de aquecimento/arrefecimento	28
2.18.3	Módulo de recuperação de calor	29
2.18.4	Módulo de filtragem	29
2.18.5	Módulo de registo de caudal.....	30
2.18.6	Módulo de atenuação acústica	30
2.18.7	Complementos adicionais	31
2.19	UTA: Normas, regulamentos e certificações	31
2.19.1	Certificação EUROVENT.....	31
2.19.2	Diretiva Ecodesign.....	31
2.19.3	Normas.....	32
3	Descrição e análise do estado atual	33
3.1	Descrição processo produtivo geral	33
3.2	Descrição do processo produtivo detalhado	34
3.2.1	Venda Direta	36
3.2.2	Proposta	36
3.2.3	Produção	40

4	Melhorias / soluções adotadas na linha de fabrico	46
4.1	Implementação do MES	46
4.1.1	Processo de implementação	47
4.1.2	Âmbito do MES	48
4.1.3	Arquitetura do software.....	49
4.1.4	Níveis de utilizadores	49
4.1.5	Configurações.....	50
4.1.6	Produção	56
4.1.7	Recursos	60
4.1.8	Interfaces	60
4.2	Reestruturação dos códigos de artigo	64
4.2.1	Situação atual.....	64
4.2.2	Novo modelo de codificação	66
4.2.3	Regras de codificação de artigos	69
4.3	Implementação de um sistema de custeio baseado em centros de custos.....	70
4.3.1	Problemas com o sistema atual	70
4.3.2	Definição de dimensões	71
4.3.3	Atividades.....	71
4.3.4	Processo de repartição de custos	71
4.4	Integração MES com outros sistemas de informação	76
4.4.1	Criação de projetos	76
4.4.2	TimeReports/ERP	77
4.4.3	Débitos ao projeto: Situação atual	77
5	Conclusões e trabalhos futuros	80
5.1	Trabalhos futuros	82
	Referências bibliográficas.....	83
	Apêndice 1 Modelação do processo geral	87
	Apêndice 2 Modelação do processo produtivo standard.....	88

Apêndice 3 Modelação do processo produtivo I.D.I	89
Anexo I Plano de Implementação do MES	90
Anexo II Estruturas de codificação dos artigos	91

Índice de figuras

Figura 1 - (a) Unidade de tratamento de ar (b) Caixa de ventilação (c) KT Home.	2
Figura 2 - Pirâmide de automação.	5
Figura 3 - Perspetiva histórica da evolução da indústria.	7
Figura 4 - Etapas de desenvolvimento da I4.0.....	8
Figura 5 - Conteúdo da interface entre um sistema MES e um sistema ERP. Adaptado de [11]	14
Figura 6 - Modelo de controlo de uma empresa funcional segundo o modelo da ISA-95. Adaptado de [7]	15
Figura 7 - Eventos.	17
Figura 8 - Atividades.....	18
Figura 9 – Gateway.....	18
Figura 10 – <i>Swimlanes</i> e <i>lanes</i>	18
Figura 11 - Anotações.	19
Figura 12 - Conectores.	19
Figura 13 - Willis Carrier ao lado da sua primeira invenção.....	25
Figura 14 - Principais constituintes de uma UTA.	28
Figura 15 - Tipos de módulos de recuperação de calor. (a) Recuperador de fluxo cruzado (b) Recuperador de roda térmica (c) Recuperador de calor contra fluxo.[24]	29
Figura 16 - Tipos de Filtros. (a) Filtros de Sacos Rígidos. (b) Filtro Plissado (c) Filtros de Sacos. (d) Filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air).[25].....	30
Figura 17 - Tipos de registo de caudal. (a) Registo de Caudal controlado através de um atuador elétrico. (b) Registo de caudal controlado manualmente.	30
Figura 18 - Aspeto da etiqueta da EUROVENT.....	31
Figura 19 - Fluxograma do processo produtivo geral.	34
Figura 20 - Primeira parte da modelação do processo produtivo detalhado.	34
Figura 21 - Segunda parte da modelação do processo produtivo detalhado.....	35
Figura 22 - Modelação do processo de venda direta.	36
Figura 23 - Modelação do subprocesso de encomenda de material.	36
Figura 24 - Primeira parte da modelação do processo de produtivo da gama existente.	37
Figura 25 - Segunda parte da modelação do processo produtivo da gama existente.....	38
Figura 26 - Terceira parte da modelação do processo produtivo da gama existente.....	38
Figura 27 – Modelação do subprocesso pedido de matéria-prima para o HICUT.....	39

Figura 28 – Modelação do subprocesso pedido de quadro elétrico.....	39
Figura 29 - Primeira parte da modelação do processo de desenvolvimento de um novo produto.....	40
Figura 30 - Segunda parte da modelação do processo de desenvolvimento de um novo produto.	40
Figura 31 - Categorias de corrosividade tendo em conta o tipo de ambiente.	43
Figura 32 - Durabilidade pretendida para o esquema de pintura.....	43
Figura 33 - (a) Medidor de Espessura de Filme Húmido (tipo pente) (b) Medidor de Espessura de Filme Seco.....	44
Figura 34 - Roteiro inicial utilizado na 1ª fase de testes pela parte mecânica.	54
Figura 35 - Roteiro de operações para o fabrico de quadros elétricos utilizado na 1ª fase de testes pela parte elétrica.	55
Figura 36 - Roteiro de operações para o desenvolvimento de sistemas GTC utilizado na 1ª fase de testes.	56
Figura 37 - Campos a preencher para a criação de um projeto.	57
Figura 38 - Campos a preencher para a criação de uma ordem de fabrico.....	58
Figura 39 - Visão detalhada dos diários de trabalho.	59
Figura 40 - Interface de criação de diário de trabalho.	59
Figura 41 - Interface de criação de novo utilizador.	60
Figura 42 - Interface de criação de equipas na plataforma MES.	60
Figura 43 - Interface de <i>login</i> da plataforma MES.	61
Figura 44 - Interface de seleção de membros de equipa na plataforma MES.....	62
Figura 45 - Interface registo de produção por parte do operador.	63
Figura 46 - Dashboard do gestor.....	63
Figura 47 - Estrutura de codificação para a subfamília Parafuso.....	68
Figura 48 - Modelo Excel para a criação de novos códigos de artigo.....	70
Figura 49 - Modelo de centro de custos geral.	72
Figura 50 - Modelo centros de custos detalhado afeto ao setor OCRAMclima.	73
Figura 51 - Exemplo modelo centros de custos detalhado afeto ao setor da montagem.	75
Figura 52 - Fluxo de informação na integração do MES.	76

Índice de tabelas

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de um sistema MES standard ou personalizado, adaptado. [11]	13
Tabela 2 - Nomenclaturas consideradas para registo em MES.....	48
Tabela 3 - Operações associadas aos centros de trabalho e tipo de seleção.....	51
Tabela 4 - Tipos de registo associados ao centro de trabalho.	52
Tabela 5 - Localização dos postos de registo.	61
Tabela 6 - Exemplo da má atribuição de famílias nos códigos de artigo.	65
Tabela 7 - Exemplo da falta de regras para a codificação de artigos.	65
Tabela 8 - Exemplo da codificação sequencial nos códigos de artigo.	65
Tabela 9 - Tipos de artigo de acordo com a nova codificação.....	66
Tabela 10 – Nomenclatura de famílias para a matéria-prima.....	66
Tabela 11 - Nomenclatura de subfamílias para a família 103.	67
Tabela 12 - Estrutura de codificação das subfamílias.....	91

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

BoM - Bill of Materials

BOMO - *Bill of Materials and Operations*

BOO - *Bill of Operations*

BPM - *Business Process Modeling*

BPMN - *Business Process Model and Notation*

CT - Custo de Transformação

DGTC - Departamento Gestão Técnica Centralizada

DO - Departamento Orçamentação

ERP - *Enterprise Resource Planning*

ErP - *Energy Related Products*

FCE - Folha de Confirmação de Encomenda

FUDR - Ferramentas de Uso e Desgaste Rápido

GGF - Gastos Gerais de Fabrico

HEPA - *High Efficiency Particulate Air Filters*

I4.0 - Indústria 4.0

IA - Inteligência Artificial

I.D.I - Investigação Desenvolvimento e Inovação

IoT - *Internet of Things*

ISA - Sociedade Internacional de Automação

ISO - International Organization for Standardization

MES - *Manufacturing Execution System*

MESA - *Manufacturing Enterprise Solutions Association*

MoD - mão de obra direta

Mol - mão de obra indireta

MP - Matéria-prima

MTO - *Make to Order*

NPS – *Nano Purifying System*

OF - Ordem de Fabrico

OP - Ordem de Produção

PCP - Planeamento e Controlo de Produção

PDM - *Product Data Management*

PID - Controlador proporcional-Integral Derivativo

PLC - Controlador Lógico-Programável

PLM - *Product Lifecycle Management*

QAI - Qualidade do Ar Interior

QE - Quadro Elétrico

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SI – Sistemas de Informação

SKU - Stock Keeping Unit

TI - Tecnologias da Informação

UTA - Unidade de Tratamento de Ar

1 Introdução

A presente dissertação insere-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Universidade do Minho. Esta dissertação resulta de um projeto apresentado pela OCRAM, uma empresa que se apresenta como líder no desenvolvimento e fabrico de soluções avançadas de climatização.

Neste primeiro capítulo, segue-se um breve enquadramento do projeto, a motivação seguida por uma breve descrição da empresa e por fim é apresentada a estrutura do relatório.

1.1 Enquadramento e motivação

Atualmente, as empresas são impulsionadas por um mercado caracterizado por uma concorrência feroz, um ritmo acelerado e por prazos cada vez mais apertados. A variedade de tipos de produtos e a sua personalização estão a aumentar rapidamente e as exigências dos clientes estão a mudar rapidamente. Assim, para manter e melhorar a sua vantagem competitiva, as organizações nos diferentes sectores industriais precisam de melhorar a otimização e a eficiência dos processos. [1]

A transformação digital e a inteligência artificial estão a criar uma oportunidade de inovação a todos os níveis da indústria e estão a transformar o mundo do trabalho, permitindo às organizações abraçar as tecnologias de informação (TI) nos seus processos de fabrico. [2]

Diante desse cenário, surgem os sistemas de execução de manufatura, vulgarmente conhecidos como sistemas MES, como uma solução estratégica. Estes sistemas desempenham um papel crucial na melhoria da eficiência, controlo de qualidade e, especialmente, na rastreabilidade ao longo de toda a cadeia de produção.

Neste sentido, surge este projeto na OCRAM, com o objetivo de implementar procedimentos de gestão da produção através do MES, assegurando a captura precisa de dados em todas as fases do processo de fabrico de unidades de tratamento de ar (UTA) para permitir à empresa a visualização do estado atual da fabrica e melhorar a tomada de decisões.

1.2 Descrição da empresa

Em Vila de Prado, Braga, situa-se a organização OCRAM, pertencente ao grupo Vieira & Lopes. É experiente na produção e comercialização de equipamentos de ventilação e climatização à medida, com especial dedicação às UTAs, sendo uma marca definida nacional e internacionalmente.

1.2.1 História da Vieira & Lopes e a marca OCRAM

Em 1998, a Vieira & Lopes foi fundada em Braga, Portugal, com o objetivo de fornecer serviços de instalação de ar condicionado como uma empresa subcontratada no setor da construção.

Em 2009, foi fundado o departamento OCRAM e também se estabeleceu uma parceria com o laboratório de pesquisa da Universidade do Minho (UM). Em 2012, expandiram suas operações para a França, com a criação da VLclim, e foram também reconhecidos nacionalmente com o 1º Prêmio do Concurso Nacional de Inovação pelo protótipo do NPS (*Nano Purifying System*).

Em 2013, a OCRAMClima obteve certificações de renome como a TÜV e EUROVENT e em 2014 obteve a certificação higiênica para sua gama MAHU pelo ILH Berlin. Continuou a expansão com a entrada nos mercados da Escandinávia, com a introdução da empresa VLopes Scandinavia.

Em 2019 a comissão europeia atribuiu o selo de excelência ao NPS, destacando-o como um produto de alta qualidade. Em 2022 lançou uma unidade compacta vertical, a KT-HOME, e em 2023 lançou um purificador de ar, conectado a uma plataforma de IoT, para otimizar a qualidade do ar de acordo com as condições reais.

1.2.2 Produtos

A OCRAM produz e comercializa maioritariamente unidades de tratamento de ar (UTAs) que representam grande parte das vendas da empresa e do volume de trabalho. Existem ainda outros equipamentos a ser comercializados, como unidades de tratamento higiénicas (UTAH), unidades compactas de tratamento de ar (KT), caixa de ventilação (VBOX) e uma gama de purificadores de ar (NPS).

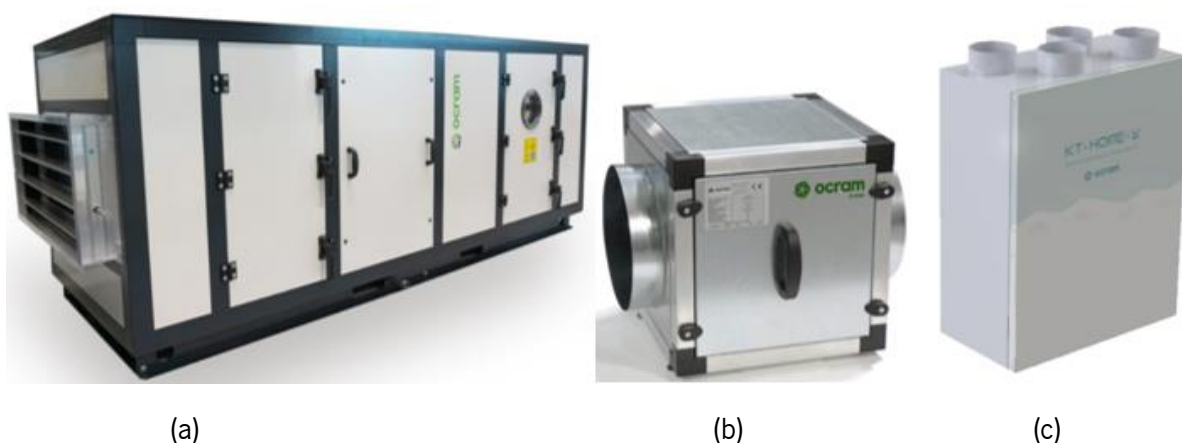


Figura 1 - (a) Unidade de tratamento de ar (b) Caixa de ventilação (c) KT Home.

1.3 Estrutura da dissertação

Relativamente à estrutura desta dissertação, pode referir-se que existem cinco secções:

1. Introdução;
2. Revisão bibliográfica;
3. Descrição e análise do estado atual;
4. Melhorias/soluções adotadas na linha de fabrico;
5. Conclusões e trabalhos futuros;

Após uma breve introdução ao tema na primeira secção, a segunda secção dirá respeito à revisão bibliográfica, onde são explorados temas relacionados com o estado de arte de sistemas MES e com o estado de arte das unidades de tratamento de ar. Na terceira secção é feita uma descrição e análise do estado atual da empresa, considerando o fluxo de informação desde a chegada da encomenda até à sua expedição.

Na quarta secção são apresentadas as melhorias e/ou soluções juntamente com as tarefas necessárias para as realizar. Inicialmente irão ser abordadas as tarefas necessárias para proceder à preparação da plataforma MES, posteriormente, irá ser abordada uma proposta de uma nova nomenclatura para os códigos de artigo para facilitar a identificação dos artigos e uma futura integração com o Primavera. Ainda nesta secção é apresentada uma proposta de implementação de um sistema de custeio baseado em centro de custos para permitir calcular custos hora por departamento, para posteriormente serem integrados no Primavera juntamente com os dados dos diários de trabalho do MES.

Para terminar a quarta secção são apresentadas as formas de integração que irão existir na plataforma. Na quinta secção é apresentada a conclusão realizada com base no conhecimento ganho e por fim é apresentado o trabalho futuro.

1.4 Objetivos da dissertação

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação teve como objetivo principal a configuração completa de uma plataforma MES, garantindo a sua prontidão para utilização na produção. Após atingir este primeiro objetivo, previu-se a integração do sistema MES com outros softwares, nomeadamente o ERP e o OCRAMSelect, com vista à automatização dos processos de débito de mão-de-obra e de matérias-primas.

Adicionalmente, foi estabelecida como meta a padronização do método de criação de códigos de artigo, eliminando duplicações e substituindo os códigos antigos pelo novo modelo proposto. Por último,

pretendeu-se implementar um modelo de custeio baseado em centros de custos, possibilitando o cálculo de uma margem de estrutura para os dois departamentos da OGRAM: a OGRAMClima e a Solutions.

2 Revisão bibliográfica

O presente capítulo apresenta a revisão bibliográfica de vários conceitos e teorias que suportam a investigação realizada ao longo da dissertação. A sua utilidade prende-se à necessidade de sustentar teoricamente as ações e os métodos aplicados ao longo do desenvolvimento da dissertação.

2.1 Pirâmide da automação

Apesar do recente crescimento econômico, as indústrias enfrentam uma competição intensa local e global. De modo a manter a competitividade a longo prazo, é crucial otimizar continuamente as operações para melhorar a qualidade, disponibilidade, flexibilidade e custo. No entanto, os sistemas industriais estão a tornar-se cada vez mais complexos. O desenvolvimento rápido da automação industrial, computação de alto desempenho, inteligência artificial (AI), *machine-learning*, *big data*, sistemas ciberfísicos, internet das coisas (IoT) e a indústria 4.0 estimulou a aplicação de métodos e ferramentas avançadas para garantir uma monitorização e controlo ideais.

Diante destes desafios, é necessário um modelo arquitetónico que permita uma integração fácil de funcionalidades avançadas com os sistemas de automação existentes. A pirâmide de automação é uma representação gráfica dos diferentes níveis tecnológicos de automação numa fábrica, permitindo a comunicação entre tecnologias dentro de cada nível e entre os diferentes níveis. Esta estrutura é definida pela Sociedade Internacional de Automação (ISA) no padrão internacional ISA-95, que trata da integração de sistemas empresariais e de controlo. Na Figura 2 pode-se obter uma visão estruturada dos níveis diferentes níveis da pirâmide de automação.

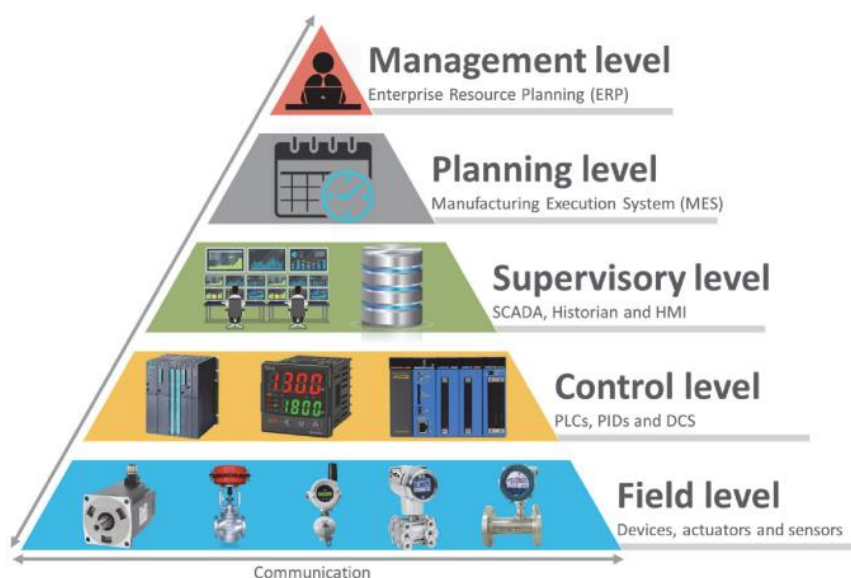


Figura 2 - Pirâmide de automação. [3]

O primeiro nível da pirâmide, denominado como *Field Level*, constitui a interface fundamental com a produção. Este nível é composto por dispositivos, sensores e atuadores que medem diversos parâmetros de processo, como caudal, temperatura, pressão ou concentração. Além disso, são utilizados para manipular variáveis de processo por meio de diferentes mecanismos, como os mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos ou eletrônicos.

O próximo nível, reconhecido como *Control Level*, engloba dispositivos lógicos como o controlador lógico programável (PLC) ou controlador proporcional-Integral-Derivativo (PID). Esses dispositivos recebem inputs de todos os sensores do *Field Level* para tomar decisões sobre as ações necessárias a serem executadas pelos atuadores do Nível de Campo, a fim de atender aos pontos de ajuste predefinidos.

No nível acima, temos o *Supervisory Level*, inclui o sistema *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) que é utilizado para aceder aos dados e controlar vários sistemas a partir de um único local. O SCADA coleta informações de todos os subsistemas e subprocessos industriais, realizando análises e o controlo necessário, apresentando as informações de maneira organizada.

O quarto nível, denominado *Planning Level*, abrange o *Manufacturing Execution System* (MES). O MES é utilizado para controlar todo o processo de produção no chão de fábrica, desde a matéria-prima até o produto final. O MES executa muitas atividades, incluindo a programação das ordens de fabrico, gestão de mão de obra, controlo de qualidade e análise de desempenho entre muitas outras.

No topo da pirâmide está o *Enterprise Resource Planning* (ERP). O ERP é um software integrado que permite que as empresas controlem as atividades do dia a dia, desde a fabrico, vendas, compras, contabilidade, gestão de projetos até gestão de riscos.

A integração eficiente desses níveis é essencial para alcançar a operação, controlo e monitorização ideais em sistemas industriais complexos. [3]

2.2 Indústria 4.0: Evolução histórica

A primeira revolução industrial surgiu com a introdução da mecanização das atividades produtivas a partir da segunda metade do século XVIII e sendo intensificada ao longo de todo o século XIX. A partir da década de 1870, a eletrificação e a divisão do trabalho (Taylorismo) levaram à segunda revolução industrial. A terceira revolução industrial, também chamada de “revolução digital”, ocorreu em torno da década de 1970, surge com o uso de semicondutores e da computação nas operações industriais. A automação também se tornou mais sofisticada, permitindo um maior controlo dos processos de produção e uma maior precisão nas operações.

Uma iniciativa chamada “Indústria 4.0”, surge em 2011, na qual representantes de empresas, políticos e acadêmicos reunidos promoveram a ideia de digitalização juntamente com alguma autonomia das máquinas como uma abordagem para fortalecer o poder competitivo da indústria da manufatura alemã. A Figura 3 mostra o progresso industrial em perspectiva histórica. [4]

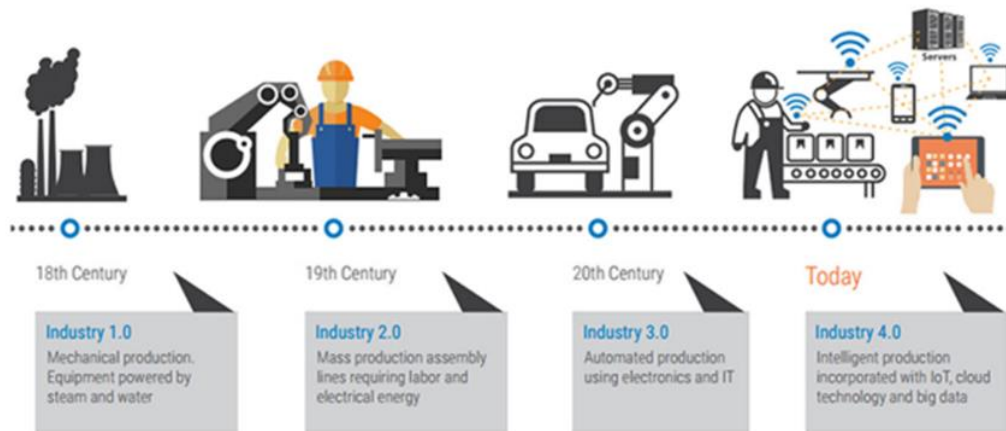


Figura 3 - Perspectiva histórica da evolução da indústria. [4]

2.3 Indústria 4.0: Requisitos

O paradigma I4.0 pressupõe um sistema totalmente digitalizado e complexo que afeta todas as unidades numa fábrica. Para que uma fábrica existente cumpra os requisitos do I4.0, são necessárias transformações digitais, reorganizações e investimentos. O grau de conversão depende do nível de desenvolvimento da fábrica. Se o estado atual da fábrica puder ser efetivamente determinado e pequenas melhorias puderem ser feitas ao longo do caminho em direção ao objetivo final serão obtidos benefícios contínuos através do aumento da eficiência, enquanto os custos de investimento serão distribuídos ao longo do tempo.

Como apresentado na Figura 4, de acordo com o recente modelo de maturidade I4.0, existem seis estágios de desenvolvimento relacionados. Os dois primeiros (computação e conectividade) são pré-requisitos para o I4.0, enquanto os outros quatro (visibilidade, transparência, capacidade preditiva e adaptabilidade) fazem parte da I4.0.

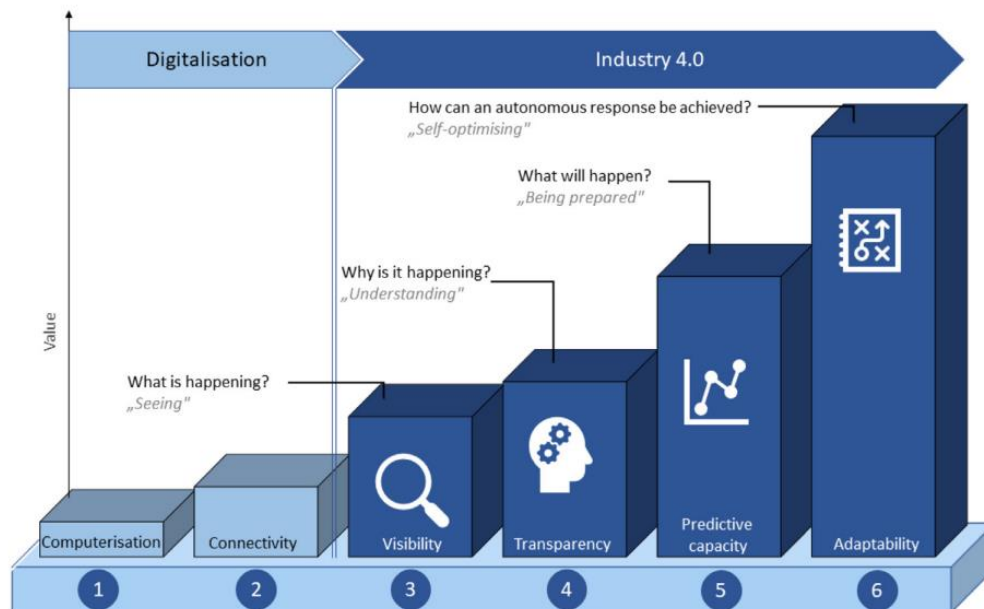


Figura 4 - Etapas de desenvolvimento da I4.0 [5]

De acordo com esses estágios, o desenvolvimento dos MES deve focar nos seguintes pontos:

1. Apoiar a informatização. Utilizar controlo baseado em computador ao longo de toda a cadeia de produção.
2. Melhorar a conectividade. Utilizar soluções informatizadas capazes de comunicar com outros componentes. A eficiência pode ser melhorada se o estado geral de toda a cadeia produtiva puder ser monitorizado e a rastreabilidade dos produtos for garantida.
3. Garantir visibilidade. Mostrar o que está a acontecer na cadeia de produção. Sistemas de gestão do ciclo de vida do produto (PLM), MES e sistemas de planeamento de recursos empresariais (ERP) criam visibilidade, mas o design e integração desses sistemas levantam várias questões. Quem tem acesso aos dados? Como deve ser apresentado um determinado tipo de dados?
4. Garantir transparência. Todos os dados relacionados com todos os processos podem potencialmente ser observados com a ajuda da terceira etapa. Neste nível, é necessário compreender porque é que algo está a acontecer e usar esse conhecimento para melhorar os processos. O conhecimento de engenharia é necessário para desenvolver tal compreensão, e muitas vezes, grandes quantidades de dados precisam ser processadas para esse fim. Consequentemente, o paradigma de *big data* é útil e por vezes inevitável nesta fase.

5. Aumentar a capacidade preditiva. Quando uma empresa compreende os seus processos, poderá encontrar respostas para as perguntas "o que acontecerá?" e "como deverá acontecer?". Isso exigirá que a próxima geração de soluções MES tenha funcionalidades correspondentes de simulação e otimização. A integração da modelagem de simulação com o product lifecycle management (PLM) exigirá modelagem usando o conceito de fábrica virtual e o uso de IA para controlo de processos que permitam ajustes autónomos.
6. Melhorar a adaptabilidade. O objetivo deste nível é usar dados, em tempo real, para tomar a melhor decisão possível no menor tempo possível. Muitas vezes, isso significa um tempo de reação próximo do tempo real. As decisões de adaptação podem variar de simples a altamente complexas, portanto, a próxima geração de soluções MES deverá suportar a tomada de decisões em tempo real.[5]

2.4 O sistema Enterprise Resource Planning

O *Enterprise Resource Planning* (ERP) é um software concebido para integrar e gerir os principais processos e recursos dentro de uma organização. Funciona como um sistema centralizado que facilita um planeamento eficiente, coordenação e controlo de várias funções e departamentos, incluindo finanças, recursos humanos, gestão da cadeia de abastecimento, produção, vendas e gestão de relacionamento com o cliente.

O objetivo principal do ERP é proporcionar uma visão unificada dos recursos e operações da organização. O ERP alcança este objetivo consolidando dados de diversas fontes e módulos numa única base de dados, permitindo que os diferentes departamentos acedam e partilhem informações de forma transparente. Os sistemas ERP geralmente consistem num conjunto de módulos ou aplicações inter-relacionadas que abordam áreas funcionais específicas de uma organização.[6]

Apesar da abrangência dos sistemas ERP, surgiu a procura por soluções mais focalizadas na produção. Assim, os MES surgiram para preencher essa lacuna nas tecnologias de informação, proporcionando uma integração mais eficiente entre a gestão empresarial e a produção. Estes sistemas não só atendem às necessidades específicas da produção, mas também oferecem funcionalidades que vão além das capacidades dos sistemas ERP convencionais. Dessa forma, os MES desempenham um papel crucial no aperfeiçoamento dos processos de fabrico e na otimização da eficiência independentemente do setor industrial em questão. [7]

2.5 MES

Há aproximadamente duas décadas, pioneiros começaram a desenvolver software personalizado para diversos profissionais de fábrica, como operadores, supervisores, programadores, gestores, engenheiros e mecânicos de manutenção. Essas soluções visavam preencher as lacunas deixadas pelos sistemas ERP e pelos sistemas de controlo de processos, proporcionando funcionalidades específicas para atender às necessidades específicas desses setores.[7]

Um sistema de execução de fabrico (MES) é uma aplicação de sistemas de informação (SI) que conecta os SI dos níveis superiores, nomeadamente o ERP, e os sistemas de informação dos níveis inferiores, ou seja, os sistemas de automação. Com o apoio do MES, uma empresa pode obter informações atualizadas e completas que ajudam a manter a qualidade dos seus produtos num período mais curto e a um custo inferior. Considerando os benefícios potenciais fornecidos pelo MES, a implementação do MES é uma das estratégias que as empresas podem utilizar para aumentar a competitividade face à globalização. Com o uso do MES em combinação com a implementação de ERP e outros sistemas de automação, espera-se que uma empresa de fabrico alcance elevada competitividade. No entanto garantir que todos os componentes do sistema funcionem bem em conjunto é um desafio difícil.

Ao especificar os requisitos do sistema na implementação do MES, uma empresa precisa utilizar um modelo de referência como padrão a seguir. Sem usar um modelo de referência, as empresas de fabrico precisam de mais esforços para determinar os seus requisitos. Atualmente, existe uma norma da indústria que especifica os subsistemas de um sistema de execução de fabrico e define os limites entre os sistemas ERP, MES e outros sistemas de automação.

A norma é conhecida como ISA-95. Esta norma define a terminologia e os modelos que podem ser utilizados para definir os requisitos de uma aplicação MES para uma empresa específica e para projetar a integração do sistema ERP da empresa a nível empresarial com os sistemas de automação de produção a um nível inferior.

Na lista abaixo são apresentados os objetivos a serem alcançados pela implementação do MES:

- 1 Otimização de toda a cadeia de abastecimento através de um melhor controlo no fluxo de trabalho e documentação em tempo real dos passos do processo.
- 2 Melhoria da qualidade dos dados para avaliação de processos e produtos.
- 3 Visibilidade e transparência ao longo de todo o processo de produção

- 4 Redução dos custos de armazenamento para material em processo devido a tempos de espera reduzidos.
- 5 Redução do trabalho administrativo para manter documentos de fabrico.
- 6 Diminuição do número de lotes perdidos.
- 7 Redução dos custos operacionais devido a um alto nível de integração e à prevenção de soluções isoladas.
- 8 Melhoria do processo de tomada de decisões através do fácil acesso a dados e informações atuais para todos os casos críticos de negócios. [8]

Um dos problemas existentes nos sistemas ERP, em termos de produção, prende-se com o facto de estes assumirem recursos infinitos. Outro dos problemas é originado devido às atualizações vindas do chão de fábrica, assim como os dados enviados para o ERP, não acontecerem em tempo real. O MES preenche essa lacuna porque permite às empresas ter a capacidade para controlar as atividades do chão de fábrica em tempo real, assim como determinar uma capacidade finita para planeamento, complementando o sistema ERP.[9]

2.6 Principais funcionalidades dos MES

A MESA, *Manufacturing Enterprise Solutions Association*, definiu um conjunto de onze funcionalidades que seriam obrigatórias para qualquer aplicação que se propusesse a obter esta classificação e que é conhecido como modelo MESA.

1. Gestão de recursos e estado atual

Gerir os recursos, incluindo máquinas, ferramentas, materiais, outros equipamentos e outras entidades, tais como documentos que devem estar disponíveis para que a operação possa ser iniciada. Fornecer um histórico detalhado de recursos, assegurar que o equipamento está devidamente configurado e fornecer informação sobre o estado da produção em tempo real.

2. Planeamento detalhado

Fornecer planeamento baseado em prioridades, atributos, características e/ou receitas associadas a unidades de produção específicas em uma operação, como a forma da sequência ou outras características que, quando agendadas em sequência corretamente, minimizam a configuração. Realizar planeamento finito e reconhecer operações alternativas e sobrepostas/paralelas para calcular em detalhe o tempo exato de produção.

3. Envio de ordens de produção

Apresentar a sequência em que o trabalho precisa ser feito e mudar em tempo real à medida que os eventos ocorrem no chão de fábrica. Ter a capacidade de alterar o cronograma prescrito no piso da fábrica.

4. Controle e gestão da documentação.

Disponibilizar ao operador no momento certo os documentos (instruções, desenhos, notas) necessários à realização do seu trabalho.

5. Coleta e aquisição de dados

Coletar dados a partir do chão de fábrica manualmente ou automaticamente a partir de equipamentos em tempo real.

6. Gestão do pessoal

Fornecer o *status* do pessoal. Incluir relatórios de tempo bem como a capacidade de rastrear atividades indiretas, como preparação de materiais ou trabalho na sala de ferramentas, como base para o cálculo de custos baseado em atividades.

7. Gestão da Qualidade

Fornecer análise em tempo real de medições coletadas durante o fabrico para garantir um controle adequado da qualidade do produto e para identificar problemas que exigem atenção. Recomendar ações para corrigir o problema, incluindo correlacionar o sintoma, ações e resultados para determinar a causa.

8. Gestão de processos

Monitorizar a produção e fornecer apoio no processo de decisão aos operadores para corrigir e melhorar as atividades no processo.

9. Gestão de manutenção

Acompanhar e orientar as atividades de manutenção dos equipamentos e ferramentas para assegurar a sua disponibilidade para o fabrico e assegurar o agendamento para manutenções periódicas ou preventivas, bem como a resposta a problemas imediatos. Manter um histórico de eventos ou problemas passados para ajudar no diagnóstico de problemas.

10. Rastreamento de produtos e genealogia

Fornecer informações de estado que podem incluir materiais por fornecedor, lote, número de série, condições de produção atuais, e quaisquer alarmes, ou outras exceções relacionadas ao produto. A função de rastreamento também cria um registro histórico.

11. Análise do desempenho

Fornecer relatórios atualizados dos resultados reais das operações de fabrico, juntamente com a comparação com o histórico passado e o resultado esperado. Os resultados de desempenho incluem medidas como a utilização de recursos, disponibilidade de recurso, tempo de ciclo do produto, conformidade com o cronograma e desempenhos com os padrões.[10]

2.7 MES “Off the shelf” vs MES personalizado

Se for necessário um novo software, coloca-se a questão de saber se deve ser adquirido software *standard* ou desenvolvido software individual. O software *standard* já está pré-produzido e cobre um ou mais processos empresariais completamente. O software personalizado é criado especialmente para uma organização e pode ser desenvolvido tanto pela própria organização como por um fornecedor externo. As vantagens e desvantagens tanto para o software padrão como para o personalizado, estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de um sistema MES standard ou personalizado, adaptado. [11]

Software Standard	Software Personalizado
É frequentemente menos dispendioso do que o software individual	Desenvolver o software pode levar a custos imprevíveis
Suporte fornecido pelo fabricante do software	Software é adaptado às necessidades da organização.
Geralmente é fornecida documentação extensa	Documentação é frequentemente negligenciada
Software disponível imediatamente	Implementação ocorre em etapas e exige maior dispêndio de tempo
É possível que nem todos os requisitos sejam atendidos	Todos os requisitos são atendidos
Funções que não são necessárias são adquiridas com o software	Apenas as funções necessárias são pagas

Outro autor afirma que as empresas que estão a planear a introdução de um sistema MES devem abandonar a ideia de que podem comprar um sistema MES "pronto a usar". O MES deve ser adaptado à situação específica da empresa e pode muito bem ser distribuído por vários sistemas de software diferentes. As empresas devem ter uma visão de águia da sua própria estrutura e criar um plano estruturado para a seleção do seu próprio sistema MES. [12]

2.8 Interface MES/ERP

O MES tem de fornecer os dados que chegam em tempo real na forma e na resolução de tempo correspondente com o sistema ERP, bem como o armazenamento de dados e a transação com o sistema ERP. Uma enorme quantidade de dados é recolhida em tempo real para ser processada e possivelmente armazenada para a necessidade de uso posterior. A comunicação entre os níveis de planeamento e de gestão ocorre principalmente entre os sistemas MES e ERP como mostrado na Figura 5.

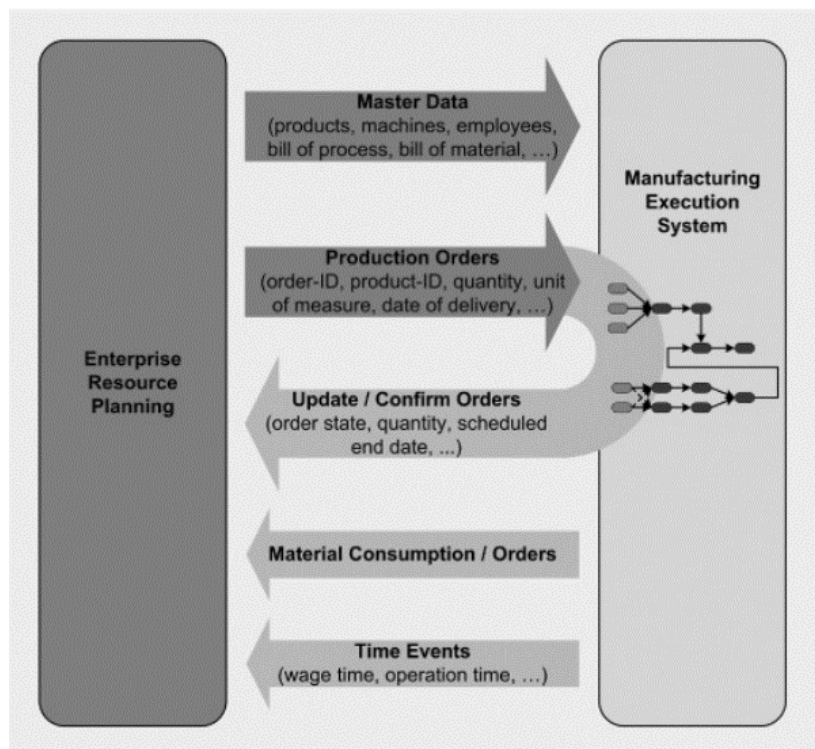


Figura 5 - Conteúdo da interface entre um sistema MES e um sistema ERP. [11]

Os dados do sistema de informação obtidos em tempo real são transmitidos para o sistema ERP em modo de transação. Devido à quantidade enorme e excessiva de dados que surgem em todos os níveis do sistema de controlo, é necessário encontrar novas formas eficazes de armazenar volumes extremos de dados e, em seguida, extrair informações úteis para o controlo dos processos.[13]

2.9 Modelo funcional de controlo empresarial

O modelo funcional de controlo de uma empresa da ISA-95 mostra o limite entre um sistema MES e um sistema de ERP. Na Figura 6 são apresentadas doze funções que se encontram em qualquer empresa, embora cada empresa pode dar-lhes nomes diferentes e atribuir as funções a diferentes departamentos. O modelo clarifica quais as funções que estão e não estão envolvidas na integração de sistemas ERP e MES. A linha tracejada grossa representa o limite entre o *Enterprise Domain* (ERP) e o *Control Domain* (MES e os níveis inferiores). Tudo o que estiver fora do limite encontra-se no Domínio Empresarial.

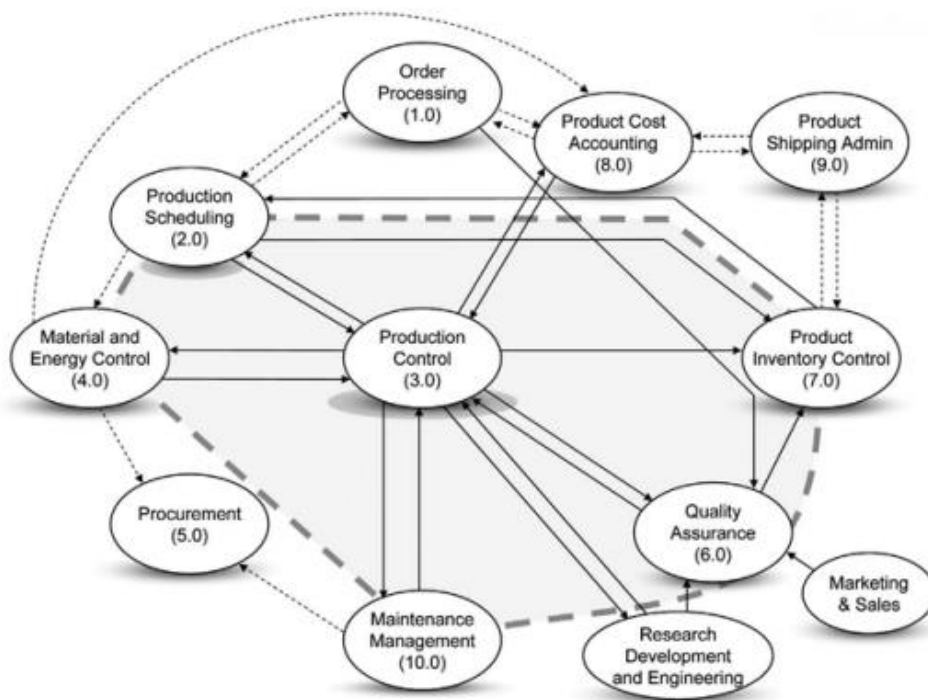


Figura 6 - Modelo de controlo de uma empresa funcional segundo o modelo da ISA-95. Adaptado de [7]

No entanto, várias funções estão na fronteira. Se pensarmos na função do planeamento da produção. Existe um tipo de programação de produção que pertence ao ERP, mas também um que pertence ao MES. O ERP concentra-se em garantir que o produto adequado seja entregue na quantidade correta, com a qualidade apropriada, ao cliente certo e no momento adequado. Enquanto o MES foca-se na utilização mais eficiente dos recursos possível para tornar isso possível.[7]

2.10 Estratégias de implementação

Uma vez selecionado o software adequado ou desenvolvido o software individual correspondente às necessidades da empresa, é possível prosseguir com a implementação do sistema de informação. Geralmente, esta pode ser efectuada com base em três estratégias:

- "*Big bang*"
- Implementação gradual em áreas operacionais individuais
- Substituição gradual de processos empresariais individuais

A estratégia "*Big bang*" prevê a instalação de um sistema de informação de uma só vez. Neste caso, todos os processos empresariais afetados passam a ser tratados através do novo sistema. Isto leva a um risco elevado de que os erros no sistema possam afetar toda a organização. Os erros podem ser causados não só pelo software e hardware, mas também pelas pessoas que lidam com os componentes técnicos. Para evitar erros dos utilizadores, deve ser realizada uma formação extensiva de todos os utilizadores quase em paralelo, porque normalmente começam a utilizar o sistema ao mesmo tempo.

Para reduzir o risco de erro, é possível implementar gradualmente o sistema de informação em áreas operacionais individuais. Nesta abordagem são suportados os processos empresariais de apenas algumas divisões. A vantagem é que os possíveis erros não afetam toda a empresa, pelo que os utilizadores podem ser formados gradualmente. A experiência adquirida com o sistema de informação nas partes da empresa em que o sistema já está a ser utilizado pode, portanto, ser transferida para as outras partes.

A implementação passo a passo também pode ser efectuada no que diz respeito aos processos empresariais. Aqui, apenas alguns processos são executados inicialmente através do novo sistema. Assim, o risco de fracasso é bastante reduzido. A formação dos utilizadores também pode ser feita por fases. Esta estratégia caracteriza-se por riscos mais baixos, mas por um maior gasto em termos de tempo.

Por consequente, a seleção da estratégia de implementação adequada situa-se algures entre os dois objetivos geralmente concorrentes de redução do risco e minimização dos custos. Para a aceitação de novos sistemas de informação, a formação preparatória intensiva dos utilizadores é tão importante como a instrução cuidadosa dos empregados que serão diretamente ou indiretamente afetados. [11]

2.11 Modelação de processos

A *Business Process Modeling* (BPM) é uma metodologia baseada na observação de que cada produto desenvolvido por uma organização é, de facto, o resultado da execução de uma sequência de atividades. Consequentemente, a representação formal dessas atividades e da informação associada através de uma linguagem de modelação de processos permite a criação, a monitorização e a melhoria do fluxo de trabalho de uma organização.

BPMN (*Business Process Model and Notation*) é um modelo e uma notação padrão para a representação explícita de processos. O BPM é definido como a arte de modelar, gerir e otimizar os processos de negócio de modo a aumentar o seu desempenho.

Através da utilização destes diagramas pretende-se interligar os projetos dos processos de negócio e a implementação do sistema, automatizando o ciclo de vida da gestão destes processos.[14], [15]

A representação gráfica utilizada para os diagramas de atividades é apelidada de BPMN, sendo normalizada pela organização *Object Management Group* (OMG). Segundo a OMG, esta é uma linguagem de modelação composta por 4 categorias básicas de elementos, nomeadamente:

- Objetos de Fluxo: Eventos; Atividades; Portas de Acesso ("Gateway");
- Objetos de agrupamento (*Swimlanes* - elementos gráficos para agregação de subconjuntos, e.g. atividades): Grupo de Pistas ou Piscina ("Pools"); Pistas Individuais ("Lanes");
- Objetos de Ligação: Fluxo de Sequência; Fluxo de Mensagem; Associação;
- Artefactos (elementos gráficos para acrescentar informação adicional sobre os processos): Objeto de dados; Grupo; Anotação.

Eventos são acontecimentos que podem ocorrer, sujeitando o fluxo de um processo a atrasos, interrupções, términos, continuações ou começos de novas atividades. Representam-se por círculos e os seus tipos distinguem-se pelo limite exterior, existindo eventos de início, intermédios e de fim, na Figura 7 é possível observar a simbologia utilizada para representar os eventos.



Figura 7 - Eventos.

As atividades representam um trabalho executado num processo de negócio, consumindo um ou mais recursos da organização, requerendo algum tipo de input e produzindo algum tipo de output. São exemplos de atividades as tarefas atômicas e subprocessos que contém um maior nível de detalhe de um processo, na Figura 8 é possível observar a simbologia utilizada para representar as atividades.



Figura 8 - Atividades.

Os *gateways* são os objetos de controlo de fluxo, e são representadas por quadrados rodados de 90° ou por losangos. A porta exclusiva permite selecionar apenas um dos objetos seguintes do fluxo ou um dos anteriores. A porta inclusiva permite selecionar todos os objetos seguintes ou anteriores do fluxo. A porta complexa permite criar condições complexas de junção ou separação do fluxo. A porta paralela permite selecionar todos os objetos seguintes ou anteriores sem restrição de condição. Na Figura 9 é possível observar a simbologia utilizada para representar a *gateway*.



Figura 9 – Gateway.

Para uma melhor organização das atividades e respetivos participantes no diagrama, o BPMN contém o elemento *swimlanes*. As *swimlanes* contêm as *lanes*, representadas por um conjunto de pools que partilham um processo. As pools agem com um contentor para as atividades, organizando-as segundo o participante do processo. Na Figura 10 é possível observar a simbologia utilizada para representar as *swimlanes* e as *lanes*.



Figura 10 – *Swimlanes* e *lanes*.

Os artefactos permitem adicionar informação ao modelo, através de objetos de dados, comentários sobre a forma de anotação, e agrupar atividades dentro da mesma categoria. Na Figura 11 é possível observar a simbologia utilizada para representar as anotações.

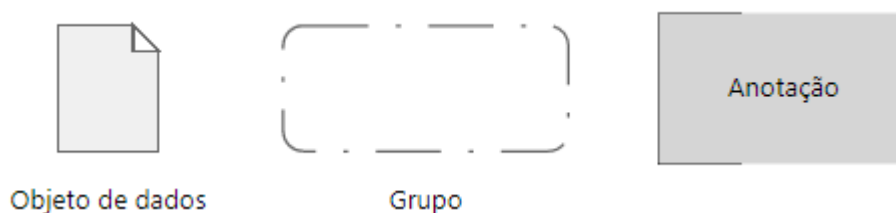


Figura 11 - Anotações.

É necessário ao longo do processo definir o sentido em que ocorrem as ações, para isso vão ser utilizados os conectores, ligando dois objetos no diagrama. Existem três tipos de conectores:

- Fluxo de Sequência- Define a ordem do fluxo de objeto num processo (atividades, eventos e decisões);
- Fluxo de Mensagem- Definição de fluxo de comunicação entre dois participantes ou entidades;
- Associação- utilizado para ligar artefactos (dados e outras informações) a outros objetos de diagrama, incluindo objetos de fluxo (atividades, eventos e decisões).

Na Figura 12 é possível observar a simbologia utilizada para representar os diferentes conectores.

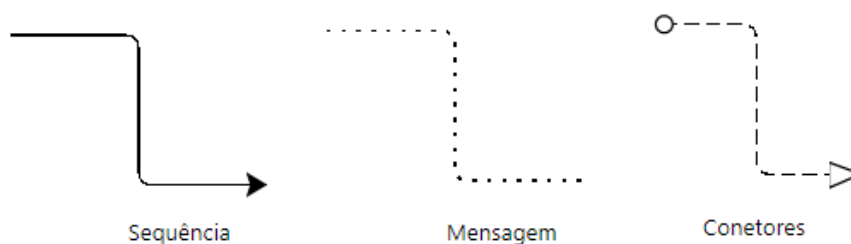


Figura 12 - Conectores.

Na presente dissertação foi utilizada a metodologia BPMN para a criação dos diagramas de processo. [16]

2.12 Centros de custos

Os custos são definidos como recursos consumidos num determinado período. Todas as empresas, independentemente do setor de atuação apresentam gastos que posteriormente se dividem em custos, e estes, em despesas variáveis e fixas ou, na perspectiva dos objetos de custo, em custos diretos e

indiretos. Os sistemas de custeio reúnem os modelos de cálculo e os procedimentos que permitem analisar os custos numa empresa.

Nos primórdios da contabilidade industrial, os custos fixos não eram relevantes e praticamente não havia necessidade de critérios de distribuição e alocação de gastos aos diversos produtos da empresa. Com o tempo e a criação de atividades cada vez mais complexas os gastos fixos e indiretos passaram a ter mais relevância dentro da empresa e tornou-se necessária a apropriação correta dos gastos nos custos diretos ou variáveis.

Os sistemas tradicionais focam-se no apuramento dos custos em três elementos: materiais utilizados na produção, mão-de-obra e custos indiretos de fabrico, tendo os dois primeiros como elementos principais na composição dos custos dos produtos. Os custos de fabrico, referem-se ao valor dos *inputs* usados na fabrico dos produtos da empresa. Exemplos desses inputs são: materiais, trabalho humano, energia elétrica, máquinas e equipamentos, entre outros.

Os custos de fabrico são normalmente divididos em: Matéria-Prima (MP), Mão-de-Obra Direta (MOD) e Gastos Gerais de Fabrico (GGF). Portanto, custos de fabrico ou de custos de produção podem ser dados pela seguinte equação: $CP = MP + MOD + GGF$.

Matéria-prima é todo o material submetido a transformação num processo industrial e que permanece no produto. Mão-de-obra direta resulta das despesas com os operários envolvidos diretamente na elaboração de um determinado tipo de bem entre os vários tipos que podem ser elaborados na empresa. Gastos gerais de fabrico são todos os custos relacionados com o serviço, tais como: materiais indiretos, depreciação de máquinas, serviços de manutenção, consumos diversos (e.g. energia) e mão-de-obra indireta. A mão-de-obra indireta é representada pelo trabalho realizado nos departamentos auxiliares que não são mensuráveis em nenhum produto.

2.12.1 Sistema de custeio baseado em centros de custos

O método está centrado na departamentalização da empresa, dividindo-a em setores chamados centros de custos. Os centros de custos visam enquadrar cada uma das atividades realizadas na empresa em algum centros de custos para facilitar a distribuição dos gastos.

Um centro de custos pode ser uma unidade da empresa (uma secção, um departamento, uma pessoa ou um processo) com custos diretos que lhe possam ser atribuídos. Além dos custos diretamente associados, também lhe são atribuídas determinadas percentagens dos custos gerais de uma empresa, permitindo assim isolar os custos totais de funcionamento dessa unidade.

2.12.2 Custo de transformação

O Custo de Transformação (CT) refere-se ao custo do processo de fabrico, ou seja, representa o custo da empresa na transformação de materiais diretos ou das atividades operacionais que visam a obtenção de um produto ou serviço. Os custos de transformação representam o esforço empregue pela empresa no processo de fabrico de determinado produto como mão-de-obra direta e indireta, energia, horas de máquina entre outros.

Nas secções de produção acumulam-se os custos de transformação (MOD e GGF), os gastos gerais de fabrico são distribuídos pelas secções principais bem como pelas secções auxiliares. O custo de transformação diz respeito ao custo total do processo produtivo representando assim o custo da transformação ou conversão de matéria-prima em produto acabado.

Estes custos estão relacionados com os gastos relativos à mão-de-obra (direta ou indireta), energia elétrica (máquinas e ambiente produtivo), depreciações de máquinas e equipamentos, manutenção, controlo de qualidade, planeamento de produção, entre outros, exceto materiais diretos e matérias-primas.

2.13 Codificação de artigos

As empresas sempre procuraram uma solução para que fosse possível identificar com facilidade a imensa diversidade dos materiais existentes. Esta solução consiste em representar por meio de um conjunto de símbolos alfanuméricos ou numéricos que traduzem as características dos materiais de forma racional, metódica e clara. Assim, nasceu o conceito de codificação, representando a variação da classificação dos materiais.

As cinco principais vantagens adquiridas através da utilização de um sistema de codificação interno são, nomeadamente:

- Facilitar a comunicação interna;
- Evitar a duplicidade de itens em stock;
- Permitir atividades de gestão de stocks e compras;
- Facilitar a padronização de materiais;
- Facilitar o controlo e contabilização do stock existente.[17]

Ao que o autor Dima ainda acrescenta:

- Racionalizar o processo de identificação de artigos;
- Encontrar os artigos com relativa facilidade quando solicitados;
- Permitir uma abordagem homogênea das informações, facilitando a identificação dos artigos tanto dentro quanto fora da empresa.

Assim, a atribuição de um código a um artigo tem como objetivo simplificar as operações na empresa.

O código facilita tanto mais quanto maior for o universo e a diversificação dos itens existentes na organização. Todos os sistemas de codificação devem conter os seguintes requisitos:

- Precisão: cada artigo tem uma única referência;
- Flexibilidade: o sistema deve permitir a fácil introdução de novas referências sem afetar a lógica do sistema de codificação;
- Homogeneidade: códigos homogêneos no número de caracteres;
- Oportunidade: o sistema deve ser concebido de forma a durar vários anos.

Para que um sistema de codificação seja suficiente para um elevado número de artigos, este tem de possibilitar ao utilizador a pesquisa facilitada de artigos. Assim, este tem de ser baseado numa ontologia comum que contenha a classificação dos artigos baseada nas famílias em que estes estão inseridos e que são utilizadas no PDM (*product data management*). Os códigos têm como base a família de artigos e as suas características adicionais são descritas por meio de atributos. Com esta abordagem é possível ter códigos semelhantes para artigos semelhantes e vice-versa, tornando esta abordagem comum e facilmente expansível. [18]

Existem sistemas de prevenção para que os erros associados à aquisição e transmissão de códigos sejam o mais baixo possível, nomeadamente:

- Campos segmentados ou pequenos;
- Evitar letras como “O, Q, i, l” pois confundem-se com os algarismos “0” e “1”;
- Evitar consoantes com dicção idêntica, como “B”, “P”;
- Zeros que principiam campos.

A deteção dos erros é essencial, assim como estruturar as regras de codificação incluindo mecanismos de prevenção de erros que combatam o erro humano [19].

2.14 Lista de Materiais

BOM- *Bill Of Materials*, do acrónimo inglês, define lista de materiais. Assim, uma BOM é uma listagem dos componentes, e respetivas quantidades, necessários para produzir o produto final. As listas de materiais fornecem uma representação da estrutura necessária para construir o produto, incluindo a relação entre este, os seus componentes e matérias-primas, as quantidades necessárias de cada um deles e os produtos intermédios necessários em cada montagem.

A BOM é também a base da partilha e passagem de informação entre os departamentos da empresa nas diferentes fases do processo. A gestão eficaz da lista de materiais ao longo do ciclo de vida dos produtos é uma das vantagens que permite às empresas manter a competitividade no mercado.

Existem três pontos importantes nos quais assentam os ideais de uma lista de materiais, nomeadamente:

- A BOM exibir todos os componentes necessários para produzir um dos artigos;
- Cada componente ou produto, possuir apenas um código de artigo específico e exclusivo para cada artigo;
- Um produto é definido pela sua forma ou função. Se houver alguma alteração numa das definições, o produto já não é o mesmo e, por isso, o seu código de artigo deve ser diferente.

A lista de materiais é um dos documentos mais importantes utilizado em empresas de produção. Estas são o input dos sistemas de planeamento e controlo de produção (PCP) para muitas funções tais como:

- Definição do produto: especifica os componentes necessários à sua produção;
- Controlo de mudanças na engenharia: quando o projeto de um produto, ou os componentes utilizados, são alterados, estas alterações e o controlo das mesmas é feito através da lista de materiais;
- Artigos de reposição: artigos que são necessários para reparar componentes que já não servem ao efeito inicial. Estes artigos são determinados a partir da lista de materiais;
- Pedido: quando um produto tem um número elevado de opções, o sistema de entrada é configurado pela lista de materiais;
- Produção: a lista de materiais fornece uma listagem dos componentes que são precisos produzir ou montar para serem utilizados no produto final;
- Custeio: o custo de um produto é dividido entre o material utilizado, a mão de obra aplicada e as despesas gerais. A lista de materiais permite calcular o custo do material utilizado na sua produção.

Assim, a BOM permite identificar os custos aplicados e fornecer informação sobre a necessidade de emissão de ordens de compra e ordens de produção, garantindo também a passagem de informação interna e externa sobre os produtos da empresa.[20], [21]

2.15 Lista operatória

A gama operatória, conhecida também como *Bill Of Operations* (BOO), de um artigo é um documento, característico de cada produto, que contém a listagem das operações a serem executadas para a produção do mesmo. A BOO representa o caminho que a produção seguirá, de centro de trabalho para centro de trabalho. Assim, a gama operatória deve existir para cada componente/produto que seja produzido e deve conter as seguintes informações:

- Operações a serem executadas;
- Sequência das operações;
- Centros de trabalho a serem utilizados;
- Centros de trabalho alternativos;
- Ferramentas necessárias em cada operação;
- Tempos padrão: tempos de setup e de execução para cada artigo.

A BOMO (*Bill-of-Materials-and-Operations*) é uma estrutura de dados que combina a lista de materiais (BOM) com a gama operatória (BOO) do produto, com o objetivo de sincronizar todas as perspetivas (pedidos do cliente, engenharia de produto, planeamento de operações).

Desta forma, um único documento (BOMO) suporta toda a informação necessária sobre o artigo a produzir, representando os componentes necessários, as respetivas quantidades (BOM) e todo o processo de produção do artigo final (BOO). Assim, a associação dos componentes às respetivas operações permite a obtenção dos documentos necessários à produção, referindo em que operações são utilizados os componentes, possibilitando a sua movimentação para os centros de trabalho onde vão ser necessários.

Tal como as listas de materiais, as gamas operatórias também são responsáveis por fornecer inputs a algumas funções dos sistemas de PCP. As gamas operatórias fornecem dados para a obtenção do plano da capacidade dos centros de trabalho, estas também têm outras funções tais como:

- Definição do produto: à semelhança da BOM, e em conjunto com esta, fornece informação fundamental sobre a produção do artigo. Especifica as operações necessárias e a sua sequência;
- Subcontratação: por falta de capacidade interna para corresponder à produção necessária, por vezes, é necessário subcontratar serviços ao exterior. A gama operatória define a informação sobre as operações a subcontratar;
- Programação da produção: a BOO ou gama operatória, contém informação necessária à programação da produção, como o tempo padrão de cada operação e as precedências entre as várias operações;
- Custeio: a BOM é utilizada para calcular o custo dos materiais utilizados na produção, a gama operatória é utilizada no cálculo do custo associado aos tempos padrões das operações. Ambas contribuem para a orçamentação final de uma produção. [20], [22]

2.16 UTA: Evolução histórica

Em 1902, um engenheiro recém-formado de 25 anos da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, chamado Willis Carrier, concebeu um método mecânico para regular as condições do ar. O controlo climático foi implementado para solucionar os desafios enfrentados por uma empresa nos dias quentes em Nova Iorque. Ele concluiu que poderia retirar a humidade da fábrica através do arrefecimento do ar por canais artificialmente arrefecidos. Na Figura 13 podemos ver Willis Carrier ao lado da sua primeira invenção.

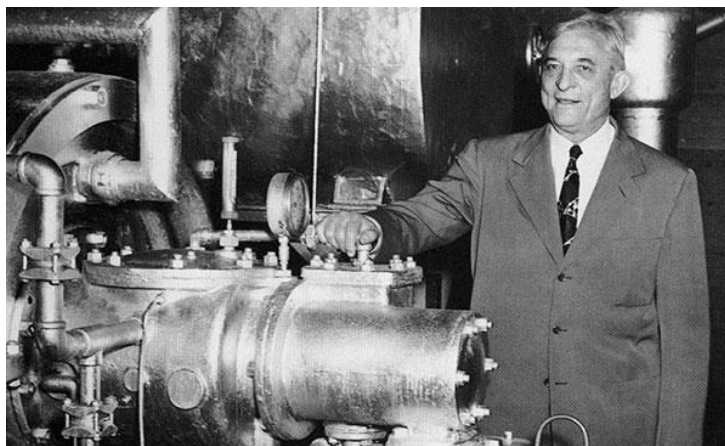


Figura 13 - Willis Carrier ao lado da sua primeira invenção. [23]

No entanto, apenas em 1906, o termo "ar-condicionado" surgiu graças a Stuart Cramer. Ele desenvolveu também o seu próprio aparelho para explorar maneiras de adicionar humidade ao ar na sua fábrica de tecidos, registando uma patente naquele ano.

Os primeiros dispositivos de regulação do ar, assim como os frigoríficos, utilizavam substâncias tóxicas ou inflamáveis, como amoníaco, clorometano e propano, o que poderia resultar em acidentes fatais em caso de fugas.

A primeira aplicação do ar-condicionado aconteceu numa mansão de Minneapolis em 1914. Nesse mesmo ano, Carrier instalou o primeiro sistema em um hospital em Pittsburgh. Esse sistema introduzia humidade extra no ar para reduzir a mortalidade causada pela desidratação.

Nos anos 20, os primeiros sistemas de ar-condicionado foram instalados em locais públicos, principalmente em cinemas. Na década seguinte, o setor de climatização continuou a crescer, e Willis Carrier criou um sistema que distribuía o ar em alta velocidade por canais chamados "*Weathermaster*", que ocupavam menos espaço do que os sistemas da época. Em 1939, alguns automóveis passaram a apresentar sistemas de ar condicionado, no entanto, eram caros, volumosos e pouco eficientes.

Em 1952, Carrier realizou a primeira produção em série de unidades centrais de ar-condicionado para o residências domésticas. Além disso, em 1957, introduziu o primeiro compressor rotativo, reduzindo o tamanho e tornando os aparelhos mais leves e silenciosos.

Na década seguinte, iniciou-se um mercado de amplitude mundial em expansão constante, com muito espaço para o desenvolvimento tecnológico. Na década de 1970, surgiram novos equipamentos compostos apenas por um condensador, bobinas e um ventilador, utilizando o R-12 como fluido refrigerante. Em 1977, foram desenvolvidas bombas de calor capazes de operar em temperaturas exteriores mais baixas, permitindo a climatização quente/frio.

Aproximando-nos dos dias atuais, em 1987, constatou-se que o fluido R-12, frequentemente utilizado, estava associado à destruição da camada de ozono, sendo proibido gradualmente em vários países. Apesar da assinatura do Protocolo de Montreal em 1987, que determinava a redução de substâncias nocivas ao meio ambiente, foi apenas na década de 90 que normas e práticas sustentáveis começaram a ganhar força no setor de climatização, permanecendo até hoje.

Em seguida, iniciou-se o desenvolvimento de fluidos frigorigéneos menos prejudiciais ao ambiente para serem utilizados nos novos modelos de ar-condicionado. A inovação desses sistemas continuou ao longo dos anos até o presente, sempre tendo em conta aos impactos ambientais que certas melhorias poderiam causar. Simultaneamente, o avanço da tecnologia impulsionou o aumento da eficiência energética desses equipamentos, melhorando a qualidade do ar interior.[23]

2.17 UTA: Caracterização e aplicabilidade

Uma unidade de tratamento de ar segundo a EUROVENT é uma “Uma caixa com painéis duplos de chapa com isolamento, composta pelo menos por um ventilador, um filtro e um componente que tenha ação sobre a temperatura do ar” (recuperador de calor, bateria de aquecimento ou de arrefecimento, humidificador ou desumidificador)

As UTAs são adequadas a todas as situações em que se exige um rigoroso controlo das condições do ar, nomeadamente temperatura, humidade, filtragem e pressão. Estes equipamentos são atualmente e na maioria dos casos, unidades modulares, isto é, para o mesmo caudal de ar a tratar poderemos ter mais ou menos módulos consoante o número de processos de tratamentos previstos para o ar, nomeadamente aquecimento, arrefecimento, recuperação de calor, filtragem, humificação e recirculação. As unidades de tratamento de ar têm como função renovar o ar poluído e saturado dos edifícios, trazendo ar fresco e limpo, com os níveis de temperatura e humidades certas.

As UTAs podem-se classificar em dois tipos:

1. Pela direção do movimento do ar: Unidirecional ou bidirecional

Uma UTA pode ser unidirecional ou bidirecional. Uma unidade de ventilação unidirecional é utilizada para movimentar o ar numa única direção e é composta por um ventilador, um filtro e um componente de aquecimento ou refrigeração. Por outro lado, uma unidade bidirecional pode fornecer e extrair ar do interior de um edifício.

2. Pela estrutura Compacta ou modular

Uma UTA compacta é um sistema instalado numa única carcaça que geralmente possui componentes de ventilação, como ventiladores, filtros e um sistema de recuperação de energia. A vantagem deste tipo de UTA é que requer muito menos espaço de instalação do que um sistema modular. No entanto, as unidades modulares de tratamento de ar oferecem muito mais flexibilidade.

2.18 UTA: Principais constituintes

As UTAs podem ser classificadas como simples ou complexas, dependendo dos módulos que possuem. Normalmente o módulo de ventilação, o módulo de filtragem e o módulo para Registos motorizados, recuperadores de calor, ventiladores, atenuadores acústicos e humidificadores/desumidificadores, são componentes frequentemente utilizados neste equipamento. Na Figura 14 estão representados aquecimento e/ou arrefecimento estão sempre presentes numa UTA. os principais módulos que se podem encontrar numa UTA.

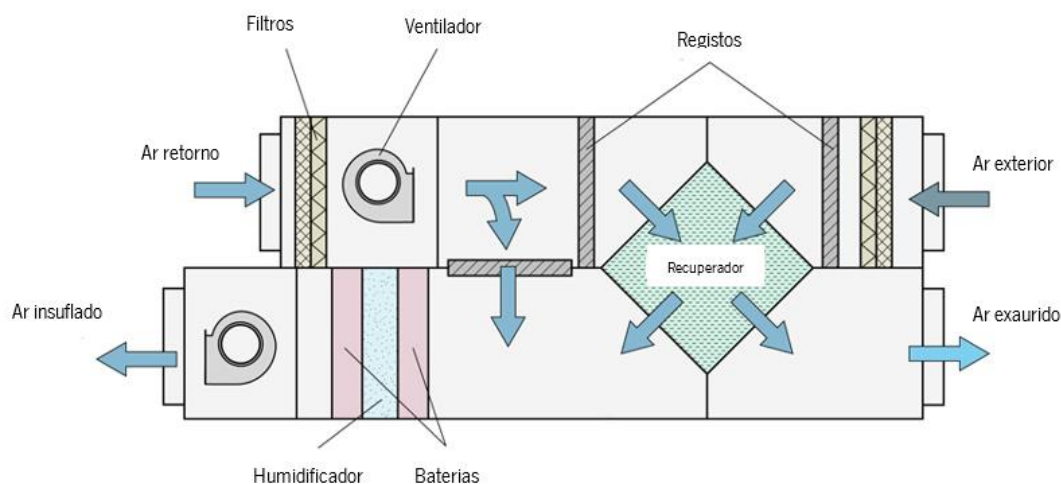


Figura 14 - Principais constituintes de uma UTA.

2.18.1 Módulo de ventilação

Os ventiladores, numa UTA, têm como principal função controlar a circulação do ar, para tal, o seu funcionamento consiste na rotação de pás através da energia fornecida por um motor elétrico, resultando então na deslocação de uma quantidade de massa de ar por unidade de tempo.

2.18.2 Módulo de aquecimento/arrefecimento

As baterias de aquecimento ou arrefecimento são componentes que também realizam a permuta de calor. Nas baterias de aquecimento ou arrefecimento a permuta é realizada entre o ar circulante da UTA e o fluido circulante nas serpentinas deste componente, as quais são compostas por um material de boa condutividade térmica.

A cada bateria de aquecimento/arrefecimento encontra-se associado um tabuleiro de condensados devidamente dimensionado com o objetivo de impedir que os condensados se desloquem juntamente com o ar ventilado na UTA o que poderia danificar os restantes componentes. As baterias classificam-se então, de acordo com o fluido utilizado, em baterias de aquecimento ou arrefecimento a água, baterias de expansão direta (também designadas por baterias DX) e baterias a vapor. Para aquecimento também podem ser implementadas resistências elétricas, cujo método de funcionamento baseia-se no efeito de Joule.

Sendo necessária a alimentação destes componentes, torna-se indispensável a adição de outro equipamento para fornecer o fluido circulante no interior das serpentinas da bateria. Como exemplos, associa-se por exemplo, à bateria a vapor, à bateria de arrefecimento a água e à bateria de expansão direta, respetivamente, um queimador, um “chiller” e um compressor.

2.18.3 Módulo de recuperação de calor

Os recuperadores de calor são componentes responsáveis por realizar uma troca de calor entre o ar interior, rejeitado, e o ar exterior a introduzir no espaço, transferindo a energia do rejeitado para o ar novo (AN). O objetivo é aproveitar parte da energia do ar de retorno para aquecer/arrefecer o ar novo e obter assim menores consumos de energia.

O funcionamento destes componentes consiste na passagem do ar de retorno e do ar novo em direções e/ou sentidos distintos, mas ambos passando por um conjunto de alhetas de alumínio, ou de outro material com boa condutividade térmica, que permitem a permuta térmica entre os dois fluxos. Os recuperadores de calor podem ser do tipo rotativo, de placas ou em contra fluxo.

Uma das soluções mais comuns dos recuperadores usados nas UTAs é o de fluxos cruzados, que é formado por placas de alumínio estampadas sobrepostas e inseridas em caixilho metálico. Outra das soluções bastante utilizada, é o recuperador do tipo roda térmica que consiste num rotor que roda por intermédio de um sistema de transmissão motor/correia. Uma solução mais recente é o recuperador de calor contra fluxo. O recuperador em contra fluxo possui duas zonas onde ocorre a transferência de calor. Uma zona de fluxo cruzado, partes triangulares, onde o ar flui de forma idêntica a um trocador de calor de fluxo cruzado e uma zona de contra fluxo, partes retangulares, com contra fluxo genuíno. Ainda existem os recuperadores do tipo " *Run-around coil*", mais conhecidos por recuperadores de baterias.

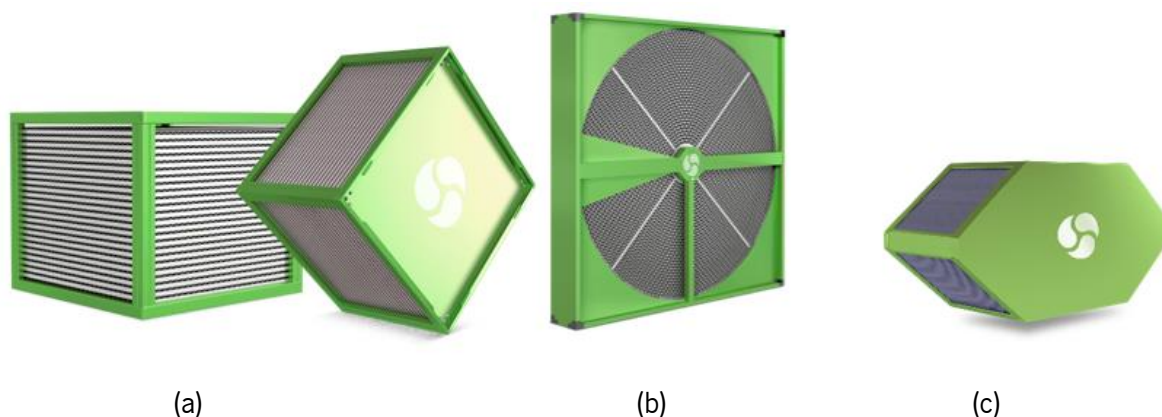


Figura 15 - Tipos de módulos de recuperação de calor. (a) Recuperador de fluxo cruzado (b) Recuperador de roda térmica (c) Recuperador de calor contra fluxo.[24]

2.18.4 Módulo de filtragem

O módulo de filtragem em Unidades de Tratamento de Ar (UTAs) desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade do ar interior. A sua função principal é filtrar partículas sólidas, poeira, pólen, e outros contaminantes presentes no ar. Para executar esta filtragem existem diferentes tipos de filtros, como podemos ver na Figura 16.

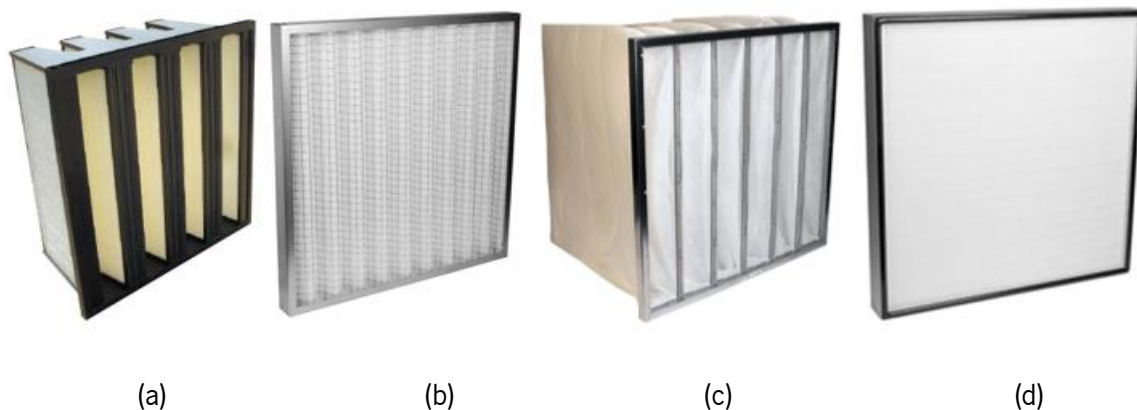


Figura 16 - Tipos de Filtros. (a) Filtros de Sacos Rígidos. (b) Filtro Plissado (c) Filtros de Sacos. (d) Filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air).[25]

2.18.5 Módulo de registo de caudal

Registos de caudal, ou simplesmente registros, são os componentes responsáveis pela regulação do ar na entrada e saída da UTA cuja circulação é produzida pelos ventiladores; são constituídos, geralmente, por um conjunto de lâminas, em aço galvanizado, que podem ser controladas manualmente ou automaticamente através de um atuador elétrico como se pode observar na Figura 17.

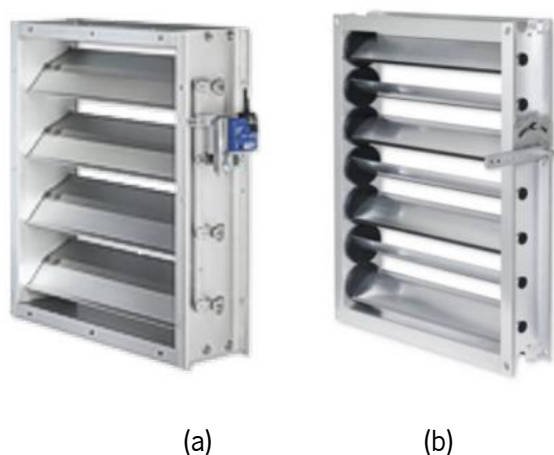


Figura 17 - Tipos de registo de caudal. (a) Registo de Caudal controlado através de um atuador elétrico. (b) Registo de caudal controlado manualmente.

2.18.6 Módulo de atenuação acústica

Este módulo é responsável por atenuar o ruído produzido pelos componentes mais ruidosos, nomeadamente os ventiladores e garantir, em determinadas circunstâncias, que estes valores cumpram os parâmetros permitidos na legislação em vigor. Utilizam materiais absorventes de alta densidade, e podem ser colocados antes e/ou depois dos ventiladores. [26], [27]

2.18.7 Complementos adicionais

Ainda existem outros acessórios que podem ser implementados, tais como:

- Humidificadores;
- Manómetros de Pressão
- Lâmpadas UV

2.19 UTA: Normas, regulamentos e certificações

Relativamente aos regulamentos e certificações adjacentes à conceção de UTAs, existem duas grandes entidades/diretivas, que irão ser responsáveis pela certificação destes equipamentos.

- Certificação EUROVENT;
- Diretiva Ecodesign.

2.19.1 Certificação EUROVENT

A certificação EUROVENT consiste numa entidade europeia que certifica o desempenho de aparelhos e componentes, ou seja, verifica o cumprimento das normas acima mencionadas, de acordo com as normas europeias e internacionais, nomeadamente a norma EN 1886, estabelecendo ainda uma metodologia de classificação do desempenho energético das UTAs. O objetivo é o de aumentar a confiança dos clientes, através do nivelamento dos padrões para todos os fabricantes, e aumentar assim a integridade e rigor das performances anunciadas.[28]



Figura 18 - Aspeto da etiqueta da EUROVENT.

2.19.2 Diretiva Ecodesign

Esta diretiva surge da necessidade de redução do consumo de energia e de recursos. Em 2009, foi assinada a Diretiva ErP/2009/125 que se aplica a todos os *Energy related products*.

A diretiva “aplica-se aos produtos relacionados com o consumo de energia, assim considerando qualquer bem colocado no mercado ou em serviço que tenha um impacto sobre o consumo de energia durante a sua utilização, incluindo as peças a incorporar nesses produtos como peças individuais colocadas no mercado ou em serviço para utilizadores finais, cujo desempenho ambiental possa ser avaliado de forma independente.”

A presente diretiva prevê a definição de requisitos a observar pelos produtos relacionados com o consumo de energia abrangidos por medidas de execução, com vista à sua colocação no mercado e/ou colocação em serviço. De acordo com esta, “os produtos relacionados com o consumo de energia podem ser significativamente melhorados para reduzir impactos ambientais e realizar poupanças de energia, através da melhoria da sua conceção, o que leva em simultâneo a uma economia de custos para as empresas e os consumidores finais, desde que esta melhoria não implique custos muito elevados”

Contribui para o desenvolvimento sustentável, na medida em que aumenta a eficiência energética e o nível de proteção do ambiente, e permite ao mesmo tempo aumentar a segurança do fornecimento de energia.

Os regulamentos derivados da ErP são obrigatórios para os estados-membros da União Europeia e abrangem produtos que são produzidos no espaço económico europeu e também importados de outros países. Os produtos para exportação para fora da União Europeia não são cobertos pelo regulamento. [29]

2.19.3 Normas

Existem certos regulamentos e diretivas específicas relativamente às UTAs que os fabricantes devem seguir como:

- EN 1886 - Métodos e requisitos dos testes para classificação das UTA's
- EN 13053 - Classificação e desempenho para unidades, componentes e secções de UTA's
- EN 13779 - Requisitos de ventilação
- ASHRAE 62.1 - Ventilação e qualidade do ar interior aceitável

A EN 1886 especifica métodos de teste, requisitos de teste e classificações para unidades de tratamento de ar, que fornecem e/ou extraem ar através de condutas que ventilam/condicionam uma parte ou a totalidade do edifício. A norma EN 13053 têm como objetivo classificar o desempenho dos componentes e secções das UTAs.[30], [31]

A EN 13779 é uma norma europeia que se aplica ao projeto e implementação de ventilação para sistemas de condicionamento para edifícios não residenciais sujeitas à ocupação humana, excluindo aplicações como processos industriais. [32]

A norma ASHRAE 62.1 especifica taxas mínimas de ventilação e outras medidas destinadas a fornecer ambientes internos qualidade do ar (QAI) que seja aceitável para os ocupantes e que minimize os efeitos adversos à saúde. [33]

3 Descrição e análise do estado atual

Devido à natureza do produto e ao seu elevado grau de personalização, a empresa opera com um sistema *Make To Order* (MTO). Nesse modelo, as necessidades de produção são desencadeadas pelas encomendas dos clientes. Esse tipo de sistema permite uma cadeia de produção mais fluida, reduzindo o desperdício, os *stocks* e, consequentemente, os tempos de inventário.

3.1 Descrição processo produtivo geral

O processo inicia-se com a receção de um pedido por parte do cliente o departamento de orçamentação (DO) procede à introdução da informação no “OCRAMSelect”, o programa de seleção da empresa, para a seleção da solução mais adequada e obter um orçamento.

O orçamento é enviado para o cliente. Após a adjudicação por parte do cliente à procede-se à confirmação da encomenda enviando ao cliente a folha de confirmação de encomenda (FCE), que o cliente deverá assinar e devolver.

Após a receção da FCE, o Departamento de Produção (DP) procede ao planeamento das OP e paralelamente procede à encomenda dos materiais e inicia a preparação do Dossier OP do qual fazem parte desenhos técnicos; especificações e lista materiais.

Com a receção dos materiais o departamento de produção (DP) dá início à produção das UTA's, fazendo o acompanhamento de acordo com a Checklist Acompanhamento UTA's. O Departamento GTC faz o acompanhamento de acordo com a Checklist Eletrificação e Teste UTAS.

Para os QE é realizado o acompanhamento de acordo com o projeto e quando o quadro estiver eletrificado é realizada a inspeção e realizado um ensaio registando num relatório de ensaios. No caso do GTC a validação é realizada de acordo com Lista de Pontos anexa à proposta enviada ao cliente.

No final após validação da conformidade, a UTA é expedida para o cliente. Entregando o manual de instruções e a declaração de conformidade da máquina. No caso dos QE é enviado Manual de instalação, declaração de conformidade e projeto.

O fluxograma modelado em BPMN encontra-se abaixo na Figura 19.

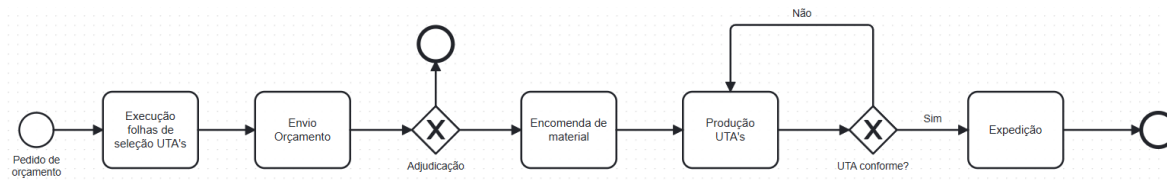


Figura 19 - Fluxograma do processo produtivo geral.

3.2 Descrição do processo produtivo detalhado

O Dep. Comercial recebe uma encomenda por parte do cliente. Com base no pedido do cliente, é realizada uma análise inicial para compreender a natureza do projeto em questão. A encomenda pode ser classificada sob duas nomenclaturas distintas: PRJ ou VD.

Uma VD, significa venda direta, é utilizada nos casos de venda de mercadoria, ou seja, produtos sem valor acrescentado (ex: bateria). Um PRJ, significa projeto, é utilizada nos casos em que é pedida uma ou mais máquinas. Um projeto pode, futuramente, ser adjudicado caso a solução e o orçamento agradem ao cliente.

Após a análise inicial, o Dep. Comercial regista o PRJ/VD no software Salesforce. Na Figura 20 é apresentada a primeira parte da modelação do processo da venda direta.

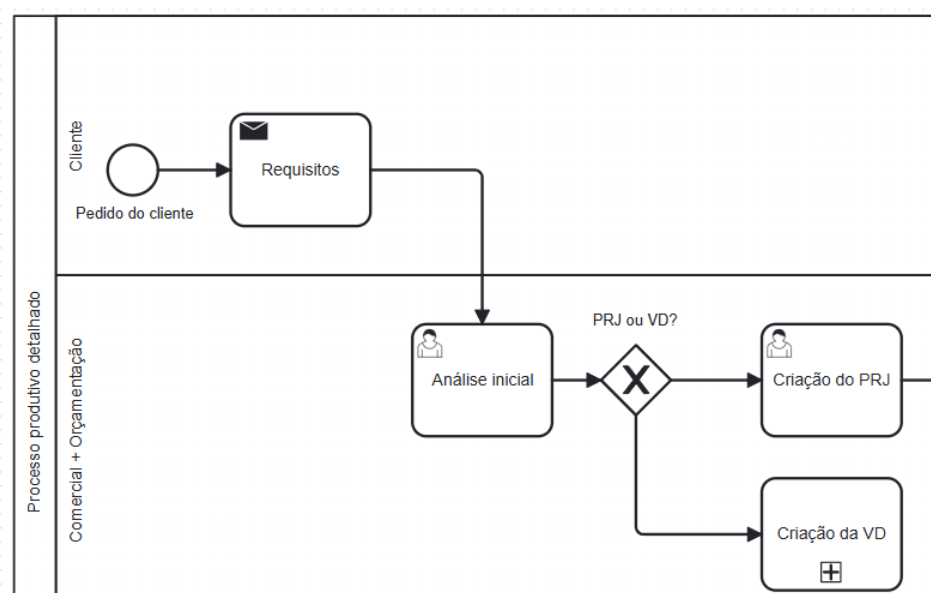


Figura 20 - Primeira parte da modelação do processo produtivo detalhado.

Caso seja um PRJ, é feita, depois, uma análise da informação pelo Dep. Orçamentação. O cliente geralmente envia um caderno de encargos ou uma memória descritiva, mas por vezes pode apenas enviar uma lista com dois ou três requisitos. Caso a informação seja suficiente procede-se então à análise

do caderno de encargos, caso a informação não seja suficiente envia-se um pedido ao cliente solicitando mais informações.

Com toda a informação necessária, o Dep. de Orçamentação faz a análise detalhada à memória descritiva e procede à seleção da solução no OCRAMSelect. Normalmente, as máquinas fabricadas pela OCRAM são personalizadas para atender às necessidades específicas de cada cliente. Após a seleção no OCRAMSelect, os projetos são classificados como abrangidos pelas gamas existentes ou como produtos novos que serão direcionados para o Dep. de I.D.I. Na Figura 21 é apresentada a segunda parte da modelação do processo produtivo detalhado em BPMN.

Dessa forma, o Departamento de Orçamentação pode chegar a duas conclusões:

Gama Existente: Indica que há uma solução dentro das gamas já validadas que pode satisfazer as necessidades do cliente.

Novo Produto: Indica que não existe uma gama atual que atenda às necessidades do cliente, e o projeto será encaminhado ao Departamento de I.D.I (Investigação, Desenvolvimento e Inovação) para avaliar a viabilidade de criar um novo produto.

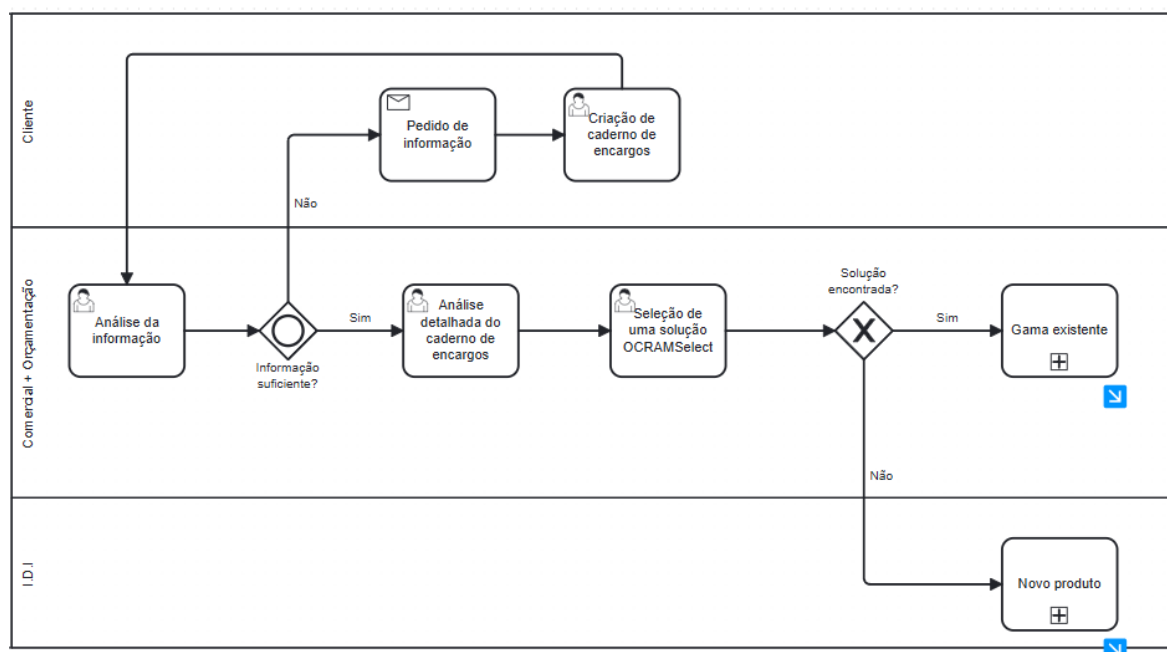


Figura 21 - Segunda parte da modelação do processo produtivo detalhado

3.2.1 Venda Direta

No caso de uma VD, venda direta, o Dep. Comercial cria uma VD no software e retira as informações necessárias sobre o material e envia ao Dep. Produção. O gestor de projeto é realiza a seleção do componente, que poderá ser necessária e envia um pedido de necessidade ao Dep. Compras que posteriormente irá realizar a encomenda de material. Por fim o Dep. Logística será responsável pela receção da matéria-prima e também e pelo embalamento e expedição da carga. A Figura 22apresenta o processo de venda direta em BPMN.

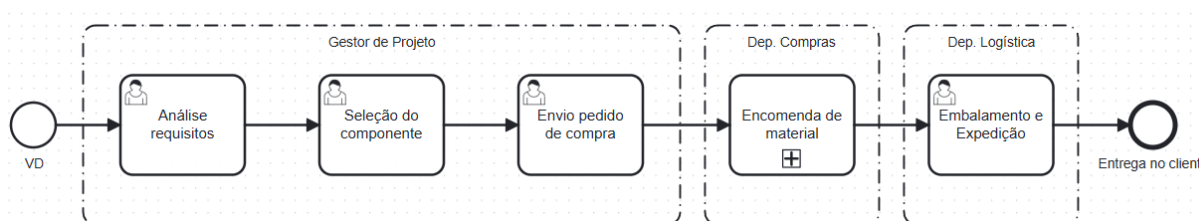


Figura 22 - Modelação do processo de venda direta.

O processo de encomenda de matéria-prima engloba a encomenda de componentes, definição de prazos de entrega aceitáveis para o cliente e o registo e validação da encomendas. O processo termina com a receção do material juntamente com o seu embalamento e expedição por parte do Dep. Logística. A Figura 23 apresenta a modelação do subprocesso de encomenda do material.

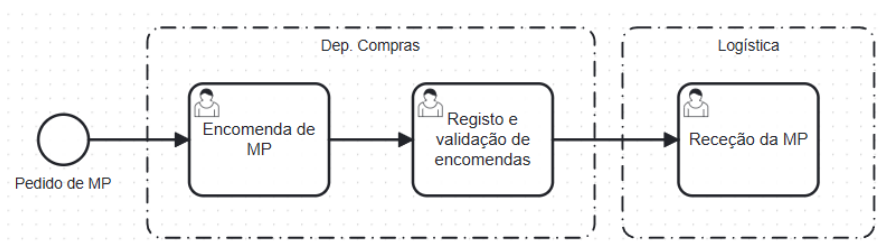


Figura 23 - Modelação do subprocesso de encomenda de material.

3.2.2 Proposta

3.2.2.1 Gama existente

Caso, o Dep. Orçamentação ache uma solução capaz de satisfazer o cliente, envia o orçamento e uma ficha de controlo à parte e o orçamento. Caso o cliente pretenda transporte o Dep. Logística ficará responsável por realizar um plano de carga e depois com esse plano vai adicionar o valor do transporte ao orçamento.

Caso seja de agrado do cliente, ele pode adjudicar a obra ou não. O cliente pode também pedir a revisão da solução caso a solução final não lhe agrade ou simplesmente os parâmetros desejados foram alterados. Caso o cliente adjudique o Dep. Orçamentação envia a informação da solução para o Dep. Produção em que lhe será atribuído um gestor de projeto. A Figura 24 demonstra a primeira parte da modelação do processo produtivo para produtos da gama existente.

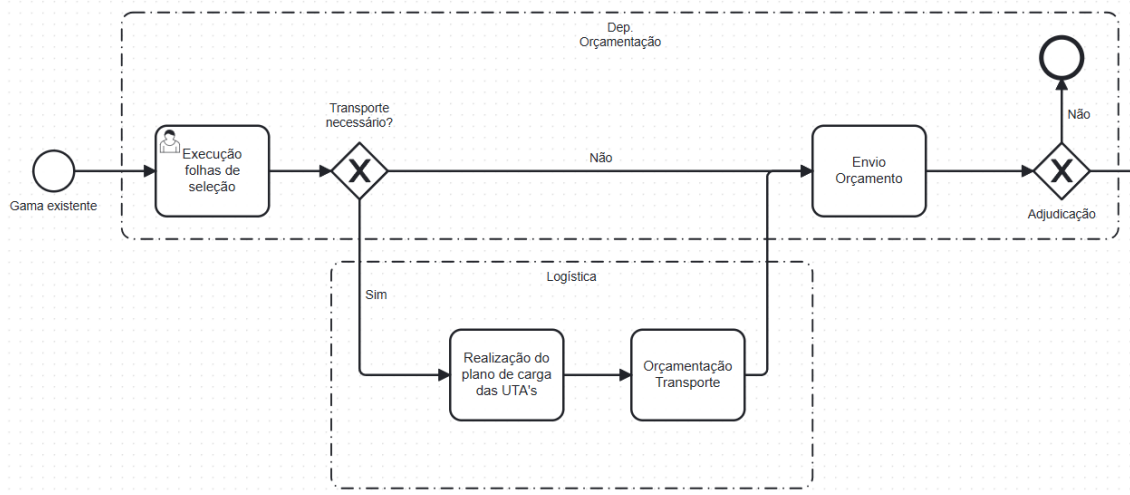


Figura 24 - Primeira parte da modelação do processo de produtivo da gama existente.

O gestor de projeto ficará encarregue de enviar a FCE (folha de confirmação de encomenda) em que o cliente terá de indicar os lados de acesso que deseja e aguardar a confirmação por parte do cliente. Quando for confirmada a FCE, o gestor inicia a preparação das UTA's no OCRAMSelect (ex: corrigir tamanhos dos painéis para tamanhos semelhantes)

Depois realiza o envio do pedido de calhas, painéis e redes de proteção para HICUT, o pedido de matéria-prima mecânica(ventiladores, baterias, recuperadores) para o Dep. Compras e o pedido de QE caso o cliente tenha escolhido controlo e também realiza a preparação do Dossier OP, a preparação das etiquetas em formato digital e a preparação da estimativa de consumos. A Figura 25demonstra a segunda parte da modelação do processo produtivo para produtos standard.

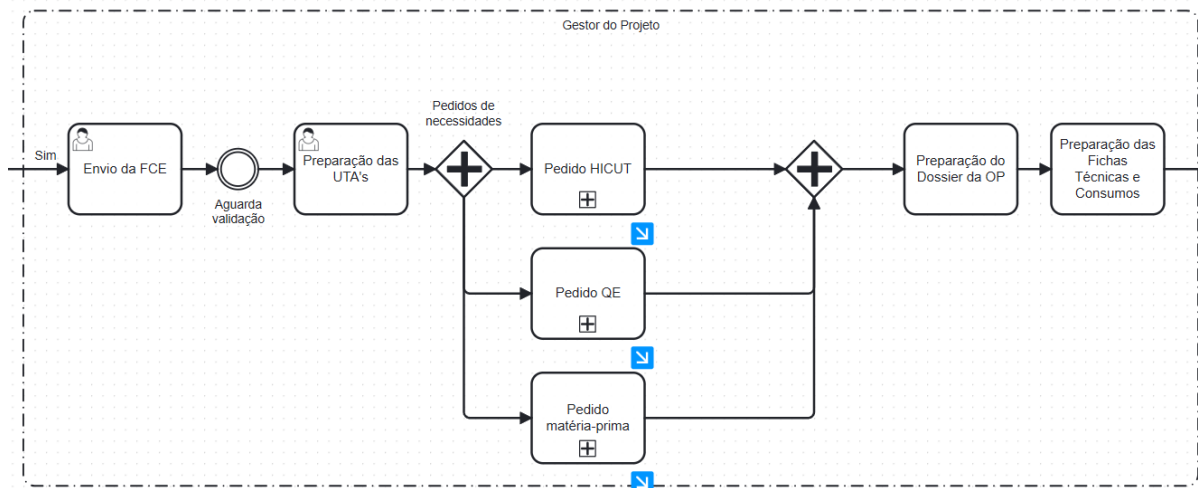


Figura 25 - Segunda parte da modelação do processo produtivo da gama existente.

O Dep. Produção envia o Dossier da O.P. ao Dep. Direção de produção que irá realizar o planeamento das ordens de produção e enviar as ordens de produção para o chão de fábrica. A Figura 26 demonstra a terceira parte da modelação do processo produtivo para produtos standard.

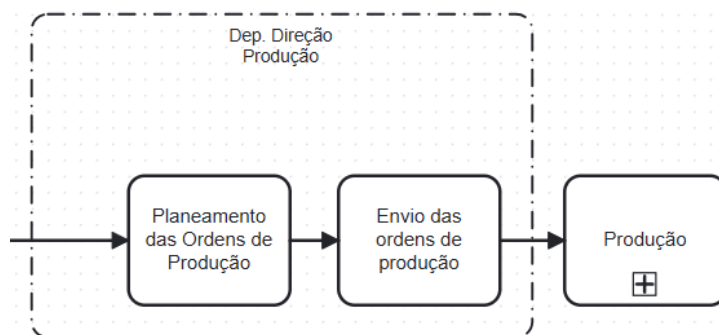


Figura 26 - Terceira parte da modelação do processo produtivo da gama existente

Relativamente ao HICUT, com a entrada do pedido do gestor do projeto é realizada uma análise se existe capacidade para produzir internamente ou se terá de ser realizado por fornecedores externos. Caso seja realizado internamente é realizado uma preparação dos desenhos para produção.

Após a realização dos desenhos técnicos dos painéis e dos elementos de fixação com as respetivas indicações para Corte a Laser e Quinagem é realizada a programação para corte a laser minimizando o desperdício. Na Figura 27 é apresentado o fluxograma referente ao processo descrito acima.

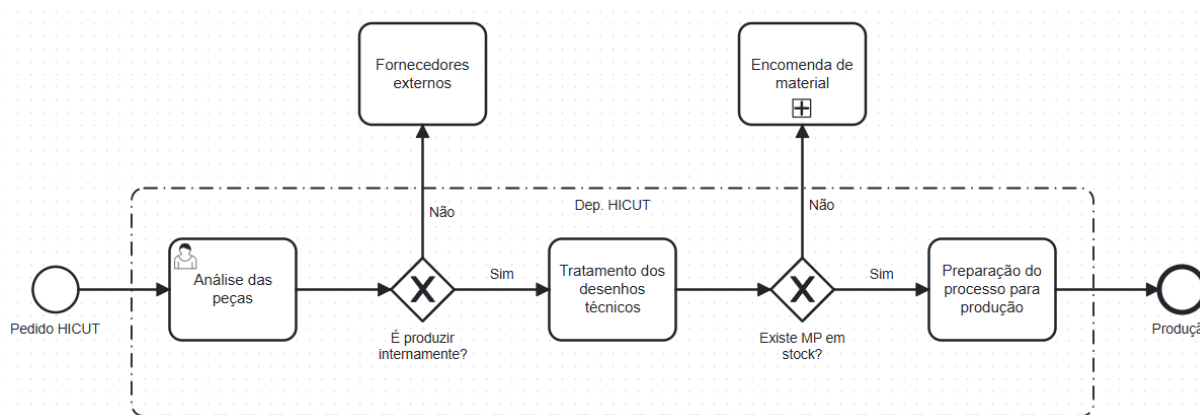


Figura 27 – Modelação do subprocesso pedido de matéria-prima para o HICUT.

Caso seja eletrificada envia um pedido de quadro elétrico ao Dep. QE Escritórios para procederem ao seu fabrico. Com a entrada do pedido pelo gestor de projeto inicialmente preparam-se os esquemas elétricos. Após isso procede-se à preparação do Dossier QE e posteriormente ao planeamento das ordens de produção e envio das ordens de produção.

O departamento dos quadros elétricos acaba por ter um planeamento independente uma vez que tanto trabalha internamente para as UTA's como também para externos acaba por ter um planeamento independente dos restantes departamentos. Na Figura 28 encontra-se a modelação do subprocesso de pedido de quadro elétrico.

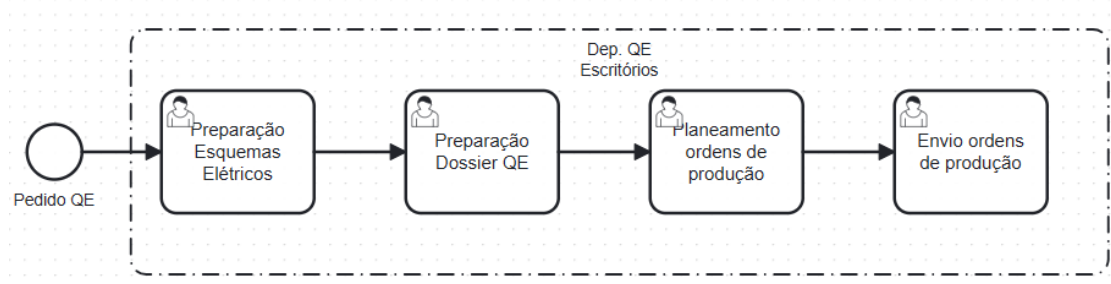


Figura 28 – Modelação do subprocesso pedido de quadro elétrico.

3.2.2.2 I.D.I

Inicialmente o Departamento de Investigação Desenvolvimento e Inovação realiza uma análise preliminar de custo/proveito para perceber se valerá a pena desenvolver. A Figura 29 demonstra a modelação da parte inicial do processo de desenvolvimento de um novo produto.

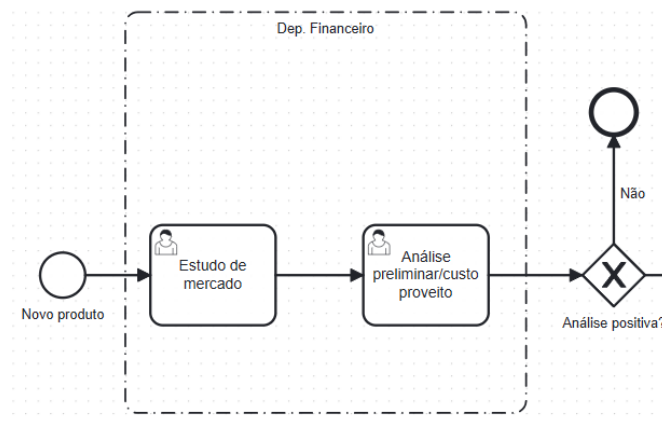


Figura 29 - Primeira parte da modelação do processo de desenvolvimento de um novo produto.

Caso a análise preliminar seja positiva é designada uma equipa e procede-se a uma análise extensiva ao estado de arte, depois inicia-se a o desenvolvimento do produto com a criação de conceitos e por fim é feita uma análise e validação do modelo. Caso o modelo seja validado inicia-se a construção do protótipo, primeiro faz uma preparação para produção, depois enviam-se os pedidos de necessidades para o HICUT, para os quadros elétricos e para o Dep. Compras para toda a matéria-prima mecânica.

Após enviar os pedidos, o processo é semelhante ao processo produtivo standard, procede-se á preparação do dossier da ordem de produção e enviam-se os pedidos de necessidades. Depois, o Dep. I.D.I envia o Dossier do O.P. ao Dep. Direção de produção que irá realizar o planeamento das ordens de produção e enviar as ordens de produção para o chão de fábrica. Na Figura 30 apresenta-se a segunda parte do modelo de processo produtivo para os produtos que passam pelo Dep. I.D.I, o processo completo encontra-se no Apêndice 3.

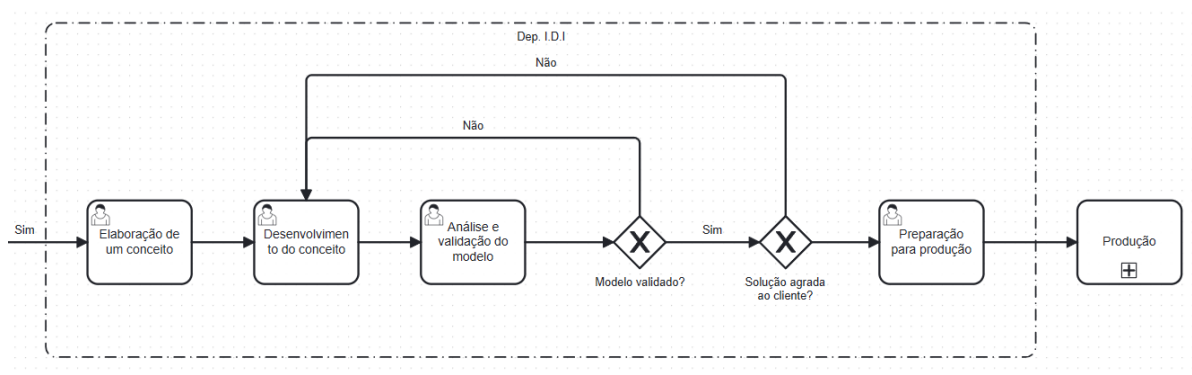


Figura 30 - Segunda parte da modelação do processo de desenvolvimento de um novo produto.

3.2.3 Produção

HICUT:

O Departamento de HICUT Escritórios coloca os programas diretamente na pasta da OP, que será acedido pelo operador no software da máquina de corte a laser. Na pasta da OP estarão todos os programas necessários para a execução da ordem de produção. A secção do HICUT produção recebe os desenhos técnicos, que contêm as informações sobre o material, o tamanho da chapa, a espessura e o programa específico para a peça desejada.

As chapas são armazenadas em um carrinho e, posteriormente, encaminhadas para a etapa de quinagem. A secção de quinagem recebe os desenhos técnicos (presentes no dossier da OP), que contêm todas as informações necessárias para realizar o processo, incluindo ângulos de quinagem e todas as dimensões essenciais.

Após a quinagem, é feita uma verificação das medidas a todas as peças para impedir qualquer erro que possa ter acontecido durante o processo. As peças quinadas são armazenadas numa área específica, com a indicação da OP para que os departamentos que necessitarem desses componentes intermédias possam localizá-las facilmente.

Serralharia:

A secção de serralharia é totalmente responsável pelo corte de perfis utilizados na montagem de estruturas e na fabrico de mesas em tubo galvanizado retangular. Além disso, a serralharia fabrica redes de proteção, lonas e tabuleiros de condensados, recebendo produtos intermédios da secção do HICUT produção.

Os perfis de alumínio são cortados à medida para a montagem das estruturas das máquinas. Para as mesas, a estrutura é feita em tubo facar e os perfis são unidos através de soldadura. No caso das redes de proteção, são cortados os perfis e a rede à medida, montando-se a rede no perfil e colocando-se uma calha, proveniente do HICUT, para fechar a rede. As lonas utilizam perfis cortados e quinados ,provenientes do HICUT, que são soldados na secção de serralharia, sendo depois cravada a lona. Os tabuleiros de condensados passam por corte e quinagem no HICUT, sendo posteriormente soldados e equipados com o tubo de esgoto na secção da serralharia.

Isolamento Térmico e Acústico:

A secção de Isolamento térmico e Acústico recebe as chapas dos painéis da secção HICUT produção. Recebe também indicações do tipo de máquina que se trata uma vez que esse fator vai influenciar a espessura de lã de rocha que será colocada.

Para montar um painel primeiro coloca-se nos painéis interiores, baguete PVC para permitir colocar lã de rocha entre os painéis. O painel interior vem diretamente do HICUT enquanto o painel exterior vem da secção da pintura. Quando for colocado a baguete PVC no painel interior, juntamente com a lã de rocha cortada à medida da chapa do painel interior este é rebitado com o painel exterior dando origem a um painel completo que será depois assembled na máquina.

Para além disso, o Departamento de Isolamento também fabrica portas das UTA's. Nas portas não se utiliza a baguete PVC usam-se apenas duas chapas, uma interior e uma exterior, com lã de rocha no interior. É neste departamento que também se colocam as dobradiças e manipuladores das portas.

Pintura:

A secção da pintura recebe uma ficha de planeamento mensal dada pelo gestor de projeto em que são dadas indicações sobre que peças é necessário pintar. Normalmente pintam apenas os painéis exteriores, mas podem pintar também telhados, calhas, chapas de ventiladores dependendo da preferência do cliente.

Normalmente, o processo de pintura começa pela preparação que engloba um tratamento de polimento e um tratamento de fosfatização. O tratamento de fosfatização tem como objetivo elevar a resistência à corrosão das peças metálicas e melhorar a aderência da tinta ao substrato.

Após a preparação é aplicado o endurecedor juntamente com o primário e deixa-se secar o primário completamente. Depois é aplicado o esmalte em várias camadas finas e deixa-se secar completamente. Por fim, é aplicado o verniz, geralmente duas a três camadas, em camadas finas sobre o esmalte seco.

As peças da secção da pintura têm de cumprir com a ISO 12944. A ISO 12944 é uma norma internacional sobre proteção contra corrosão de estruturas de aço por sistemas de pintura de proteção. A norma fornece apoio na seleção do esquema de pintura mais adequado tendo em conta a categoria de corrosividade, o tipo de superfície que se pretende proteger e a durabilidade pretendida.

Categoria de corrosividade	Exemplos de ambientes	
	Exterior	Interior
C1 muito baixa	-	Edifícios aquecidos com atmosferas limpas, por exemplo, escritórios, lojas, escolas e hotéis.
C2 baixa	Atmosfera com baixo nível de poluição, principalmente áreas rurais.	Edifícios não aquecidos onde pode ocorrer condensação, por exemplo, armazéns e pavilhões desportivos.
C3 média	Atmosferas urbanas e industriais com baixa poluição de dióxido de enxofre (IV). Áreas costeiras, com baixa salinidade.	Salas de produção em instalações a instalações com humidade elevada e alguma poluição, por exemplo, instalações de processamento de alimentos, lavandarias, fábricas de cerveja e de laticínios.
C4 alta	Zonas industriais e áreas costeiras de média salinidade.	Indústrias químicas, piscinas, estaleiros navais.
C5 muito alta	Áreas industriais com humidade elevada e atmosfera agressiva. Áreas costeiras com alta salinidade.	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição.
CX extrema*	Áreas offshore com elevada salinidade e zonas industriais com humidade extrema e atmosfera agressiva e atmosferas tropicais e subtropicais.	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com atmosfera agressiva.

Figura 31 - Categorias de corrosividade tendo em conta o tipo de ambiente.

As classes vão de C1 a CX consoante o ambiente típico a que vai estar sujeito, como pode ser visto na Figura 32. A ISO 12944 especifica também uma ordem de quatro intervalos de tempo para classificar a durabilidade.

CLASSIFICAÇÃO	DURABILIDADE
Baixa (L)	Até 7 anos
Média (M)	7 a 15 anos
Alta (H)	15 a 25 anos
Muito Alta (VH)	Mais de 25 anos

Figura 32 - Durabilidade pretendida para o esquema de pintura.

Para cumprir com os requisitos da proteção anticorrosiva é efetuada uma verificação da micragem das peças utilizando um medidor de espessura húmida e/ou um medidor de espessura seca.



(a)



(b)

Figura 33 - (a) Medidor de Espessura de Filme Húmido (tipo pente) (b) Medidor de Espessura de Filme Seco.

Montagem:

A secção da montagem recebe todas as peças intermédias e é responsável pelo processo de montagem da máquina.

A estrutura é fabricada em perfis de alumínio extrudido, unidos por cantos em nylon reforçados. Os cantos são fixados à estrutura por rebites em cada uma das extremidades. A união e acerto dos módulos entre si é feita através de uniões e guias de módulos, utilizando porcas e parafusos. Para garantir uma perfeita estanquicidade entre secções é utilizada uma fita esponjosa do tipo EPDM autoaderente colocada entre as faces adjacentes dos perfis.

O chassis fabricado em perfis em “U”, proveniente do HICUT, é rebitado à estrutura. Os painéis fixos ou amovíveis do tipo sandwich, com isolamento em lã de rocha, também serão rebitados à estrutura. No interior, os painéis serão em chapa de aço galvanizado e pelo exterior serão em chapa de aço zincor.

Em seguida, são instaladas calhas interiores, chapas dos ventiladores, suportes são assembladas em seguida com recurso a fixação por rebites. Posteriormente são fixados os componentes mecânicos (ventiladores, baterias, recuperadores de calor). Caso seja o caso, são rebitados os telhados à UTA e por último são colocados as portas e os registos com recurso a parafusos.

Eletrificação:

Após a montagem são efetuadas todas as ligações da UTA ao quadro elétrico e são efetuados alguns testes para verificar se se encontra tudo a funcionar devidamente.

Controlo de qualidade:

O gestor de projeto será responsável por realizar o controlo de qualidade e validação para expedição. O controlo de qualidade engloba uma checklist de verificação para a parte mecânica e outra checklist para a parte elétrica e também implica fotografar as UTA's para garantir a rastreabilidade do produto.

Logística:

A logística é responsável pela limpeza e embalamento das máquinas e também para tratar da expedição do material. No final a UTA é expedida para o cliente entregando o manual de instruções e a declaração de conformidade da máquina. No caso dos quadros elétricos é enviado o manual de instalação, declaração de conformidade e projeto.

O Dep. Logística também é responsável pelo arquivo e organização das capas (Dossiers OP's) e pela gestão de resíduos (ex: pintura) e pedidos de recolha de sucata.

3.3 Conclusões do estado atual

Após a análise, concluiu-se que a empresa enfrentava dois problemas principais: não era possível estabelecer um prazo de entrega, pois não se sabia com precisão o estado atual de produção e também faltava a existência de um planeamento detalhado. Para além disso, apresentava uma orçamentação irrealista, verificada pelas discrepâncias entre os valores de mão de obra estimados pelo OCRAMSelect, o software de seleção da empresa, e os valores reportados pelo Departamento de Logística.

No final do dia, os operadores entregavam uma folha com as obras em que trabalharam e as horas correspondentes, mas esses dados estavam sujeitos a muitos erros.

Iniciou-se este projeto com o objetivo de resolver estes problemas, garantindo maior precisão no controlo da produção, no planeamento e na orçamentação, reduzindo erros e otimizar os processos operacionais.

4 Melhorias / soluções adotadas na linha de fabrico

Este capítulo tem como objetivo apresentar as melhorias e/ou soluções adotadas durante o período da dissertação. Inicialmente irá focar-se na implementação da plataforma MES da empresa, posteriormente, irá ser abordado a reestruturação dos códigos de artigo e a criação de um sistema de custeio baseado em centro de custos.

4.1 Implementação do MES

Inicialmente, foi iniciado um processo de levantamento de necessidades cruciais em conjunto com a WIP e a SmartGlobe.

A WIP - Technology Centre é uma empresa sediada em Braga, fundada em janeiro de 2021. A WIP foca-se no desenvolvimento de sistemas digitais complexos em geral que ajudem as empresas nos seus processos chave e na produtividade em geral, combinando componentes de hardware e software. A empresa oferece ainda serviços de integração, construindo pontes de comunicação entre plataformas e interfaces de configuração compartilhadas.

A SmartGlobe Business Solutions, sediada em Braga, é uma empresa dedicada principalmente à consultoria e desenvolvimento de software, fundada com a missão de oferecer soluções tecnológicas inovadoras e eficazes. A SmartGlobe foca-se principalmente na consultoria especializada para a implementação de software Primavera.

Após o levantamento conclui-se que seria necessário:

1. Organização e levantamento dos centros de trabalho e operações: Estruturação e mapeamento dos centros de trabalho e operações, proporcionando uma visão clara e detalhada do fluxo de produção.
2. Criação de um sistema de identificação de artigos: Definição e criação de um sistema eficiente para identificação de artigos, permitindo uma gestão mais precisa e organizada do inventário.
3. Construção de fichas técnicas e BoM (*Bill of Materials*): Desenvolvimento das fichas técnicas e BoM para garantir uma gestão eficiente dos recursos e materiais necessários em cada etapa do processo produtivo.

A SmartGlobe concentrou-se na reorganização dos artigos, na gestão de armazéns e na componente documental do ERP da empresa, o ERP Primavera V10. A WIP ficou encarregada de conceber uma plataforma para a gestão individualizada de cada obra, com ordens de fabrico distintas para cada projeto, possibilitando a obtenção de tempos de operação específicos.

Além disso, a WIP ficou encarregue de fornecer um sistema integrador com o ERP, facilitando a integração das ordens de fabrico, registos de diários de trabalho e documentos de stock para entradas e saídas de mercadorias. A WIP também ficou responsável pela integração com a plataforma de desenho de UTA's da Vieira e Lopes, conhecida como OCRAMSelect, com o objetivo de incorporar as BoM geradas pelo software na plataforma MES, permitindo movimentos de stocks automáticos e cálculos de necessidades de materiais.

Em conjunto e com o objetivo de facilitar o processo de implementação, foi definido um plano de implementação em diagrama de Gant com as atividades mais importantes a realizar por cada uma das entidades. O diagrama encontra-se disponível no Anexo I.

4.1.1 Estratégia de implementação

Para a estratégia de implementação foi escolhida a implementação passo a passo, implementando apenas alguns processos no novo sistema. Além disso, a formação dos utilizadores pode ser realizada de forma faseada. A estratégia passo a passo foi a escolhida uma vez que reduz significativamente o risco de insucesso. Implica, no entanto, um investimento maior em termos de tempo.

4.1.2 Processo de implementação

Para esta implementação entende-se que a abordagem adequada tem por base uma visão faseada da implementação. Esta abordagem permite a análise e desenho da plataforma como um todo, construindo uma base sólida para o processo de implementação.

Deste modo, é possível, uma gestão de mudança gradual o que permite à OCRAM, o envolvimento de todos intervenientes necessários desde o início do projeto, uma correta adaptação à solução e o acompanhamento adequado dos utilizadores na fase inicial de funcionamento.

Após o desenvolvimento inicial da plataforma tornou-se necessário preparar a plataforma MES para uma primeira fase de testes, incorporando as seguintes informações essenciais:

- Definir o âmbito do MES
- Arquitetura da plataforma
- Definição de níveis de permissões
- Criação dos centros de trabalho
- Criação das operações
- Criação das equipas de trabalho
- Criação de roteiros de operações

- Criação da lista de funcionários

4.1.3 Âmbito do MES

Na empresa são utilizadas diferentes nomenclaturas para categorizar os diferentes tipos de ordens de produção, reparações e vendas. OP (Ordem de Produção) refere-se às ordens relacionadas ao fabrico da parte mecânica do produto. QE (Ordem de Produção Quadro Elétrico) abrange as ordens de produção dos quadros elétricos que compõem os produtos, podendo também ser para externos. GTC (Ordem de Produção Controlo) são ordens para o sistema de controlo das Unidades de Tratamento de Ar (UTA), podendo também, como no caso dos quadros elétricos, ser para venda externa.

OR (Ordem de Reparação) são emitidas para reparar defeitos e não conformidades. Têm, no entanto, de ser consideradas uma vez que afetam a produção. IDI (Ordem de Produção) refere-se ao fabrico de protótipos de novos produtos. PV (Ordem de Produção Pós-Venda) abrange ordens relacionadas a serviços pós-venda que podem exigir a intervenção da produção, como o fabrico de componentes para substituição.

VD (Venda Direta) refere-se à venda de produtos diretamente, sem qualquer valor acrescentado pela produção. Esses produtos apenas passam pelo armazém para receção e expedição, não exigindo qualquer processo de produção adicional.

Para a plataforma MES, foi decidido que devem ser consideradas todas as atividades que impactam diretamente o planeamento e a capacidade de produção. Isso inclui ordens de produção(OP,QE e GTC), reparações, desenvolvimento de protótipos e pós-venda. A Tabela 2 apresenta todas as nomenclaturas da empresa, indicando aquelas que serão registadas em MES.

Tabela 2 - Nomenclaturas consideradas para registo em MES.

O que vai ser registado?		
Nomenclaturas	Sim	Não
OP	x	
QE	x	
GTC	x	
IDI	x	
OR	x	
PV	x	
VD		x

Portanto, as nomenclaturas OP, QE, GTC, OR, IDI e PV devem ser integradas na plataforma. As ordens de venda direta (VD), não envolvem processos produtivos adicionais, exceto logísticos no armazém. Logo,

não impactam o planeamento da capacidade produtiva e, por isso, não serão incluídas na plataforma MES.

4.1.4 Arquitetura do software

A plataforma está dividida em quatro grandes áreas:

1. Configuração: Esta área é dedicada à criação e gestão das operações, centros de trabalho e roteiros de operação. Além disso, é aqui que se associam as operações aos centros de trabalho.
2. Recursos: Nesta área, são geridas as informações dos utilizadores, criados os perfis de utilizadores e atribuídas as permissões necessárias. Adicionalmente, é onde se formam as equipas de trabalho.
3. Produção: Esta área é responsável pela criação de projetos e as ordens de fabrico correspondentes. Para além disso, permite o acesso e criação de diários de trabalho manuais.
4. Dashboard: Esta área oferece visibilidade em tempo real das operações da empresa. É possível observar em que projetos e ordens de fabrico os funcionários estão a trabalhar em tempo real.

4.1.5 Níveis de utilizadores

O software será dividido em três níveis de utilizadores para garantir a segurança e a eficiência na gestão das operações.

Operador:

- Registo de diários de trabalho

Gestor:

- Dashboard
- Produção -> Criação de projetos, ordens de fabrico, criar/aceder diários de trabalho
- Recursos -> Criação de equipas de trabalho

Administrador da plataforma:

- Dashboard
- Produção -> Criação de projetos, ordens de fabrico e criar/aceder diários de trabalho manuais
- Recursos -> Criação/alteração perfis de utilizadores, criação de equipas de trabalho; conceder permissões
- Configurações -> Criação de operações, centros de trabalho e roteiros de operação

O primeiro nível é o do Utilizador Operador que terá acesso limitado. Este utilizador poderá realizar registos de produção, visualizar o planeamento e efetuar registos de diários de trabalho. O objetivo principal deste nível é facilitar as operações diárias, permitindo que os operadores registem e monitorizem as suas atividades sem acesso a informações de planeamento ou configuração.

O segundo nível é o do Utilizador Gestor. Inicialmente pensado como tendo acesso completo ao software, teve o seu acesso à informação redefinido para garantir maior segurança da informação. O Utilizador Gestor poderá visualizar todo o planeamento, registar diários de trabalho, criar e gerir novos utilizadores, bem como definir operações e centros de trabalho. Este nível permite que os gestores configurem e planeiem as operações, mantendo a ordem e a eficiência do processo produtivo.

Por fim, o terceiro nível é o do Utilizador Administrador, criado para gerir informações de maior sensibilidade, que não seriam apropriadas para todos os gestores. O administrador terá acesso completo ao software incluindo informações sensíveis, como por exemplo a informação de login dos utilizadores da plataforma. Este nível assegura que a informação confidencial seja acessível apenas a um grupo restrito de utilizadores, mantendo a segurança e privacidade dos dados.

4.1.6 Configurações

4.1.6.1 Centros de trabalho e operações

Um centro de trabalho pode ser uma máquina, um conjunto de máquinas ou mesmo um conjunto de pessoas pertencentes a uma determinada secção. Trata-se na sua essência de um bloco produtivo com pessoas e/ou máquinas, sobre o qual pretendemos planejar, controlar custos e avaliar a sua performance financeira e produtiva.

Durante a configuração inicial, foram definidos e criados os centros de trabalho, que representam áreas ou setores específicos da produção de uma empresa. A cada centro de trabalho foram associadas operações específicas.

Para criar uma operação, é necessário fornecer o código da operação, uma descrição e indicar se é permitida a seleção de múltiplas ordens de fabrico. Várias secções podem trabalhar em várias ordens de fabrico simultaneamente. Portanto, foi criada a possibilidade de selecionar múltiplas ordens de fabrico para atender às necessidades dessas secções específicas e facilitar o registo de diários de trabalho.

Quando esta característica está ativa, para uma determinada operação, permite ao operador selecionar múltiplas ordens de fabrico para registar em diários de trabalho.

Com base na explicação do processo produtivo, foram estabelecidos no MES os centros de trabalho, definidas as operações e realizadas as associações das operações a seus respectivos centros de trabalho. Na Tabela 3 é apresentado a listagem das operações associadas aos respectivos centros de trabalho juntamente com o tipo de seleção utilizada para cada operação.

Tabela 3 - Operações associadas aos centros de trabalho e tipo de seleção.

Centro de Trabalho	Operação	Descrição	Tipo de seleção
QE	PRE3	Preparação QE	Única
QE	EST1	Estruturação QE	Única
QE	FUR1	Furação de Portas	Única
QE	ELE1	Eletrificação QE	Única
QE	TES1	Teste/Ensaio QE	Única
GTC	PRE4	Preparação de Obra	Única
GTC	PRO1	Programação GTC	Única
GTC	TES2	Teste/Ensaio GTC	Única
GTC	DOC1	Elaboração Documentação	Única
GTC	SAT1	Assistência Técnica	Única
Engenharia	PRE1	Preparação OP	Múltipla
HICUT	CRT1	Corte	Múltipla
HICUT	QUI1	Quinagem	Múltipla
HICUT	MAN1	Manutenção HICUT	Única
Isolamento	LAR1	Lã de Rocha	Única
Pintura	PRE2	Preparação Pintura	Múltipla
Pintura	PIN1	Pintura	Múltipla
Pintura	MAN2	Manutenção	Única
Montagem	MTE1	Montagem da estrutura	Única
Montagem	MTP1	Montagem dos painéis	Única
Montagem	MTF1	Montagem Sistemas de Fixação	Única
Montagem	MTM1	Montagem dos componentes mecânicos	Única
Logística	LIM0	Logística	Múltipla
Logística	LIM1	Limpeza	Múltipla
Logística	EXP1	Expedição	Múltipla
Serralharia	CRT2	Corte Perfil	Múltipla
Serralharia	SER1	Outros serviços serralharia	Múltipla

Atualmente, essa opção é utilizada em todas as operações da secção da pintura, HICUT, logística e serralharia uma vez que na análise do estado atual observou-se que estas secções trabalham com mais de uma ordem de fabrico simultaneamente.

A pintura por exemplo pinta todos os painéis do mesmo projeto simultaneamente, o HICUT corta todos os chassis do mesmo projeto simultaneamente e a logística quando vai expedir, expede o projeto inteiro, ou seja, está a trabalhar em múltiplas ordens de fabrico simultaneamente e a secção da serralharia realiza o corte do perfil para todas as ordens de fabrico. A opção da seleção múltipla é importante para

conseguir retratar de forma realista o que acontece no chão de fábrica e também para facilitar o registo dos diários de trabalho.

Para além disso, cada centro de trabalho pode utilizar tipos de registos diferentes. O tipo de registo irá indicar se o centro de trabalho é intensivo em termos de máquinas ou de mão de obra ou intensivo em maquinaria e mão de obra. Existem, então, três tipos de registos possíveis para um centro de trabalho.

1. Registo tipo homem - H
2. Registo tipo máquina - M
3. Registo tipo homem/máquina – HM

Registo tipo homem (H): Este tipo de registo irá contabilizar apenas o tempo gasto em mão de obra para uma determinada operação. Este tipo de registo também inclui o uso de ferramentas de uso e desgaste rápido.

Registo tipo máquina (M): Este tipo de registo irá contabilizar apenas o tempo gasto pela máquina para uma determinada operação.

Registo tipo homem/máquina (HM): Este tipo de registo contabiliza o tempo gasto em mão de obra e o tempo gasto pela máquina para uma determinada operação. Este tipo de registo é utilizado em caso de máquinas de elevado valor em que continua a ser necessária a presença de um operador para a transformação da matéria-prima. Na Tabela 4 são apresentados os tipos de registo associados aos centros de trabalho produtivos.

Tabela 4 - Tipos de registo associados ao centro de trabalho.

Centro de Trabalho	Tipo de Registo
QE	Homem
HICUT	Homem-máquina
Isolamento	Homem
Pintura	Homem
Montagem	Homem
Logística	Homem

No caso da secção do HICUT foi considerado o registo tipo homem-máquina uma vez que nesta secção possuímos tanto a máquina corte laser como também a quinadora, dois equipamentos de elevado valor, em que será importante contabilizar o custo associado às operações de corte e quinagem. As restantes

secções são intensivas em mão de obra em que a única maquinaria utilizada são ferramentas de uso e desgaste rápido pelo que se decidiu utilizar o registo tipo homem.

Para além do tipo registo a ser aplicado por centro de trabalho, um fator muito importante é a definição correta do custo/hora por centro de trabalho. Devido a inexistência de centros de custos, os cálculos eram feitos manualmente e não se tinha muita certeza se estes valores se aproximavam à realidade. Devido a vários fatores, mas principalmente garantir uma orçamentação o mais realista foi decidido a implementação de um sistema de custeio baseado em centros de custos. O procedimento relativo à sua implementação encontra-se descrito na subsecção 4.3 Implementação de um sistema de custeio baseado em centros de custos.

Quando for implementada a secção de planeamento na plataforma, os centros de trabalho serão também utilizados para o planeamento de necessidades de capacidades em que a produção é dividida pelos centros de trabalho com vista a ir de encontro à capacidade singular de cada um, de forma a cumprir os prazos pretendidos.

4.1.6.2 Roteiros de operações

Um roteiro lista as operações necessárias para fabricar um produto em ordem sequencial. Cada operação dentro do roteiro identifica informações específicas, como o centro de trabalho e também operação a ser realizada assegurando um fluxo de trabalho estruturado e eficiente.

Para além disso para cada tipo de produto, é necessário definir um roteiro de operações. Esse roteiro detalha todas as operações que devem ser realizadas. Na parte inicial da implementação dos roteiros foi necessário decidir o nível de detalhe nos roteiros. O objetivo seria balancear a quantidade de registos de modo a conseguir depois dados significativos e de forma que não resulte em registos excessivo para os operadores.

Os roteiros poderiam ser extremamente detalhados até ao nível do parafuso, mas, nesse caso, o operador perderia mais tempo a registar a operação que propriamente a realizá-la, ou quase sem detalhe nenhum utilizando apenas conceitos muito gerais como Fabrico, mas neste caso, não se obteriam dados significativos para uma futura análise.

Inicialmente com o objetivo de fazer uma integração faseada e de acostumar os operadores com o software foi criado um roteiro base muito simplificado que apenas continha a Preparação Obra, o Fabrico, a Limpeza e Embalamento e a Expedição, como se pode observar na Figura 34.

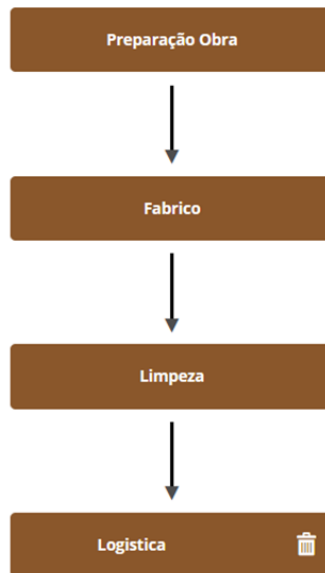


Figura 34 - Roteiro inicial utilizado na 1ª fase de testes pela parte mecânica.

Após os operadores estarem mais confortáveis com o software criaram-se mais dois roteiros, um para cada grande tipo diferentes de produtos, um roteiro para a parte elétrica e um roteiro para GTC.

Na Figura 35 é apresentado o roteiro relativo ao fabrico de quadros elétricos. O roteiro é constituído pela preparação que diz respeito à criação dos esquemas elétricos e a preparação do Dossier QE que contém todas as informações necessárias para o seu fabrico, a estruturação do quadro, a furação das portas a eletrificação, a testagem e realização de ensaios e por fim a sua expedição.

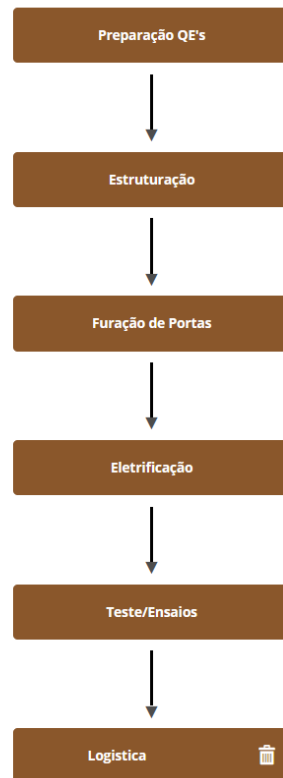


Figura 35 - Roteiro de operações para o fabrico de quadros elétricos utilizado na 1ª fase de testes pela parte elétrica.

Um sistema de Gestão Técnica Centralizada é a base para a gestão eficiente de um edifício. Na Figura 36 é apresentado o roteiro criado para o GTC que é constituído pela preparação que engloba a preparação dos esquemas elétricos e a preparação do dossier QE, depois temos a programação de acordo com os pontos acordados com o cliente. Após a programação é efetuada a testagem do sistema e caso o cliente esteja satisfeito com a solução procede-se à elaboração da documentação necessária. Por fim a assistência uma vez que a OCRAM também oferece assistência técnica caso ocorra algum problema posterior.

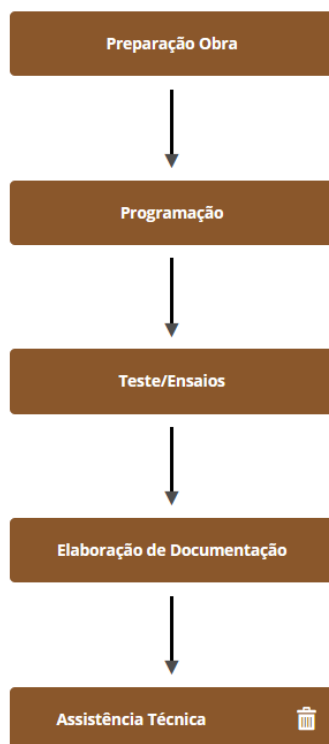


Figura 36 - Roteiro de operações para o desenvolvimento de sistemas GTC utilizado na 1ª fase de testes.

Ao separar o processo em fases significativas podemos depois chegar tanto a tempos médios totais de fabrico como também tempos médios por operação das máquinas. Isto irá permitir um cálculo de planeamento de necessidades de capacidade com valores mais realistas, uma orçamentação mais realista com valores de tempo reais e também irá permitir a análise dos efeitos de melhorias de processo quando são aplicadas melhorias de processo.

4.1.7 Produção

4.1.7.1 Ordens de Produção

Por defeito o gestor do projeto irá abrir uma nova ordem de produção, sempre em MES, quando recebe o email de nova OP por parte de um dos orçamentistas. O projeto será fechado automaticamente quando todas as suas ordens de fabrico forem terminadas. Existe, depois, também a opção de abrir o projeto manualmente para a criação de mais ordens de fabrico por exemplo de pós-venda ou venda direta.

Para a criação de um projeto, é necessário o preenchimento de vários campos. Na Figura 37 podemos observar os campos a preencher para a criação de um projeto na plataforma MES. Abaixo encontra-se uma explicação detalhada de cada um desses campos:

The form consists of several input fields arranged in a grid-like structure:

- Código de projeto:** A text input field.
- Semanas:** A text input field.
- Data de início:** A date picker showing '01/07/2024'.
- Data de entrega:** A date picker showing '01/07/2024'.
- Descrição:** A large text area with the placeholder 'Description'.
- Total (€):** A text input field.
- Cliente:** A text input field.
- Gestor:** A text input field.
- Comercial:** A text input field.
- Orçamentista:** A text input field.

At the bottom left, there is a link: [- VER MENOS](#)

Figura 37 - Campos a preencher para a criação de um projeto.

Campos a preencher:

Data início: Este campo é preenchido automaticamente com a data em que o projeto foi criado.

Data fim: Este campo é preenchido manualmente e indica a data prevista para a conclusão do projeto. É essencial para definir os prazos e controlar o progresso do projeto.

Semanas: Este campo calcula automaticamente a duração do projeto em semanas, com base nas datas de início e fim. Caso se preencham as datas de início e fim, o campo Semanas é atualizado automaticamente. Da mesma forma, se se preencherem a data de início e o número de semanas, a data de fim será calculada automaticamente.

Descrição: Nome do projeto.

Total(€): Este campo regista o valor total adjudicado ao projeto.

Cliente: Campo de seleção que contém uma lista de clientes provenientes do ERP Primavera.

Gestor: Campo identifica o utilizador responsável pela gestão do projeto. Como será sempre o gestor do projeto a criar as ordens de produção este campo por defeito será preenchido com a pessoa que cria o projeto.

Comercial: Campo de seleção que inclui uma lista de vendedores do ERP Primavera.

Orçamentista: Campo de seleção com a lista de orçamentistas do ERP Primavera.

4.1.7.2 Ordens de fabrico

Por defeito também será o gestor do projeto a abrir as ordens de fabrico após a abertura do projeto correspondente. Uma ordem de fabrico será finalizada quando a última operação do roteiro é finalizada.

Para a criação de um projeto, é necessário o preenchimento de vários campos. Na Figura 38 podemos observar os campos a preencher para a criação de uma ordem de fabrico na plataforma MES. Abaixo encontra-se uma explicação detalhada de cada um desses campos:

O formulário 'Criar ordem de fabrico' apresenta os seguintes campos:

- Ordem de fabrico ***: Campo de texto com o valor '240128'.
- Data de entrega**: Campo de data com o valor '28/06/2024' e ícone de calendário.
- Projecto ***: Campo de seleção com o valor 'Choose one' e seta para baixo.
- Quantidade ***: Campo de texto com o valor 'Quantidade'.
- Descrição ***: Campo de texto com o valor 'Descrição'.
- Tempo previsto ***: Campo de texto com o valor 'Tempo previsto'.
- Total (€)**: Campo de texto com o valor 'Total (€)'.
- Área (m2)**: Campo de texto com o valor 'Área (m2)'.
- Artigo**: Campo de texto com o valor 'Artigo'.

Botões de ação: **CANCELAR** (em vermelho) e **SEGUINTE** (em vermelho).

Figura 38 - Campos a preencher para a criação de uma ordem de fabrico.

Campos a preencher:

Ordem de fabrico: Este campo é preenchido de forma automática sequencialmente conforme a nomenclatura definida.

Data de entrega: Data de entrega prevista da máquina, campo preenchido manualmente.

Projeto: Campo de seleção para selecionar a OP a que corresponde a OF. Serve para vincular a ordem de fabrico com a ordem de produção.

Quantidade: Campo preenchido manualmente para indicar a quantidade de máquinas a serem fabricadas conforme a ordem.

Descrição: Refere-se ao modelo específico da máquina que será fabricada, preenchido manualmente.

Tempo previsto: Este campo é preenchido manualmente com a previsão dada pelo OCRAMSelect

Total (€): Regista o valor total adjudicado ao fabrico da máquina, preenchido manualmente.

Área (m²): Indica a área de montagem necessária para o fabrico da máquina, preenchido manualmente.

Artigo: Corresponde ao código do artigo, preenchido manualmente.

Referência do cliente: É o nome ou identificação específica da máquina definida no projeto, campo preenchido manualmente.

4.1.7.3 Diários de trabalho

Os diários de trabalho são ferramentas essenciais para a gestão e otimização dos processos de produção. Eles permitem a monitorização detalhada das atividades realizadas pelos operadores e máquinas, registrando informações sobre as tarefas executadas, tempos de início e de finalização. Além disso, ajudam a rastrear a produtividade de cada operador e máquina, identificando áreas com potencial para melhorias. Todos os diários de trabalho poderão posteriormente ser acedidos na plataforma podendo ser filtrados por funcionário e data. A Figura 39 apresenta uma visão detalhada dos diários de trabalho.

▲	██████████	2024-06-28				07:55:22
			07:54:55	11:42:32	OP_23_64	240128.FABR
						03:47:37
			11:44:05	11:57:27	OP_24_44	58.FABR
						00:13:22
			12:59:14	15:58:10	OP_24_44	58.FABR
						02:58:56
			15:58:40	16:54:07	OP_24_44	59.FABR
						00:55:27

▲	██████████	2024-06-28				07:49:45
			07:54:55	11:42:32	OP_23_64	240128.FABR
						03:47:37
			11:43:06	12:57:45	OP_23_64	240128.FABR
						01:14:39
			14:06:00	14:08:35	OP_24_44	51.FABR
						00:02:35
			14:08:55	14:45:08	OP_24_44	59.FABR
						00:36:13
			14:45:42	16:54:23	OP_24_44	58.FABR
						02:08:41

Figura 39 - Visão detalhada dos diários de trabalho.

Caso aconteça algum problema, o gestor pode proceder a criação de diários de trabalho, em que com o preenchimento dos campos designados, o campo 4 irá filtrar as ordens de fabrico disponíveis ,naquele centro de trabalho, naquele dia, para facilitar a criação do novo diário de trabalho. Na Figura 40 é apresentada a interface para a criação de novos diários de trabalho.

1. Em que posto de trabalho deseja registrar a ordem de fabrico?

Choose one

2. Qual o funcionário que fez o trabalho?

Choose one

3. Qual foi a operação executada?

Choose one

4. Em que ordem de fabrico foi executado o trabalho?

Não existem dados para mostrar.

5. Em que dia foi feito o trabalho?

06/06/2024

6. Qual a hora de início e de fim?

Desde

0 h 0 min

Até

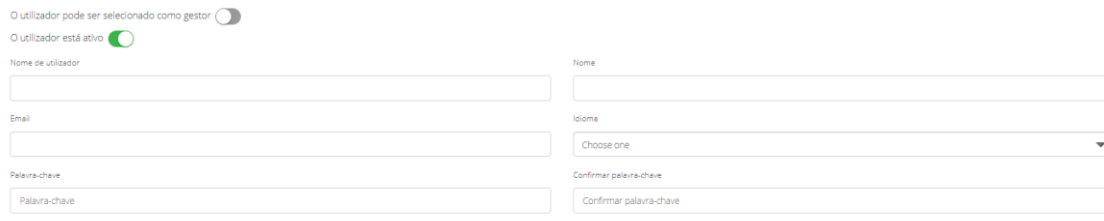
0 h 0 min

Figura 40 - Interface de criação de diário de trabalho.

4.1.8 Recursos

4.1.8.1 Utilizadores

Tanto a lista de usuários da plataforma quanto as equipes de trabalho foram criadas utilizando a listagem de pessoal da empresa. Foram definidos os perfis de usuários e concedidas as permissões adequadas. Na Figura 41 é possível observar a interface para a criação de um novo utilizador na plataforma MES da empresa.



O utilizador pode ser selecionado como gestor ☐

O utilizador está ativo ☒

Nome de utilizador

Nome

Email

Idioma

Palavra-chave

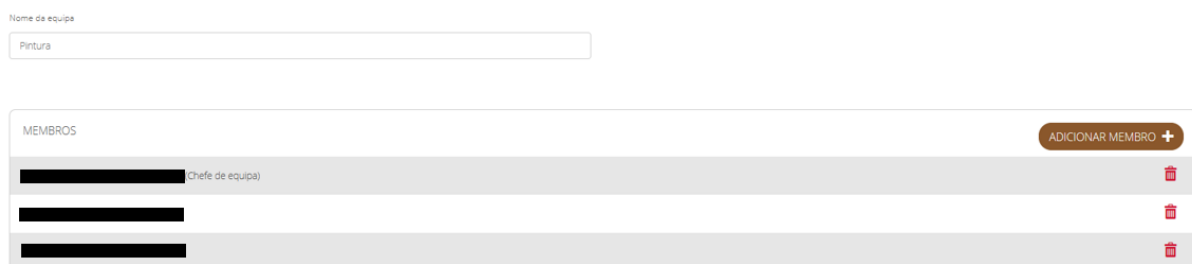
Confirmar palavra-chave

Figura 41 - Interface de criação de novo utilizador.

4.1.8.2 Equipas de trabalho

Durante a criação da equipa, também é designado um chefe de equipa. Este chefe de equipa será responsável por registar as operações realizadas pela equipa.

Na Figura 42 é apresentada a interface para a criação de equipas de trabalho e adição de membros. Durante a criação da equipa, também é designado um chefe de equipa. Este chefe de equipa será responsável por registar as operações realizadas pela equipa.



Nome da equipa

MEMBROS

ADICIONAR MEMBRO +

	(Chefe de equipa)	

Figura 42 - Interface de criação de equipas na plataforma MES.

4.1.9 Interfaces

As *Graphic User Interfaces* (GUI's) podem ser usadas para visualizar informações na forma de *dashboards* ou interagir com o MES para executar qualquer ação no sistema. É importante que exibir os dados na plataforma MES de maneira bem organizada e agregada.

4.1.9.1 Interface Operador

O registo de produção é efetuado através da criação de um diário de trabalho, o operador, deverá no início do dia identificar-se, com as suas credencias para posteriormente iniciar o registo das operações. A Figura 43 mostra a interface de identificação do utilizador da plataforma.

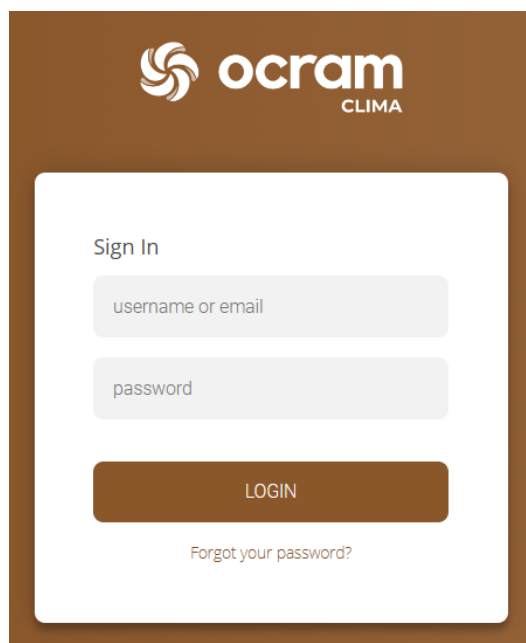


Figura 43 - Interface de *login* da plataforma MES.

Atualmente, na OCRAM, em praticamente todas as secções, os operadores dispõem de um ou mais terminais, para efetuar os diários de trabalho. Consultando os seus terminais, os operadores possuem acesso ao plano de produção, onde têm também de abrir e fechar as ordens de produção de cada artigo, para efeitos de controlo e indicadores de desempenho. A Tabela 5 mostra a localização dos postos de registo dentro da empresa.

Tabela 5 - Localização dos postos de registo.

Posto	Localização
1	Pintura
2	Montagem 1
3	Quadros Elétricos
4	Armazém
5	Montagem 3
6	Montagem 5
7	Suplente

Os dispositivos de registo de produção contêm uma página de configuração, para definir as configurações de rede e registar o dispositivo no servidor. No servidor é possível verificar o estado de cada dispositivo e invocar ações remotas ao dispositivo (ex. Reiniciar o dispositivo).

O layout de cada dispositivo poderá ser configurado individualmente, de forma a melhorar a experiência do operador e a qualidade da informação visível. É possível configurar as cores do layout (texto e fundo), o número de colunas e a informação presente em cada coluna do ecrã.

O operador, caso faça parte de uma equipa, começa por seleccionar os membros da equipa a realizar a mesma operação que ele. Por defeito, nenhum membro está seleccionado para obrigar os operadores a seleccionar apenas os membros que estão a executar a mesma operação que o chefe de equipa. A Figura 44 demonstra a interface da plataforma MES para a seleção dos membros de equipa por parte do operador. É importante referir que apenas o chefe de equipa pode dar início pela equipa toda e também que cada pessoa apenas pode fazer parte de uma equipa.

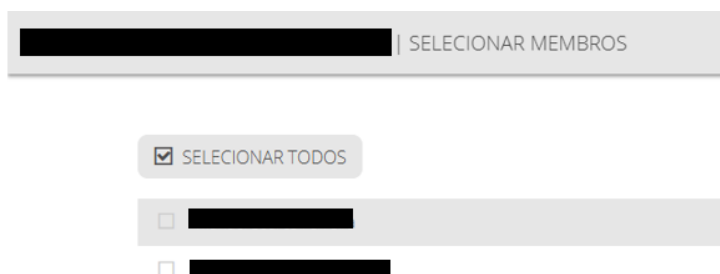


Figura 44 - Interface de seleção de membros de equipa na plataforma MES.

O operador selecciona depois o seu posto de trabalho (centro de trabalho) e, em seguida, a operação que irá realizar. Após essas seleções, a plataforma filtra as ordens de fabrico, exibindo apenas aquelas que são relevantes para a operação escolhida. Cada ordem de fabrico pode estar em um dos quatro estados possíveis, tendo cada estado uma cor diferente para facilitar a identificação. Os estados são:

Por iniciar: Nenhuma operação do roteiro foi iniciada.

Em progresso: Uma ou mais operações já foram realizadas, mas de momento, nenhuma operação está em curso.

Em curso: Uma ou mais operações já foram realizadas e, atualmente, alguma operação está em curso.

Finalizada: Todas as operações do roteiro foram concluídas, incluindo a expedição.

Na Figura 45 é apresentada a interface utilizada pelo operador para o registo de produção.



Figura 45 - Interface registo de produção por parte do operador.

4.1.9.2 Interface Gestor

A partir da Dashboard, o gestor pode visualizar, em tempo real, as operações que cada funcionário está realizando, o projeto e a ordem de fabrico associada, bem como a data de início. A Figura 46 apresenta a Dashboard da plataforma MES da empresa.

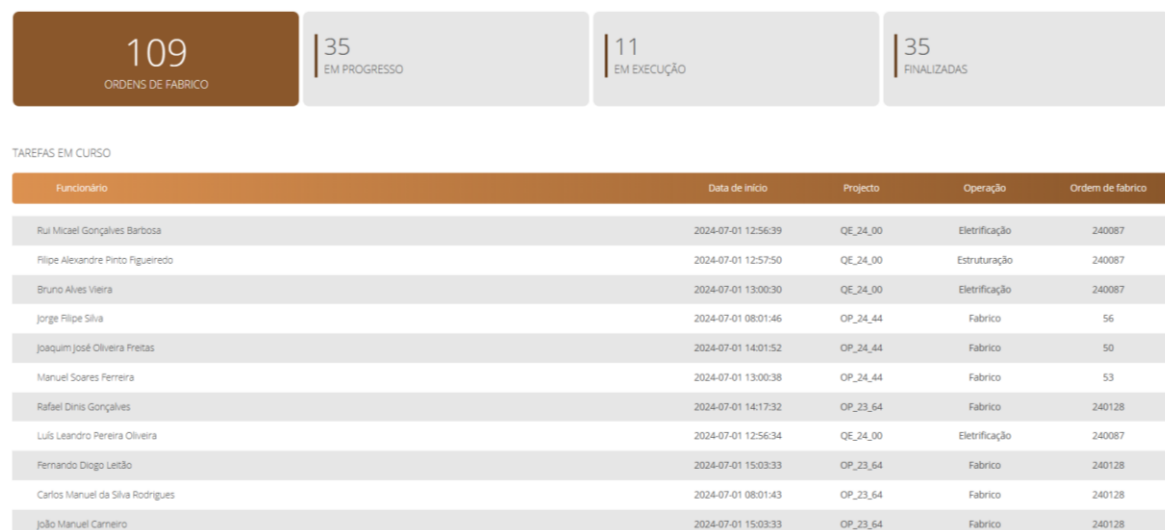


Figura 46 - Dashboard do gestor

Nesta secção da plataforma, o gestor pode também visualizar o tempo gasto em cada etapa de produção, o estado de cada etapa e identificar exatamente quem trabalhou em cada ordem de fabrico. Com estes dados, será possível comparar os tempos de manufatura estimados pelo OCRAMSelect, que são utilizados na orçamentação, com os tempos reais de fábrica, com o objetivo de identificar eventuais discrepâncias entre os valores.

4.2 Reestruturação dos códigos de artigo

Uma das técnicas essenciais para manter um controlo preciso do inventário e garantir a acessibilidade e facilidade de localização dos artigos do inventário são os códigos de artigo. Um código de artigo, também conhecido como *stock keeping unit* (SKU), é um código único, alfanumérico, associado a um artigo específico no armazém de uma empresa. Os códigos são elaborados de forma a serem descritivos, ricos em dados e para refletir as características mais relevantes para a empresa.

Os códigos de artigo desempenham um papel fundamental na segmentação de produtos e contribuem para a organização e profissionalismo das faturas da empresa, graças ao seu formato e comprimento consistentes. Tipicamente, os SKUs incluem classificações e categorias definidas, que facilitam a identificação e classificação dos produtos. Ao criar códigos SKU, é importante incluir referências claras para garantir que não haja ambiguidades no processo de atribuição das categorias.

Além disso, os SKUs podem ser aplicados não apenas a produtos tangíveis, mas também a produtos intangíveis, como garantias, proporcionando uma gestão mais abrangente do inventário da empresa. Em suma, os SKUs são uma ferramenta valiosa para empresas que desejam melhorar a organização e manter um controlo eficaz dos artigos do armazém.

A proposta de reestruturação dos códigos de artigo visa criar códigos específicos para a matéria-prima mecânica, como ventiladores e recuperadores de calor, entre outros. Além disso, procura facilitar a criação de fichas técnicas para uma futura integração com o MES.

4.2.1 Situação atual

Atualmente, a empresa utiliza um sistema de codificação estruturado alfanumérico, onde a representação dos artigos é feita por letras e números, mas com pouco ou nenhum significado. O objetivo é que os códigos sejam “expressivos”, ou seja, ao interpretar um código, seja possível identificar as propriedades do artigo em questão.

Atualmente, o maior problema prende-se com o facto de o código ser introduzido manualmente e não existir nenhuma regra que explique e/ou defina o procedimento para a codificação dos diferentes tipos de artigos. A falta de regras traduz-se numa probabilidade elevada de criar dois códigos para o mesmo artigo pois não se consegue verificar se o artigo já estava criado e a redundância de códigos pode mascarar a verdadeira quantidade disponível de um artigo, levando a decisões de compra erradas e à falta de produtos críticos. Para além disso, a gestão de stocks duplicados exige mais tempo e recursos.

Isto leva a problemas como:

- Má atribuição do código de artigo
- Códigos sequenciais que não atribuem qualquer informação ao código de artigo
- Sistema sobrecarregado com demasiados artigos devido às duplicações;

Na Tabela 6 são ilustrados exemplos de artigos, mas com uma atribuição de famílias diferentes. Isto leva a que a procura de artigos no sistema Primavera fique complexa.

Tabela 6 - Exemplo da má atribuição de famílias nos códigos de artigo.

Artigo	Código de artigo	Descrição	Família	Subfamília
1	MTCSREBITE512	Rebite alumínio 5 x12 mm	Eletrificação de utas	Acessórios utas
2	MTCSREBITE530	Rebite alumínio 5 x 30 mm	Consumíveis	Consumíveis

Na Tabela 7 é ilustrado mais um exemplo de dois artigos, mas uma codificação de artigo diferentes o que demonstra a falta de regras no que toca á criação de artigos.

Tabela 7 - Exemplo da falta de regras para a codificação de artigos.

Artigo	Código de artigo	Descrição	Família	Subfamília
1	MTCAUTOP6375	Parafuso auto perfurante 6,3 x 75 Sext.	Consumíveis	Consumíveis
2	MTCSPARAF4822	Parafuso auto perfurante 4.8x22 Sext.	Consumíveis	Consumíveis

Na Tabela 8 é ilustrado mais um exemplo de três artigos com uma codificação sequencial que não atribui qualquer informação do artigo ao seu código de artigo. Os códigos sequenciais tornam mais difícil a identificação de um artigo pelo seu código.

Tabela 8 - Exemplo da codificação sequencial nos códigos de artigo.

Artigo	Código de artigo	Descrição	Família	Subfamília
1	MTEC026	Transformador 300VA classe II 230 – 24	Quadros elétricos	Transformadores
2	MTEC026.1	Transformador 350VA classe II 230 – 24	Quadros elétricos	Transformadores
3	MTEC026.2	Transformador 400VA classe II 230 - 24	Quadros elétricos	Transformadores

Para mitigar esses problemas, é essencial implementar um sistema de codificação de artigos claro e padronizado, garantindo a unicidade de cada código e a atualização regular dos registos de inventário.

4.2.2 Novo modelo de codificação

Os códigos antigos forneciam pouca ou nenhuma informação sobre os produtos. A nova proposta de códigos é baseada no tipo de artigo (matéria-prima, produto final, etc.) e depois é dividida ainda em família e subfamília.

Com a reestruturação dos códigos, cada artigo agora possui um código que reflete o seu tipo de artigo, família e subfamília, facilitando a identificação. Para além disso foram desativados os códigos duplicados e obsoletos com o objetivo de evitar a redundância e a melhoria da eficácia.

Os três primeiros dígitos do código SKU funcionarão como um identificador de nível superior, composto por três dígitos numéricos. Como é possível visualizar na Tabela 9, o primeiro dígito indicará o tipo de artigo, como matéria-prima, produto intermédio, produto final, FSE, ativos fixos tangíveis (AFT) entre outros.

Tabela 9 - Tipos de artigo de acordo com a nova codificação.

Tipo Artigo	Descrição
100	Matéria-prima
200	Produtos intermédios
300	FSE - Fornecimentos e Serviços Externos
400	Vendas
500	Serviços
700	AFT - BENS – AI
900	Consumíveis

Os dois dígitos subsequentes indicarão a família do artigo, como Matéria-Prima Estrutural, Matéria-Prima para Isolamento e Vedação, entre outras. Na Tabela 10 são apresentadas as famílias para a matéria-prima de acordo com a nova proposta de codificação.

Tabela 10 – Nomenclatura de famílias para a matéria-prima.

Tipo de artigo	Família	Descrição
100	101	Matéria-prima Estrutural
100	102	Matéria-prima Isolamento e Vedação
100	103	Matéria-prima Sistemas de Fixação
100	104	Matéria-prima Mecânica

100	105	Matéria-prima Elétrica-Consumíveis
100	106	Matéria-prima Elétrica
100	107	Matéria-prima Pintura
100	108	Matéria-prima Hidráulica
100	109	Matéria-prima Acessórios UTA
100	110	Matéria-prima Acessórios de conduta
100	111	Matéria-prima Elétrica Montagem
100	112	Selantes
100	113	Matéria-prima Instalação
100	114	Automação e controle
100	115	Autocolantes
100	116	GTC
100	130	Matéria-prima Hicut/Serralharia
100	150	Matéria-prima Diversos

Após esses três dígitos, seguirão três letras que servirão como um indicador da subfamília do produto. Geralmente, essas letras serão uma abreviação do tipo de produto, como "PAR" para parafuso, "REB" para rebite. No Anexo II é apresentado em maior detalhes a nova proposta de estrutura de codificação, apresentando todas as subfamílias. Na Tabela 11 são apresentadas as subfamílias para a família 103 - Sistemas de Fixação.

Tabela 11 - Nomenclatura de subfamílias para a família 103.

Família	Subfamília	Descrição
103	ANI	Anilha
103	BCA	Bucha
103	CAS	Casquilho
103	GAN	Gancho
103	GRA	Grampo
103	PAR	Parafuso
103	PER	Perno
103	POR	Porca
103	REB	Rebite

103	UVR	União varão
103	VAR	Varão

A nomenclatura será padronizada para todos os produtos, garantindo consistência e facilitando a identificação e classificação dos itens no armazém. Todo o código alfanumérico que seguirá estes 6 caracteres será específico da subfamília de produto, permitindo uma organização precisa e eficiente do inventário da empresa.

Os códigos SKU desempenham um papel crucial na gestão eficiente do inventário de uma empresa, oferecendo diversas vantagens que contribuem para a tomada de decisões estratégicas e a otimização dos processos internos.

A Figura 47 demonstra a estrutura de codificação para um parafuso. Para a estrutura foi utilizado a estrutura proposta e foram definidas as características mais importantes, observadas as alternativas existentes e criado um conjunto de regras para a designação dos códigos relativos a estas características.

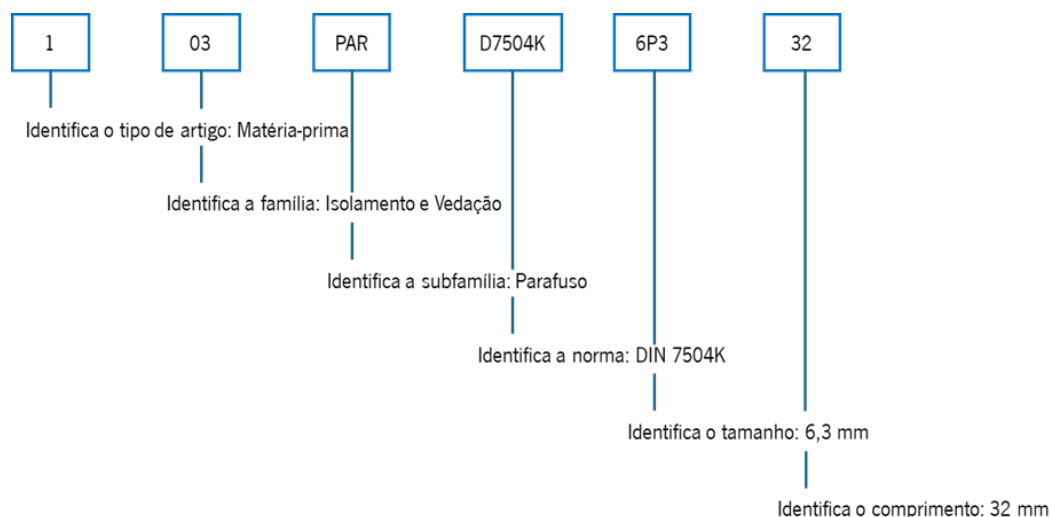


Figura 47 - Estrutura de codificação para a subfamília Parafuso

Primeiramente, os códigos SKU permitem uma análise detalhada dos produtos finais e das matérias-primas. Ao acompanhar as vendas e a procura de cada artigo por meio dos códigos SKU, a empresa pode identificar quais produtos têm maior procura no mercado e quais estão com baixa. Esta análise oferece uma percepção valiosa sobre as tendências do mercado e orienta o desenvolvimento de novos produtos, direcionando os recursos para os produtos mais populares.

Seguindo esta nomenclatura, é possível perceber por exemplo, no final de um ano, qual a configuração de UTA com maior procura naquele ano e pode-se orientar futuros projetos com informação a partir das vendas da empresa.

Ao utilizar códigos SKU significativos, a empresa pode identificar quais os materiais mais utilizados na produção e decidir, por exemplo, no caso dos ventiladores por fazer stock dos ventiladores mais utilizados com o objetivo de diminuir tempo de entrega.

Outra vantagem dos códigos SKU é a sua utilidade na gestão diária do inventário. Com códigos únicos e facilmente identificáveis, torna-se mais simples e rápido localizar e contabilizar os produtos armazenados. Isso contribui para uma gestão mais eficiente dos stocks, reduzindo erros e agilizando os processos de receção, armazenamento e expedição de mercadorias. A utilização de um número limitado de classes nos códigos SKU torna ainda mais ágil e intuitiva a identificação dos produtos, aumentando a produtividade e minimizando os custos operacionais.

4.2.3 Regras de codificação de artigos

Em primeiro lugar, é necessário identificar se o artigo que se pretende codificar é um artigo novo ou se já se encontra codificado. Caso seja um artigo novo, para o qual é necessário atribuir um código, identifica-se em primeiro lugar o tipo de artigo, a família e subfamília de artigos este pertence. De seguida é atribuído o código a esse artigo tendo em conta as suas características, sendo que depois é discriminado de forma mais detalhada na designação do artigo. Para realizar uma codificação correta dos materiais é necessário a criação de regras claras e simples.

Deste modo, para codificar um material deve atender-se às seguintes regras:

- Identificar o tipo de artigo a que o artigo pertence;
- Identificar a família a que o artigo pertence;
- Procurar o artigo na família respetiva;
- Identificar a subfamília a que o artigo pertence;
- Caso o material não exista na lista de artigos proceder à sua codificação;
- Consultar e seguir a estrutura de codificação estabelecida para a família do artigo, construindo o respetivo código, tendo em conta as características do artigo necessárias para a definição do código;

Para facilitar a criação de códigos de artigos, foi criado um documento Excel que contém todas as informações relevantes sobre tipos de artigos, famílias, subfamílias e características individuais de cada produto. O documento utiliza listas suspensas (*drop-down*) com dependências, permitindo uma seleção simplificada. Ao selecionar a característica inicial, o tipo de artigo, o Excel filtra automaticamente as opções, exibindo apenas as famílias correspondentes a esse tipo de artigo. Posteriormente, ao escolher

uma família específica, as subfamílias relacionadas são apresentadas também de forma correspondente a família selecionada.

Cada subfamília possui um conjunto específico de características, que são exibidas para o utilizador selecionar conforme necessário. Esta estrutura permite ao utilizador selecionar todas as especificidades do produto de forma eficiente, resultando na criação de um código final completo e preciso para o artigo.

Essa abordagem melhora significativamente a precisão e a eficiência na criação de códigos de artigos, garantindo que todas as variáveis e características sejam corretamente consideradas e aplicadas. A Figura 48 apresenta o modelo construído em Excel para a facilitar a criação de novos códigos de artigo.

Tipo de artigo	Produto_Final	400
Família	Produto_Final_Mecanica	410
Subfamília	Unidade_de_Tratamento_de_Ar	UTA
UTA_Modelo	MU02	02
UTA_Construção	MB2	MB2
UTA_Aplicação	Standard	S
UTA_Controlo	Completo	2
UTA_Configuração	Duplo deck	DD
UTA_Recuperação	Roda térmica	RT
UTA_Filtros	1 nível	1
UTA_Permutador	Água 2Tubos	A2
Código de artigo final		
410UTA02MB2S2DDRT1A2		

Figura 48 - Modelo Excel para a criação de novos códigos de artigo.

4.3 Implementação de um sistema de custeio baseado em centros de custos

O conceito de centro de custo no âmbito dos sistemas de custeio pretende representar os departamentos e/ou centros de decisão de uma organização, assim como grupos e/ou equipas de trabalho.

4.3.1 Problemas com o sistema atual

A empresa enfrentava problemas como um elevado custo de estrutura, com centros de custos apenas para os veículos. Custos como consumíveis, eletricidade, ferramentas de uso e desgaste rápido, entre outros, eram todos considerados custos de estrutura. Além disso, o custo de estrutura era distribuído de forma igual entre os dois principais departamentos, Clima e Solutions, quando estes possuem necessidades muito diferentes.

Com a implementação dos centros de custos pretende-se aproximar o custo de estrutura à realidade. O objetivo é, passado um ano da criação dos centros de custos, a debitar todos os custos aos centros de

custos correspondentes será possível determinar o custos total de uma secção para depois calcular o custo por hora das secções. Para além disso, será possível a separação do custo das secções considerando matéria-prima (MP), mão de obra direta (MOD) e gastos gerais de fabrico (GGF).

Inicialmente, será feito um cálculo aproximado, e no início do próximo ano, será realizado um cálculo detalhado do custo por hora, de acordo com os valores associados aos centros de custos, considerando também a inflação nos produtos. Com a definição de novas margens para a estrutura e um custo por hora adequado anualmente (considerando todos os gastos de cada secção, como gás e filtros de pintura no centro de custos correspondente), obtemos um modelo de orçamentação mais justo e coerente.

4.3.2 Definição de dimensões

A definição inicial das dimensões por vezes pode ser problemática, especialmente em empresas sem uma estrutura organizacional definida, nomeadamente no que diz respeito aos centros de custo. Esta estruturação deverá ser levada a cabo tendo em consideração o propósito final de sistema de custeio, quais e como serão utilizados os outputs do mesmo.

Assim, ao definir o conjunto de centros de custo, deverá ter-se presente que eles vão escoar todos os custos suportados pela organização, desde custos com pessoal, infraestruturas e matérias-primas.

Conclui-se que estes passos iniciais de definição da estrutura conceptual do modelo de custeio, deverão ser realizados sempre por alguém que tenha um conhecimento transversal da organização. Só assim conseguimos garantir que a estrutura do modelo que está a ser desenvolvido reflete a realidade organizacional e mitigando o risco da alocação incorreta de custos.

4.3.3 Atividades

As atividades dizem respeito às tarefas que são desenvolvidas pela empresa para levar a cabo o seu negócio. Normalmente são divididas entre atividades produtivas e atividades não produtivas.

Por atividades de estrutura deve entender-se aquelas que suportam as atividades principais da empresa, como as atividades desenvolvidas pelo departamento de Recursos Humanos, administração, departamento de compras, departamento da qualidade, departamento de IDI, marketing entre outras.

4.3.4 Processo de repartição de custos

Após terem sido carregados os dados de custos do balancete da organização começam-se a aplicar os critérios de imputação. Existem determinados custos que são totalmente imputáveis a um centro de custos. No entanto, existem determinados custos como eletricidade cujo método de distribuição de

custos pelos respectivos centros de custos é específico e ocorre normalmente com recurso a uma rotina pelo sistema.

4.3.4.1 Definição de critérios de imputação

Após o carregamento dos dados de custos do balancete da organização, começam-se a aplicar os critérios de repartição definidos. Critério de imputação ou de repartição são os condutores da alocação dos custos pelos diversos estágios de repartição, isto é, estabelecem as regras aritméticas de repartição de custos previstos numa dimensão para outra(s). Um critério de imputação deve respeitar os fatores que afetam os custos.

Inicialmente, há uma repartição entre a contabilidade geral e os centros de custo afetos a atividades produtivas, denominado Industrial, e o centro de custos afeto a atividades não produtivas, denominado Estrutura. Na Figura 49 é possível visualizar o modelo de centro de custo aprovado pela empresa.

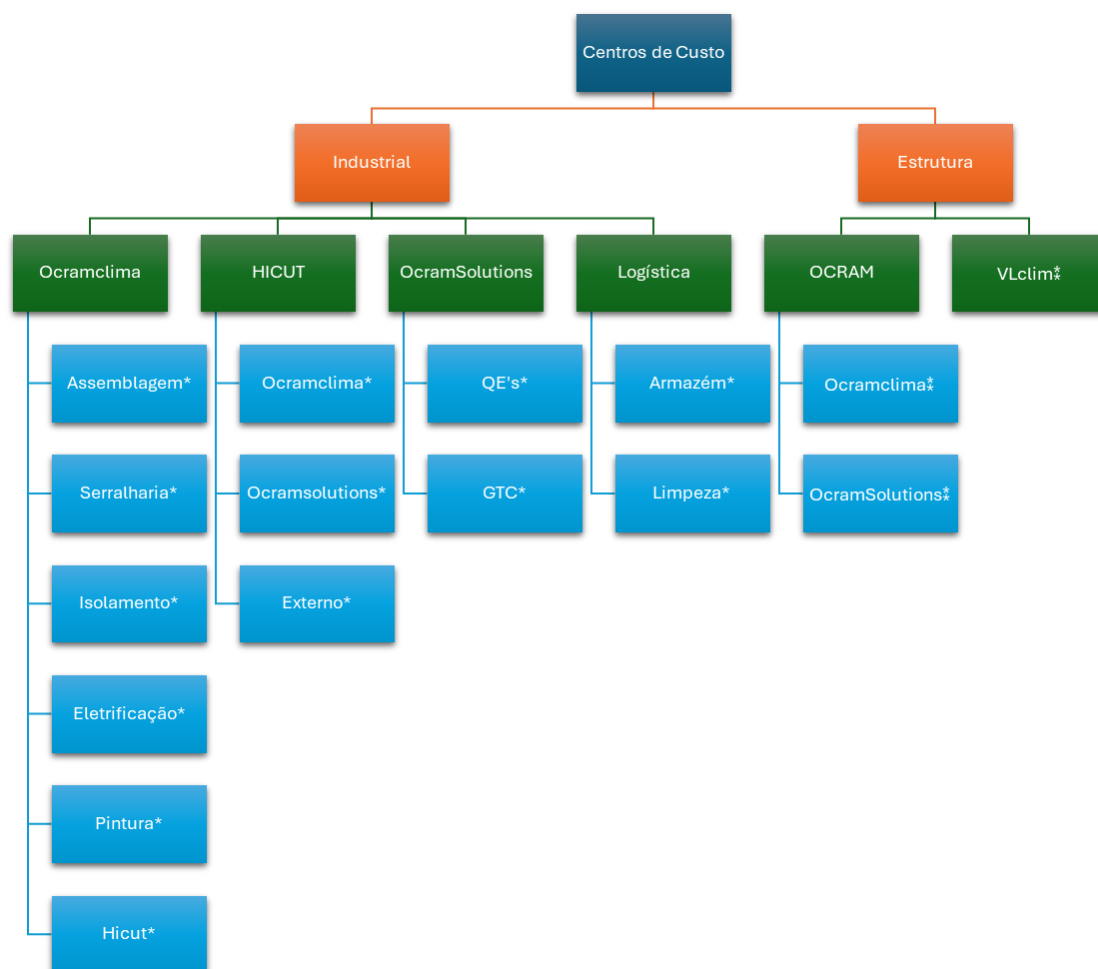


Figura 49 - Modelo de centro de custos geral.

Dentro do centro de custos da Estrutura, ocorrerá outra repartição, dividindo os custos associados à OCRAM e os custos associados à *VLclim*, que é a empresa do grupo Viera&Lopes em França. O centro de custos da OCRAM será ainda dividido entre os seus dois grandes departamentos, OCRAMclima e OCRAMSolutions, com o objetivo de obter uma margem de estrutura para cada um destes dois departamentos, uma vez que são bastante diferentes na taxa de utilização dos departamentos de estrutura.

Na Figura 50 é possível observar um modelo de centro de custo mais detalhado referente à estrutura de todos os departamentos que apresentam *.

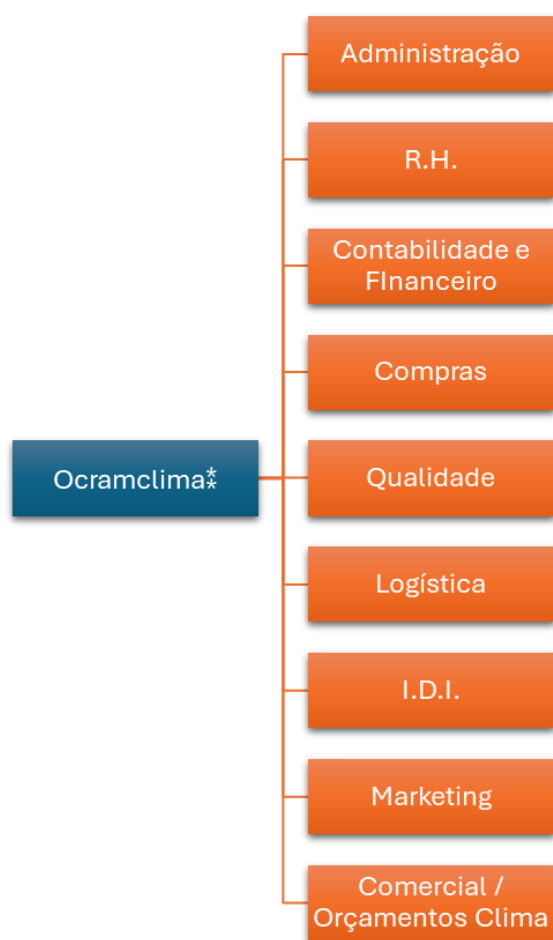


Figura 50 - Modelo centros de custos detalhado afeto ao setor OCRAMclima.

Por fim, cada um destes departamentos estará associado tanto à estrutura da OCRAMClima como da OCRAMSolutions e da VLclim com critérios de imputação cujo objetivo é representar a utilização de recursos de cada departamento.

Dentro do centro de custos associado às atividades produtivas, ocorrerá outra repartição, dividindo os custos entre OCRAMclima, OCRAMsolutions, HICUT e Logística. O HICUT foi considerado um setor independente, uma vez que se pretende estudar se é necessário aumentar o uso deste departamento para fornecimento externo. A Logística foi considerada um departamento neste nível hierárquico, uma vez que trabalha para todos os departamentos produtivos.

A OCRAMclima será dividida pelos seus setores de Serralharia, Isolamento, Pintura, Eletrificação e Montagem. A OCRAMsolutions será dividida pelo setor dos quadros elétricos (QE) e do setor de gestão técnica centralizada (GTC). O HICUT será dividido pelo tipo de cliente: OCRAMclima, OCRAMsolutions e externo. Por fim, a logística será dividida pelos serviços de armazém, que englobam a receção de material e a expedição de material, e também pelo serviço de limpeza das obras.

Cada setor pertencente ao centro de custos Industrial será ainda dividido por Matéria-Prima, Mão-de-Obra Direta (MOD) e Gastos Gerais de Fabrico, que englobam Mão-de-Obra Indireta, consumíveis, ferramentas de uso e desgaste rápido (FUDR), a depreciação das máquinas de elevado valor, luz e o

espaço que ocupam. Na Figura 51 é possível observar um modelo de centro de custo mais detalhado referente a todos os departamentos que apresentam *.

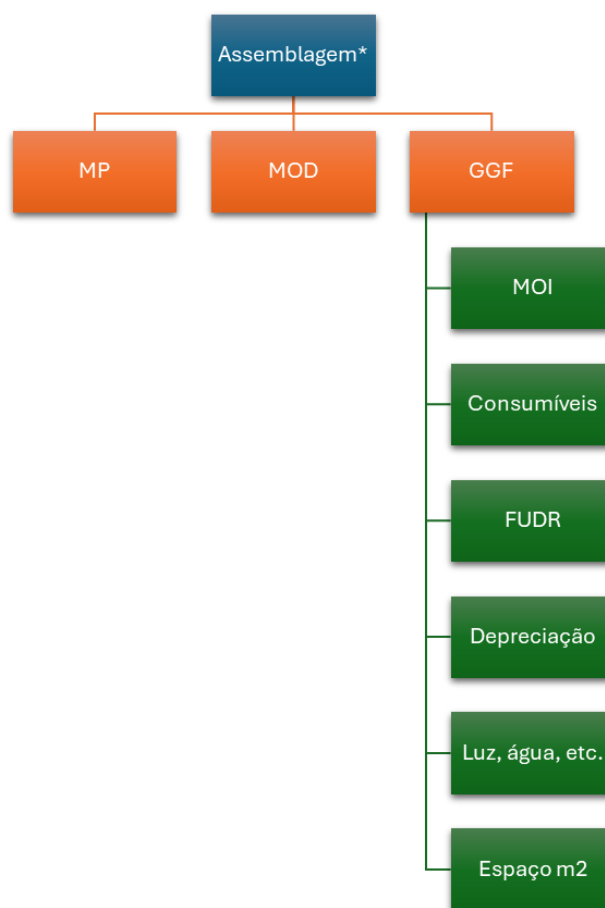


Figura 51 - Exemplo modelo centros de custos detalhado afeto ao setor da montagem.

4.3.4.2 Critérios de imputação

Existirão critérios de imputação baseados na afetação temporal dos recursos de um determinado departamento aos centros de custos associados. Para cada funcionário, haverá um critério de imputação definido que dividirá seu custo entre os diferentes centros de custos aos quais ele possa estar alocado.

Além disso, existirá um critério de imputação baseado na afetação espacial de um determinado departamento a um centro de custos. Para este critério, será realizada uma estimativa das áreas ocupadas por cada departamento, e será atribuído um custo proporcional à percentagem de espaço ocupado por esse departamento.

4.4 Integração MES com outros sistemas de informação

Para otimizar a eficiência vai ser implementado um sistema integrador com o ERP Primavera. Esse sistema possibilita a integração suave de ordens de fabrico, registos de diários de trabalho e documentos de stock para entradas e saídas de mercadorias.

Além disso, será estabelecida uma integração com a plataforma de desenho de UTA's da Vieira e Lopes, conhecida como OcramSelect, como também com o EPLAN, a plataforma utilizada pela OCRAMSolutions para a preparação dos esquemas elétricos. Esta integração tem como objetivo incorporar as BoM geradas por este software na nossa plataforma MES.

A informação será transferida do OCRAMSelect e do EPLAN para um Excel intermédio com uma estrutura bem definida. Em seguida, o MES reconhecerá a estrutura desse Excel e extrairá os dados necessários, passando alguns desses dados para o ERP. A Figura 52 demonstra o fluxo de informação descrito acima.

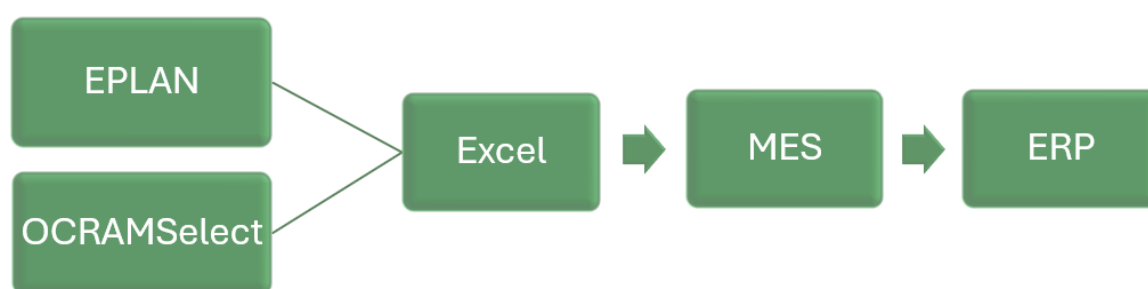


Figura 52 - Fluxo de informação na integração do MES.

Para além disso, também será integrado o TimeReports, o ponto digital da empresa com o ERP para facilitar o processamento salarial.

4.4.1 Criação de projetos

Para a criação de um novo projeto tanto o Primavera como o MES podem ser utilizados. No entanto, decidiu-se que, por norma, os projetos seriam criados inicialmente em MES.

Ao criar um projeto no MES, o sistema verifica se já existe um projeto com o mesmo nome no Primavera. Se um projeto com o mesmo nome for encontrado, o sistema informará e cancelará a criação do novo projeto, evitando duplicações. O mesmo procedimento se aplica ao criar projetos no Primavera.

Durante a criação de projetos na plataforma MES, alguns campos de seleção apresentarão opções com informações extraídas do ERP como por exemplo a lista de cliente, como demonstrado na secção 4.1.7.1.

Quando um projeto é criado no Primavera, ele também será automaticamente criado no MES durante o processo de sincronização. No entanto, caso existam projetos que não faça sentido, será possível adicionar um campo de utilizador no Primavera, a que podemos chamar “Deseja sincronizar com MES”, com duas opções, Sim ou Não, e fazer com que a plataforma MES apenas sincronize os projetos em que a resposta seja “Sim”.

O campo permitirá ao gestor controlar os projetos que não precisam ser sincronizados com o MES, dando ao gestor um maior controlo e flexibilidade na gestão de projetos entre as duas plataformas.

4.4.2 TimeReports/ERP

Com a aquisição da nova plataforma MES, foram também adquiridas novas licenças para o software Primavera, incluindo o módulo de Recursos Humanos. Atualmente, o processamento salarial é realizado externamente, mas o objetivo é que, num futuro próximo, este seja efetuado internamente.

Atualmente, todos os meses, o Departamento de Recursos Humanos é responsável por entregar um relatório mensal com as horas trabalhadas ao Departamento de Recursos Humanos Externo para a realização do processamento salarial. Para elaborar o relatório mensal, o Departamento de Recursos Humanos precisa comparar os dados do sistema de ponto digital da empresa, em formato Excel, com os dados do questionário das atividades diárias e com outro Excel contendo informações sobre férias e baixas.

Para realizar o processamento salarial internamente, será necessário criar um perfil no módulo de Recursos Humanos para cada funcionário, com todas as suas informações, sendo este um processo demorado. Cada funcionário terá um código de artigo específico baseado na arquitetura de códigos apresentada na subsecção 4.2 Reestruturação dos códigos de artigo.

Para solucionar esses problemas, decidiu-se integrar o TimeReports com o módulo de recursos humanos. Após a criação da base de dados dos funcionários, as horas trabalhadas serão automaticamente transferidas para o ERP para o processamento salarial. Com esta integração, a informação sobre horas de trabalho, férias e baixas será centralizada no módulo de Recursos Humanos, eliminando a necessidade de comparar uma quantidade elevada de dados e elaborar relatórios mensais.

4.4.3 Débitos ao projeto: Situação atual

Atualmente, após a obra ser expedida são realizados os débitos, no Primavera mais concretamente no Módulo de Produção, de toda a matéria-prima utilizada e também todo o tempo gasto por projeto.

Os dados de tempo gasto para cada OP são preenchidos manualmente pelos funcionários no Questionário de Atividades Diárias, no final de cada dia. Os tempos obtidos são multiplicados pelo custo médio por hora do departamento para calcular uma aproximação do custo total da obra para a empresa e os dados de matéria-prima gasta são baseados na ficha técnica de consumos que o gestor do projeto prepara no início de cada OP.

Com os dados dos débitos ao projeto a empresa pode, depois, fazer análises comparando com o valor orçamentado de modo a perceber se o valor se encontra correto. O processo de débitos é repetitivo, sujeito a erros e os débitos podem ser automatizados integrando tanto o OCRAMSelect, como o EPLAN e o MES com o ERP.

4.4.3.1 Integração dos débitos de matéria-prima

Para os produtos standard, será identificado um artigo do Primavera, que já terá uma ficha técnica associada. Essa ficha técnica funcionará como uma *Bill of Materials and Operations* (BOMO), contendo todas as operações, as matérias-primas necessárias e o produto resultante da operação que o MES irá utilizar para criar as ordens de fabrico correspondentes já com informações sobre a matéria-prima necessária e o produto resultante. O MES irá utilizar esses dados, quando a operação for terminada, para dar baixa do material conforme o material estiver a ser gasto, mantendo os níveis de inventário o mais realistas possível.

Para os produtos não standard, a ficha técnica será criada com a criação da ordem de fabrico. As informações do OCRAMSelect sobre a solução serão retiradas para um Excel Intermédio, que funcionará como a nossa ficha técnica, ou seja, vai conter todas as informações de fluxos, operações, matérias-primas e subcomponentes.

O MES reconhecerá a estrutura do Excel e, para cada operação, extrairá os dados de matéria-prima e das operações necessárias e irá utilizá-las da mesma forma que foi definida para os produtos standard. Os dados de matéria-prima irão ser úteis tanto para calcular as necessidades de matéria-prima como também para realizar movimentos de stock automáticos quando as operações estiverem a ser realizadas.

4.4.3.2 Integração dos débitos de horas

A função de Diários de Trabalho do MES documenta o tempo total gasto em cada ordem de produção, por operação e por funcionário. Esses dados de tempo serão integrados ao ERP para realizar um débito automático de horas na ordem de produção correspondente.

Cada funcionário terá um código de artigo específico, conforme a estrutura definida na subsecção 4.2 Reestruturação dos códigos de artigo, ao qual estão associadas todas as informações contidas no módulo de recursos humanos, incluindo dados salariais.

O custo total será então calculado com base nos tempos de fabrico reais obtidos a partir do MES. Com os dados do número de horas trabalhadas por projeto e ordem de fabrico e as informações contidas no módulo de R.H., é possível calcular um custo extremamente preciso relativo à mão de obra para cada ordem de produção.

Além disso, os tempos de produção obtidos através do MES serão comparados com as estimativas fornecidas pelo software OCRAMSelect. O OCRAMSelect fornece uma estimativa do tempo de produção da máquina, enquanto o MES fornece o tempo total e também o tempo gasto por operação associado a cada máquina. Com a coleta extensiva de dados, poderemos verificar se o tempo médio de produção dado pelo OCRAMSelect de um determinado produto é semelhante à realidade.

5 Conclusões e trabalhos futuros

O presente projeto de dissertação desenvolvido em contexto empresarial, na empresa OCRAM, teve como principal foco a implementação de um sistema MES para melhorar o processo de fabrico de unidades de tratamento de ar.

Deste modo, e recuperando os objetivos descritos no primeiro capítulo, este projeto de dissertação teve, numa fase inicial, a finalidade de descrever a situação atual da empresa, elaborar uma análise aos fluxos de informação entre os departamentos ou funções da empresa e os respetivos procedimentos utilizados. Posteriormente, deu-se a identificação e análise dos problemas detetados.

Na primeira fase do projeto, foi realizado um enquadramento teórico dos temas relacionados à Indústria 4.0, MES e ERP, estratégias de implementação e as especificidades das unidades de tratamento de ar. Através desta revisão bibliográfica foi possível construir um fundamento teórico relativo aos temas e identificar as bases a partir das quais se desenvolveu o projeto proposto.

Após a análise dos conceitos teóricos presentes na literatura, procedeu-se à caracterização da situação atual e à configuração inicial da plataforma MES. Além disso, foram criadas tarefas derivadas da implementação do MES, como a reestruturação dos códigos de artigo para garantir a criação de códigos para todos os artigos, incluindo a matéria-prima mecânica (ex: ventiladores, recuperadores) uma vez que, anteriormente, eram encomendados para uma obra específica e nunca entravam em *stock*. Também foi definida uma estrutura de centros de custos, com o objetivo de determinar com precisão o custo/hora por departamento e o custo de transformação de material.

Por fim, foram descritos os diversos processos de integração em que a plataforma MES e ERP fariam parte. propostas de melhoria apresentadas têm com objetivo garantir uma maior visibilidade e transparência do processo de fabrico com a obtenção de dados relevantes.

Implementação do MES

No que diz respeito à implementação do MES, foi realizado todo o processo de configuração inicial entre os quais a definição de níveis de permissões, criação dos centros de trabalho, criação das operações, criação das equipas de trabalho, criação de roteiros de operações, criação da lista de funcionários.

A implementação foi realizada de forma faseada, começando com a participação de apenas algumas pessoas de cada secção e expandindo a cada fase de testes. Primeiramente, foi executada uma fase piloto durante a qual foram descobertos alguns erros na plataforma que foram posteriormente corrigidos

pela WIP. Em seguida, realizou-se uma segunda fase de testes já com roteiros de operação mais detalhados e um maior número de pessoas a registar no software.

Na primeira fase, a plataforma era utilizada apenas pela equipa de montagem. Com a implementação, conseguimos expandir o uso da plataforma para as secções de Corte e Quinagem, Pintura e todo o departamento elétrico. Além disso, resolvemos os problemas que surgiram durante o uso pelos operadores. Durante este estágio curricular, foi alcançado um aumento significativo no alcance, passando de 25% para 90%, representando um crescimento de 65%.

Para além disso, os projetos do MES foram integrados no software ERP da empresa, o que permitiu a extração dos dados relativos aos tempos de fabrico anulando a necessidade manual dos débitos de horas serem realizados pelo Diretor da Logística.

Através desta implementação, ganhou-se mais visibilidade sobre o que está a acontecer na fábrica em tempo real e sobre os tempos reais de fabrico dos equipamentos.

Sistema de codificação

No que diz respeito ao sistema de codificação dos artigos, foram sugeridas algumas alterações na estrutura de codificação dos mesmos, tendo como principal objetivo a facilidade de interpretação e de reconhecimento dos códigos, assim como também a redução do erro humano associado às ações de codificação.

A proposta de melhoria consiste na atribuição correta do tipo de artigo, família e subfamília do artigo. Com esta proposta pretende-se mitigar os erros de má atribuição do código de artigo e tornar os códigos de artigo mais reconhecíveis utilizando as suas características mais importantes. Para além disso, foram eliminados os códigos duplicados e também os códigos obsoletos para evitar sobrecarregar o sistema com duplicações de artigos.

Assim, através da implementação desta melhoria pretende-se facilitar a procura de artigos no sistema e padronizar o processo de atribuição de código de artigo.

Centro de custos

No que diz respeito os centros de custos, foi sugerida a criação de um modelo de custeio baseado em centro de custos com o objetivo de ganhar visibilidade da distribuição dos custos, de minimizar o custo de estrutura e de calcular custos de estrutura diferentes para os dois grandes departamentos produtivos da OCRAM, a OCRAMClima e a OCRAMSolutions uma vez que possuem necessidades muito diferentes.

A proposta consiste na repartição dos custos em diferentes centros de custos, fazendo logo uma primeira divisão entre os departamentos produtivos, ao qual foi chamado Industrial, e os não produtivos, ao qual foi chamado Estrutura. Após a subdivisão inicial em diferentes departamentos e seções, ocorre uma nova subdivisão. No caso das seções do setor Industrial, a subdivisão inclui MP, MOD e GGF. Já no caso dos setores incluídos na Estrutura, a subdivisão abrange vários departamentos não produtivos, como Recursos Humanos, Administração, entre outros. Esses departamentos possuem critérios de imputação de afetação temporal, com o objetivo de representar a utilização de recursos de cada departamento.

Estas repartições permitem depois uma alocação correta dos custos minimizando o custo de estrutura, mas também permitem que a empresa comece a fazer uma análise mais detalhada dos custos. Assim, através da implementação desta melhoria pretende-se calcular os custos de transformação por secção uma vez que atualmente são calculados manualmente e o cálculo de uma margem de estrutura mais realista e justa para ambos os departamentos.

5.1 Trabalhos futuros

Como trabalho futuro, a equipa MES continuará a sensibilizar os restantes departamentos sobre o novo sistema da empresa, reforçando que todas as tarefas têm de ser registadas em MES.

Além disso, vai ser necessária a criação de uma ficha técnica modelo para todos os produtos standard e também definir os campos necessários para realizar a importação do OCRAMSelect para o Excel intermédio. Mas em primeiro lugar, é necessário definir o nível de complexidade/detalhe que se pretende colocar nas fichas técnicas.

Após a integração do OCRAMSelect e EPLAN para o MES e posteriormente para o ERP já será possível o desenvolvimento da função de cálculo de necessidades, pois o cálculo de necessidade será baseado nos consumos das fichas técnicas que serão importadas. Depois, será possível realizar um planeamento de necessidades considerando as necessidades ao nível da matéria-prima, como também a ocupação dos centros de trabalho.

Também será necessária a modificação de todos os artigos no Primavera para os seus novos códigos de artigo para facilitar a procura de artigos no sistema e padronizar o processo de atribuição de código de artigo e também é necessária a criação de bases de dados dos funcionários com todas as informações requeridas no módulo de Recursos Humanos no Primavera para depois permitir um débito automático à obra e podermos analisar de forma mais realista a forma como a empresa orçamenta e também se esse modelo se encontra de acordo com a realidade.

Referências bibliográficas

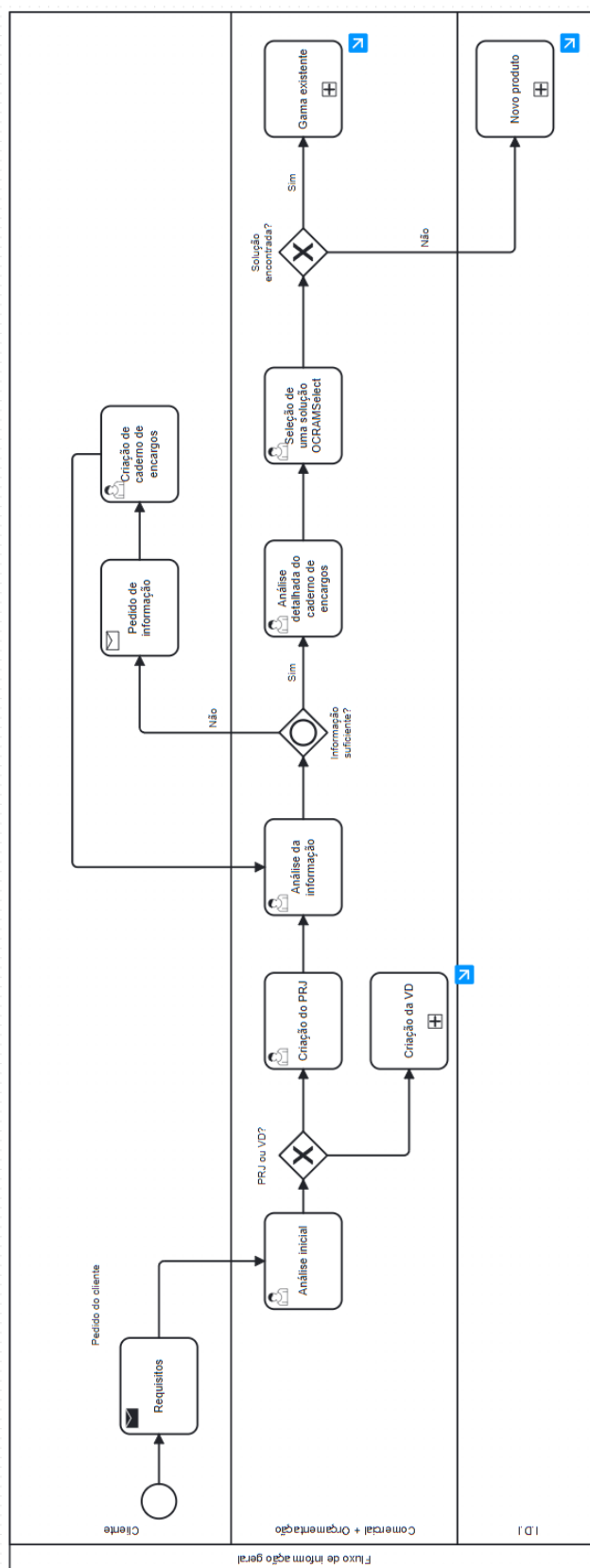
- [1] G. D'Antonio, J. S. Bedolla, and P. Chiabert, 'A Novel Methodology to Integrate Manufacturing Execution Systems with the Lean Manufacturing Approach', *Procedia Manuf*, vol. 11, pp. 2243–2251, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROMFG.2017.07.372.
- [2] R. Beregi, G. Pedone, B. Háy, and J. Váncza, 'Manufacturing Execution System Integration through the Standardization of a Common Service Model for Cyber-Physical Production Systems', *Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 7581*, vol. 11, no. 16, p. 7581, Aug. 2021, doi: 10.3390/APP11167581.
- [3] M. Rahman, A. Desalegn Fentaye, V. Zaccaria, I. Aslanidou, E. Dahlquist, and K. Kyprianidis, 'A Framework for Learning System for Complex Industrial Processes', *AI and Learning Systems - Industrial Applications and Future Directions*, Feb. 2021, doi: 10.5772/INTECHOPEN.92899.
- [4] E. Oztemel and S. Gursev, 'Literature review of Industry 4.0 and related technologies', *J Intell Manuf*, vol. 31, no. 1, pp. 127–182, Jan. 2020, doi: 10.1007/S10845-018-1433-8/FIGURES/11.

- [5] S. Jaskó, A. Skrop, T. Holczinger, T. Chován, and J. Abonyi, 'Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard- and ontology-based methodologies and tools', *Comput Ind*, vol. 123, p. 103300, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.COMPIND.2020.103300.
- [6] E. F. Monk and B. J. Wagner, 'Concepts in enterprise resource planning', p. 254, 2013.
- [7] Bianca Scholten, 'MES Guide for Executives : why and how to select, implement, and maintain a manufacturing execution system.', 2009, Accessed: Mar. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.barnesandnoble.com/w/mes-guide-for-executives-bianca-scholten/1111898848>
- [8] R. Govindaraju and K. Putra, 'A methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation', *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 114, no. 1, Mar. 2016, doi: 10.1088/1757-899X/114/1/012094.
- [9] 'Enterprise-control system integration-Part 1: Models and terminology', 2003, Accessed: Jul. 16, 2024. [Online]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ec65ff42-0304-4f5b-9633->
- [10] MESA, 'MESA White Paper #06: MES Explained: A High Level Vision for Executives | MESA International', 1997.
- [11] H. Meyer, F. Fuchs, and K. Thiel, *MES - Optimal design, planning and deployment*. McGraw-Hill, 2009.
- [12] J. Kletti, 'Manufacturing execution systems - MES', *Manufacturing Execution Systems - MES*, pp. 1–272, 2007, doi: 10.1007/978-3-540-49744-8.
- [13] A. Kopceková, M. Kopcek, and P. Tanuska, 'The options of using data mining methods in process control', *Applied Mechanics and Materials*, vol. 693, pp. 123–128, 2014, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.693.123.
- [14] O. Allani and S. A. Ghannouchi, 'Verification of BPMN 2.0 Process Models: An Event Log-based Approach', *Procedia Comput Sci*, vol. 100, pp. 1064–1070, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.PROCS.2016.09.282.

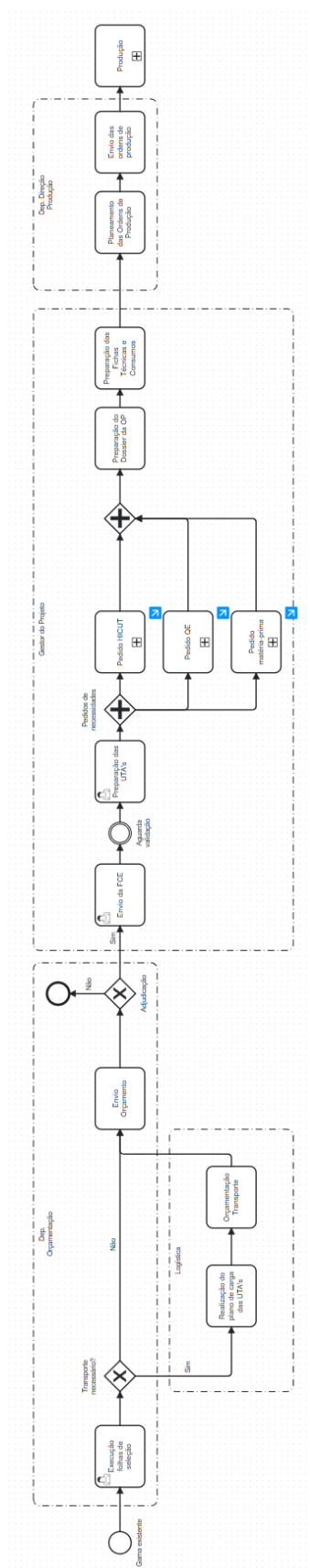
- [15] R. M. Pillat, T. C. Oliveira, P. S. C. Alencar, and D. D. Cowan, 'BPMnt: A BPMN extension for specifying software process tailoring', *Inf Softw Technol*, vol. 57, no. 1, pp. 95–115, Jan. 2015, doi: 10.1016/J.INFSOF.2014.09.004.
- [16] A. Maria, S. Silva, and A. Silva, 'Implementação de um Sistema de Planeamento da Produção numa empresa de armamento'.
- [17] R. Moura, 'Administração de Materiais - Um Enfoque Prático - João José Viana'. Accessed: Jun. 04, 2024. [Online]. Available: https://www.academia.edu/22361021/Administra%C3%A7%C3%A3o_de_Materiais_Um_Enfoque_Pr%C3%A1tico_Jo%C3%A3o_Jos%C3%A9_Viana
- [18] A. Oroszi, T. Jung, A. Smirnov, N. Shilov, and A. Kashevnik, 'Ontology-driven codification for discrete and modular products', *International Journal of Product Development*, vol. 8, no. 2, pp. 162–177, 2009, doi: 10.1504/IJPD.2009.024186.
- [19] Y. Kang and S. B. Gershwin, 'Information inaccuracy in inventory systems: stock loss and stockout', *IIE Transactions*, vol. 37, no. 9, pp. 843–859, Sep. 2005, doi: 10.1080/07408170590969861.
- [20] T. E. V. F. Robert J, WILLIAM L. BERRY, D. CIAY WHYBARK, 'Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management', *J Exp Psychol Gen*, vol. 136, no. 1, pp. 23–42, 2007.
- [21] L. He, Y. Ni, X. Ming, M. Li, and X. Li, 'Integration of bill of materials with unified bill of materials model for commercial aircraft design to manufacturing', <http://dx.doi.org/10.1177/1063293X14542443>, vol. 22, no. 3, pp. 206–217, Jul. 2014, doi: 10.1177/1063293X14542443.
- [22] J. Jiao, M. M. Tseng, Q. Ma, and Y. Zou, 'Generic Bill-of-Materials-and-Operations for High-Variety Production Management', <http://dx.doi.org/10.1177/1063293X0000800404>, vol. 8, no. 4, pp. 297–321, Dec. 2000, doi: 10.1177/1063293X0000800404.
- [23] 'História do Ar-Condicionado: Linha do Tempo Completa | Blog WebAr'. Accessed: Jan. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.webarcondicionado.com.br/a-historia-do-ar-condicionado>

- [24] 'Products | ERI Corporation S.r.L'. Accessed: Apr. 10, 2024. [Online]. Available: <https://ericorporation.com/products/>
- [25] 'Home - General Filter'. Accessed: Apr. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.generalfilter.com/en/>
- [26] P. Lobarinhas, 'Sistemas AVAC Caudais de Ar Novo'.
- [27] J. A. da S. e Castro, 'Estudo e caracterização das perdas de carga num sistema de recuperação com roda térmica de uma UTA', Jan. 2022, Accessed: Jan. 31, 2024. [Online]. Available: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/83556>
- [28] 'AHU | Eurovent Certita Certification'. Accessed: Mar. 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.eurovent-certification.com/en/third-party-certification/certification-programmes/ahu>
- [29] 'Diretiva Ecodesign 2009/125/EC',
- [30] 'EN 1886:2007'.
- [31] 'EN 13053 '.
- [32] 'EN 13779:2007'.
- [33] 'ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality'.

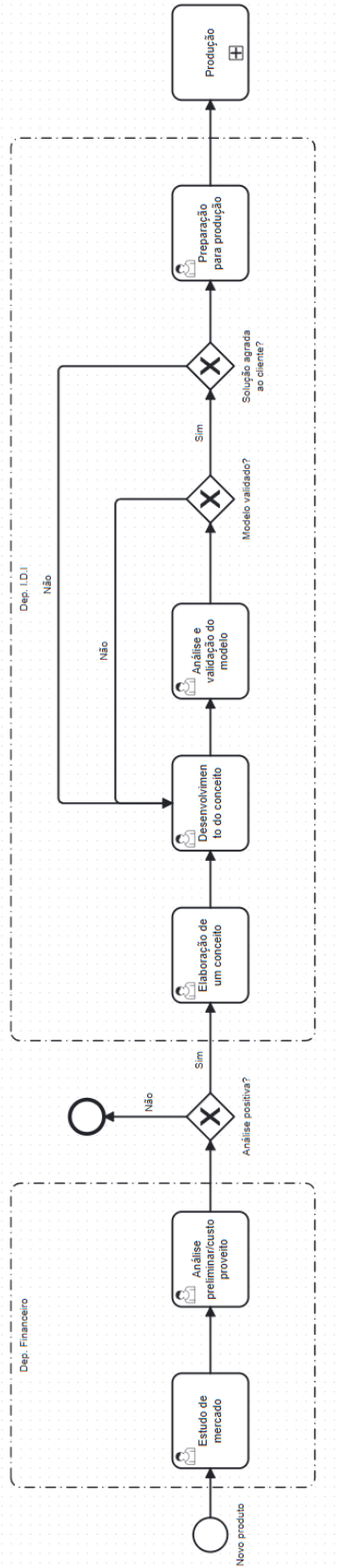
Apêndice 1 Modelação do processo geral



Apêndice 2 Modelação do processo produtivo standard



Apêndice 3 Modelação do processo produtivo I.D.I



Anexo I Plano de Implementação do MES

Atividade Tarefa		Entidades			2023								2024							
		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		WIP	VL	SmartGlobe	09/23	10/23	11/23	12/23	01/24	02/24	03/24	04/24	05/24	06/24	07/24	08/24	09/24	10/24	11/24	12/24
Atividade 1: Gestão e requisitos e especificações da solução																				
T1.1	Gestão do projeto	•	•																	
T1.2	Análise de requisitos e especificações técnicas	•	•	•						E1										
T1.3	Levantamento de necessidades	•	•							E1										
Atividade 2: Desenvolvimento																				
T2.1	Associação de equipas a projetos	•																		
T2.2	Configurações adicionais aos projetos e ordens de fabrico	•																		
T2.3	Associação de operações a centros de trabalho	•																		
T2.4	Alterações à aplicação dos terminais	•																		
T2.5	Disponibilizar centro de custo nos centros de trabalho	•																		
T2.6	Associar postos de trabalhos a funcionários	•																		
T2.7	Importação fichas técnicas	•																		
Atividade 3: Implementação																				
T3.1	Instalação do MES	•																		
T3.2	Implementação de terminais	•																		
T3.3	Configuração de Setup Inicial		•												E2					
T3.4	Estrutura de artigos	•	•	•											E3					
T3.5	Integração de projetos MES // ERP	•	•																	
T3.6	Integração de artigos ERP // MES	•	•																	
T3.7	Integração documentos de movimentos de stock da produção ERP // MES	•	•																	

Anexo II Estruturas de codificação dos artigos

Tabela 12 - Estrutura de codificação das subfamílias.

Tipo de artigo	Família	Descrição
100	101	Matéria-prima Estrutural
100	102	Matéria-prima Isolamento e Vedação
100	103	Matéria-prima Sistemas de Fixação
100	104	Matéria-prima Mecânica
100	105	Matéria-prima Elétrica-Consumíveis
100	106	Matéria-prima Elétrica
100	107	Matéria-prima Pintura
100	108	Matéria-prima Hidráulica
100	109	Matéria-prima Acessórios UTA
100	110	Matéria-prima Acessórios de conduta
100	111	Matéria-prima Elétrica Acessórios de montagem
100	112	Selantes
100	113	Matéria-prima Instalação
100	114	Automação e controlo
100	115	Autocolantes
100	116	GTC
100	130	Matéria-prima Hicut/Serralharia
100	150	Matéria-prima Diversos
300	301	Subcontratos
300	302	Trabalhos Especializados
300	303	Publicidade e Propaganda
300	304	Vigilância e Segurança
300	305	Honorários
300	306	Comissões
300	307	Conservação e Reparação
300	308	Ferramentas e Utensílios de Desgaste rápido
300	309	Material de Escritório
300	310	Artigos de Oferta
300	311	Eletricidade
300	312	Água
300	313	Combustível
300	314	Deslocações e Estadias
300	315	Portagens
300	316	Transporte de Mercadorias
300	317	Alugueres
300	318	ALD
300	319	Feiras e Exposições
300	320	Comunicação
300	321	Seguros
300	322	Despesas de Representação
300	323	Limpeza, Higiene e Conforto

300	324	Despesas de Arrendamento
300	325	Gastos com o Pessoal
300	326	Imposto s/Transportes
300	327	Quotizações
300	328	Donativos
300	329	Outros não Especificados
300	330	Retenção
300	331	Outros Juros
300	332	Serviços Bancários
300	333	Programas de computador
300	334	Tratamento de resíduos
400	401	Serviços
400	402	Produtos Finais
400	403	Produtos Intermédios
400	404	Mercadorias
400	405	Sucata
500	501	Mão de Obra
500	502	Transportes
700	701	AFT - Edifícios e outras construções
700	702	AFT - Equipamento Administrativo
700	703	AFT - Equipamento de Transporte
700	704	AFT - Equipamento Básico
700	705	AFT - Ativos Fixos Tangíveis em Curso
700	706	AI - Ativos Intangíveis em Curso
900	901	Consumíveis HICUT
900	902	Consumíveis Serralharia
900	903	Consumíveis Pintura
900	904	Consumíveis Montagem
900	905	Consumíveis Lã de Rocha
900	906	Consumíveis Limpeza e Embalamento
900	907	Consumíveis Diversos