



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Beatriz Esteves Coelho

**Proposta de um sistema de programação da
produção para a indústria metalomecânica –
aplicação à empresa O FELIZ**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Paulo Jorge de Figueiredo Martins

Outubro de 2019

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 Repositório UM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

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

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, o professor Paulo Martins, pela transmissão de conhecimento e sugestões de melhoria, e pela oportunidade de realizar a dissertação.

Aos meus colegas da GenSYS, pela energia e boa disposição no local de trabalho.

À empresa O FELIZ, por não colocar entraves na realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmã pelo apoio e amor incondicional, pelo carinho e afeto demonstrado e pela confiança depositada, pela paciência que tiveram para lidar com a minha má disposição e por acreditarem sempre nas minhas capacidades.

Ao meu namorado, pela compreensão e paciência, por estar sempre ao meu lado, pela força e por nunca me deixar desistir.

Às minhas colegas, Ana, Andreia e Carolina, pela partilha das incertezas e das angústias, pela troca de ideias e sugestões, pela amizade e pelo companheirismo demonstrado ao longo da elaboração do trabalho.

Obrigada a todos.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico 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.

RESUMO

Num mercado cada vez mais evoluído tecnologicamente e com consumidores mais exigentes, as empresas para se manterem competitivas devem seguir uma estratégia que permita aos clientes especificar e personalizar os produtos desejados. Esta abordagem é conhecida por paradigma da customização em massa, uma das vertentes da indústria 4.0.

Aliado a este paradigma, surge o desafio relacionado com a eficiência da gestão de informação de artigos, uma vez que, com uma maior variedade de produtos, as organizações têm de lidar com uma enorme quantidade e diversidade de dados. De maneira a ultrapassar este desafio, na literatura, encontram-se novos modelos para a representação da informação de artigos, designados por modelos de referência genérica. A referência genérica possibilita a agregação de um conjunto de artigos, com características semelhantes, em famílias de artigos ou referências genéricas, às quais são associadas listas de materiais e gamas operatórias.

A gestão de informação de artigos é a área mais importante dentro de uma organização, uma vez que, fornece toda a informação necessária ao planeamento e controlo da produção, e posteriormente, à programação da produção. Neste sentido, tem-se vindo a desenvolver sistemas informáticos para o planeamento e controlo da produção, baseados na referência genérica, que visam melhorar o desempenho da organização como um todo. Estes sistemas permitem obter rapidamente informações e dados sobre tudo o que ocorre no *shop floor*, em tempo real, auxiliando o gestor na toma de decisão.

No intuito de demonstrar as implicações e impactos que a referência genérica tem nos sistemas de planeamento e controlo da produção, foi desenvolvido o presente trabalho, baseado no sistema informático GenSYS - *Smart Production Systems*. A metodologia seguida utiliza o GenSYS para o sistema de planeamento e controlo da produção, aplicado numa organização industrial do setor metalomecânico.

PALAVRAS-CHAVE

Indústria 4.0; customização em massa; referência genérica; sistema de planeamento da produção; programação da produção

ABSTRACT

Currently, according to Industry 4.0 scope, companies should allow clients to specify and customise the desired products to keep up with their peers, at an increasingly demanding and more technological market. This approach comes from the mass customisation paradigm, one of Industry 4.0 strands.

Efficient product data management is a challenge associated to this paradigm, since product diversity is increasing, companies must handle high amounts and higher diversity of data. Aiming to surpass this challenge, new models called Generic Structures for product data management are found at the literature. Generic Structures enables gathering products with similar or the same characteristics, creating a product family or a generic structure. Built in the generic references are the bills of materials and operations.

Product data management is a paramount area within an organisation, since it provides all the information need for production planning and control, and down streaming into the process to the production scheduling itself. Thus, Information and Technology systems for production planning and control based on generic structures, are being developed to improve organisations performance as a whole. These systems allow real time information gathering about every aspect of a company production area, helping management during the decision making process.

The current dissertation, based on GenSYS - Smart Production Systems, an Informations and Technology system focus on showing implications and impacts of generic structures on production planning and control systems. The adopted methodology uses GenSYS for the production planning and control, applied to an industrial organization if the metalworking sector.

KEYWORDS

Industry 4.0; mass customization; generic referencing; production planning system; production scheduling

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de Investigação	3
1.4 Estrutura	4
2. Revisão da Literatura	7
2.1 Indústria 4.0.....	7
2.1.1 Fábricas Inteligentes	8
2.1.2 Requisitos da Indústria 4.0.....	9
2.2 Customização em Massa	9
2.2.1 Benefícios da CM.....	11
2.2.2 Desafios da Implementação da CM	13
2.3 Gestão de Informação de Artigos.....	13
2.4 Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção	18
2.4.1 Áreas Funcionais de um Sistema de Planeamento e Controlo da Produção.....	18
2.4.2 Sistemas de Informação e a Produção.....	21
3. GenSYS – Smart Production Systems.....	25
3.1 Gestão de Informação de Artigos – GenPDM	26
3.1.1 Referência Genérica e Tipos de Parâmetro	26
3.1.2 Tipos de Operações.....	29
3.1.3 Listas de Materiais e Gamas Operatórias Genéricas	29

3.2	Planeamento e Controlo da Produção – GenPPC.....	30
3.3	Controlo da Produção – GenSFC	31
4.	Demonstração do Sistema GenSYS numa Empresa Metalomecânica.....	39
4.1	Apresentação da Empresa e Potenciais Melhorias Encontradas	39
4.2	GenPDM para a Resolução da Gestão de Informação de Artigos.....	43
4.2.1	Referências Genéricas e Tipos de Parâmetros.....	45
4.2.2	Tipos de Operações e Gama Operatória Genérica.....	49
4.2.3	Modelação das Referências Genéricas de Produtos Semiacabados	50
4.3	Planeamento da Produção a Médio Prazo	53
4.3.1	Criação de Encomendas e de Ordens de Produção	53
4.3.2	Cálculo de Necessidades de Capacidade (MRP).....	58
4.4	Programação da Produção	60
4.4.1	Processos Utilizados na Programação.....	61
4.4.2	Aplicação ao Caso de Estudo.....	63
5.	Conclusão.....	73
5.1.1	Principais Conclusões	74
5.1.2	Principais Dificuldades	75
5.1.3	Trabalho Futuro.....	75
	Referências Bibliográficas	77
	Apêndice I – Caracterização de artigos.....	80
	Apêndice II – Representação no Módulo GenPROG	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de artigo, com a utilização da RD – adaptado de Martins e Sousa (2013)

Figura 2 - Representação de artigo, com a utilização da RG – adaptado de Martins e Sousa (2013)

Figura 3 - Áreas funcionais de um sistema de planeamento e controlo da produção – adaptado de Lima (2013)

Figura 4 - Representação das áreas funcionais que integram o sistema GenSYS

Figura 5 - Representação da referência genérica

Figura 6 - Representação dos tipos de parâmetros em extensão (a) e em compreensão (b)

Figura 7 - Representação do conceito de característica

Figura 8 - Representação do tipo de operação

Figura 9 - Representação de ordens de programação (a); exemplo de uma ordem de programação no estado ativo (b) e no estado em espera (C)

Figura 10 - Representação de uma ordem de programação (a) e dos respetivos lotes (b)

Figura 11 - Representação de *kanbans* de trabalho (a) e de *kanbans* de movimentação (b)

Figura 12 - Representação da Fila do Sistema

Figura 13 - Representação das posições existentes na fila FIFO

Figura 14 - Representação de um posto de trabalho interno

Figura 15 - Representação do processo produtivo da unidade “Chapas e Perfilados”

Figura 16 - Representação do tipo de furação no perfil superomega

Figura 17 - Representação da referência genérica SUPEROMEGA

Figura 18 - Representação dos tipos de parâmetro perfil, qualidade e revestimento, furação e comprimento

Figura 19 - Representação dos tipos de parâmetro espessura e largura

Figura 20 - Representação das características associadas ao tipo de parâmetro PERFIL

Figura 21 - Representação da lista de materiais genérica da referência genérica SUPEROMEGA

Figura 22 - Representação do tipo de operação corte (a) e do tipo de operação perfilagem (b)

Figura 23 - Representação da lista de materiais e da gama operatória da referência genérica SUPEROMEGA

Figura 24 - Representação do processo produtivo da referência genérica Banda

Figura 25 - Representação do tipo de parâmetro inteiro

Figura 26 - Representação da referência genérica PLANO DE CORTE, com a lista de materiais e gama operatória genérica

Figura 27 - Representação da referência genérica BANDA, com a lista de materiais e gama operatória genérica

Figura 28 - Definição de encomendas

Figura 29 - Definição de linhas de encomendas

Figura 30 - Definição da variante, referente à referência genérica SUPEROMEGA

Figura 31 - Definição da ordem de produção

Figura 32 - Definição da variante de uma ordem de produção do perfil superomega

Figura 33 - Exemplo de uma linha de encomenda (a) e da variante escolhida para a mesna (b)

Figura 34 - Informação sobre os lançamentos previstos das ordens de compra, resultantes do cálculo do MRP

Figura 35 - Informação sobre os lançamentos previstos das ordens de produção, resultantes do cálculo do MRP

Figura 36 - Representação da janela do evento "Esquema de Funcionamento do Sistema"

Figura 37 - Representação das posições da fila FIFO no posto 9 - CORTE (a) e representação das posições da fila FIFO no posto 10 - PERFILAGEM (b)

Figura 38 - Representação do posto CORTE, com os KB na fila do posto e os KM na fila dos componentes

Figura 39 - Representação das posições da fila FIFO no posto PERFILAGEM, com a introdução da ordem de programação 14

Figura 40 - Representação da alteração das posições da fila FIFO, com a utilização do *rescheduling* no posto CORTE (a) e no posto PERFILAGEM (b)

Figura 41 - Representação das posições da fila FIFO no posto CORTE (a) e no posto PERFILAGEM (b), com a introdução da ordem de programação 16 e 15, respetivamente

Figura 42 - Representação da alteração das posições da fila FIFO, com a utilização do *rescheduling* no posto CORTE (a) e no posto PERFILAGEM (b)

Figura 43 - Referência genérica BOBINE (a), referência genérica CORTANTE (b) e referência genérica CASSETE (c)

Figura 44- Representação da ordenação das ordens de programação no posto 9 - CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM

Figura 45 - Representação da ordenação das ordens de programação no posto 10 – PERFILAGEM, com a introdução da ordem de programação 10

Figura 46 - Alteração da sequenciação dos trabalhos no posto 9 - CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM, com a utilização do *rescheduling*

Figura 47 - Representação da ordenação das ordens de programação no posto 9 - CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM, com a introdução da ordem de programação 11 e 10, respetivamente

Figura 48 - Alteração das posições das ordens de programação no posto 9 – CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM, com a utilização do *rescheduling*

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Representação dos tipos de perfis

Tabela 2 - Exemplos de códigos utilizados na empresa

Tabela 3 - Representação das propriedades utilizadas para caracterizar um perfil Superomega

Tabela 4 - Comparação entre o número de combinações possíveis e o número de códigos em referência direta e genérica

Tabela 5 - Apresentação das encomendas e respetivas linhas de encomendas no sistema

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

APS - *Advanced Planning and Scheduling*

BOM - *Bill-of-Materials*

BOO - *Bill-of-Operations*

CM - Customização em Massa

CPS - *Sistemas Cyber-Físicos*

CRP - *Capacity Requirements Planning*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

GBOM - Lista de Materiais Genérica

GBOO - Lista de Operações Genérica

GenPDM - *Generic Product Data Model*

GenPPC - *Production Planning and Control*

GenSFC - *Shop-Floor Control*

IoS - Internet de Serviços

IoT - Internet das Coisas

KB - *Kanban* de Trabalho

KM - *Kanban* de Movimentação

MES - *Manufacturing Execution System*

MRP - *Material Requirements Planning*

PA - Planeamento Agregado

PDM - *Product Data Management*

PDP - Plano Diretor de Produção

RD - Referenciação Direta

RG - Referenciação Genérica

SPCP - Sistema de Planeamento e Controlo da Produção

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho de dissertação foi realizado na empresa GenSYS, que desenvolveu um sistema informático para o planeamento e controlo da produção para ambientes de grande diversidade de artigos.

A GenSYS proporcionou a oportunidade de desenvolver um exemplo de demonstração das funcionalidades do sistema numa empresa do setor metalomecânico, O FELIZ. Com base neste exemplo, pretende-se demonstrar como o sistema contribui para melhorar e potenciar o sistema produtivo da organização.

Para melhor compreensão deste trabalho é apresentado, em seguida, o enquadramento, os objetivos, a metodologia utilizada e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

As evoluções industriais e tecnológicas ocorridas ao longo dos anos têm vindo a provocar nas organizações algumas alterações na gestão da produção, que por vezes não conseguem acompanhar a crescente e forte competitividade do mercado, em termos de preços, prazos de entrega, qualidade e personalização dos produtos.

Atualmente, as organizações enfrentam novos desafios de mercado que surgiram no contexto da indústria 4.0, conhecida como a quarta revolução industrial. A indústria 4.0 consiste na conectividade digital, automação e obtenção de dados em tempo real, que fornecem flexibilidade, agilidade e eficiência no processo produtivo das organizações e permitem lidar com a personalização de produtos e com as tecnologias de informação (Hermann, Pentek, & Otto, 2015).

Ainda ligado a este conceito, existem as *smart factory* – fábricas inteligentes – consideradas por muitos autores, as fábricas do futuro. Estas terão de ser mais flexíveis, dinâmicas, ágeis e reconfiguráveis, no sentido de suportar as necessidades e preferências específicas de cada cliente e lidar com uma grande quantidade de informação proveniente das máquinas (Wang, Wan, Li, & Zhang, 2016).

Uma das características das fábricas inteligentes é a capacidade de lidar com a diversidade de artigos existentes numa organização. Enquanto que na década de 80, o mais comum nas

indústrias era produzir segundo a filosofia da produção em massa – *mass production*, para produzir a maior quantidade de artigos possível com uma reduzida variedade, e com baixos custos e elevada eficiência, atualmente as empresas tendem a seguir o caminho oposto (Eastwood, 1996).

Houve, então, uma mudança de paradigma, designado por customização em massa – *mass customization*, cujo objetivo é produzir em reduzida escala uma enorme variedade de artigos. Segundo Pine (1993), a customização em massa é caracterizada pela satisfação das necessidades específicas de cada consumidor, ao mesmo tempo que conserva um reduzido custo de produção, prazos de entrega curtos e qualidade elevada.

Apesar das indústrias serem dotadas de equipamentos e máquinas com elevada tecnologia, que lhes permite responder de forma rápida à diversificação de produtos, em termos de estrutura do produto, no planeamento e controlo da produção pode haver um maior esforço em acompanhar as mudanças.

Isto acontece porque, no que respeita à gestão de informação de artigos, as organizações utilizam os sistemas tradicionais ou convencionais para a realização do planeamento e controlo da produção. Estes modelos são baseados em referência direta, onde cada artigo é tratado e identificado de forma independente, sendo para cada um deles definido um único código de identificação, uma lista de materiais e uma gama operatória própria (Gomes, 2014; Gomes, Martins, & Lima, 2011).

Assim, as organizações têm um maior esforço em registar todas as variantes possíveis de um produto. De forma a diminuir a complexidade e esforço na gestão de informação de artigos, têm surgido, na literatura, autores que defendem a referência genérica como uma solução plausível para esta problemática. Nestes modelos, existe a identificação de famílias de artigos de forma independente, às quais são associadas as listas de materiais e as gamas operatórias (Gomes, 2014).

Ao utilizar os modelos de referência genérica, as organizações conseguem uma gestão eficiente da informação de cada uma das famílias de artigos, reduzindo o tempo e esforço para caracterizar cada artigo. Como a área funcional da gestão de informação de artigos fornece informações para o planeamento e controlo da produção, é importante que essas

informações sejam claras e consistentes, de forma a contribuir para um sistema de planeamento e controlo da produção mais eficiente.

É no contexto da indústria 4.0 e da dificuldade de lidar com customização em massa que surge o sistema informático GenSYS – *Smart Production Systems*, considerado como uma ferramenta computadorizada, que conjuga a gestão de artigos, baseada na referenciação genérica, com a eficiência dos sistemas de planeamento e controlo da produção.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo proceder à apresentação de modelos de gestão de informação de artigos, baseados em referenciação genérica, e perceber o impacto nesses modelos no planeamento e controlo da produção, através do desenvolvimento de um exemplo de demonstração, aplicado à empresa O FELIZ.

Para alcançar este objetivo, são necessários outros tantos, igualmente importantes, que são apresentados a seguir.

- Analisar como o sistema GenSYS dá resposta a alguns requisitos da indústria 4.0, como a flexibilidade, adaptabilidade, proatividade e conectividade. Para isso, pretende-se descrever algumas das funcionalidades abrangidas pelo sistema, tais como a gestão de informação de artigos e programação da produção.
- Avaliar a eficiência do sistema informático para satisfazer os requisitos do mercado, tendo por base a modelação de alguns artigos produzidos pela empresa O FELIZ.
- Identificar os principais benefícios que o sistema GenSYS pode trazer à empresa O FELIZ, quer em termos de gestão de informação de artigo, quer em termos de planeamento e controlo da produção.
- Apresentar as propostas de melhorias que a empresa O FELIZ pode obter com a utilização do sistema.

1.3 Metodologia de Investigação

O presente trabalho de dissertação teve um processo de análise e de diagnóstico e, posteriormente, uma parte prática/ação, seguindo-se uma avaliação do resultado.

As tarefas e etapas necessárias à realização do trabalho são apresentadas em seguida. Em primeiro, foi definido o tema e respetivos objetivos, seguindo-se a recolha de informação sobre a bibliografia existente até à data, de maneira a obter mais conhecimento na área do projeto. Na pesquisa foram utilizadas fontes primárias (teses e dissertações) e fontes secundárias (artigos e livros). Posteriormente, realizou-se a recolha de informação e de dados da empresa em estudo, sobre os seus produtos e dos processos produtivos. Paralelamente, iniciou-se a escrita da revisão da literatura. Depois, analisaram-se os dados recolhidos, de modo a perceber quais as principais necessidades e fragilidades da empresa, e de que forma o sistema GenSYS pode combater esses problemas. Posto isto, deu-se início da modelação de um exemplo de demonstração no sistema GenSYS, seguindo-se uma avaliação dos resultados obtidos. Por último, são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido, através da identificação das melhorias que o sistema GenSYS pode trazer à empresa e possíveis trabalhos futuros.

1.4 Estrutura

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura e está subdividido na seguinte forma: secção 2.1 aborda o tema da indústria 4.0; na secção 2.2 aborda-se o tema da customização em massa; na secção 2.3 está presente o tema da gestão de informação de artigos; e por último a secção 2.4 apresenta a temática dos sistemas de planeamento e controlo da produção.

No capítulo 3 é apresentado o sistema GenSYS, evidenciando as áreas funcionais e os principais conceitos utilizados em cada uma das áreas funcionais. Assim, na secção 3.1 é apresentada a área funcional referente à gestão e caracterização de artigos (GenPDM), na secção 3.2 a área responsável pelo planeamento e controlo da produção (GenPPC) e na secção 3.3 a área destinada à programação da produção.

O capítulo 4 apresenta o exemplo prático deste trabalho, em que se utiliza um caso real de uma empresa, de forma a demonstrar as funcionalidades do sistema GenSYS. O capítulo divide-se nas seguintes secções: na secção 4.1 é apresentada a empresa utilizada como exemplo, evidenciando-se os potenciais pontos de melhoria; na secção 4.2, encontra-se modelada uma solução em GenPDM para a resolução de um dos problemas identificados e na

secção 4.3 é evidenciado o impacto da solução definida no médio prazo e na secção 4.4 é apresentado o impacto de alguns processos que o sistema possui para o curto prazo.

No capítulo 5 apresenta-se a conclusão geral do trabalho e encontra-se dividido em três secções: na secção 5.1 são apresentadas as principais conclusões e validações dos objetivos do trabalho; na secção 5.2 são expostas as dificuldades encontradas na realização do presente trabalho e na secção 5.3 apresentam-se as possíveis propostas de trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

No decorrer deste capítulo será realizada uma revisão da literatura de temas e conceitos importantes para o desenvolvimento trabalho, tais como: a indústria 4.0, a customização em massa, a gestão de informação de artigos e os sistemas de planeamento e controlo da produção. Assim, apresenta-se uma visão geral dos vários conceitos, apenas salientando aqueles que são mais abordados no exemplo prático.

2.1 Indústria 4.0

A indústria 4.0 é um conceito muito abordado nos dias de hoje, mas nem sempre é fácil encontrar uma definição consensual para o termo e que seja aceite pela comunidade científica, investigadores e gestores. No entanto, na ótica de muitos autores, a indústria 4.0 é vista como a quarta revolução industrial e nasce dos avanços tecnológicos da última década, tais como das inovações no ramo da automação, da tecnologia de informação e engenharia.

A base da indústria 4.0 está na conectividade digital e na integração total das organizações, onde os produtos, as máquinas e os trabalhadores estão conectados e ligados em rede através de plataformas digitais. Estas plataformas permitem às organizações planear, prever, controlar e obter informação em tempo real (Hermann et al., 2015).

Segundo o trabalho realizado por Silva (2017), é de esperar que com a quarta revolução industrial as organizações melhorem os seus processos, nomeadamente no que concerne à engenharia, planeamento e controlo da produção, bem como à rastreabilidade da logística e do ciclo de vida dos produtos.

Na literatura, diversos autores identificam alguns pilares da indústria 4.0, e através dos quais os processos produtivos tendem a se tornar mais eficientes, autónomos e customizáveis (Costa, 2018; Hermann et al., 2015; Silva, 2017). Os pilares apresentados a seguir foram baseados do trabalho de Hermann et al. (2015).

- *Sistemas Cyber-Físicos (CPS)*: monitorizam e controlam os processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas.
- *Internet das Coisas (IoT)*: comunica e coopera entre si e com as pessoas em tempo real.

- Internet de Serviços (IoS): permitem que serviços internos e interorganizacionais sejam oferecidos e utilizados por todos os intervenientes da cadeia de valor.
- Fábricas Inteligentes: reconhecem o contexto real e ajudam as pessoas e as máquinas na execução das suas tarefas.

A indústria 4.0 fornece às organizações condições e oportunidades para evoluírem e melhorarem os seus processos de produção, trazendo vantagens como a redução de custos, erros e desperdícios, o aumento da segurança e da qualidade, e a eficiência dos processos (Borlido, 2017).

Como referido anteriormente, o tema central do trabalho é a aplicação de um software para o controlo da produção, que ajuda às organizações a serem consideradas como “fábricas inteligentes”, além de terem de cumprir com outros tipos de requisitos enunciados a seguir.

2.1.1 Fábricas Inteligentes

Fábricas inteligentes é um termo utilizado para descrever como serão as fábricas no futuro e podem ser designadas, em inglês, por *smart factories*.

No trabalho de Coelho (2016), uma *smart factory* é uma fábrica que faz produtos inteligentes, com recursos a equipamentos inteligentes e em cadeias de abastecimento inteligentes. Seguindo esta visão, as fábricas serão mais flexíveis, dinâmicas, ágeis e reconfiguráveis no sentido de suportar as necessidades e preferências específicas de cada cliente, ou seja, as *smart factories* serão capazes de lidar com a customização e personalização dos clientes (Wang et al., 2016).

No contexto da indústria 4.0, as *smart factory* têm de lidar com uma quantidade enorme de informação e de dados, provenientes das máquinas, uma vez que, todo o sistema está conectado e integrado. Além disso, a obtenção e análise de dados possibilitam tomar decisões estratégicas em tempo real a fim de obter melhorias na produção.

Atualmente, num mercado cada vez mais exigente, muitas organizações já procuram enquadrar-se como fábricas inteligentes e, por conseguinte, terão de ter um sistema ou software capaz de lidar com os novos desafios.

2.1.2 Requisitos da Indústria 4.0

Com base no estudo de Coelho (2016), Hermann et al. (2015) e Wang et al. (2016) conseguem-se perceber algumas características ou requisitos que uma organização terá de ter para ser considerada uma *smart factory*. Em seguida serão expostos alguns desses requisitos.

- As organizações atualmente fabricam os seus produtos ao gosto dos seus clientes, permitindo-lhes customizar os produtos;
- As organizações têm de ser capazes de se moldarem e ajustarem facilmente a novos produtos, a novos equipamentos e a novos processos, de acordo com as alterações da procura, isto é, tem de contemplar processos produtivos flexíveis;
- Todos os recursos dentro de uma organização estão conectados de forma a recolher dados que permitem tomar decisões em tempo real;
- As organizações deixam de estar centralizadas apenas em pessoas e passam a ser os sistemas computacionais a tomar determinadas decisões, garantindo a mesma qualidade e permitindo a rastreabilidade da produção através da automação dos seus dispositivos e equipamentos;
- A capacidade de antecipar o futuro é cada vez mais importante para as organizações, a fim de antecipar problemas e diminuir as incertezas, isto é, as empresas tem de ser mais proativas em vez de serem reativas;
- A ligação entre todos os intervenientes na produção permite fornecer informação do que está a acontecer no processo produtivo precisa, em tempo real.

Tendo em conta estes requisitos, as organizações precisam de um software que lhes proporcione flexibilidade, agilidade e autonomia para lidar com a customização e personalização, bem como com a incerteza do futuro.

2.2 Customização em Massa

Nos últimos anos, o mercado tem sofrido grandes mudanças decorrentes do aumento da competitividade e da sofisticação. Como resultado destas alterações, as organizações sentem-se obrigadas a adotarem estratégias para melhorar a sua performance junto dos seus consumidores, que por sua vez tendem a exigir produtos cada vez mais customizáveis.

Destas mudanças de mercado, resultou uma crescente procura pela diversificação e customização dos artigos, desde as matérias-primas até ao produto final, sendo cada vez mais importante para as organizações o fator diferenciador – requisito da indústria 4.0. Este fenómeno deu origem ao aparecimento de novos paradigmas de produção, onde é destacado a customização em massa – CM (Pine, 1993).

Segundo Tseng, Jiao, & Merchant (1996), “o paradigma da CM caracteriza-se pela intenção de satisfazer em cada produto as necessidades individuais dos clientes através da especificação das suas características, com uma eficiência próxima à da produção em massa”.

Assim, a customização em massa pode ser vista como uma estratégia competitiva por parte das organizações, resultado dos seguintes fatores (Da Silveira, Borenstein, & Fogliatto, 2001).

- As novas tecnologias de produção e informação permitem que os sistemas de produção ofereçam uma maior variedade a um menor custo;
- Existe uma maior procura por produtos customizados;
- As estratégias de produção cresceram devido ao encurtamento dos ciclos de vida dos produtos e à maior concorrência industrial.

A CM tem vindo a ser tema de discussão por parte de diversos autores nos últimos anos, devido à sua crescente importância. Deste modo, têm surgido na literatura várias designações para CM, apesar de, segundo Duray, Ward, Milligan, & Berry (2000) e Thoben (2003), não existem ainda bons limites conceptuais nem uma definição unânime para o termo.

As empresas utilizam a CM como uma estratégia para se aproximarem dos consumidores, e combinar os elementos da produção em massa com os elementos individualizados, a fim de atingirem menor custos e maior produtividade (Depner, 2009).

A CM desenvolve, produz, comercializa e distribui bens e serviços com tal variedade que quase sempre todos os consumidores encontram exatamente o que desejam a um preço acessível (Pine, 1993). Para o mesmo autor, a CM é vista como uma estratégia de produção de produtos individualizados, de acordo com as necessidades específicas do cliente, a um custo típico da produção em massa e com prazos de entrega menores. No mesmo seguimento, o autor anterior juntamente com os autores Da Silveira et al. (2001), consideram que a customização

em massa fornece produtos sob medida para as necessidades individuais dos clientes, perto da eficiência da produção em massa, usando processos flexíveis.

Da Silveira, et al (2001), definem CM como a habilidade de providenciar produtos ou serviços customizados em grandes volumes através de processos flexíveis e a um preço racionalmente baixo.

Assim, com os clientes cada vez mais exigentes, as organizações devem, através de baixos custos, maior qualidade e maior rapidez na entrega, personalizar os produtos fazendo face às necessidades dos consumidores e estimulando a procura do mercado (Heiskala, Paloheimo, & Tiihonen, 2000).

É notório que existem muitos autores com pontos em comum no que diz respeito à definição de CM. Assim sendo, os autores Da Silveira et al. (2001) definem a CM como um sistema que usa tecnologia da informação, processos flexíveis e estruturas organizacionais para fornecer uma ampla gama de produtos e serviços que atendem às necessidades específicas de clientes individuais, a um custo próximo dos artigos produzidos em massa.

2.2.1 Benefícios da CM

No trabalho de Da Silveira, et al (2001), os fatores de sucesso da CM é tema de estudo e análise, sendo certo que estes dependem de diversos fatores externos e internos. Para os autores, os fatores que as organizações precisam de garantir para serem competitivas no mercado são apresentados em seguida:

- A procura do cliente deve ser caracterizada por variedade e customização de produtos: este fator depende do equilíbrio entre os clientes, que devem estar dispostos a pagar por produtos personalizados e diversificados, e as organizações, que devem produzir o que os seus clientes exigem num curto espaço de tempo e a um preço reduzido.
- As condições do mercado devem ser apropriadas: as empresas devem tentar ser as primeiras a desenvolver estratégias de CM, a fim de serem as mais inovadoras nos mercados e captarem mais clientes.
- A cadeia de valor deve estar preparada: como a CM é baseada na cadeia de valor, as empresas devem apostar numa cadeia de abastecimento colaborativa e próxima, para garantir que a entrega de matérias-primas seja feita de forma eficiente e que todos os

intervenientes na cadeia de valor estejam ligados para trocarem informação eficientemente.

- A tecnologia de produção e informação deve estar disponível: num mundo cada vez mais tecnológico e digital, as empresas têm de garantir que obtêm a tecnologia necessária para lidar com grandes volumes de informação e processos flexíveis, o que irá permitir o desenvolvimento de sistemas de CM.
- Deve ser possível customizar e personalizar os produtos: os produtos para terem sucesso na CM devem ser modularizados, versáteis e constantemente renovados.
- O conhecimento deve ser partilhado: as empresas devem ter capacidade para traduzir as novas procuras de mercado em novos produtos, e para tal é necessário fomentar a partilha de conhecimento em toda a cadeia de valor, sem quaisquer barreiras.

As empresas ao produzir produtos customizáveis de alta qualidade, com baixos custos e tempo de entrega reduzidos, conseguem arrecadar imensos benefícios, não só para elas próprias, como também para os seus clientes.

Os principais benefícios da customização em massa para as empresas, segundo Pine (1993) e Heiskala et al. (2000) são: redução do inventário provocada pela ausência da necessidade de armazenar produtos finais para entrega ao cliente; redução da obsolescência do produto e ausência de riscos relacionados com tendências da moda; informação mais correta do cliente motivada pelo aumento da comunicação entre este e o produtor; participação do cliente no projeto do produto, o que provoca um aumento de satisfação para o cliente; e o cliente fica mais tolerante ao aumento do preço, pois reconhece o esforço do produtor em cumprir os requisitos do produto especificados.

Para os mesmos autores, os clientes beneficiam de uma melhor adequação dos produtos às suas necessidades, conseguem participar ativamente no projeto e especificar o seu produto, através de opções e padrões pré-determinados.

2.2.2 Desafios da Implementação da CM

Diversas empresas têm apostado na implementação da CM com o objetivo de alcançar os seus benefícios. Contudo, esta ambição enfrenta um conjunto de desafios que as organizações terão de lidar, se quiserem ser bem-sucedidas.

Com base no trabalho de Gomes (2014), a implementação da CM abrange três disciplinas de atuação.

- Informática de gestão, que envolve a utilização de tecnologia informática e de suporte à decisão.
- Gestão de negócios, que envolve a estratégia, o marketing e a organização.
- Engenharia, que envolve o desenvolvimento do produto, melhorias do processo e da produção.

Alguns dos desafios relacionados com a informática de gestão englobam o aumento dos fluxos de informação, tanto internos, como externos, e dos custos de suporte do *interface*, bem como a criação de novos sistemas de planeamento e controlo da produção (SPCP).

Em termos da gestão de negócios, os desafios compreendem a produção orientada para o cliente e as especificações das suas necessidades, a complexidade da especificação do produto, a interação com fornecedores e clientes e o balanço no aumento da customização e valor ao cliente.

Por último, os desafios encontrados na engenharia passam pela modularização, pela eficiência da produção em massa, pela flexibilidade da produção, pela mão-de-obra qualificada e pelos produtos configuráveis.

2.3 Gestão de Informação de Artigos

A Gestão de Informação de Artigos (*Product Data Management – PDM*) é uma das áreas funcionais mais importantes para os SPCP, uma vez que gere a informação sobre os artigos (referências e listas de materiais, operações e gamas operatórias). Além disso, consegue disponibilizar estas informações para áreas como a gestão comercial, planeamento de necessidades de materiais e de capacidade, e para o curto prazo (Gomes et al., 2011).

Com as organizações cada vez mais voltadas para a CM é essencial que esta informação seja gerida de forma eficiente, de maneira a tornar o SPCP capaz de lidar com ambientes de grande diversidade, uma vez que, a informação que deriva do PDM influencia todas as funcionalidades dos SPCP.

Para Gao, Aziz, Maropoulos, & Cheung (2003), a área funcional PDM é a área mais importante de uma organização porque está presente em todas as fases de desenvolvimento do produto, passando pela produção até chegar à sua comercialização. As empresas ao operarem num ambiente de elevada concorrência e competitividade tendem a colocar os seus produtos no mercado o mais rápido possível, o que implica reduzir o tempo de produção dos mesmos.

Segundo os mesmo autores, a transferência de dados e a cooperação entre os diversos setores da organização são visto como uma solução. A integração da informação pode ser feita usando os sistemas PDM, uma vez que ajudam a organizar, modelar e controlar todos os dados referentes aos artigos existentes dentro de uma organização (Teixeira, 2014).

Segundo Philpotts (1996), ao utilizar os sistemas PDM as organizações conseguem reduzir os custos na produção, reduzir o tempo de comercialização e aumentar a qualidade do produto. Além disso, estes sistemas controlam as informações sobre produtos, estados, processos de aprovação e autorizações. Tal como Gao et al. (2003) expuseram, também Philpotts (1996) considera importante que os utilizadores do sistema PDM obtenham e compartilhem as informações mais atualizadas possíveis.

Mesihovic & Malmqvist (2000) também partilham a ideia de Gao et al. (2003), quando afirmam que os sistemas PDM são ferramentas que possibilitam às organizações encurtar o tempo de desenvolvimento de produtos e o processo de entrega aos clientes. Para os autores, estes sistemas rastreiam os dados e as informações necessárias para projetar, fabricar e apoiar os produtos durante todo o seu ciclo de vida. Além disso, Mesihovic & Malmqvist (2000) acreditam que as informações transferidas entre os utilizadores do sistema têm de ser corretas para garantir produtos de qualidade e com as especificações do cliente.

Como referido anteriormente, os sistemas PDM gerem informações sobre os artigos existentes numa organização, que pode ir desde as informações das listas de materiais, gamas operatórias, até aos atributos e propriedades.

As listas de materiais (*Bill-of-Materials* – BOM), segundo Jacobs, Vollmann, Berry, & Whybark (2005) são listas específicas de componentes que constituem um artigo e indicam as quantidades necessárias de cada um deles. As gamas operatórias (*Bill-of-Operations* – BOO) são conjuntos de operações que transformam os artigos num novo produto de acordo com a informação presente na BOM, onde cada operação contém um dado tempo de execução.

A grande diversidade de artigos com que as organizações têm de lidar atualmente - para satisfazerem as exigências dos clientes e as mudanças do mercado - contribui para o aumento dos produtos acabados e, conseqüentemente, dos produtos semiacabados e das matérias-primas. Essa customização de artigos tem implicações na produção e nos SPCP, uma vez que as variantes que podem ser geradas dos produtos são cada vez maiores.

Na produção, as organizações podem ser apoiadas pelo avanço das tecnologias e equipamentos de produção mais flexíveis no entanto, os sistemas de informação da produção tradicionais, segundo Olsen, Etre, & Thorstenson (1997), não possuem métodos satisfatórios para especificar e gerir todas as variantes possíveis de um produto.

Assim, a quantidade de informação de artigos que as empresas têm de gerir, nomeadamente as listas de materiais e gamas operatórias, é enorme e torna este processo muito mais complexo e com elevados custos. Esta realidade, levou a que diversos autores se debruçassem sobre a criação de modelos para representação da informação de artigos.

Segundo Gomes, Lima, & Martins (2007), os modelos de representação de artigos podem ser classificados em duas categorias:

- Categoria 1: modelos de referência direta (RD), onde cada artigo é identificado e tratado de forma independente e individual, e para cada um deles é gerado um código único, e uma lista de materiais e gama operatória própria.
- Categoria 2: modelos de referência genérica (RG), onde os artigos são identificados e tratados como uma família ou referência genérica, e para cada família de artigos é atribuída uma lista de materiais e uma gama operatória genérica.

A forma como se representa os artigos deve ser feita tendo em conta a quantidade de diversidade que a organização tem de lidar, ou seja, quanto maior for o grau de customização dos seus produtos maior é a preocupação de reduzir o esforço de modelação de informação

desses produtos (Teixeira, 2014). Desta forma, em seguida são apresentadas as diferenças existentes entre as categorias acima descritas.

Modelos de Referência Direta

Os modelos tradicionais ou convencionais são ainda os mais utilizados para o SPCP devido à simplicidade e facilidade de utilização. Contudo, para Olsen et al., (1997), estes modelos apenas podem funcionar em organizações com um conjunto limitado de variantes, cuja produção não é voltada para o cliente.

Atualmente, as organizações estão muito focadas em satisfazer as necessidades dos clientes e por isso os modelos tradicionais tornam-se um entrave, uma vez que não conseguem lidar com a crescente customização dos artigos. Isto acontece porque tais modelos baseiam-se em referência direta para identificar e gerir os produtos.

Os modelos de referência direta especificam cada variante como um produto único com uma BOM própria e individual (Olsen et al., 1997). Segundo Gomes (2014), nestes modelos, os artigos têm de ser identificados e caracterizados. A identificação dos artigos é feita através de um código único e a sua caracterização é feita através da associação de valores a cada atributo definido.

Na Figura 1 está representado o conceito de RD, em que cada um dos artigos de uma população é identificado univocamente por um código.

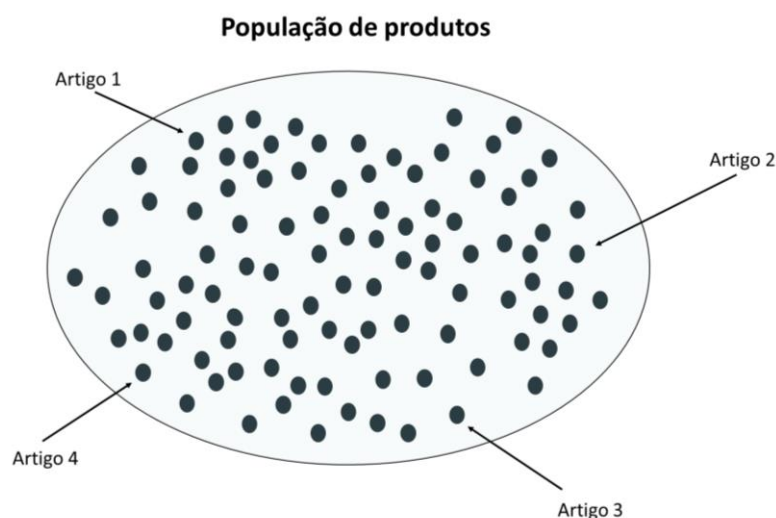


Figura 1 - Representação de artigo, com a utilização da RD – adaptado de Martins e Sousa (2013)

Isto implica, por parte do utilizador, um enorme esforço e tempo para conseguir representar as listas de materiais e gamas operatórias de cada variante do produto. Segundo Gomes et al. (2007) quando um novo artigo é adicionado à população, o utilizador fornece um novo código de identificação, bem como um conjunto de valores a cada um dos atributos definidos para a sua caracterização.

Desta forma, num mundo cada vez mais dominado por produtos diversificados e personalizados, a referenciação direta não é vista como uma solução fiável e eficaz para a gestão de informação de artigos e para o SPCP.

Modelos de Referenciação Genérica

Para tornar a gestão de informação de artigos mais ágil e flexível, e contornar o problema acima identificado, têm surgido, na literatura, vários modelos sustentados na referenciação genérica. Estes modelos destacam-se pela sua facilidade e rapidez de representar os artigos, tornando a gestão de informação de artigos menos exigente e complexa.

Um exemplo de modelo de referenciação genérica é o modelo GenPDM (*Generic Product Data Management*). Neste modelo, as famílias de artigos são identificadas e tratadas de forma independente, como uma referência genérica, e para cada referência é atribuída uma lista de materiais e uma gama operatória genéricas (Gomes et al., 2007). O modelo GenPDM, desenvolvido no departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, utiliza conceitos e funcionalidades que serão apresentadas no capítulo 3.

Este conceito está representado na Figura 2.

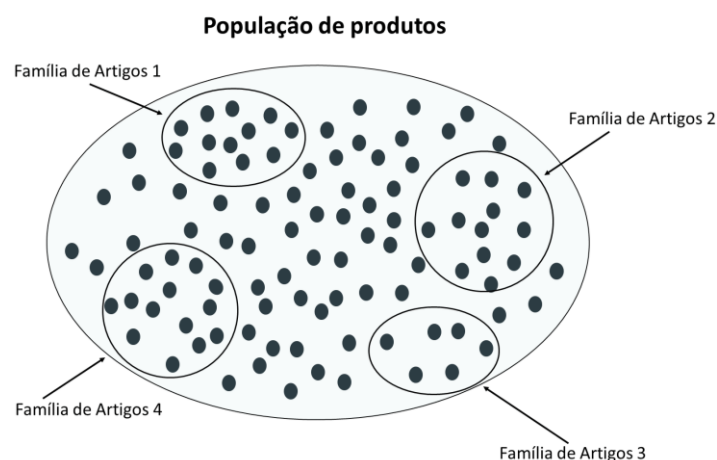


Figura 2 - Representação de artigo, com a utilização da RG – adaptado de Martins e Sousa (2013)

A forma como as empresas representam e caracterizam os seus artigos tem impacto no grau de complexidade da gestão de informação de artigos. Dessa forma, a gestão da informação de artigos torna-se a área mais importante dos sistemas de planeamento e controlo da produção, que terão de ser flexíveis e configuráveis, ao ponto de lidar com o elevado número de artigos diferentes sem perder a eficiência produtiva.

2.4 Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção

Nas organizações, surge a necessidade de implementar sistemas de planeamento e controlo da produção avançados e inovadores, que permitam lidar de forma eficiente com o paradigma da customização em massa e com os requisitos da indústria 4.0.

A razão desta necessidade está na complexidade que os processos produtivos atualmente têm devido à crescente procura de artigos diversificados, onde os sistemas comuns não conseguem acompanhar as mudanças de mercado e vão diminuindo o desempenho (Cruz, 2018).

Apesar de alguns autores considerarem os SPCP um ponto crítico para o sucesso das empresas (Jacobs et al., 2005), Da Silveira et al. (2001) vêm como um dos fatores principais de sucesso para a customização em massa.

Mais ainda, na perspetiva de Jacobs et al. (2005), o SPCP tem o objetivo de planear e controlar todos os aspetos da produção, incluindo tanto a gestão de materiais e de equipamentos, como a coordenação dos recursos humanos, dos clientes e dos fornecedores.

2.4.1 Áreas Funcionais de um Sistema de Planeamento e Controlo da Produção

As funções de um sistema de planeamento e controlo da produção englobam o planeamento agregado da produção, o plano diretor da produção, a gestão de informação de artigos, o planeamento de necessidades de materiais, o planeamento de necessidades de capacidade, o lançamento de ordens de produção, o lançamento de ordens de compra, a programação da produção e a monitorização e controlo da produção.

Na Figura 3 estão representadas todas estas áreas, que serão descritas a seguir, segundo Jacobs et al. (2005), Gomes (2014) e Lima (2013).

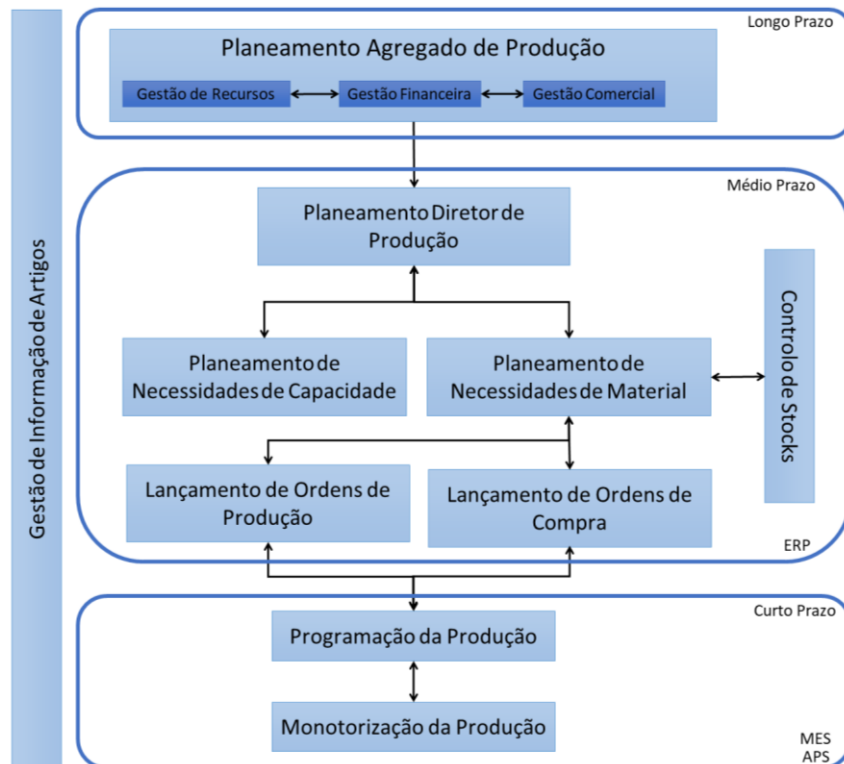


Figura 3 - Áreas funcionais de um sistema de planeamento e controlo da produção – adaptado de Lima (2013)

Planeamento Agregado da Produção

O planeamento agregado (PA) da produção define as orientações da produção para um determinado período de tempo (normalmente próximo de um ano), refletindo as quantidades a produzir para esse período, baseado nas previsões de venda. O PA engloba a área da Gestão Comercial, da Gestão de Recursos e da Gestão Financeira. A primeira área tem a função de gerir a procura e fornece informações sobre as previsões de procura, receção e proposta de pedidos dos clientes. A segunda, controla toda a informação sobre mão-de-obra existente na organização e quais as suas necessidades relativamente a este recurso. Por último, a terceira área realiza planos de vendas e operações, tendo em conta as necessidades de capacidade da organização e os seus recursos disponíveis.

Plano Diretor de Produção

O plano diretor de produção (PDP) resulta da interação das três áreas mencionadas anteriormente e tem como principal objetivo ajudar na decisão de quando, quanto e quais os produtos finais que se devem produzir, de modo a satisfazer os clientes e tirar maior partido dos recursos instalados.

Gestão de Informação de Artigos

A gestão de informação de artigos é a área funcional que alimenta as restantes áreas, fornecendo aos SPCP informação sobre características dos artigos, listas de materiais, operações e gamas operatórias, como referido anteriormente.

Planeamento de Necessidades de Materiais

O planeamento de necessidades de materiais utiliza a técnica MRP, do inglês *Material Requirements Planning*, para obter um plano de produção detalhado sobre a quantidade de produtos que se tem de produzir e quais os materiais que se tem de comprar para cumprir o PDP, tendo em consideração o stock existente, isto é, calcula as necessidades líquidas. Além disso, o MRP apresenta as datas em que se devem comprar os materiais e quando iniciar as atividades, utilizando as listas de materiais de cada produto. Contudo, não basta saber o que comprar ou produzir, é também necessário saber se existe capacidade na organização para tal.

Planeamento de Necessidades de Capacidade

O planeamento de necessidades de capacidade utiliza a técnica CRP, do inglês, *Capacity Requirements Planning*, para calcular a capacidade necessária a instalar, tendo em conta a gama operatória de cada produto e as necessidades derivadas do cálculo MRP. Também aqui, o CRP tem de estar em concordância com o PDP para que não haja incompatibilidades. Por exemplo, quando a capacidade necessária para cumprir o PDP é superior à instalada é necessário arranjar estratégias, como subcontratação, prestações de serviços externos, para resolver o problema.

Lançamento de Ordens de Produção

Os lançamentos de ordens de produção, baseado nas sugestões do MRP, são autorizações para produzir artigos num dado período de tempo.

Lançamento de Ordens de Compra

Os lançamentos de ordens de compra são autorizações para adquirir matérias-primas aos fornecedores, tendo em conta o stock existente na organização.

Programação da Produção

A programação da produção é feita no curto prazo e implica estabelecer prioridades das ordens de produção e alocar trabalhos aos postos, com a indicação da data de início e de fim da produção.

Monitorização da Produção

A monitorização e controlo da produção tem como objetivo obter informações e dados sobre o estado atual da produção e indicadores sobre o desempenho dos operadores, a fim de garantir que o plano de produção está a ser cumprido.

Pode-se verificar que os SPCP têm várias funcionalidades e recebem informações de diversas áreas funcionais de uma organização. Contudo, esta informação está normalmente espalhada por sistemas informáticos distintos, que necessitam de comunicar entre si, para que a informação transferida para o planeamento e controlo da produção seja a mais completa e correta possível.

2.4.2 Sistemas de Informação e a Produção

Atualmente, as organizações lidam com uma enorme quantidade de informação dos diferentes departamentos, que são suportadas por sistemas de informação integrados. Em seguida serão apresentados alguns tipos de software utilizados para a gestão de informação.

Enterprise Resource Planning (ERP)

Os sistemas ERP surgiram devido à fragmentação da informação dentro das organizações, que através destes sistemas podem ser geridas de forma integrada e automatizada, de maneira a obter as informações em tempo real (Serdeira, Romão, & Rebelo, 2014).

Na perspetiva de Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefois (2007), o ERP é considerado como uma ferramenta de gestão global para os fluxos de informação ao nível estratégico, tático e operacional. Os mesmos autores, juntamente com Lima (2013) defendem que este sistema integra toda a informação das diversas áreas funcionais de uma organização, transferindo-a para uma base de dados única. O ERP intervém em três grandes áreas, que são expostas em seguida (Courtois et al., 2007; Lima, 2013).

- **Gestão Financeira:** preocupa-se com a disponibilidade de capital, retorno de capital, fluxos de caixa e contas dos clientes e fornecedores. Este setor tem influência na

produção, na medida em que as decisões de produção podem ser analisadas tendo em conta o seu retorno monetário.

- **Gestão de Vendas e Marketing:** foca-se em introduzir os produtos no mercado e a identificar as necessidades e gostos dos consumidores. Gera o processo de vendas e compras. As políticas de marketing irão direcionar a produção de uma organização, e por isso é preciso gerir a capacidade e a quantidade de materiais constantemente.
- **Gestão de Recursos Humanos:** intervém no processo de recrutamento e tem a função de gerir o desenvolvimento pessoal e profissional dos trabalhadores, promovendo uma motivação coletiva. Gere questões de salário e férias do pessoal. Como o nível de produtividade de uma organização passa pela maneira de como de os funcionários trabalham e se sentem, é essencial haver uma área que se foca muito nos trabalhadores.

A implementação de um sistema ERP exige à organização um esforço enorme, em termos de estruturas e processos, para se adaptar e ajustar ao funcionamento do programa informático (Courtois et al., 2007).

Contudo, segundo Serdeira et al. (2014), os sistemas ERP trazem mais benefícios que inconvenientes. A nível operacional melhoram a automação, permitindo a redução de custos e de prazos, ganhos de produtividade e melhor atendimento ao cliente. A organização ganha também em termos de gestão, uma vez que o sistema fornece informações em tempo real, e em termos organizacionais e estratégicos na medida em que integra todos os processos internos e melhora a comunicação ao longo da cadeia de valor.

Manufacturing Execution System (MES)

Os sistemas MES intervêm ao nível do *shop floor*, de forma a programar e obter informação sobre a produção, e controlar o estado do processo produtivo, bem como gerir a qualidade dos produtos e a manutenção dos equipamentos (Courtois et al., 2007).

Estes sistemas são normalmente utilizados em organizações que já possuem ERP e processos automatizados na produção, havendo uma integração entre estes sistemas. Isto acontece devido à incapacidade do ERP para gerir e controlar em tempo real tudo o que envolve o processo produtivo (Neves, Akabane, Marins, & Kanaane, 2015; Romero & Vernadat, 2016).

Na perspectiva de Neves et al. (2015), o objetivo do MES é monitorizar e melhorar todos os aspetos relacionados com o processo produtivo, a fim de alcançar maior flexibilidade de produção e reduzir os seus custos. Desta forma, o sistema oferece uma visão global da área de produção em tempo real, permitindo tomar decisões com base em informações relevantes, atuais e confiáveis (Neves et al., 2015).

Romero & Vernadat (2016) partilham a mesma opinião de Neves et al. (2015), acrescentando que devido à evolução das novas tecnologias de informação, o sistema tornou-se dinâmico e com maior nível de integração, impulsionando a execução de operações de produção com maior eficiência. Contudo, para o autor, o paradigma da indústria 4.0 e da customização em massa vem trazer novos desafios aos sistemas MES, que terão de integrar os dados de produção mais inteligentes com máquinas e equipamentos mais inteligentes.

No trabalho de Courtois et al. (2007) é possível encontrar vantagens da utilização do sistema MES, como a melhoria do sistema produtivo, aumento dos níveis de produtividade e redução do tempo de ciclo, devido à programação da produção e da gestão da manutenção. Através da gestão dos recursos (máquinas, materiais e pessoas) é possível assegurar todas as condições necessárias para a produção no momento certo, melhorando o planeamento dos processos. Adicionalmente, existe uma melhoria em termos de qualidade dos produtos, devido à rastreabilidade e controlo da produção em tempo real.

Advanced Planning and Scheduling (APS)

Para retirar o maior proveito e vantagens dos sistemas anteriores, estes devem ser integrados, segundo Courtois et al. (2007), com o sistema *Advanced Planning and Scheduling* - APS.

No trabalho de Sousa, Camparotti, Guerrini, Silva, & Azzolini Júnior (2014), os sistemas APS são referidos como uma solução eficaz para gerir um plano de produção, que inclui diversas vertentes, tais como: disponibilidade de matérias-primas, capacidade das máquinas e da mão-de-obra, nível de stock, custos de produção e vendas.

Os mesmos autores afirmam que estes sistemas melhoraram a integração de materiais e de capacidade, fazendo a ponte entre a cadeia de valores e as decisões operacionais diárias. Através de uma otimização da cadeia de valor, as organizações conseguem reduzir custos e níveis de stock e aumentar os rendimentos industriais.

As organizações com a implementação de um sistema APS poderão retirar os seguintes benefícios: maior produtividade, aumento dos lucros operacionais, melhor alocação de carga de trabalho, rápida reação a variabilidades e maior satisfação do cliente (Sousa et al., 2014).

Pode-se concluir que com as novas tecnologias de informação, os sistemas e softwares estão também cada vez mais evoluídos e são capazes de responder com eficiência à complexa rede de informação, que percorre as organizações.

No entanto, é de realçar que num mercado em constante mudança, a tendência é de integrar estes sistemas com outros mais completos, como por exemplo o modelo PDM (Courtois et al., 2007). Com o propósito de oferecer ao mercado soluções integradas para o planeamento e controlo da produção, a empresa GenSYS desenvolveu um software baseado nos princípios da indústria 4.0.

3. GENSYS – SMART PRODUCTION SYSTEMS

No contexto da indústria 4.0, as organizações precisam ser apoiadas por um sistema capaz de lidar com a enorme quantidade de informação, proveniente da CM, de maneira a tornar o seu sistema de planeamento e controlo da produção mais eficiente e ágil, e conseguir tomar decisões baseadas em dados recolhidos em tempo real.

Para responder à necessidade de mercado e auxiliar as organizações na gestão da produção, a empresa GenSYS desenvolveu o sistema informático GenSYS. O sistema GenSYS, baseado num modelo de referência genérica, conjuga a gestão de informação de artigos com a eficiência os sistemas de planeamento e controlo da produção.

O sistema é constituído por diferentes módulos de software, distribuídos por três áreas funcionais, que integram funções presentes em sistemas como o PDM, ERP, MES e APS, conforma ilustra a Figura 4.

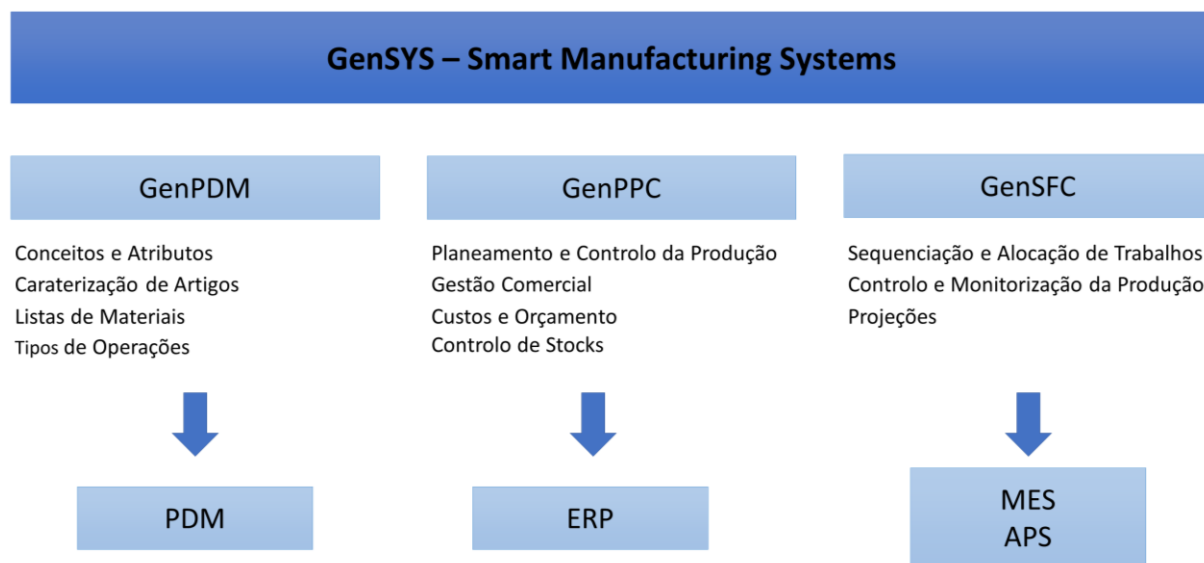


Figura 4 - Representação das áreas funcionais que integram o sistema GenSYS

Em seguida, é apresentado, na secção 3.1, o módulo GenPDM e os conceitos mais utilizados, na secção 3.2 apresenta-se o módulo GenPPC e a apresentação do módulo GenSFC está presente na secção 3.3, bem como os conceitos utilizados no respetivo módulo.

3.1 Gestão de Informação de Artigos – GenPDM

O GenPDM é a área funcional mais importante do sistema, dado que toda a informação expressa no módulo irá ter implicações nas restantes áreas funcionais do sistema de planeamento, programação e controlo da produção.

A gestão de informação de artigos consegue responder aos pedidos diversificados e personalizados dos clientes, pois contém um sistema flexível, adaptável e ágil com capacidade de introduzir rapidamente novos produtos, equipamentos e processos, bem como ajustar os produtos ou um processo produtivo a qualquer momento.

Para além disso, o GenPDM contém informações sobre as características de todos os artigos, desde as matérias-primas até aos produtos finais, passando pelas ferramentas e subprodutos, bem como as listas de materiais e gama operatórias de cada uma das famílias de produtos.

O módulo é baseado no modelo GenPDM, que utiliza terminologia específica para representar as propriedades dos artigos, as suas listas de materiais e gamas operatórias. Assim, em seguida são apresentados os conceitos e representações utilizadas no exemplo prático. As representações são baseadas no trabalho de Martins & Sousa (2013).

3.1.1 Referência Genérica e Tipos de Parâmetro

O modelo GenPDM recorre ao conceito de referência genérica para representar um conjunto de artigos com características semelhantes, que lhes permitem partilhar uma lista de materiais genérica e uma gama operatória genérica. O conjunto de artigos pode ser designado por famílias de artigos, sendo que cada um dos artigos em específico consiste numa variante da referência.

A cada uma das referências genéricas é atribuído um conjunto de parâmetros, que representam características do produto final. Uma referência genérica pode ter mais ou menos parâmetros associados consoante o número de características necessárias para a representar.

Através da combinação dos valores escolhidos para cada um dos parâmetros associados à referência genérica é criada uma variante do produto. Desse modo, quantos mais parâmetros associados uma referência genérica, maior é a diversidade de produtos e maior é a sua customização, uma vez que, existe uma maior quantidade de propriedades que caracterizam um determinado produto.

Em GenPDM, as referências genéricas são representadas por um retângulo, cujo código está no seu interior e com a identificação da unidade de medida da referência. Por sua vez, os parâmetros, associados à referência genérica, são representados por losangos com a identificação da sua origem no canto inferior direito e com a sua designação no canto superior direito.

Na Figura 5 está representada a modelação de uma referência genérica e dos seus parâmetros em GenPDM, que poderia representar uma família de artigos de uma matéria-prima, de um semiacabado ou de um produto final.

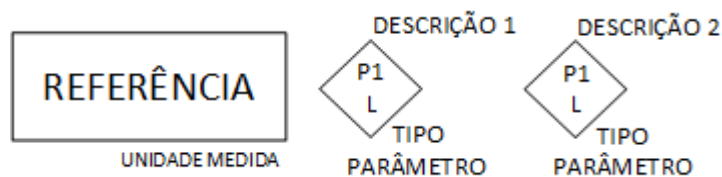


Figura 5 - Representação da referência genérica

Em GenPDM, os parâmetros das referências genéricas são suportados pelos tipos de parâmetros. Os tipos de parâmetros servem para representar propriedades necessárias à caracterização dos artigos dentro de uma organização e podem ser utilizados para caracterizar mais que uma referência genérica, tendo apenas de se adaptar os valores do seu domínio caso seja necessário.

Um tipo de parâmetro é um conceito do sistema, que pode ser constituído por um determinado número de valores, dando-lhe significado. Os tipos de parâmetro podem ser de dois tipos de domínio: extensão e compreensão. Os valores de domínio de extensão são valores finitos escolhidos pelo utilizador, cuja representação é feita pela letra "L". Já os valores de domínio de compreensão correspondem a um intervalo de valores numéricos e são representados pela letra "V".

Cada tipo de parâmetro é representado por um duplo losango acompanhado por uma descrição e no seu interior tem um identificador do tipo de valor, independentemente do domínio que apresenta. Assim, na Figura 6 estão representados a modelação dos tipos de parâmetros em extensão (a) e em compreensão (b).

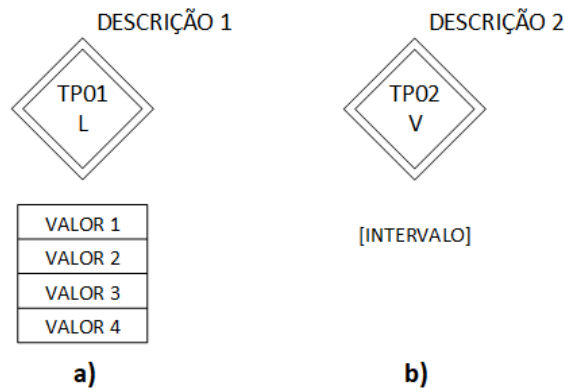


Figura 6 - Representação dos tipos de parâmetros em extensão (a) e em compreensão (b)

Ainda associado aos tipos de parâmetros existe o conceito “caraterísticas”, que só podem ser associadas aos tipos de parâmetros em extensão. No modelo GenPDM, as caraterísticas são utilizadas quando são necessários conceitos mais complexos e os tipos de parâmetros não conseguem dar resposta a essa complexidade. Desta forma, as caraterísticas têm a função de atribuir propriedades aos valores do domínio dos tipos de parâmetros e podem ser utilizadas, de entre inúmeras funções, para definir consumos de componentes na lista de materiais. Estas facilitam a ligação dos tipos de parâmetros a serem utilizados nas referências genéricas e nos tipos de operação, bem como torna mais simples a relação de consumo dos componentes com a referência genéricas pai.

As caraterísticas são representadas por retângulos, ligados ao tipo de parâmetro e com valores próprios para cada valor do tipo de parâmetro de origem, e acompanhadas por uma tabela de relacionamento de valores. A representação do conceito é apresentada na Figura 7.

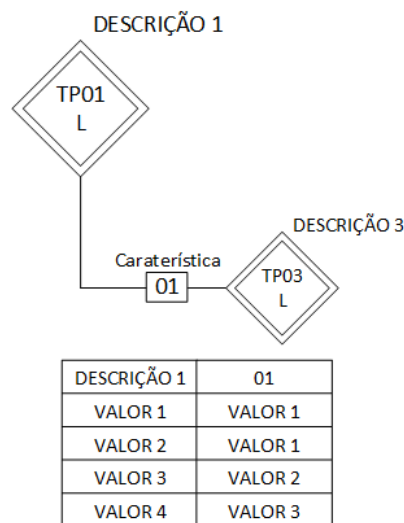


Figura 7 - Representação do conceito de caraterística

3.1.2 Tipos de Operações

Uma organização necessita tanto de gerir a informação sobre as propriedades que definem os artigos, como também é fundamental gerir a gestão do funcionamento dos processos produtivos. Dentro de uma organização pode existir um conjunto de operações, com características comuns, designado por tipos de operações.

O conceito de tipos de operações pode ser considerado como famílias de operações, que conseguem agrupar as operações existentes na organização, mesmo que essas possam ter tempos de execução diferentes, dependendo do artigo que têm de produzir

Também os tipos de operações podem ter parâmetros associados, caso haja a necessidade de transmitir ao operador que executa a tarefa alguma informação adicional sobre a variante do produto que vai realizar. É através da escolha dos valores dos parâmetros do tipo de operação, que são criadas as variantes da operação.

Por exemplo, o parâmetro de um tipo de operação pode fornecer ao operador a informação sobre a temperatura que a máquina deve estar aquando a execução da operação, ou fornecer o desenho do produto.

Os tipos de operações são representados, em GenPDM, através de um octógono, com o código descrito no interior, bem como a unidade de medida a ser utilizada nas operações, e os seus parâmetros são iguais aos utilizados nas referências genéricas. Tal representação encontra-se presente na Figura 8.



Figura 8 - Representação do tipo de operação

3.1.3 Listas de Materiais e Gamas Operatórias Genéricas

As referências genéricas, os parâmetros e os tipos de parâmetros e tipos de operações são essenciais para representar a informação que caracteriza os artigos. Contudo, num sistema de planeamento e controlo da produção são necessárias informações não só sobre os artigos, como também das suas listas de materiais e gamas operatória. Neste sentido, foram criados,

no GenPDM, os conceitos de listas de materiais genéricas (GBOM) e gamas operatórias genéricas (GBOO).

Uma GBOM representa a lista de materiais de uma referência genérica e não de cada uma das suas variantes e, por conseguinte, sua construção são utilizadas referências genéricas, em vez de artigos.

Quando é gerada uma variante da referência, é também definida, automaticamente, uma lista de materiais específica para essa variante. Desse modo, as relações através dos parâmetros entre as referências genéricas de matérias-primas, semiacabados e produtos finais devem ser modeladas com o maior rigor possível, uma vez que, o planeamento a médio prazo recorre à informação das listas de materiais específicas para realizar o cálculo de necessidades de materiais.

A gama operatória genérica, à semelhança da GBOM, define-se para cada uma das referências genéricas e para cada uma das variantes possíveis da referência é gerada a gama operatória específica. A informação transmitida por uma gama operatória genérica permite definir uma sequência de operações a serem realizadas durante o processo produtivo de cada uma das suas variantes. A representação das listas de matérias genéricas e das gamas operatórias genéricas são apresentadas no capítulo 4 deste trabalho.

A definição de referência genérica, tipos de parâmetros e tipos de operações, e listas de materiais genéricas e gamas operatórias genéricas demonstram uma maior eficiência na representação e gestão dos artigos, na medida em que os utilizadores têm um menor esforço no tratamento dessa informação.

3.2 Planeamento e Controlo da Produção – GenPPC

O GenPPC inclui todas as funções de planeamento e controlo da produção a médio prazo. De entre as diversas funções do módulo, destacam-se o planeamento diretor de produção, o planeamento de necessidades de materiais, o planeamento de necessidades de capacidade, o lançamento de ordens de produção e o lançamento de ordem de compra.

Adicionalmente, o módulo trata das necessidades dos clientes, através da criação de encomendas, bem como a viabilidade dos planos de entrega do artigo. Além disso, consegue controlar e monitorizar em tempo real os níveis de stock da organização, e efetuar o custeio dos artigos.

Assim, o GenSYS consegue conectar e interligar todos os intervenientes da empresa, desde os fornecedores até aos clientes, passando pela gestão comercial até à gestão produtiva, a fim de garantir dados suficientes para tomar decisões em tempo real e não cometer erros, refletindo as condições atuais e reais da organização.

Em seguida estão apresentados os alguns conceitos utilizados no GenPPC e que são necessários aquando a explicação do caso de estudo.

- ordens de produção: documento que expressa os artigos a serem produzidos e as respetivas quantidades, bem como a data de início de produção.
- ordens de compra: documento que expressa os artigos a serem comprados e as respetivas quantidades, bem como a data de entrega dos artigos.
- lançamentos previstos de ordens de produção: informação que resulta do cálculo de necessidades de materiais e dão sugestões de quais os artigos necessários a produzir, quando produzir e em que quantidades.
- lançamentos previstos de ordens de compra: informação que resulta do cálculo de necessidades de matérias e dão sugestões de quais os artigos necessários a comprar, quando comprar e em que quantidades.

3.3 Controlo da Produção – GenSFC

O GenSFC foi concebido para atividades de programação e controlo da produção a curto prazo, fornecendo informações sobre todos os intervenientes no *shop floor*, como estações de trabalho, armazéns e sistemas de transporte.

Para tal, este módulo é constituído por um conjunto de quatro módulos - GenPROG, Terminal, Terminal Milk e GenFLOOR - cada um com uma função específica. Para o exemplo prático desta dissertação vai ser utilizado o módulo GenPROG, por isso, é o módulo que é apresentado, em seguida, com maior destaque, sendo os restantes módulos apresentados de forma geral.

O GenPROG é responsável pela sequenciação e alocação das atividades de ordem de produção através de *kanbans* eletrónicos, aos postos de trabalho que têm habilidade para executar a operação. Além disso, tem a funcionalidade de realizar simulações/projeções, que permitem

prever o comportamento do sistema produtivo para um dado intervalo de tempo e avaliar o desempenho da organização. Este módulo permite, ainda, haver uma maior agilidade, flexibilidade e proatividade na programação da produção, na medida em que é possível alterar a sequenciação dos trabalhos e antecipar potenciais erros e falhas.

O Terminal é o módulo destinado aos operadores do *shop floor*, com a função de iniciar e terminar *kanbans* de trabalho.

O Terminal Milk destina-se aos responsáveis pelos meios de transportes, que devem indicar se já carregaram ou descarregaram um *kanban* num posto de trabalho ou num armazém.

O módulo GenFLOOR permite, ao responsável pelo planeamento da produção, monitorizar e controlar, em tempo real, o estado da produção em cada posto de trabalho, armazéns e meios de transporte.

À semelhança do que acontece nos restantes módulos do sistema, também na programação da produção são utilizados conceitos próprios, nomeadamente “Ordens de Programação”, “*Kanban*”, “Fila do Sistema”, “Fila FIFO” e “Postos de Trabalho”, que se encontram explicados em seguida.

Ordens de Programação

No sistema GenSYS, as ordens de programação são autorizações para que no *shop floor* seja realizada um conjunto de operações sobre determinados artigos. Todas as ordens de programação são únicas dentro da organização por serem identificadas através de um conjunto de informações que as distinguem, tais como o número da ordem de programação, o artigo a produzir, a quantidade de unidades do artigo e o estado em que se encontra a ordem programação. A representação gráfica das ordens de programação no sistema encontra-se presente na Figura 9.

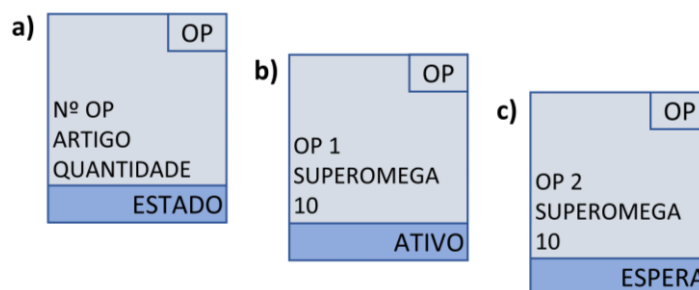


Figura 9 - Representação de ordens de programação (a); exemplo de uma ordem de programação no estado ativo (b) e no estado em espera (c)

Com o conceito de ordem de programação vem associado o conceito de lotes da ordem de programação. Este conceito surge com a necessidade das empresas em dividir a quantidade total de artigos a produzir, para simplificar o processo de movimentação e de manuseamento dos artigos. Assim, um lote contém quantidades menores da ordem de programação.

A cada ordem de programação podem estar associados diversos lotes, sendo o número de lotes definido pelo utilizador ou pelo sistema, de forma automática. A cada lote, podem ser atribuídas diferentes quantidades de artigo, desde que o somatório de todos os lotes da mesma ordem de programação seja igual à quantidade referida nessa ordem de programação.

Na Figura 10, está representado o conceito de lote, associado a uma ordem de programação.

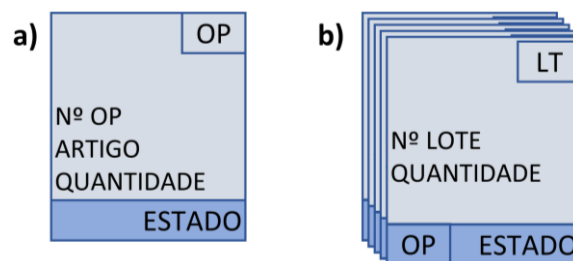


Figura 10 - Representação de uma ordem de programação (a) e dos respectivos lotes (b)

Kanbans

A cada uma das ordens de programação em execução no sistema é atribuído um *kanban*. O *kanban* tem associado um conjunto de operações necessárias à obtenção de um artigo, estando apenas uma dessas operações ativa no *shop floor*, num determinado momento. Desse modo, um *kanban* consiste numa autorização da organização para executar a operação ativa, quando este é atribuído ao posto de trabalho.

No sistema existem dois tipos de *kanbans*, os *kanbans* de trabalho e os *kanbans* de movimentação.

Os *kanbans* de trabalho (KB) são autorizações para que um posto possa executar efetivamente as operações necessárias de uma ordem de programação. O KB, uma vez associado a uma ordem de programação, herda as suas características e fica “preso” à ordem até serem realizadas todas as operações e no final é “libertado” para que possa ser associado a outra ordem de programação. Um KB é identificado por um número próprio e disponibiliza informação de qual artigo a ser produzido, em que quantidades, e, no caso da operação

necessitar de componentes, também indica quais os componentes e as respetivas quantidades.

Os *kanbans* de movimentação (KM) são autorizações para realizar a movimentação de artigos entre armazéns e postos de trabalho, sendo gerados quando existem necessidades de componentes nos postos de trabalho. Os KM também têm um código atribuído e identificam o artigo a ser movimentado, as quantidades a movimentar e qual o KB a que se destina. Um KM tanto pode ser associado a uma matéria-prima, como a um semiacabado, ou a uma ferramenta.

A Figura 11 apresenta um exemplo da representação utilizada para cada tipo de *kanban*, com a informação necessária em cada um deles. De referir que a numeração atribuída a cada um dos tipos de *kanbans* é completamente independentes, podendo haver um *kanban* de trabalho com o mesmo número de um *kanban* de movimentação.

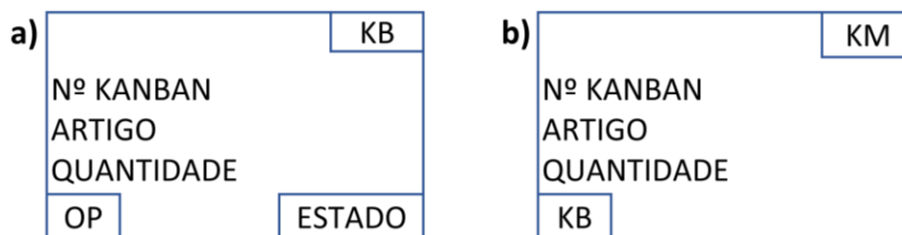


Figura 11 - Representação de *kanbans* de trabalho (a) e de *kanbans* de movimentação (b)

Fila do Sistema

Dentro de uma organização existe uma enorme quantidade de dados e de documentos diferentes em circulação e em fases de desenvolvimento distintas. A informação retirada dos documentos lançados no planeamento de médio prazo, que identificam a necessidade de realizar tarefas num dado período de tempo, é representada pelas ordens de programação.

O conjunto de ordens de programação ativas existentes no *shop floor* constituem a fila do sistema, como é representada na Figura 12. Existem critérios para selecionar os trabalhos, associados às ordens de programação, que serão executadas em primeiro, passando da fila do sistema para a fila FIFO - conceito apresentado em seguida. Um dos critérios que o utilizador pode seguir é a data de início de produção.

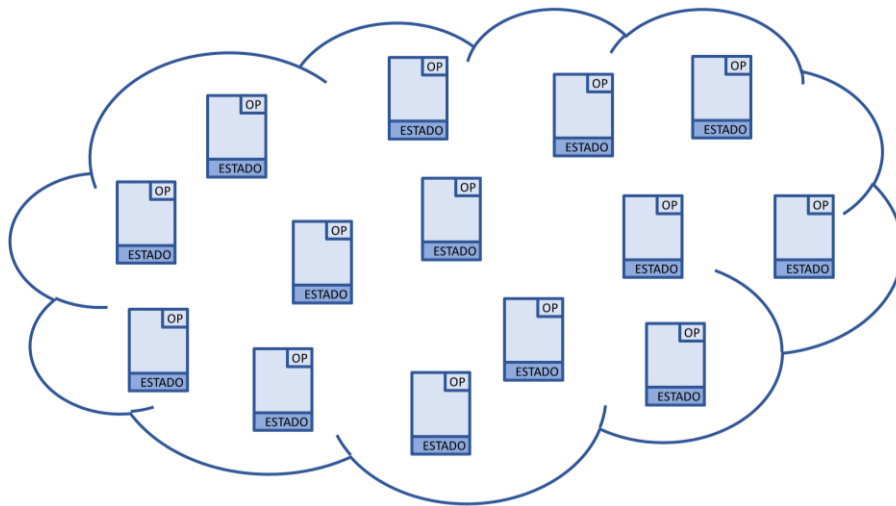


Figura 12 - Representação da Fila do Sistema

Fila FIFO

A fila FIFO representa o conjunto das ordens de programação em execução no sistema e que podem ter *kanbans* de trabalho associados aos lotes dessas ordens, ou seja, na fila FIFO estão representados todos os KB em circulação no sistema de programação.

O número de KB que constitui a fila FIFO é finito e dado pelo número total de posições da fila, onde em cada posição da fila contem apenas um *kanban*, e cada *kanban*, num dado momento, está associado a um único artigo. O número de ordens de programação que estão na fila do sistema e que devem passar para a fila FIFO é definido pelo utilizador no sistema.

Assim, quando é associado um *kanban* de trabalho a lotes da ordem de programação, este entra para a última posição da fila FIFO e, à medida que os *kanbans* ficam prontos, isto é, vão saindo *kanbans* da fila FIFO, fica uma posição liberta para a entrada de um novo *kanban* de trabalho. Na Figura 13 estão representadas as posições da fila FIFO.

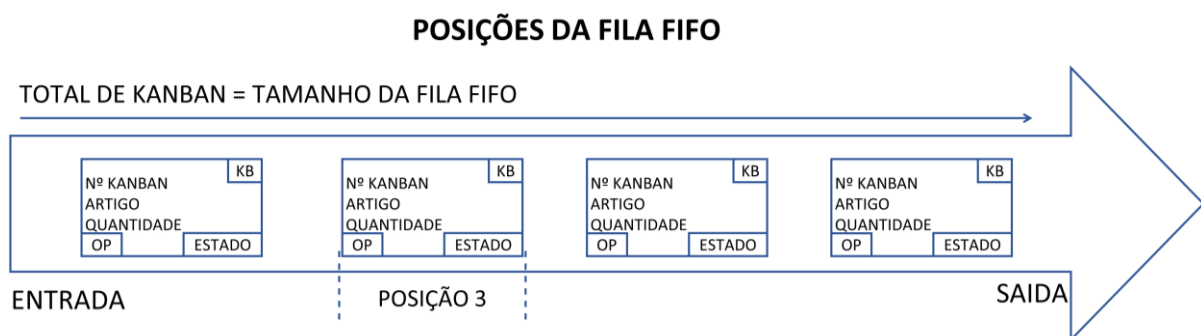


Figura 13 - Representação das posições existentes na fila FIFO

Postos de Trabalho

Todas as entidades, internas ou externas à organização, capazes de executar trabalhos definidos nas ordens de programação, ou que realizem tarefas que possam afetar a execução desses trabalhos, são designados na programação por postos de trabalho.

Um posto de trabalho pode ser classificado como posto interno, armazém, milkrun, cliente, fornecedor e subcontratado. De entre todas as classes, o posto interno é o detalhado neste projeto, uma vez que, é utilizado no exemplo prático.

Os postos internos são aqueles que executam as operações presentes na gama operatória dos artigos com ordens de produção lançadas. Cada posto interno tem habilidades próprias, que permitem executar determinada operação ou operações, e pode haver mais que um posto interno com a mesma habilidade.

Estes postos são constituídos por propriedades físicas e propriedades lógicas, sendo a mais relevante a zona de entrada de componentes e o tamanho da fila do posto, respetivamente. Os *kanbans* de movimentação necessários à realização dos *kanbans* de trabalho são colocados na zona de entrada de componentes. A fila do posto é constituída pelos *kanbans* de trabalho atribuídos a um posto específico.

Na Figura 14, é apresentada a representação de um posto interno, evidenciando a fila do posto e a entrada de componentes, bem como a saída de trabalhos.



Figura 14 - Representação de um posto de trabalho interno

O número de KB alocado à fila do posto é limitado ou pelo número de posições físicas para cada *kanban* no posto ou pela carga horária do posto. Por um lado, num posto são alocados tantos *kanbans* quanto o número de *kanbans* definido para cada posto. Por outro lado, a carga

do posto define o número de *kanbans* alocados através do somatório dos tempos de execução de cada trabalho.

A título de exemplo, se houver cinco *kanbans*, cada um com tempo de execução de 5 minutos, para alocar a um posto, e se for definido cinco posições físicas, então os cinco *kanbans* serão todos alocados ao posto. No entanto, se for definida uma carga horária de 10 minutos, então apenas são alocados dois *kanbans* de cada vez.

4. DEMONSTRAÇÃO DO SISTEMA GENSYS NUMA EMPRESA METALOMECÂNICA

O presente capítulo apresenta a aplicação do sistema informático GenSYS, realizada em contexto de demonstração do setor metalomecânico, na empresa O FELIZ.

O objetivo principal deste capítulo consiste em demonstrar como o sistema pode contribuir para melhorar a gestão do sistema produtivo, eliminando ou reduzindo os problemas identificados na organização.

Nesse sentido, o capítulo encontra-se dividido na seguinte forma. Primeiramente, será dada uma contextualização da empresa, onde se apresentam os artigos e processo produtivo, e se enunciam algumas possibilidades de melhoria, ou seja, é feito um diagnóstico dos possíveis pontos de melhoria da empresa. Em seguida, serão identificadas possíveis estratégias encontradas para a sua resolução, através da modelação de um artigo exemplo no GenPDM. Depois da modelação feita, espera-se demonstrar qual o impacto que tem no médio prazo, ao realizar o planeamento e controlo da produção, mais concretamente ao criar ordens de produção. Por último, pretende-se demonstrar a facilidade de adaptação e reajuste rápido a emergências e situações não planeadas, no curto prazo.

De forma a manter e proteger a confidencialidade da empresa alguns dos dados apresentados ao longo do capítulo serão alterados, como, por exemplo, os códigos dos artigos.

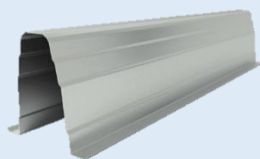

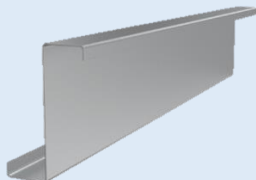
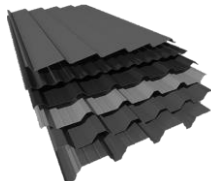
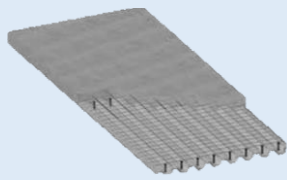
4.1 Apresentação da Empresa e Potenciais Melhorias Encontradas

A empresa O FELIZ, localizada em Braga, pertence ao setor metalomecânico desde 1979 e é constituída por várias unidades de negócio, tendo sido na área de “Chapas e Perfilados” que foi desenvolvido o exemplo a seguir demonstrado.

Esta unidade é responsável pela produção de chapa perfilada ou perfis e produtos enformados a frio. Além de produzir para o cliente final, a unidade “chapas e perfilados” também produz para outras unidades dentro do grupo, que ficam dependentes da produção da unidade “chapas e perfilados”. Dessa forma, a unidade “chapas e perfilados” é considerada uma das áreas mais críticas da empresa, onde é mais urgente ter um sistema capaz de responder, quer às necessidades internas, quer às necessidades externas, da organização.

Um perfil (produto final) deriva de uma banda, e consoante o tipo de perfil pretendido pelo cliente, é produzido em perfiladoras diferentes. A unidade “Chapas e Perfilados” produz cinco tipos de perfis, são eles: superomega, produzido na perfiladora 7 (PF07), madre Z e madre C, produzidas na perfiladora 2 (PF02), laje mista, produzida na perfiladora 3 (PF03) e chapa perfilada, produzida na perfiladora 1 ou 3 (PF01 ou PF03). Na Tabela 1 encontram-se representados os diferentes tipos de perfis existentes na empresa.

Tabela 1 - Representação dos tipos de perfis

Tipo de Perfil	Perfiladora	Imagem
Superomega	PF07	
Madre C	PF02	
Madre Z	PF02	
Chapa Perfilada	PF01 PF03	
Laje Mista	PF01	

Para produzir qualquer produto são sempre necessários componentes e neste caso é preciso produzir bandas para obter os perfis. Por sua vez, a banda resulta do processo de corte de uma bobine, realizado numa máquina de corte de cisalha. O corte da bobine resulta de uma otimização, em que o responsável pela sequenciação dos trabalhos estuda as necessidades de

banda que tem e escolhe a bobine que permite obter essas bandas, de forma a obter o mínimo de desperdício de bobine possível. De referir que determinadas bandas, com dadas características, só podem ser utilizadas para produzir determinados perfis. Adicionalmente, para realizar a perfilagem dos perfis são necessárias duas ferramentas, a cassete e o cortante, que se alteram consoante o tipo de perfil pretendido. A representação do processo produtivo e o fluxo de materiais existentes pode ser encontrada na Figura 15, de uma forma resumida e simplificada, uma vez que o objetivo não é explicar o processo produtivo da empresa, mas sim demonstrar como o GenSYS pode contribuir para melhorar a gestão do processo produtivo.

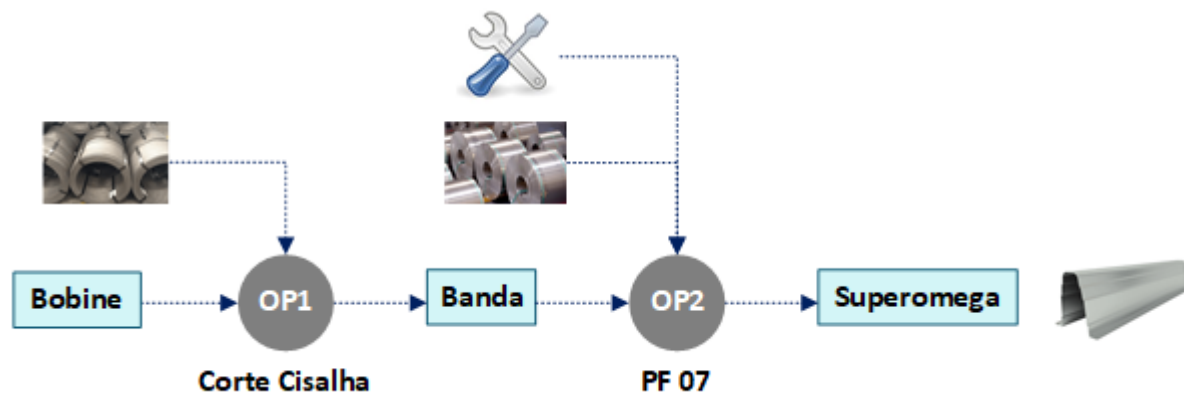


Figura 15 - Representação do processo produtivo da unidade “Chapas e Perfilados”

A empresa em estudo, como qualquer outra, encontra nos seus processos produtivos alguns pontos a melhorar. É neste sentido que o sistema GenSYS pretende contribuir para tornar a empresa mais competitiva e eficiente. Assim, foi feito um diagnóstico à unidade “Chapas e Perfilados” com base na observação durante uma visita e recorrendo a documentos e informações transmitidas pelos responsáveis da produção, a fim de identificar potenciais pontos de melhoria e problemas que podem ser resolvidos pelo sistema.

A organização opera num ambiente de grande diversidade de produtos, onde permite aos seus clientes personalizarem os perfis através da escolha de diferentes valores para as propriedades que os caracterizam. A gestão e caracterização dos artigos é feita através de códigos diretos, que devido à enorme customização de artigos, torna os códigos extensos e confusos, como está ilustrado na Tabela 2. Como para cada produto individual existe um único código correspondente, a quantidade de informação de artigos existente é enorme e difícil de gerir de forma eficiente e prática. Os códigos são constituídos pela indicação do tipo de perfil

pretendido, as dimensões do mesmo, a qualidade e revestimento utilizado, e por fim o tipo de furação utilizado.

Tabela 2 - Exemplos de códigos utilizados na empresa

Códigos da Referências	
Superomega	SO.120X1,50.B775+C349.AF
Madre C	MC.250X3,50.B862+C167.MS
Madre Z	MZ.160X2,00.B963+C147.AC
Laje Mista	ML.H90X0,87.B852+C741
Chapa Perfilada	CP.P1X0,60.B159+C357.P.ZXY

Como consequência do tamanho dos códigos de cada artigo, a organização optou por não especificar qual o comprimento de cada perfil ao registrar as encomendas no software Primavera, de forma a não tornar os códigos ainda mais complexos. Esta estratégia permite que não seja criado um novo código para um produto com as mesmas características de outro, mas com comprimentos diferentes. Por exemplo, um cliente ao encomendar 10 perfis exatamente iguais, mas 5 unidades com 10 metros e as outras 5 unidades com 7 metros, levaria à criação de dois códigos. No entanto, como a empresa não coloca o comprimento apenas seria criado um único código.

A estratégia seguida pela organização, para o planejamento e controle da produção, poderá causar algumas complicações e dificuldades no curto prazo, nomeadamente no momento de executar as ordens de produção, uma vez que, a informação transmitida ao colaborador pode ser escassa e incompleta, impossibilitando a realização da operação.

Foi identificada uma dificuldade adicional na unidade “chapas e perfilados”, nomeadamente na gestão das encomendas urgentes e, consequentemente, na adaptação da sequenciação dos trabalhos ao posto de corte. Quando uma encomenda urgente surge, os trabalhos para a semana já foram planejados e os trabalhos para dia já estão sequenciados e alocados aos

postos, ou seja, bobines que originam as bandas necessárias para produzir os perfis pretendidos já se encontram no posto de corte.

A encomenda urgente, caso corresponda a um perfil cuja produção já estava planeada para o dia, mas destinado a outra encomenda, a empresa pode recorrer-se à banda que seria utilizada no perfil para satisfazer a encomenda urgente e, posteriormente, produzir outra banda para satisfazer a encomenda planeada. Desta forma, no plano de corte já contempla a banda necessária à produção do perfil correspondente à encomenda urgente.

Contudo, o perfil que satisfaz a encomenda urgente pode não corresponder a um perfil com produção planeada, e conseqüentemente, a banda necessária à sua produção não está contida no plano de corte das bobines. Ora, esta situação causa um esforço adicional à empresa, na medida em que tem de efetuar rapidamente um novo plano de corte da bobine de forma a obter a banda necessária à produção do perfil.

Assim, a organização tem de reorganizar a sequenciação dos trabalhos na perfiladora, como também no posto de corte, o que implica um maior tempo gasto no planeamento da produção. Foi com base dos problemas identificados, que se criou um exemplo prático, a fim de demonstrar como o sistema GenSYS consegue ultrapassar e resolver esses obstáculos.

4.2 GenPDM para a Resolução da Gestão de Informação de Artigos

Nesta secção é apresentado um modelo de representação de artigos, que utiliza a referenciação genérica para fazer face ao novo paradigma da customização em massa. Recorre-se, então, ao modelo GenPDM para caracterizar a informação dos artigos existentes dentro da organização O FELIZ, bem como as listas de materiais e gamas operatórias.

Foram modelados todos os artigos utilizados no processo produtivo da empresa, desde matérias-primas, produtos finais e ferramentas, no entanto, apenas será apresentada a modelação de um tipo de perfil (produto acabado). O tipo de perfil escolhido para o exemplo foi o superomega.

Um superomega é caracterizado pela dimensão do perfil (altura), espessura, qualidade e revestimento, e tipo de furação, que pode ser de feita na base e/ou no topo. O tipo de furação utilizado num perfil superomega está representado na Figura 16.

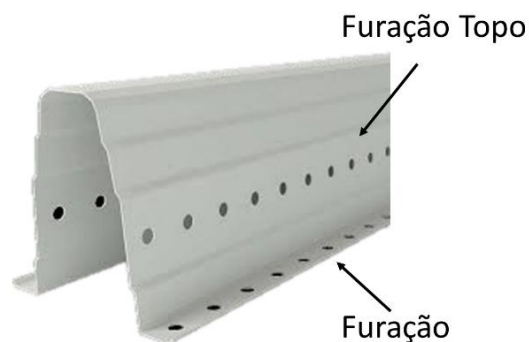


Figura 16 - Representação do tipo de furação no perfil superomega

A Tabela 3 apresenta quatro valores possíveis para cada uma das características que constituem o superomega.

Tabela 3 - Representação das propriedades utilizadas para caracterizar um perfil Superomega

Dimensões	Espessura	Qualidade+Revestimento	Tipo de Furação
90 mm	0,87 mm	B775+C349	-
120 mm	1,50 mm	B862+C167	AF
160 mm	2,00 mm	B963+C147	MS
250 mm	3,50 mm	B852+C741	AC

Através dos exemplos de valores exposto na tabela anterior, consegue-se obter 256 combinações diferentes de superomegas, ou seja, 256 códigos que seriam criados utilizando a referência direta. Para além disso, cada um dos códigos tem associada uma lista de materiais e uma gama operatória, o que leva a um enorme esforço dos utilizadores para registar toda essa informação. Através da utilização do modelo GenPDM é possível criar com um único código todas as combinações de superomegas. A Tabela 4 resume os códigos criados em referência direta e genérica.

Tabela 4 - Comparação entre o número de combinações possíveis e o número de códigos em referência direta e genérica

Número de combinações = 256	
4 dimensões x 4 espessuras x 4 qualidade e revestimento x 4 furação	
Número de códigos criados	
Referência Direta	256 Referências
Referência Genérica	1 Referência

A discrepância entre o número de códigos necessários em referência direta e em referência genérica demonstra os ganhos que as organizações poderiam obter ao alterar a forma como representam os artigos, nomeadamente a diminuição do esforço, do custo e do tempo em registar e gerir todos aqueles códigos.

Dessa forma, em seguida será apresentado um exemplo de modelação do perfil superomega, utilizando o modelo GenPDM. Na subsecção 4.2.1 são apresentados os tipos de parâmetros, a referência genérica e a lista de materiais genérica. Na subsecção 4.2.2 estão presentes a representação dos tipos de operações e gama operatória genérica do perfil superomega. Na subsecção 4.2.3 estão representadas as modelações dos semiacabados e respetivas listas de materiais e gamas operatórias. Os conceitos utilizados nesta seção estão explicados no capítulo 3 deste trabalho.

4.2.1 Referências Genéricas e Tipos de Parâmetros

Um perfil superomega, como referido, é caracterizado pela sua dimensão, pelo tipo de qualidade e revestimento, pelo tipo de furação e idealmente pelo comprimento. Assim, a representação da referência genérica SUPEROMEGA está presente na Figura 17. As restantes referências genéricas encontram-se representadas no Apêndice I, Figura 43.

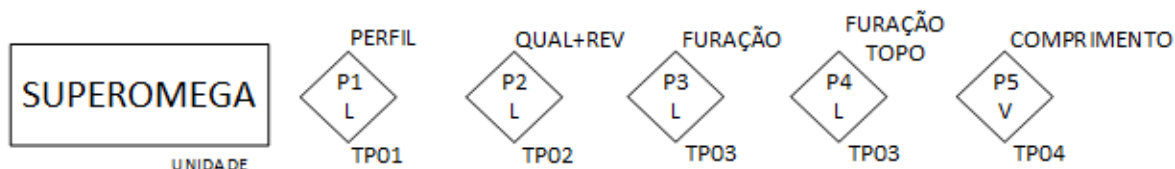


Figura 17 - Representação da referência genérica SUPEROMEGA

O parâmetro comprimento, que não existe no contexto da organização, foi criado para facilitar o registo das encomendas de clientes e melhorar a qualidade de informação dos artigos transmitida ao operador, uma vez que, a indicação do comprimento do perfil é fundamental para que no momento da produção do mesmo, o trabalhador tenha essa informação e consiga executar a operação. Assim, a modelação de uma referência genérica em GenPDM tem implicações claras, quer no planeamento da produção, quer na programação da produção.

No exemplo, os parâmetros utilizados para caracterizar um superomega podem ser representadas pelos seguintes tipos de parâmetros: TP01 – perfil, onde se conjugou a propriedade “dimensão” com a propriedade “espessura”; TP02 – qualidade e revestimento e TP03 – furação, em que apenas adaptou-se a estrutura utilizada na empresa para a terminologia do sistema; por fim criou-se o TP04 – comprimento, no sentido de melhorar a eficiência da gestão de informação de artigos. A Figura 18 apresenta a representação dos tipos de parâmetros e os valores dos seus domínios, utilizados para criar os parâmetros do perfil superomega.

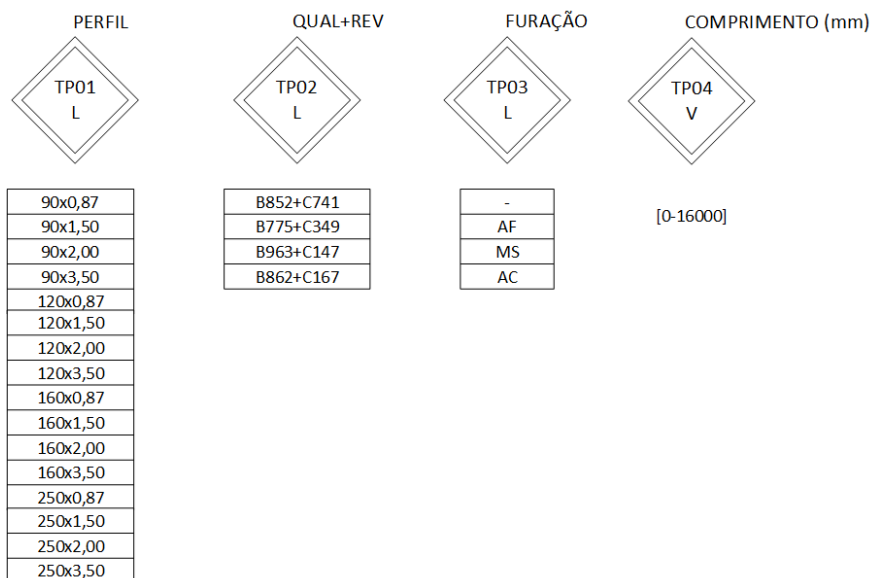


Figura 18 - Representação dos tipos de parâmetro perfil, qualidade e revestimento, furação e comprimento

Ao tipo de parâmetro PERFIL, foi necessário associar duas características, 01 – Espessura e 02 – Largura, que têm origem no tipo de parâmetro ESPESSURA e no tipo de parâmetro LARGURA, respectivamente. A Figura 19 representa os parâmetros ESPESSURA e LARGURA.

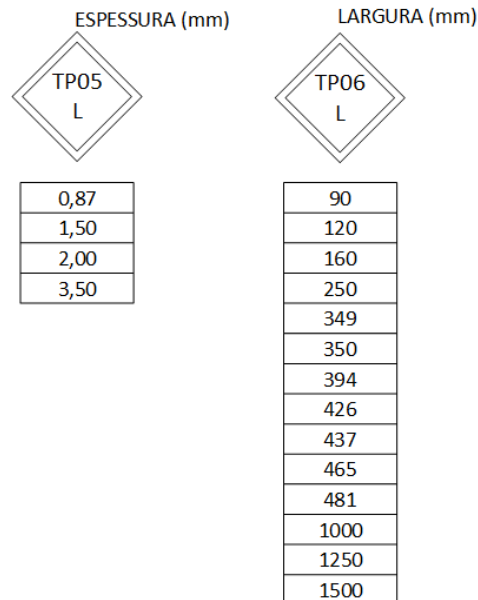


Figura 19 - Representação dos tipos de parâmetro espessura e largura

As características foram criadas por forma a preencher o consumo do componente BANDA na referência genérica SUPEROMEGA, como será demonstrado em seguida. A representação das características e da tabela de valores está presente na Figura 20.

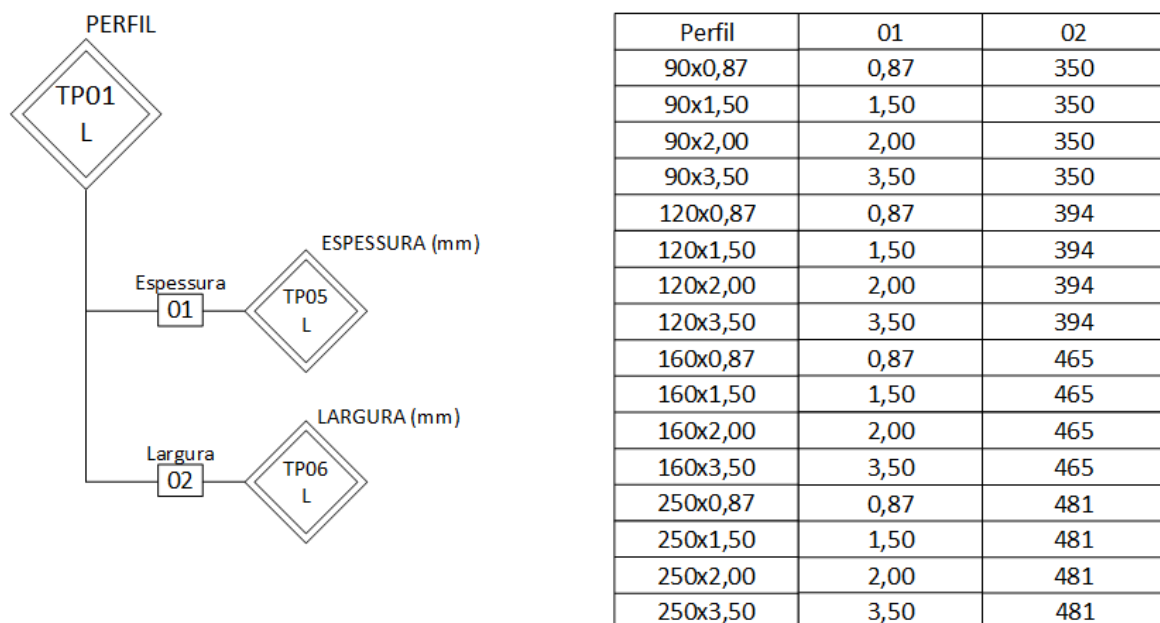


Figura 20 - Representação das características associadas ao tipo de parâmetro PERFIL

Apresentadas a referência genérica SUPEROMEGA e os seus parâmetros é possível criar a lista de materiais genérica. A lista de materiais genérica de um perfil superomega é constituída pela referência genérica BANDA (semiacabado) e pelas referências genéricas CASSETE e CORTANTE (ferramentas). Em termos de consumos, as ferramentas têm um consumo fixo de uma unidade cada, isto é, não são consumidas no ato de produção, pelo que podem ser utilizadas para produzir mais que um artigo. Por outro lado, o consumo da banda depende do comprimento escolhido para o perfil e está a dividir por 1000 por razões de conversão de milímetros para metros, ou seja, como o parâmetro comprimento está em milímetros e a unidade de medida da referência genérica BANDA é o metro, tem de se saber quantos metros são determinados milímetros.

A representação da lista de materiais genérica do produto acabado superomega está apresentada na Figura 21, onde se identifica qual a referência genérica que estão na origem dos componentes e dos seus parâmetros, bem como se indica qual o consumo de cada um dos componentes.

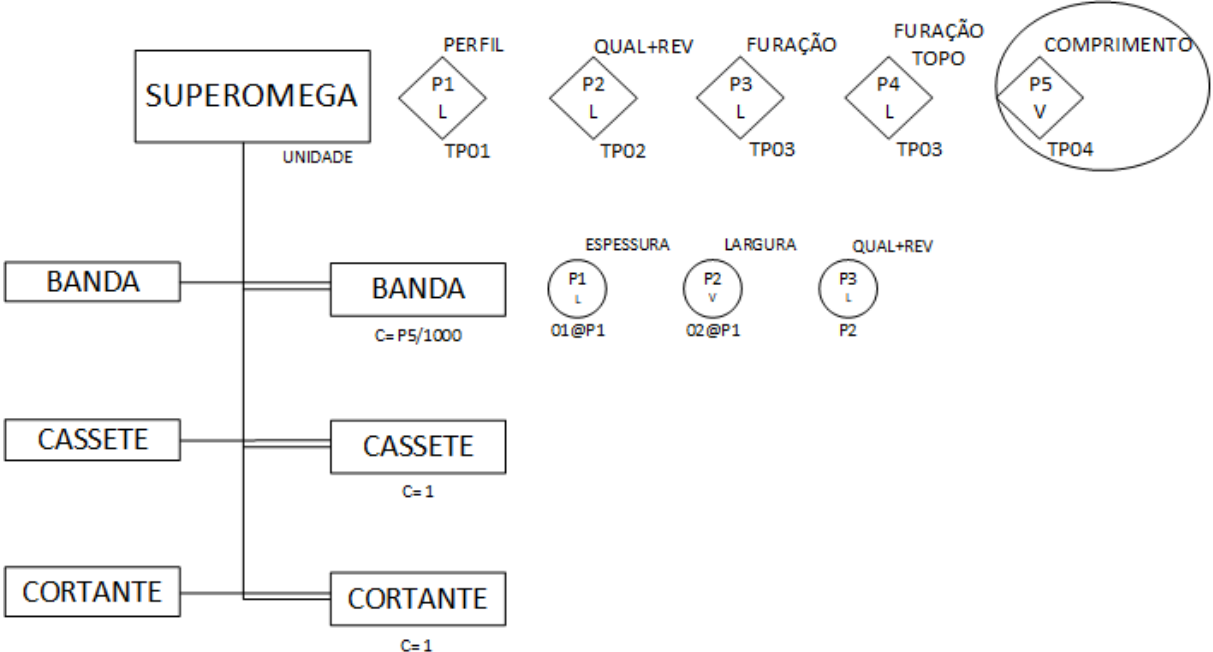


Figura 21 - Representação da lista de materiais genérica da referência genérica SUPEROMEGA

4.2.2 Tipos de Operações e Gama Operatória Genérica

Na unidade “Chapas e Perfilados” apenas existem duas operações ao longo do processo produtivo, a operação de corte e a operação de perfilagem, que pertencem à gama operatória da referência genérica BANDA e SUPEROMEGA, respectivamente. Assim, foi necessário criar só dois tipos de operações para o exemplo, cuja representação de cada um dos tipos é apresentada na Figura 22.

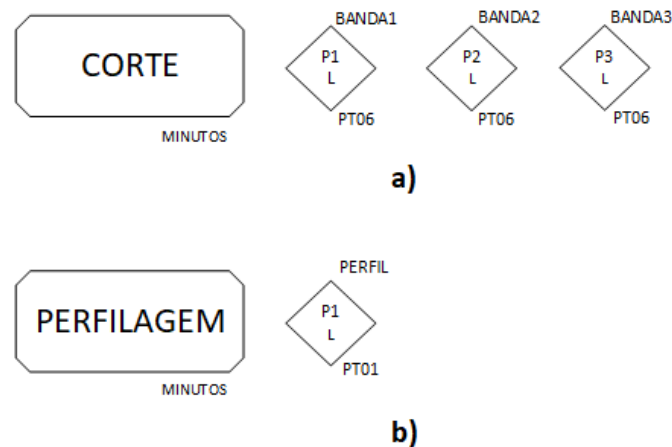


Figura 22 - Representação do tipo de operação corte (a) e do tipo de operação perfilagem (b)

O tipo de operação CORTE tem associado três parâmetros, todos eles com origem o tipo de parâmetro LARGURA, para transmitir ao operador responsável pela operação de corte qual a largura de cada uma das bandas. Já o tipo de operação PERFILAGEM tem associado o parâmetro PERFIL, de forma a que o operador da máquina de perfilagem consiga programá-la nas dimensões do perfil pretendido.

De modo a completar a caracterização da referência genérica SUPEROMEGA é apresentada a sua gama operatória genérica, na Figura 23. À semelhança do que acontece na criação da lista de materiais genérica, na gama operatória genérica é necessário indicar o tipo de operação de origem da operação e o tempo de execução da mesma. Para o exemplo, assumiu-se um tempo de execução fixo de 15 minutos.

Além disso, tem de ser estabelecida as relações entre os parâmetros da referência genérica SUPEROMEGA e os parâmetros da operação CORTE, em que o P1 da operação CORTE é constituído pelos valores do P1 da referência genérica.

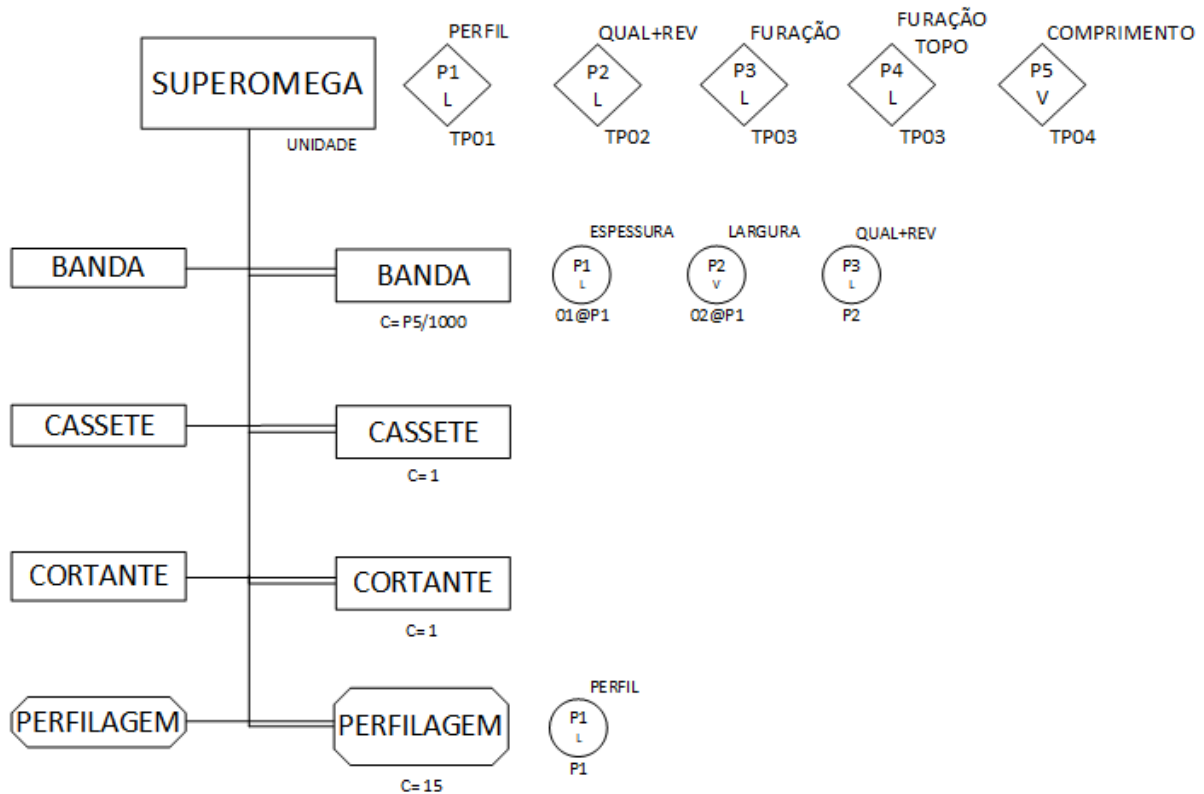


Figura 23 - Representação da lista de materiais e da gama operatória da referência genérica SUPEROMEGA

4.2.3 Modelação das Referência Genéricas de Produtos Semiacabados

Além da modelação do superomega é importante demonstrar como é que a referência genérica BANDA, considerada um semiacabado para a empresa, foi modelada em GenPDM, uma vez que, esta resulta de um plano de corte (coproduto), que este por sua vez, tem de ser representado no modelo de uma forma diferente das restantes referências genéricas.

Assim, no modelo criou-se a referência genérica BANDA não como um semiacabado, mas como um subproduto que deriva do plano de corte, que no sistema é designado como produto agregado. Isto é, o produto agregado irá consumir uma bobine com dadas características e irá devolver subprodutos com as mesmas características, mas larguras diferentes. No exemplo em estudo, para simplificar e facilitar a compreensão da modelação fixou-se a largura da bobine em 1500 mm, que consegue no máximo originar três bandas de diversas larguras, como demonstra o esquema da Figura 24.

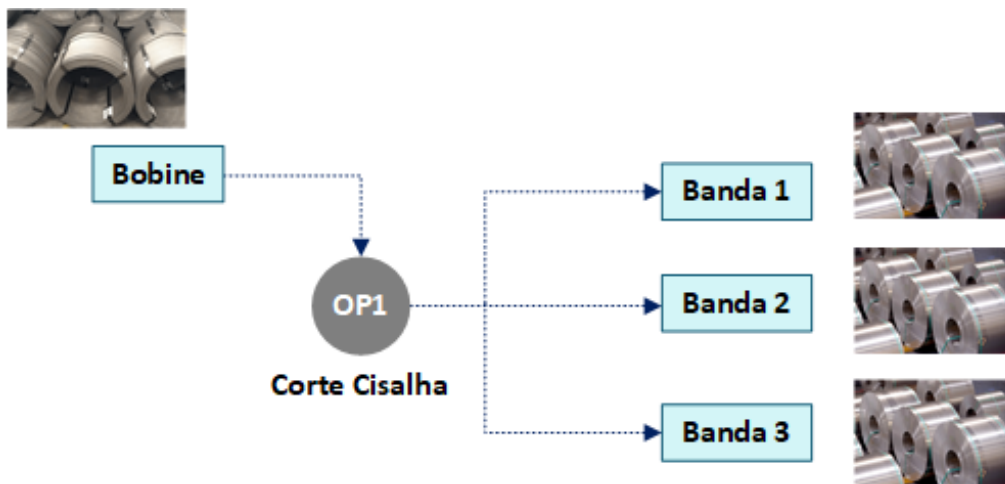


Figura 24 - Representação do processo produtivo da referência genérica Banda

Para caracterizar as referências genéricas PLANO DE CORTE foi criado o tipo de parâmetro INTEIRO, representado na Figura 25 Este parâmetro é necessário para conseguir indicar o peso da bobine, daí estar representado em quilos e podendo assumir no máximo os 1500kg.

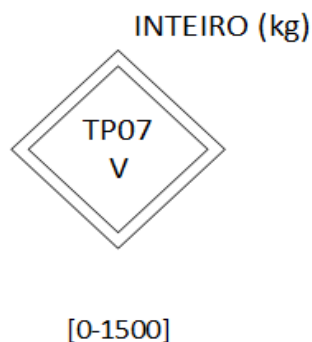


Figura 25 - Representação do tipo de parâmetro inteiro

A referência genérica PLANO DE CORTE é caracterizada pela espessura, qualidade e revestimento, largura das bandas, largura da bobine e peso da bobine. A largura de cada uma das bandas serve para indicar em que medidas o operador tem de cortar a bobine, por sua vez a largura da bobine indica qual a largura exata da bobine a ser utilizada para obter as três bandas com as larguras pretendidas. O parâmetro relativo ao peso da bobine foi adicionado para preencher o consumo de bobine na referência genérica PLANO DE CORTE.

Esta referência tem a operação de corte com um minuto de tempo de execução. A operação de corte consome a referência genérica BOBINE, numa quantidade dependente do peso da mesma. A referência como foi classificada como produto agregado, além de consumir uma matéria-prima, vai transformá-la e devolver três bandas, isto é, da matéria-prima bobine são

originados três subprodutos, as bandas, e não um plano de corte. Na Figura 26, está presente a representação completa da referência genérica PLANO DE CORTE, em GenPDM.

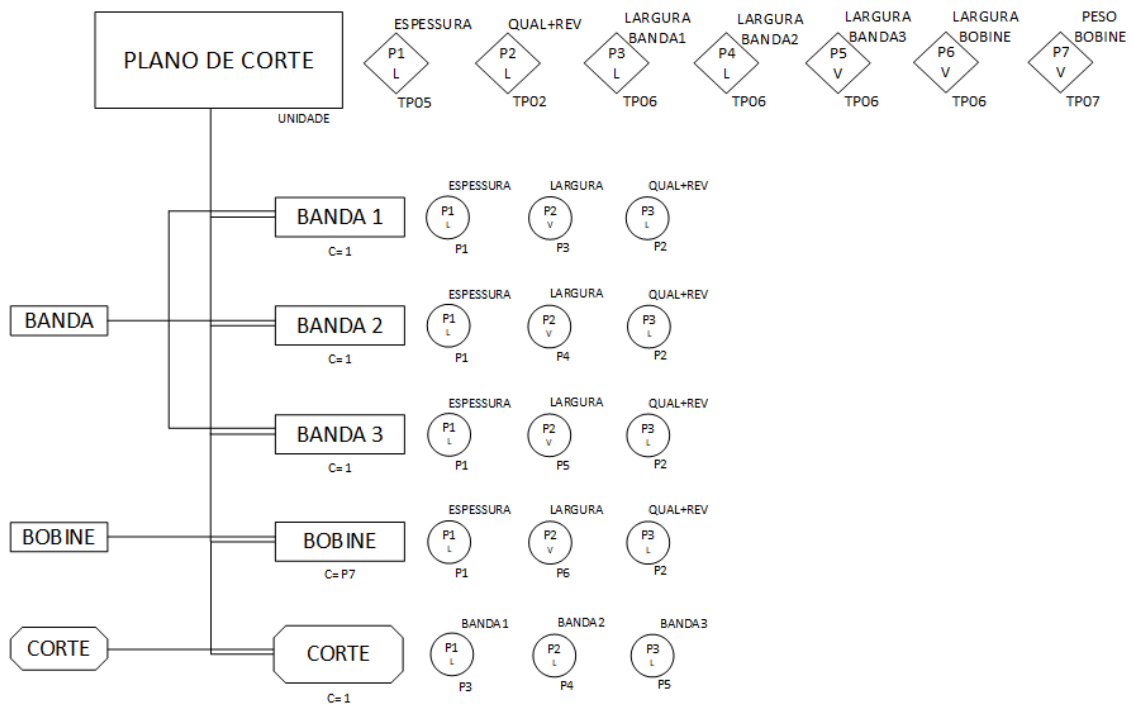


Figura 26 - Representação da referência genérica PLANO DE CORTE, com a lista de materiais e gama operatória genérica

A referência genérica BANDA é, então, classificada como um subproduto, e caracterizada pela espessura, largura, e qualidade e revestimento. Como na referência PLANO DE CORTE, a lista de materiais genérica da referência BANDA é composta pela referência BOBINE e a gama operatória genérica é constituída pela operação CORTE. A Figura 27 representa a modelação da referência genérica BANDA, em GenPDM.

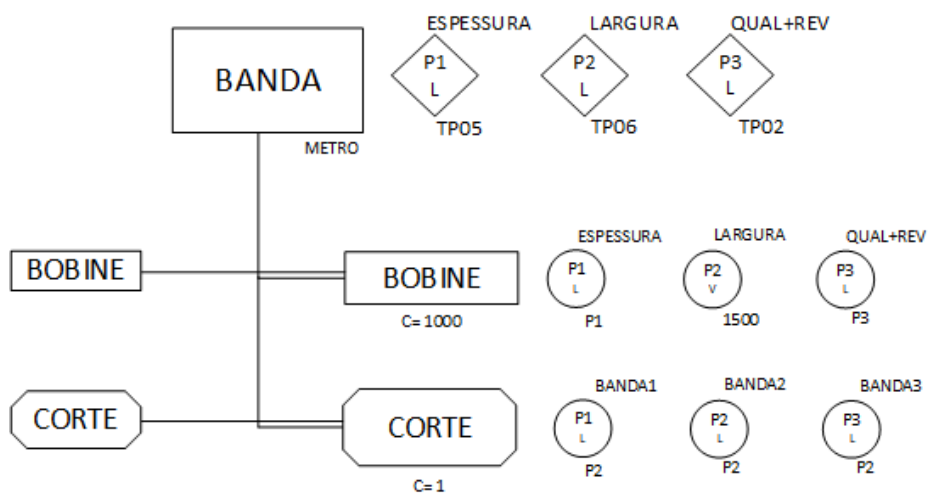


Figura 27 - Representação da referência genérica BANDA, com a lista de materiais e gama operatória genérica

4.3 Planeamento da Produção a Médio Prazo

A presente secção tem como finalidade demonstrar como as funcionalidades de médio prazo lidam com a modelação dos artigos em referência genérica, apresentada na secção anterior, e identificar as melhorias em termos de informação transmitida ao planeador da produção e ao operador no *shop floor*.

No médio prazo existem diversas atividades e funcionalidades associadas ao planeamento e controlo da produção, relativas à caracterização da organização e ao planeamento da produção. Em termos de caracterização da organização é possível identificar os fornecedores, clientes, armazéns, meios de transporte, número de máquinas, postos de trabalho, entre outros. Por sua vez, ao que contempla o planeamento da produção as atividades inerentes passam pelo lançamento de ordens de compra e de produção e pelo cálculo de necessidade de materiais e de capacidade, onde será o foco desta secção.

Desse modo, a subsecção 4.3.1 destina-se a explicar a criação de uma encomenda e respetiva ordem de produção, evidenciando o impacto da modelação dos artigos em GenPDM. Na subsecção 4.3.2 é apresentada um cálculo de necessidade de materiais da referência genérica SUPEROEMGA.

4.3.1 Criação de Encomendas e de Ordens de Produção

O processo de criação de uma encomenda, para a unidade “Chapas e Perfilados”, é um processo que necessita de alguma atenção e trabalho por parte do colaborador, como já referido anteriormente. Por isso, nesta subsecção pretende-se demonstrar a facilidade e rapidez de criar uma encomenda no sistema GenSYS, resultante da modelação em GenPDM.

Existem duas possibilidades de registar ordens de produção no sistema. Por um lado, pode-se criar as ordens de produção através do lançamento de encomendas, onde a ordem tem um destinatário, o cliente final. Por outro lado, uma ordem de produção pode ser criada sem ter nenhum destinatário, isto é, pode-se criar uma ordem no sistema apenas por razões de stock, por exemplo. Assim, em seguida será demonstrada a criação de uma ordem de produção através das duas possibilidades.

Criação de Encomendas

Assim, no módulo GenPPC, responsável pelo planeamento e controlo da produção, ao criar uma encomenda, primeiramente, é obrigatório definir para que cliente se destina a encomenda. A título de exemplo, foi criada uma encomenda para o cliente “O Feliz-DCM”, cuja representação está presente na Figura 28.

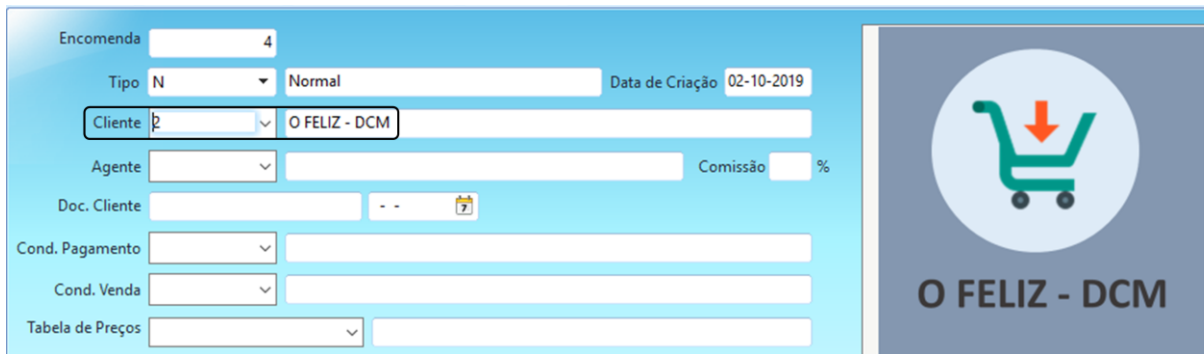
The image shows a software interface for creating an order. On the left, there is a form with several fields: 'Encomenda' with the value '4', 'Tipo' set to 'Normal', 'Data de Criação' as '02-10-2019', 'Cliente' as 'O FELIZ - DCM', 'Agente', 'Comissão' with a percentage sign, 'Doc. Cliente', 'Cond. Pagamento', 'Cond. Venda', and 'Tabela de Preços'. On the right, there is a logo for 'O FELIZ - DCM' featuring a shopping cart icon with a red arrow pointing down into it.

Figura 28 - Definição de encomendas

Relacionado com a criação de uma encomenda existe o conceito de linha de encomenda, que consiste em definir o produto final pretendido pelo cliente, bem como as quantidades desejadas. Neste caso é necessário indicar, obrigatoriamente, a referência genérica, forma de produção e datas de cliente e de proposta. Na referência aparecem todas as referências genéricas criadas e ativas em GenPDM. A forma de produção define com que componentes se vai satisfazer a linha de encomenda, com os componentes em stock ou encomenda.

Por um lado, se todas as entradas em armazém tivessem sido originadas para satisfazer uma encomenda em questão, mas podem ser utilizadas para satisfazer quaisquer necessidades de qualquer cliente, então está se a utilizar o STOCK para satisfazer qualquer linha de encomenda. Por outro lado, se uma linha de encomenda de um cliente apenas poder ser satisfeita por entradas em armazém destinadas à satisfação da encomenda em questão, então satisfaz-se essa necessidade por encomenda. Nas datas de cliente e de proposta, que normalmente correspondem ao mesmo horizonte temporal, é definido o momento da entrega da encomenda. Por defeito, as datas de cliente e de proposta assumem a data de criação, se nada for identificado.

Na Figura 29, encontra-se a representação da criação e definição de uma linha de encomenda para o cliente “O Feliz – DCM”, onde também estão evidenciados os campos que são necessários preencher e respetivas opções de valores.

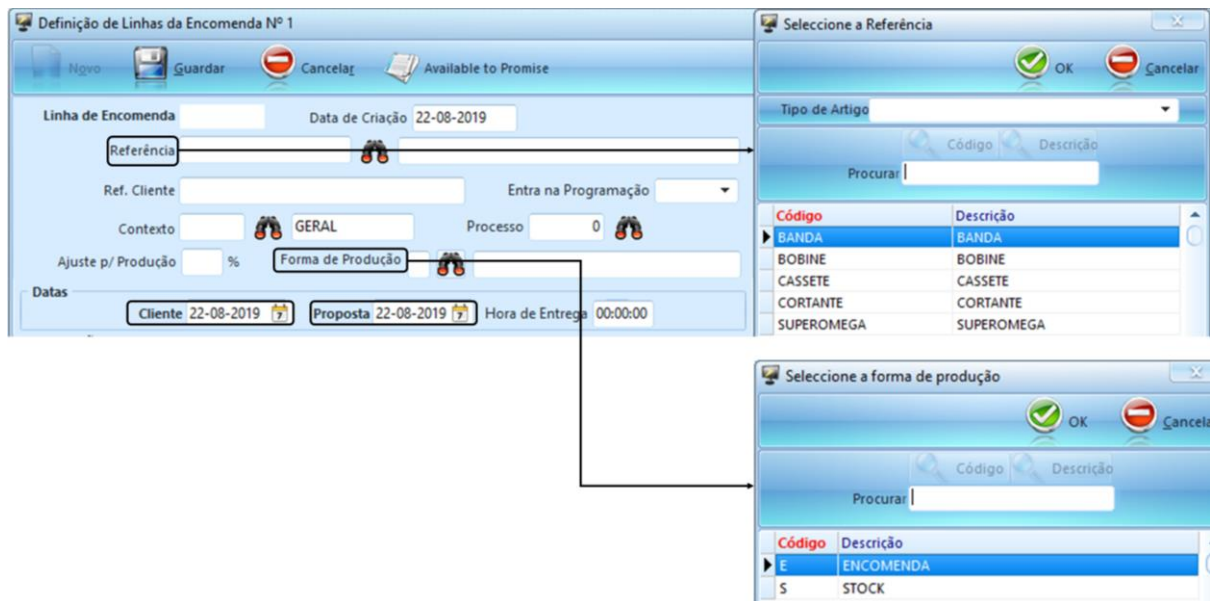


Figura 29 - Definição de linhas de encomendas

Depois de preenchidos todos os campos acima descritos, é necessário acrescentar a variante da referência genérica escolhida, através da escolha dos valores de cada um dos parâmetros, e indicar a quantidade da mesma. Na Figura 30, está representada a criação de uma variante da referência genérica SUPEROMEGA, com os parâmetros definidos em GenPDM e os seus valores admissíveis, tendo de se seleccionar o valor pretendido pelo cliente.

De salientar o parâmetro “comprimento”, que foi adicionado com o objetivo de identificar a medida do perfil superomega, aquando da criação da ordem de produção, em que tal não acontecia com a utilização da estratégia seguida pela empresa. Assim, é possível verificar uma melhoria para a unidade do O FELIZ com a utilização da referenciação genérica.

Quando finalizada a criação da linha de encomenda, esta tem de ser conferida para o sistema conseguir efetuar o cálculo das necessidades de materiais. Após a execução do cálculo de necessidades de materiais, são criados, no sistema, lançamentos previstos de ordens de compra e/ou de produção, que indicam quais os produtos a serem comprados e/ou produzidos, em que quantidades e em que datas devem ser realizados, quer sejam matérias-primas no caso de ordens de compra, quer sejam semiacabados ou produtos finais no caso de ordens de produção.

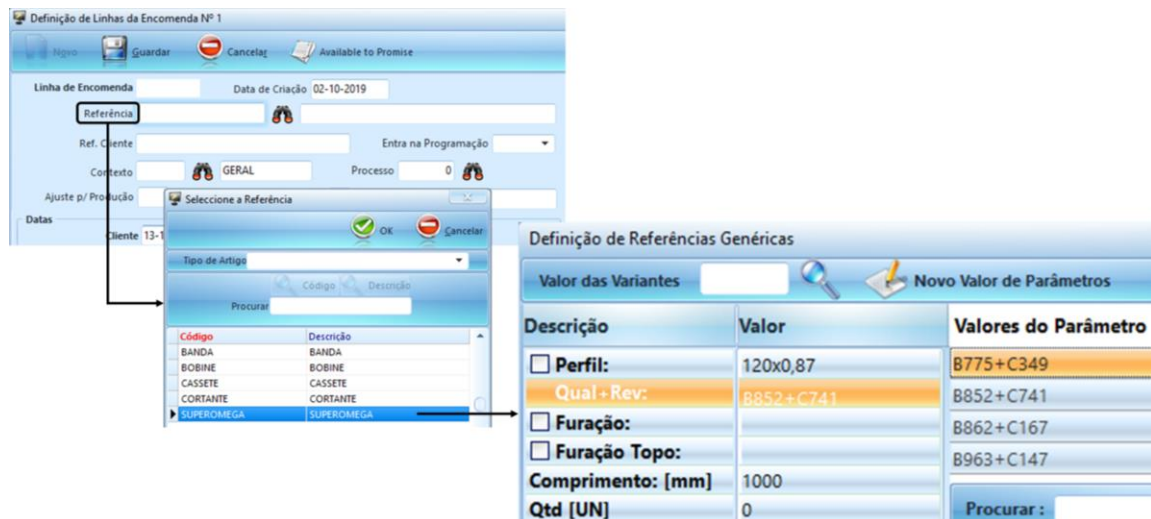


Figura 30 - Definição da variante, referente à referência genérica SUPEROMEGA

Os lançamentos previstos a serem confirmados pelo colaborador, são transformados em ordens de produção, em que estas podem assumir diferentes estados. Quando é criada uma ordem de produção no sistema, esta fica no estado de criação, em que herda a estrutura criada no GenPDM, com os planos de consumo e gama operatória. Depois as ordens de produção podem estar em registo, onde ainda não lhe foi atribuída nenhum código nem foi dada ordem ao operador para produzir. Neste estado, a ordem de produção ainda não está firme para o planeamento de médio prazo, uma vez que, podem ser feitas alterações na estrutura do produto. Neste estado, a ordem de produção pode ser anulada e, posteriormente, eliminada. A ordem de produção passa a ficar conferida quando o colaborador verifica as datas de produção e as quantidades a produzir. Neste momento não se pode alterar a estrutura da BOM, mas pode-se editar a estrutura da gama operatória. Neste estado, a ordem de produção não pode ser anulada, mas pode voltar ao estado de registo. Quando a ordem de produção é lançada para o *shop floor*, é atribuído um código e uma ordem para o operador produzir, isto é, a ordem de produção passa a estar ativa no sistema.

Para ativar uma ordem de produção é necessário percorrer os estados acima descritos pela ordem em que se encontram ou então efetuar a ativação automática, que permite ativar a ordem de produção sem ter de passar pelos estados, o que agiliza o processo de ativação.

Criação de Ordens de Produção

A criação de ordens de produção é um processo bastante idêntico ao de criar uma linha de encomenda, só não tem nenhum cliente associado a essa ordem. Tal como acontece na

criação de encomendas, também aqui existem dois campos de caráter obrigatório, a “Referência” e a “Data Fim Produção”, que indica qual a referência genérica a ser produzida pela empresa e qual o prazo de produção, respetivamente.

A Figura 31 apresenta a representação da definição das ordens de produção, destacando os campos a serem preenchidos obrigatoriamente.

A imagem mostra a interface de um sistema de gestão de produção. O formulário, intitulado "Definição de Ordens de Produção", contém os seguintes campos e controles:

- Botões "Guardar" e "Cancelar" no topo.
- Campo "O. Prod." com o valor "11".
- Campo "Data Fim Produção" com o valor "--" e ícone de calendário, destacado por um retângulo amarelo.
- Campo "Referência" com um ícone de lupa, destacado por um retângulo amarelo.
- Campo "Contexto" com um ícone de lupa.
- Campo "Data Criação" com o valor "02-10-2019".
- Campo "Forma de Produção" com o valor "S" e ícone de lupa.
- Campo "STOCK" com um ícone de lupa.
- Campo "Processo" com o valor "0" e ícone de lupa.
- Controles de "Entrada Automática" e "Separação Automática", ambos com opções "S(im) / N(ão)".
- Campo "Tabela Preços Custo" com o valor "TAB001" e ícone de lupa.
- Campo "Armazém Destino" com um ícone de lupa.
- Campo "Quantidade" vazio.
- Status "R" no canto inferior direito.

Figura 31 - Definição da ordem de produção

Quando escolhida a referência genérica a ser produzida, é necessário realizar a escolha da variante, à semelhança do que acontece na criação da linha de encomenda. Assim, para cada um dos parâmetros aparecem todos os valores que pode assumir, tendo de se seleccionar os valores e a quantidade pretendida. A Figura 32 representa a escolha da variante da referência genérica SUPEROMEGA.

Depois de ser criada a ordem de produção de um produto final através deste método, tem de se criar também as ordens de produção dos seus semiacabados, no caso de não existirem em armazém, isto porque ao efetuar o cálculo de necessidades de materiais não são criados os lançamentos previstos dos semiacabados. Assim, o colaborador ao criar uma ordem de produção de um produto acabado, tem de ter conhecimento de qual semiacabado tem de ser produzido para satisfazer a ordem de produção do produto acabado. Contudo, o MRP calcula as necessidades de matérias-primas, não sendo necessário criar as ordens de compra das mesmas, que irão satisfazer a ordem de produção criada.

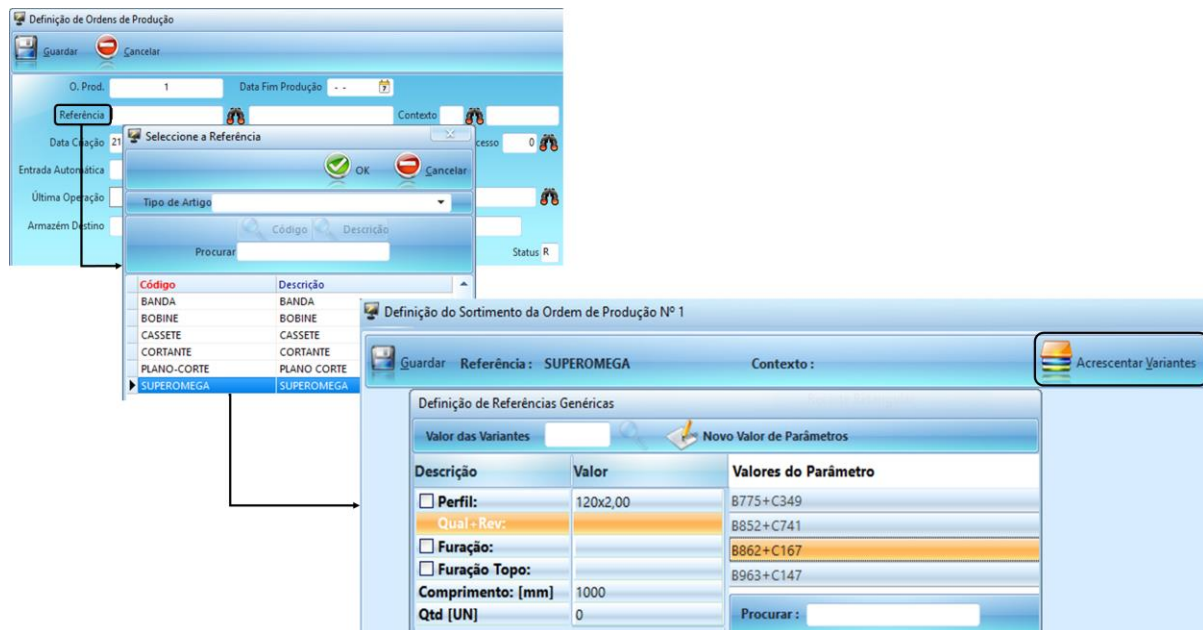


Figura 32 - Definição da variante de uma ordem de produção do perfil superomega

4.3.2 Cálculo de Necessidades de Capacidade (MRP)

O planeamento de necessidades de materiais, como referido, identifica todos os produtos que têm de ser comprados e/ou produzidos, bem como as respetivas quantidades e as datas de lançamento e datas de chegada e/ou de término. O sistema para calcular essas necessidades recorre à técnica de MRP, que tem em consideração os produtos existentes em stock e as ordens de produção e de compra já lançadas.

Da criação de uma linha de encomenda de um superomega, resultaram necessidades de compras e de produção após a execução do cálculo do MRP, que foram convertidas em lançamentos previstos de ordens de compras e de produção, respetivamente. A representação da informação da linha de encomenda e da variante escolhida está presente na Figura 33.

Linha de Encomenda **Data de Criação** 03-10-2019
Referência SUPEROMEGA Superomega
Ref. Cliente **Entra na Programação**
Contexto GERAL **Processo** 0
Ajuste p/ Produção % **Forma de Produção** S STOCK

Datas
Cliente 31-10-2019 **Proposta** 31-10-2019 **Hora de Entrega** 00:00:00

a)

Definição de Referências Genéricas
Valor das Variantes **Nov**

Descrição	Valor
<input type="checkbox"/> Perfil	120x2,0
<input type="checkbox"/> Qualidade-Revest:	B862+C167
<input type="checkbox"/> Furação:	AF
<input type="checkbox"/> Furação Topo:	AC
Comprimento: [mm]	1000
Qtd [UN]	10

b)

Figura 33 - Exemplo de uma linha de encomenda (a) e da variante escolhida para a mesna (b)

Como na organização não existe nenhum artigo em armazém nem nenhuma ordem de compra e de produção lançada, que satisfaça a linha de encomenda, foram criados lançamentos previstos de ordens de compras de ferramentas, cassette e cortante, e de matérias-primas, bobine, (Figura 34), bem como lançamentos previstos de ordens de produção de componentes, banda e de produto final, superomega (Figura 35).

Lançamentos Previstos de Ordens de Compras					
Data Inicio	Data Fim	Referência	Descrição Variante	Quantidade	Unidade (Q)
23/10/2019	29/10/2019	CASSETE	-	1	Unidade
23/10/2019	29/10/2019	CORTANTE	-	1	Unidade
21/10/2019	25/10/2019	BOBINE	Espessura: 2,0 Largura: 1500 Qual+Rev: B862+C167	50000	Quilos

Figura 34 - Informação sobre os lançamentos previstos das ordens de compra, resultantes do cálculo do MRP

Lançamentos Previstos de Ordens de Produção					
Data Inicio	Data Fim	Referência	Descrição Variante	Quantidade	Unidade (Q)
29/10/2019	31/10/2019	SUPEROMEGA	Perfil: 120x2,0 Qual+Rev: B862+C167 Furação: AF Furação Topo: AC Comprimento: 1000	10	Unidade
25/10/2019	29/10/2019	BANDA	Espessura: 2,0 Largura: 394 Qual+Rev: B862+C167	1	Metro

Figura 35 - Informação sobre os lançamentos previstos das ordens de produção, resultantes do cálculo do MRP

Do resultado do cálculo do MRP verifica-se que não foi criado um lançamento previsto de ordem de produção da referência genérica PLANO CORTE, o que está conforme as parametrizações feitas em GenPDM. Este comportamento ocorre, uma vez que, o pretendido é a criação da ordem de produção do plano de corte ser realizada por um software, que não o sistema GenSYS. Deste modo, o responsável pelo plano de corte através da informação transmitida pelo sistema, consegue saber, rapidamente, qual a bobine exata que necessita para obter a banda pretendida, reduzindo o tempo e esforço em procurar a respetiva bobine. Assim, no exemplo acima descrito, quando fosse criada a ordem de produção de um plano de corte que satisfaça a banda, esses dados seriam transportados para o sistema, que eliminaria o lançamento previsto da ordem de produção de banda.

4.4 Programação da Produção

A presente secção aborda a temática da programação da produção de um sistema de planeamento e controlo da produção, que incide no curto prazo, e pretende-se demonstrar como o sistema consegue fazer face à imprevisibilidade de acontecimentos, sem diminuir a eficiência do processo produtivo.

As principais funções da programação passam pelo lançamento de ordens de produção, alocação e sequenciação de trabalhos aos postos, reescalonamento da produção e a monitorização das ordens de programação no *shop floor*.

A secção divide-se em duas partes: na subsecção 4.4.1 são apresentados alguns processos utilizados no curto prazo, e em seguida é apresentada, na secção 4.4.2, a solução para melhorar a gestão das encomendas urgentes.

4.4.1 Processos Utilizados na Programação

Os processos necessários à explicação do caso prático são designados no sistema por “Alocação de Trabalhos”, “Sequenciação de Trabalhos” e “Rescheduling”.

Alocação de Trabalhos aos Postos Internos

O processo de alocação de KB aos postos internos segue a ordem de entrada na fila FIFO e tem de respeitar as seguintes condições:

- Os KB só são alocados aos postos internos que estejam ativos e tenham habilidades para executar os trabalhos, bem como as operações precedentes realizadas;
- A fila do posto tem de ter espaço livre para que um KB possa ser alocado, isto é, enquanto não for preenchido todas as posições disponíveis na fila do posto, vão sendo alocados trabalhos. Quando a fila do posto estiver totalmente preenchida, nenhum KB é alocado até que seja libertado um espaço na fila.
- O sistema só aloca trabalhos aos postos quando reconhecer que existem componentes suficientes, nos armazéns da organização, para a realização dos KB, e enquanto isso não acontecer o KB não é alocado e fica na fila FIFO em espera

Deste modo, o sistema garante que a gama operatória e a lista de materiais de cada artigo são respeitadas, na medida em que, realiza a alocação dos KB seguindo a ordem das operações da gama operatória e tendo em conta os componentes e as respetivas quantidades necessárias à execução do KB.

Sequenciação dos Trabalhos

A sequenciação de trabalhos corresponde à ordem pela qual os KB são alocados aos postos, refletindo a ordem das ordens de programação da fila FIFO, isto é, o primeiro KB alocado à fila FIFO, que reúna todas as condições acima referidas, é o primeiro a ser alocado ao posto, e assim sucessivamente. Apesar desta sequenciação ser feita de forma automática pelo sistema, o utilizador pode ultrapassar essas sugestões e sequenciar manualmente os *kanbans* de trabalho.

O sistema, ao realizar a sequenciação dos trabalhos, tem em conta as preparações (*setups*) que o posto interno tem de sofrer para poder executar um KB. Normalmente, as máquinas e equipamentos têm de ser calibrados consoante a variante do produto que têm de produzir, como acontece quando se tem de regular as dimensões da máquina para realizar um corte. Assim, o sistema sequênciã todos os KB que necessitam do mesmo tipo de preparação, de forma a reduzir o número de *setups* no posto.

Reescalamento da Produção

Escalonar a produção consiste em definir a ordem pela qual serão produzidas as ordens de produção, de forma a tornar o sistema produtivo o mais eficiente possível. Contudo, por diversas razões pode surgir a necessidade de reorganizar a produção, isto é, alterar a ordem pela qual serão feitas as ordens de produção, como acontece no caso das encomendas urgentes, que têm de ser produzidas prioritariamente, em detrimento das ordens de produção já planeadas.

Assim, o sistema consegue reescalonar a produção através do evento *rescheduling*, que consiste em reorganizar, de forma automática, todas as ordens de programação existentes, pela data de fim mais próxima do momento atual.

No caso das ordens de programação de produtos acabados, ao alterar a sua sequênciã produtiva, irá alterar a sequênciã produtiva das ordens de programação dos seus componentes. O procedimento tem em atenção a lista de materiais das ordens de programação que circulam no *shop floor* de uma organização.

Para o efeito, existem duas formas de ativar o *rescheduling*. A primeira consiste no utilizador executar o procedimento manualmente, sempre que pretender redefinir a sequenciação das ordens de programação. Contudo, existe uma forma automática de executar reescalamento no sistema, que tem de ser parametrizado previamente pelo utilizador.

Na Figura 36 está representado o evento “Esquema de Funcionamento do Sistema”, onde se define o procedimento de reescalamento, isto é, definir a frequência do *rescheduling*, de forma a que seja efetuado automaticamente, seguindo um critério. Por defeito, quando nada é parametrizado neste evento, o sistema assume o “Nunca”, ou seja, nunca vai realizar o *rescheduling* de forma automática, terá de ser através do evento mencionado anteriormente. Ao parametrizar o *rescheduling* a “Sempre”, o sistema vai estar constantemente a escalonar

a produção. Através da opção “Definir frequência”, o utilizador pode escolher com que periodicidade é realizado o *rescheduling*, e para isso deve ser definido a periodicidade do procedimento.



Figura 36 - Representação da janela do evento "Esquema de Funcionamento do Sistema"

Com esta funcionalidade, a unidade de O FELIZ consegue facilitar a gestão das ordens de produção, correspondentes a encomendas urgentes, fazendo uma reorganização das ordens de programação mais rapidamente e com um maior controlo.

4.4.2 Aplicação ao Caso de Estudo

Nesta subsecção é apresentado um exemplo prático de como o sistema pode contribuir para uma gestão de curto prazo mais eficiente, reduzindo o esforço adicional por parte dos colaboradores.

O caso de estudo parte de uma situação onde ainda nada foi produzido nem existe nenhuma ordem de produção criada no sistema. Assumiu-se que, dentro da organização, apenas existem matérias-primas (bobines) e ferramentas (cortantes e cassetes) em quantidades suficientes e com as variantes pretendidas para o exemplo. Uma outra assunção feita foi que, a cada ordem de programação foi associado apenas um lote de trabalho. Por último, o *lead time* para as matérias-primas e ferramentas é de quatro dias, e para os semiacabados e produtos finais é de dois dias.

Assim, o exemplo começa com a chegada de três encomendas para clientes diferentes da referência SUPEROMEGA, cujas variantes e respectivas quantidades estão apresentadas na Tabela 5, bem como a data de entrega da encomenda a cada cliente.

Tabela 5 - Apresentação das encomendas e respetivas linhas de encomendas no sistema

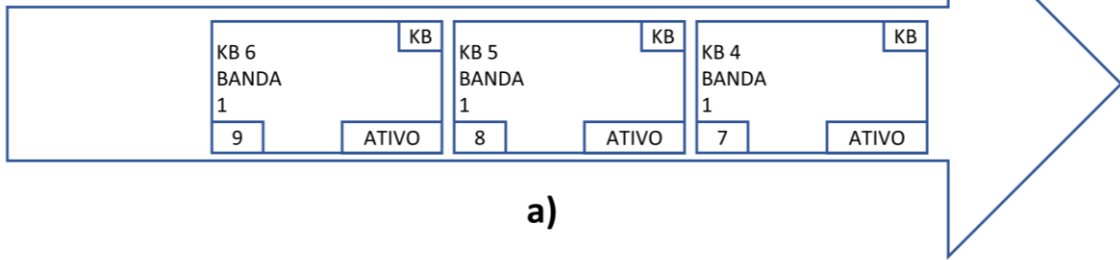
Encomenda	Referência	Variante do SUPEROMEGA	Quantidade	Data de Entrega
1	SUPEROMEGA	90x2,00; B963+C147; MS; MS; 10 metros	10	13/11/2019
2	SUPEROMEGA	120x1,50; B775+C349; AC; AC; 12 metros	15	19/11/2019
3	SUPEROMEGA	160x3,50; B852+C741; AF; AF; 15 metros	20	25/11/2019

Feito o registo das encomendas e respetivas linhas de encomendas, o utilizador efetua o cálculo do MRP no sistema, para saber o que tem de comprar/produzir, em que quantidades e em que datas, de forma a satisfazer as encomendas. Como não faltam componentes na organização para satisfazer as três encomendas, só é necessário criar as ordens de produção de superomegas e, sendo este um produto final também serão lançadas as ordens de produção de bandas.

Neste momento, as ordens de produção passam a ser representadas, no curto prazo, pelas ordens de programação, e têm associadas um *kanban* de trabalho, constituindo a fila FIFO num dado momento. As ordens de programação 7 (KB 4), 8 (KB 5) e 9 (KB 6) correspondem às ordens de produção de bandas e as ordens de programação 4 (KB 7), 5 (KB 8) e 6 (KB 9) representam as ordens de produção de superomega.

A ordem pela qual surgem alocados os lotes das ordens de programação à fila FIFO segue o critério da data de fim de produção, isto é, a ordem de programação com fim de produção mais perto do momento atual será a primeira a ser produzida. A Figura 37 representa a fila FIFO do sistema para cada posto de trabalho e o Apêndice II, Figura 44, representa os KB a alocar em cada posto, realçando o número de *kanbans* para cada ordem de programação, no módulo GenPROG.

POSIÇÕES DA FILA FIFO POSTO CORTE



POSIÇÕES DA FILA FIFO POSTO PERFILAGEM

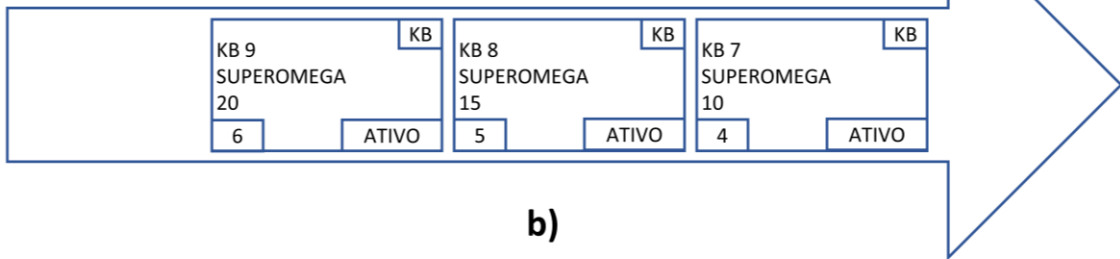


Figura 37 - Representação das posições da fila FIFO no posto 9 - CORTE (a) e representação das posições da fila FIFO no posto 10 - PERFILAGEM (b)

Contudo, apenas os trabalhos alocados ao posto de CORTE reúnem todas as condições (fila do posto livre e matérias-primas em armazém necessárias à realização da operação) para serem alocados à fila do posto de corte. Por sua vez, os trabalhos do posto PERFILAGEM não podem ser realizados antes da operação de corte estar terminada, uma vez que, o posto necessita dos componentes resultantes da operação de corte. Na Figura 38 está representado o posto CORTE com os trabalhos alocados à fila do posto e com os componentes na fila dos componentes.

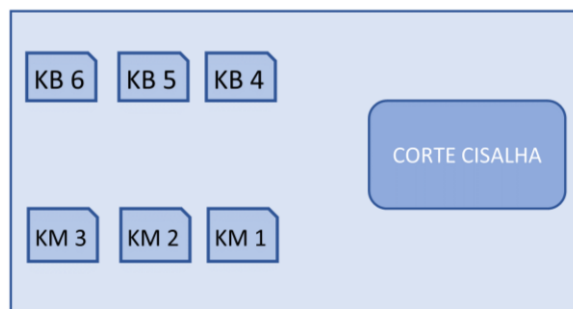


Figura 38 - Representação do posto CORTE, com os KB na fila do posto e os KM na fila dos componentes

Num ambiente industrial, as organizações por vezes são confrontadas com situações que não estavam planeadas e que nem sempre são controladas pela entidade. Uma dessas situações corresponde ao aparecimento de encomendas urgentes, com datas de entrega bastante curtas e que não podem, de maneira nenhuma, ser rejeitadas, pela importância do cliente, ou pelo lucro que origina.

Desta forma, em seguida serão simulados dois cenários, que podem ocorrer na empresa O FELIZ aquando do aparecimento de uma encomenda urgente.

1º CENÁRIO

Neste cenário, mantem-se as suposições que foram feitas no início do capítulo, relativamente à existência de matérias-primas e ferramentas em quantidades suficientes, a um lote de trabalho por cada ordem de programação e o *lead time* das matérias-primas, ferramentas, produto final e semiacabados permanece o mesmo. Assume-se ainda que, uma das três bandas com ordem de programação lançada consegue satisfazer a totalidade de uma nova encomenda urgente do cliente “O Feliz – DCM”, que é para o dia atual.

A encomenda 4 (encomenda urgente) corresponde a 15 unidades de superomega de 120x1,50 com o revestimento e qualidade B775+C349, furação AC e de 12 metros de comprimento. A variante da encomenda 4 é exatamente igual à variante da encomenda 2, já lançada, pelo que ambas partilham a mesma banda. Como a ordem de programação 8 corresponde a uma banda, que satisfaz a encomenda urgente, não é necessário criar uma ordem de produção urgente de banda, sendo apenas preciso lançar a ordem de produção do superomega.

Depois de criada e ativada a ordem de produção de superomega, esta fica associada à ordem de programação 10 (KB 10) e entra para último lugar da fila FIFO, mesmo tendo a data de fim de produção para o momento atual, uma vez que, foi a última ordem de programação a ser criada, como ilustra a Figura 39. No Apêndice II, Figura 45, está representada a ordem pela qual serão alocados os KB no posto PERFILAGEM, com destaque para o KB 10.

POSIÇÕES DA FILA FIFO POSTO PERFILAGEM

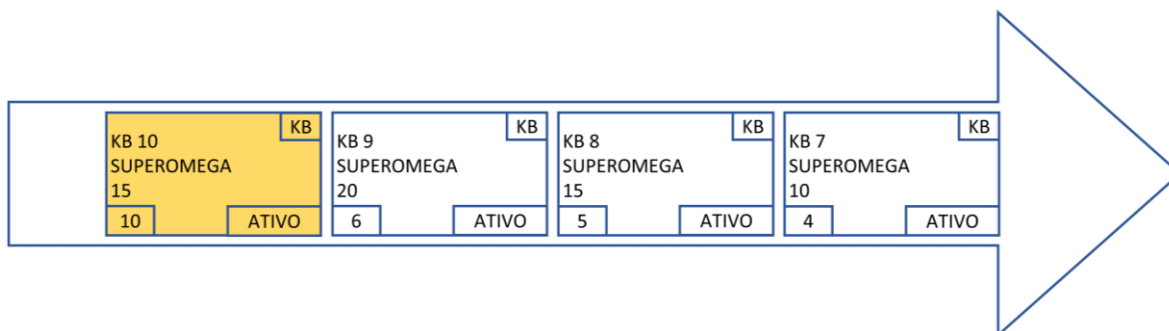


Figura 39 - Representação das posições da fila FIFO no posto PERFILAGEM, com a introdução da ordem de programação 14

Pelo comportamento tradicional do sistema, a ordem de programação 14 será a última a ser produzida, não satisfazendo a encomenda 4 no tempo pretendido. Contudo, através do procedimento *rescheduling*, a ordem de programação 10 passa a ser a primeira da fila FIFO e a primeira a ser colocada ao posto PERFILAGEM, e conseqüentemente, a ordem de programação 8 – correspondente à banda que satisfaz a ordem de programação 10 – também será a primeira a ser alocada ao posto CORTE.

A Figura 40 ilustra a alteração ocorrida na fila FIFO do sistema, tanto para o posto de produção de bandas (a), como também para o posto de produção de superomegas (b). No Apêndice II, Figura 46, está presente a imagem com a representação da alteração da ordem de alocação dos KB em cada um dos postos de trabalho.

De notar que a ordem de programação 5 não pode ser alocada à fila do posto PERFILAGEM, uma vez que, a ordem de programação 8, que tinha como destino satisfazer essa ordem, foi utilizada para satisfazer a ordem de programação 10. Desse modo, a ordem de programação 5 fica na fila FIFO à espera que haja componentes dentro da organização para a sua realização e para tal, terá de ser criada uma nova ordem de produção de banda, que satisfaça a ordem de programação 5.

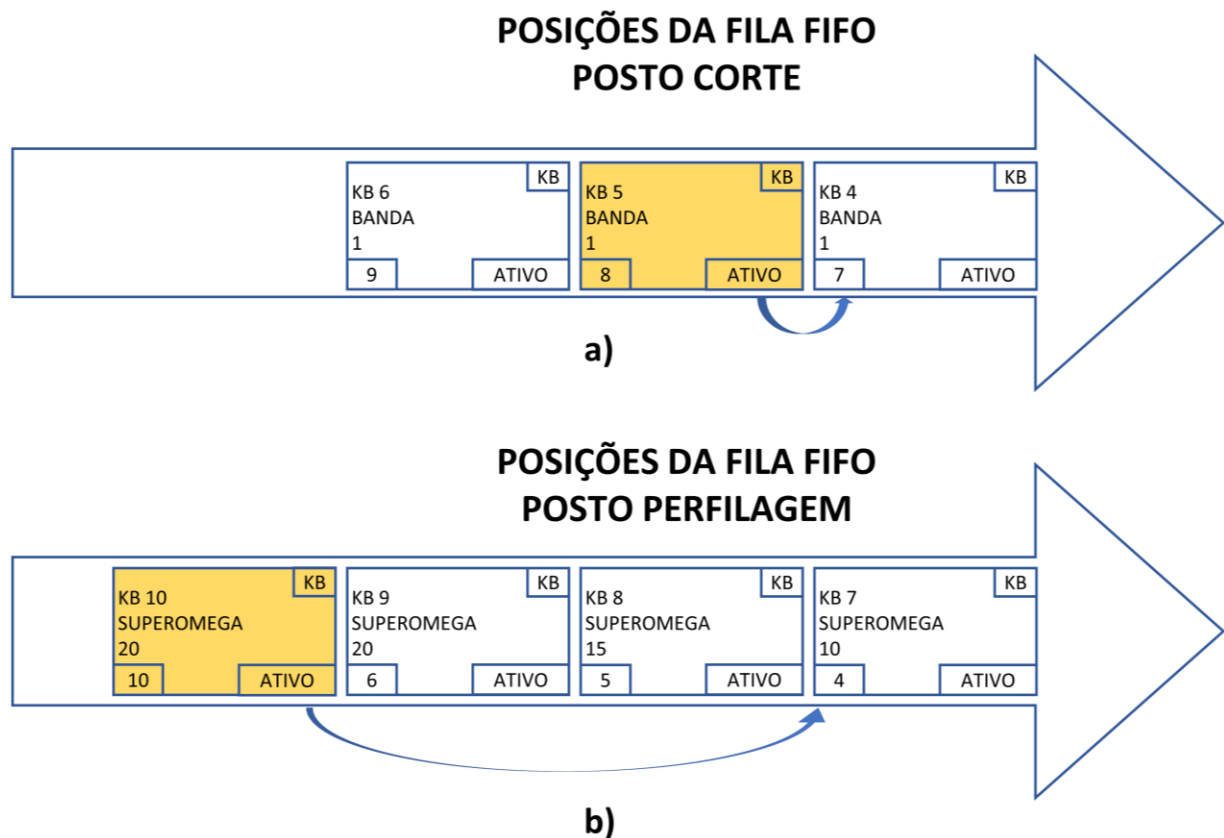


Figura 40 - Representação da alteração das posições da fila FIFO, com a utilização do *rescheduling* no posto CORTE (a) e no posto PERFILAGEM (b)

2º CENÁRIO

No segundo cenário são consideradas as seguintes suposições: matérias-primas e ferramentas em quantidades suficientes nos armazéns, um lote de trabalho para cada ordem de programação e o *lead time* das matérias-primas e ferramentas e do produto final e semiacabados é de quatro e dois dias, respetivamente. Também se assumiu que um cliente “LUSOSTELL, LDA” pediu sete unidades de superomegas de 250x1,50 com revestimento e qualidade de B862+C167, com furação AC e com 8 metros de comprimento, para a data atual.

Com este cenário, é necessário criar uma ordem de produção do superomega, bem como uma ordem de produção da banda, que satisfaça a encomenda, visto que, nenhuma das bandas com ordem de produção ativa corresponde à variante da banda em falta. Neste sentido, é criada a ordem de programação 11 (KB 10) para a produção da banda e a ordem de programação 10 (KB 11) para a produção do superomega.

Tal como sucedido no primeiro cenário, o sistema coloca as ordens de programação 10 e 11 em último lugar da fila FIFO, sendo as últimas a serem alocadas aos respetivos postos de

CORTE e PERFILAGEM. Na Figura 41, está representada a fila FIFO para cada um dos postos, e no Apêndice II, Figura 47, está presente a representação da ordem pela qual serão alocados os KB aos postos.

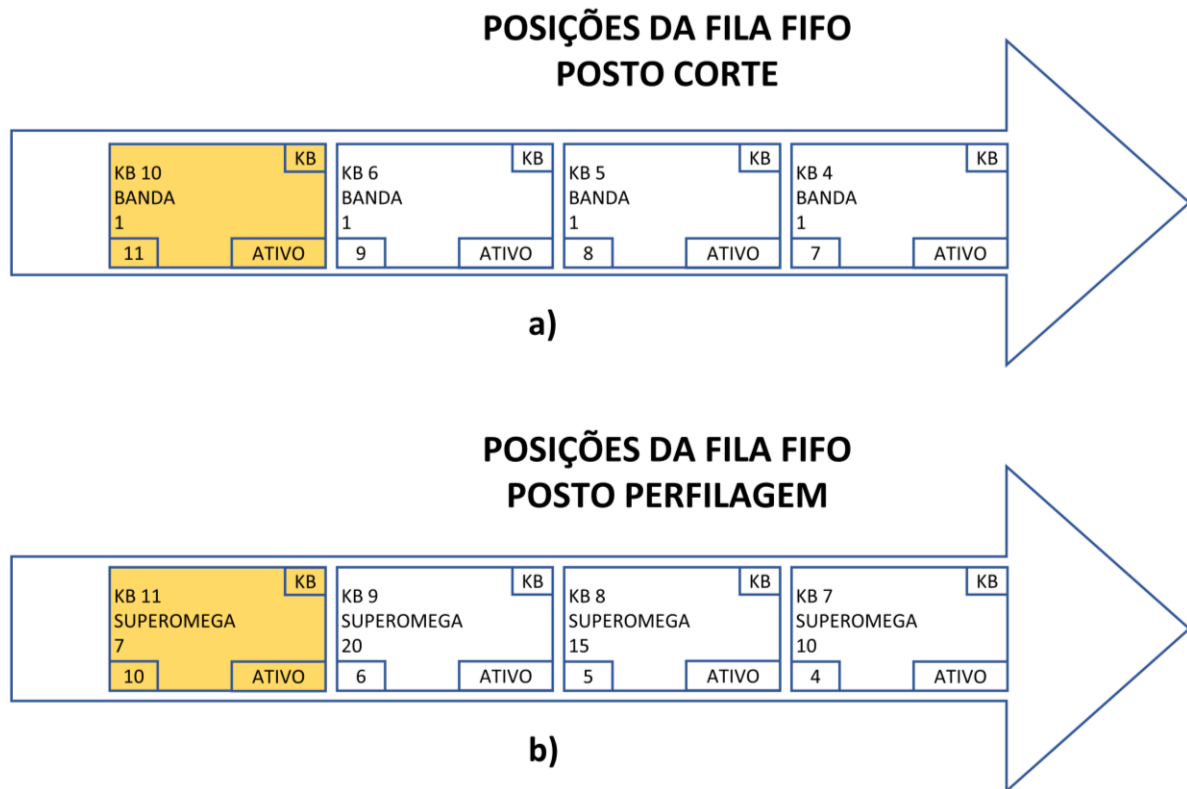


Figura 41 - Representação das posições da fila FIFO no posto CORTE (a) e no posto PERFILAGEM (b), com a introdução da ordem de programação 16 e 15, respetivamente

A única diferença entre os cenários, é o facto de no primeiro cenário não ser necessário o utilizador realizar um novo plano de corte, para obter a banda necessária. Como o utilizador tem de realizar um plano de corte rapidamente, por vezes podem ocorrer alguns erros, devido à urgência de mandar produzir os artigos, caso esse processo seja feito de forma manual. A utilização de uma bobine que não origina a banda necessária, o comprimento da banda ser diferente daquele que é necessário são exemplos de erros que podem ocorrer.

O sistema ao criar a ordem de produção do superomega, indica a variante da banda que a satisfaz, em que quantidades e para quando é necessária. Por sua vez, ao criar a ordem de produção da banda, o sistema informa qual a bobine que tem de ser utilizada na operação de corte, sem aumentar o esforço e eliminando potenciais falhas por parte dos colaboradores. Esta informação é uma mais valia para o utilizador, uma vez que quando cria a ordem de

produção de um plano de corte já tem todos os dados necessários para colocar no programa de otimização de corte – reduzindo o tempo de execução do plano de corte.

Assim, com a utilização do *rescheduling*, o sistema consegue ultrapassar a ordenação das ordens de programação, passando para primeiro lugar na fila FIFO a ordem de programação 11 no posto CORTE e a ordem de programação 10 no posto PERFILAGEM, tal como foi demonstrado anteriormente. Desta forma, as ordens de programação 10 e 11 são produzidas primeiro que as restantes ordens, cumprindo os prazos de entrega da encomenda urgente.

A representação da alteração ocorrida na fila FIFO do sistema, em cada posto de trabalho interno, está presente na Figura 42 e a alteração da ordem de alocação dos KB, em cada posto, está presente no Apêndice II, Figura 48.

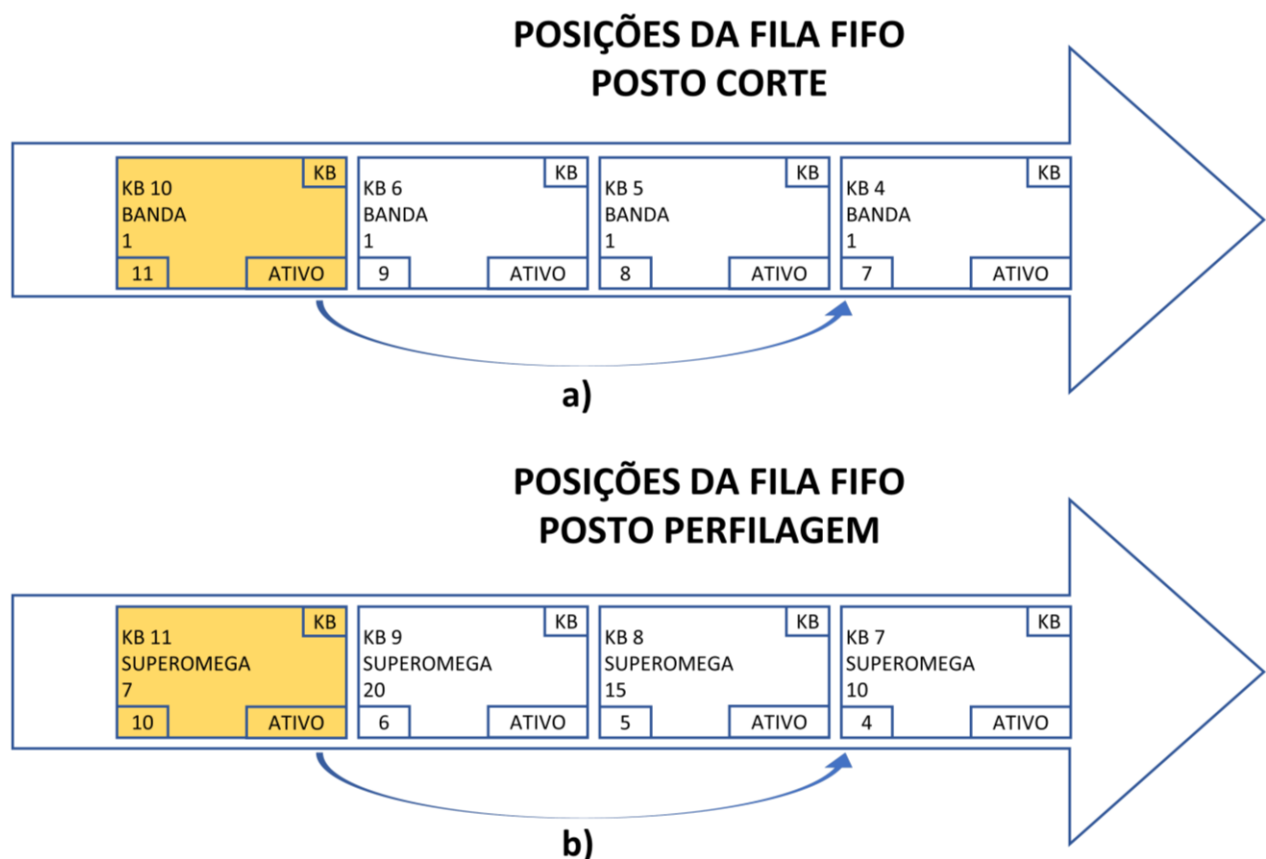


Figura 42 - Representação da alteração das posições da fila FIFO, com a utilização do *rescheduling* no posto CORTE (a) e no posto PERFILAGEM (b)

O sistema GenSYS, através dos seus diferentes módulos, é capaz de dar resposta a várias situações inesperadas que podem ocorrer dentro das organizações e de reagir rapidamente a alterações, quer no médio prazo (planeamento e controlo da produção), quer no curto prazo (programação da produção). Ainda dentro do âmbito do sistema, este permite acompanhar as

ordens de programação e medir/avaliar o desempenho do processo produtivo, de maneira a saber o que está a ser feito em cada momento e o que ainda falta ser realizado. Assim, o sistema GenSYS contempla todas as vertentes necessárias a um sistema de produção eficiente e moldado para a indústria 4.0 e a customização em massa.

5. CONCLUSÃO

No contexto da indústria 4.0, as organizações vêm-se, por vezes, obrigadas a alterar a forma como operam no mercado ou a modificar o seu processo produtivo, muito consequência de um novo paradigma, designado de customização em massa.

Este paradigma veio trazer às organizações dificuldades em gerir a informação de artigos de forma eficiente, devido à diversidade de artigos existentes. Neste sentido, houve a necessidade de evoluir os modelos utilizados para a representação de artigos, com o objetivo de reduzir o esforço dos utilizadores em registar todos os artigos existentes dentro de uma organização.

Surgem, então, na literatura os modelos de referência genérica, que recorrem a famílias de artigos para representar artigos com propriedades idênticas. Os modelos de referência genérica ajudam as organizações a manter o nível de competitividade nos mercados, satisfazendo as exigências dos clientes sem comprometer a eficiência dos sistemas de planeamento e controlo da produção e da programação da produção.

Por forma a compreender melhor a evolução sofrida nas organizações, ao nível de sistemas informáticos, foi desenvolvido o presente trabalho de dissertação. Esta dissertação pretendeu demonstrar alguns dos impactos da referência genérica nos sistemas de planeamento e controlo da produção, utilizando o sistema informático GenSYS.

O sistema foi aplicado a um contexto real de indústria, com o objetivo de apresentar o sistema GenSYS, em algumas das suas funcionalidades distribuídas por diferentes módulos. Posteriormente, analisar os produtos e processos produtivos da empresa O FELIZ, e realizar uma modelação de um exemplo prático, em GenPDM, para avaliar o seu desempenho na resolução de potenciais melhorias no processo produtivo da empresa.

De maneira a cumprir os objetivos propostos foram realizadas várias tarefas, tanto a nível de conhecimento do sistema informático GenSYS, para obter bases para a modelação do exemplo prático, como a nível de conhecimento da empresa O FELIZ, para perceber os processos produtivos e quais as potenciais melhorias.

Neste capítulo, depois de apresentadas as principais conclusões do trabalho, são também apresentadas as principais dificuldades encontradas ao longo da sua realização e, por fim, os potenciais trabalhos futuros.

5.1.1 Principais Conclusões

A empresa utilizada no exemplo prático possui uma gama de produtos muito diversificada e customizada, de maneira que necessita de novas soluções, mais atuais e eficazes, para gerir a informação de artigos e para tornar o seu sistema de planeamento e controlo da produção o mais eficiente possível.

Para modelar um exemplo prático, foi escolhido um produto final representativo, o perfil superomega. O perfil superomega tem diversas características e propriedades que, quando identificado usando o modelo tradicional da referência direta, obriga à utilização de códigos extensos e complexos para cada uma das suas variantes. Torna-se insustentável para a empresa gerir todos esses códigos, por isso uma solução passa pela utilização da referência genérica, baseada em GenPDM.

Em GenPDM, foi criada a referência genérica SUPEROMEGA, que representa todas as possíveis combinações de perfis de superomegas, resolvendo o problema da complexidade e extensão dos códigos. Além disso, foi-lhe acrescentado o parâmetro COMPRIMENTO para possibilitar ao utilizador indicar na ordem de produção a medida pretendida para cada superomega. Esta prática, é feita manualmente pelo colaborador, que depois de criar a ordem de produção escreve à mão quantas unidades de superomega são necessárias com um dado comprimento, para não aumentar o grau de complexidade e extensão dos códigos. Assim, através do GenPDM foram eliminados dois problemas existentes na empresa.

A gestão das encomendas urgentes é outra dificuldade da empresa devido a terem de gerir planos de corte de bobines. Para satisfazer uma encomenda urgente, teria de ser feito um novo plano de corte e uma reorganização do planeamento da produção de bandas e de superomegas, de forma a cumprir a entrega da encomenda. O sistema GenSYS, através do procedimento do *rescheduling*, consegue reorganizar as ordens de programação rapidamente e com um menor esforço.

O sistema coloca à frente, automaticamente, a ordem de produção de superomega, que satisfaz a encomenda urgente, sendo esta a primeira a ser produzida. Este procedimento,

tanto acontece para a ordem de produção de superomegas, como para a ordem de produção de bandas, daí ser feito também o escalonamento das ordens de produção de bandas e a ordem de produção de banda necessária à produção do superomega e coloca à frente das restantes.

5.1.2 Principais Dificuldades

Ao longo da realização do trabalho tiveram de ser ultrapassados alguns obstáculos e dificuldades. É espectável que num primeiro contacto com a empresa em estudo, haja dificuldade em interpretar e compreender a constituição dos artigos, em termos de listas de materiais e gama operatória, e os processos produtivos pelos quais passam os artigos.

A maior dificuldade encontrado esteve relacionado com a gestão de informação de artigos, processo que envolveu uma grande quantidade de dados e termos específicos do ramo metalomecânico. Para compreender as várias características que representam o perfil superomega e, tendo em vista a modelação de um exemplo no módulo GenPDM, foi necessário realizar uma análise cuidada e demorada de todos os documentos disponibilizados pela empresa, de maneira a encontrar uma linha condutora para a modelação. Foi um pouco complexa a relação que teve de ser feita entre os tipos de parâmetros e as referências genéricas, para definir os consumos de matérias-primas e tempos de operações.

Por outro lado, não foi fácil entender a organização da empresa, em termos de armazéns e meios de transporte dentro da fábrica, apesar de estes pontos não terem sido abordados neste trabalho, tiveram de ser modelados no sistema GenSYS para ter um exemplo completo de demonstração.

5.1.3 Trabalho Futuro

Como foi referido no início desta dissertação, este trabalho foi desenvolvido no contexto da preparação de uma demonstração das vantagens que a utilização do sistema GenSYS poderia trazer para a organização O FELIZ. Cabe agora à organização decidir sobre a efetiva implementação do sistema no seu sistema produtivo.

Caso isso se venha a concretizar – a decisão só será tomada no início do próximo ano -, os trabalhos a realizar incluem:

- Modelação de todos os restantes artigos, nomeadamente as madres C e Z, as chapas perfiladas e as lajes mistas, uma vez que neste documento apenas se encontra modelado o perfil superomega.
- Caracterização da empresa, nomeadamente armazéns, número de máquinas e meios de transportes, e identificação das relações externas, fornecedores e clientes, de forma a realizar a gestão logística da empresa.
- Avaliação do impacto global no sistema de planeamento e controlo da produção, bem como na programação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borlido, D. J. A. (2017). Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção.
- Coelho, P. M. N. (2016). Rumo à Indústria 4.0, 40.
- Costa, F. M. P. (2018). *Identificar e caracterizar as competências necessárias ao profissional de Engenharia e Gestão Industrial para enfrentar a Indústria 4.0.*
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefois, C. (2007). *Gestão da produção.* (Lidel - edições técnicas, Ed.) (5ª edição).
- Cruz, H. R. (2018). Planeamento e Programação da Produção.
- Da Silveira, G., Borenstein, D., & Fogliatto, F. S. (2001). (2001). Mass customization: Literature review and research directions, *72(49)*, 195–203.
- Depner, H. (2009). MASS CUSTOMIZATION AND GLOBAL PRODUCTION NETWORKS- CHALLENGES FOR EAST EUROPEAN INDUSTRIES. *Advances in Production Engineering & Management*, *4*, 35–46.
- Duray, R., Ward, P. T., Milligan, G. W., & Berry, W. L. (2000). Approaches to mass customization configurations and empirical validation.
- Eastwood, M. A. (1996). Implementing mass customization. *Computers in Industry*, *30(3)*, 171–174.
- Gao, J. X., Aziz, H., Maropoulos, P. G., & Cheung, W. M. (2003). Application of product data management technologies for enterprise integration. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *16(7–8)*, 491–500.
- Gomes, J. P. (2014). Metodologia para apoio à implementação de um modelo de referência genérica de artigos.
- Gomes, J. P., Lima, R. M., & Martins, P. J. (2007). Analysis of Generic Product Information Representation Models, 194–198.
- Gomes, J. P., Martins, P. P., & Lima, R. M. (2011). Referência genérica : metodologia de caracterização de artigos. *Encontro Nacional de Engenharia e Gestão Industrial 2011 (ENEGI 2011)*, 27–29. Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18880>
- Heiskala, M., Paloheimo, K.-S., & Tiihonen, J. (2000). Mass Customisation of Services: Benefits and Challenges of Configurable Services. *Frontiers of E-Business Research*, 206–221.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4 . 0 Scenarios : A

- Literature Review Working Paper A Literature Review, (January).
- Jacobs, F. R., Vollmann, T. E., Berry, W. L., & Whybark, D. C. (2005). *Manufacturing planning and control for supply chain management* (5^a edition). McGraw-Hill.
- Lima, R. M. (2013). *Gip - Gestão Integrada da Produção*. Universidade Minho - Departamento de Produção e Sistemas.
- Martins, P. J., & Sousa, R. M. (2013). An Overview of the Generic Product Data Model GenPDM. *22nd International Conference on Production Research*.
- Mesihovic, S., & Malmqvist, J. (2000). Product data management (PDM) system support for the engineering configuration process. *ECAI 2000 Workshop on Configuration*, 63–67.
- Neves, J. M. S. das, Akabane, G. K., Marins, F. A. S., & Kanaane, R. (2015). Deployment the MES (Manufacturing Execution System) aiming to improve competitive priorities of manufacturing. *Independent Journal of Management & Production*, 6(2).
- Olsen, K. A. I. A., Etre, P. E. R. S., & Thorstenson, A. (1997). A Procedure-Oriented Generic Bill of Materials. *Science*, 29–45.
- Philpotts, M. (1996). Introduction to the concepts, benefits and terminology of product data management. *Industrial Management and Data Systems*, 96(4), 11–17.
- Pine, B. J. (1993). (1993). The surface chemistry of manganese. *Journal of the Chemical Society A: Inorganic, Physical, and Theoretical Chemistry*, 2774–2778.
- Romero, D., & Vernadat, F. (2016). Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends. *Computers in Industry*, 79(October 2017), 3–13.
- Serdeira, P., Romão, M., & Rebelo, E. (2014). Success factors for using ERP (Enterprise Resource Planning) systems to improve competitiveness in the hospitality industry. *Tourism & Management Studies*, 10, 165–168.
- Silva, D. G. da. (2017). Indústria 4.0: conceito, tendências e desafios, 42.
- Sousa, T. B. de, Comparotti, C. E. S., Guerrini, F. M., Silva, A. L. da, & Azzolini Júnior, W. (2014). An Overview of the Advanced Planning and Scheduling Systems. *Independent Journal of Management & Production*, 5(4), 1032–1049.
- Teixeira, F. O. (2014). O papel da gestão de informação de artigos na programação da produção em ambientes de grande diversidade.
- Thoben, K. (2003). Customer Driven Manufacturing Versus Mass Customization, 5–6.
- Tseng, M. M., Jiao, J., & Merchant, M. E. (1996). Design for Mass Customization. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 45(1), 153–156.

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016.

APÊNDICE I – CARATERIZAÇÃO DE ARTIGOS

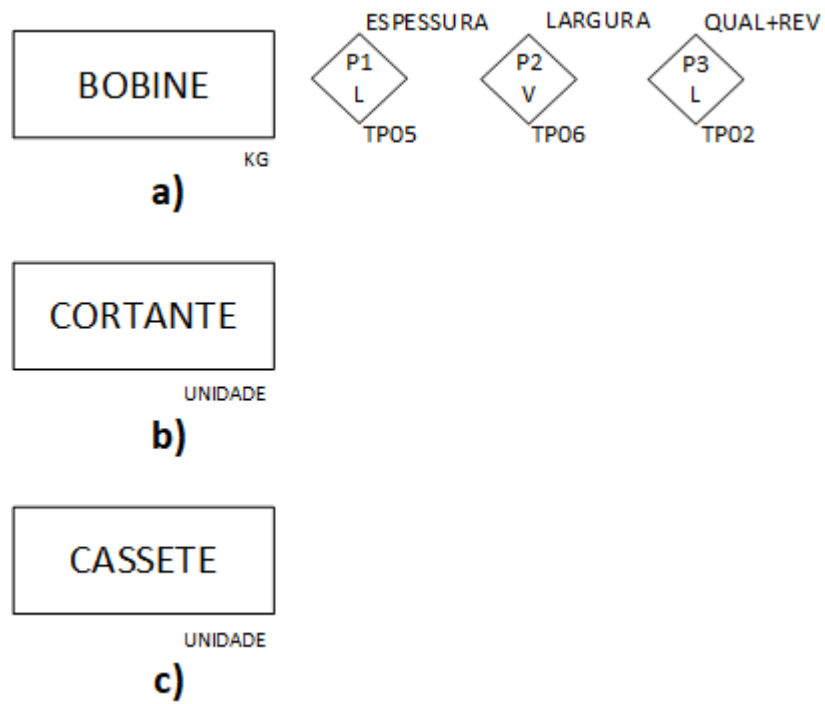


Figura 43 - Referência genérica BOBINE (a), referência genérica CORTANTE (b) e referência genérica CASSETE (c)

APÊNDICE II – REPRESENTAÇÃO NO MÓDULO GENPROG

The screenshot displays two Kanban boards. The top board, titled 'Trabalhos a alojar R 9', shows three work orders for 'BANDA' with sequential order numbers 7, 8, and 9. The bottom board, titled 'Trabalhos a alojar R 10', shows three work orders for 'SUPEROMEGA' with sequential order numbers 4, 5, and 6. The interface includes a sidebar with workstation icons and a top navigation bar with a date and time display.

Referência	Doc.	Ord. Prg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban
BANDA	14	7	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 2,00;Largura:	ACT	4
BANDA	15	8	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 1,50;Largura:	ACT	5
BANDA	16	9	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 3,50;Largura:	ACT	6

Referência	Doc.	Ord. Prg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban
SUPEROMEGA	11	4	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 90x2,00;Qual+Rev:	ACT	7
SUPEROMEGA	12	5	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev:	ACT	8
SUPEROMEGA	13	6	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 160x3,50;Qual+Rev:	ACT	9

Figura 44- Representação da ordenação das ordens de programação no posto 9 - CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM

The screenshot shows a Kanban board for workstation 10 with five work orders for 'SUPEROMEGA'. The order numbers are 4, 5, 6, 9, and 10. The interface includes a sidebar with workstation icons and a top navigation bar with a date and time display.

Referência	Doc.	Ord. Prg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban
SUPEROMEGA	11	4	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 90x2,00;Qual+Rev: B963+C147;Furação: MS;Furação Topo: MS;Comprimento: 10000,0000;	ACT	7
SUPEROMEGA	12	5	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev: B775+C349;Furação: AC;Furação Topo: AC;Comprimento: 12000,0000;	ACT	8
SUPEROMEGA	13	6	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 160x3,50;Qual+Rev: B852+C741;Furação: AF;Furação Topo: AF;Comprimento: 15000,0000;	ACT	9
SUPEROMEGA	17	10	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev: B775+C349;Furação: AC;Furação Topo: AC;Comprimento: 12000,0000;	ACT	10

Figura 45 - Representação da ordenação das ordens de programação no posto 10 – PERFILAGEM, com a introdução da ordem de programação 10

The screenshot displays two Kanban boards. The top board, titled 'Sequência de trabalhos R 9', shows three work orders for 'BANDA' with order numbers 15, 14, and 16. The bottom board, titled 'Sequência de trabalhos R 10', shows four work orders for 'SUPEROMEGA' with order numbers 17, 11, 12, and 13. The interface includes a sidebar with workstation icons and a top navigation bar with a date and time display.

Referência	Documento	C	A	E	Descrição Referência	Desc. Variante	Estado	Kanban	Lote	Qtd.	Qtd. Ponta	Descrição Trabalho
BANDA	15	✓	✗	✗	BANDA	Espessura: 1,50;Largura: 394;Qual+Rev: B775+C349;	Alocado	5	1	1	0	Corte - Cisaalha
BANDA	14	✓	✗	✗	BANDA	Espessura: 2,00;Largura: 350;Qual+Rev: B963+C147;	Alocado	4	1	1	0	Corte - Cisaalha
BANDA	16	✓	✗	✗	BANDA	Espessura: 3,50;Largura: 465;Qual+Rev: B852+C741;	Alocado	6	1	1	0	Corte - Cisaalha

Referência	Documento	C	A	E	Descrição Referência	Desc. Variante	Estado	Kanban	Lote	Qtd.	Qtd. Ponta	Descrição Trabalho
SUPEROMEG	17	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev: B775+C349;Furação:	Reservado	10	1	15	0	Perfilagem
SUPEROMEG	11	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 90x2,00;Qual+Rev: B963+C147;Furação:	Reservado	7	1	10	0	Perfilagem
SUPEROMEG	12	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev: B775+C349;Furação:	Reservado	8	1	15	0	Perfilagem
SUPEROMEG	13	✓	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 160x3,50;Qual+Rev: B852+C741;Furação:	Reservado	9	1	20	0	Perfilagem

Figura 46 - Alteração da sequenciação dos trabalhos no posto 9 - CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM, com a utilização do *rescheduling*

Referência	Doc. #	Ord. Pg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban	Lote
BANDA	17	7	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 2,00;Largura: 350;Qual+Rev: B963+C147;	ACT	4	
BANDA	18	8	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 1,50;Largura: 394;Qual+Rev: B775+C349;	ACT	5	
BANDA	19	9	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 3,50;Largura: 465;Qual+Rev: B852+C741;	ACT	6	
BANDA	21	11	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 1,50;Largura: 481;Qual+Rev: B862+C167	ACT	10	

Referência	Doc. #	Ord. Pg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban	Lote
SUPEROMEGA	14	4	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 90x2,00;Qual+Rev: B963+C147;Furação: MS;Furação Topo: MS;Comprimento: 10000,0000;	ACT	7	
SUPEROMEGA	15	5	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev: B775+C349;Furação: AC;Furação Topo: AC;Comprimento: 12000,0000;	ACT	8	
SUPEROMEGA	16	6	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 160x3,50;Qual+Rev: B852+C741;Furação: AF;Furação Topo: AF;Comprimento: 15000,0000;	ACT	9	
SUPEROMEGA	20	10	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 250x1,50;Qual+Rev: B862+C167;Furação: AC;Furação Topo: AC;Comprimento: 8000,0000;	ACT	11	

Figura 47 - Representação da ordenação das ordens de programação no posto 9 - CORTE e no posto 10 - PERFILAGEM, com a introdução da ordem de programação 11 e 10, respetivamente

Referência	Doc. #	Ord. Pg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban	Lote
BANDA	21	11	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 1,50;Largura: 481;Qual+Rev: B862+C167	ACT	10	
BANDA	17	7	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 2,00;Largura: 350;Qual+Rev: B963+C147;	ACT	4	
BANDA	18	8	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 1,50;Largura: 394;Qual+Rev: B775+C349;	ACT	5	
BANDA	19	9	✓	✓	✓	BANDA	Espessura: 3,50;Largura: 465;Qual+Rev: B852+C741;	ACT	6	

Referência	Doc. #	Ord. Pg.	C	A	E	Desc. Ref.	Desc. Variante	Estado	Kanban	Lote
SUPEROMEGA	20	10	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 250x1,50;Qual+Rev: B862+C167;Furação: AC;Furação Topo: AC;Comprimento: 8000,0000;	ACT	11	
SUPEROMEGA	14	4	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 90x2,00;Qual+Rev: B963+C147;Furação: MS;Furação Topo: MS;Comprimento: 10000,0000;	ACT	7	
SUPEROMEGA	15	5	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 120x1,50;Qual+Rev: B775+C349;Furação: AC;Furação Topo: AC;Comprimento: 12000,0000;	ACT	8	
SUPEROMEGA	16	6	✗	✗	✗	SUPEROMEGA	Perf: 160x3,50;Qual+Rev: B852+C741;Furação: AF;Furação Topo: AF;Comprimento: 15000,0000;	ACT	9	

Figura 48 - Alteração das posições das ordens de programação no posto 9 – CORTE e no posto 10 – PERFILAGEM, com a utilização do *rescheduling*