



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

David Luís Madanêlo Manaia

**MODELO DE PLANEAMENTO E CONTROLO
DA PRODUÇÃO NUMA INDÚSTRIA
ALIMENTAR**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada pelo Professor Doutor Cristóvão Silva e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

setembro de 2022



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Modelo de Planeamento e Controlo da Produção numa Indústria Alimentar

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Production Planning and Control Model in a Food Industry

Autor

David Luís Madanêlo Manaia

Orientador

Professor Doutor Cristóvão Silva

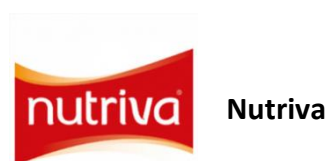
Júri

Presidente Professor Doutor **Aldora Gabriela Gomes Fernandes**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Professor Doutor **Cristóvão Silva**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor **Samuel de Oliveira Moniz**
Investigador Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor **Cristóvão Silva**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Coimbra, setembro, 2022

It is good to have an end to journey toward, but it is the journey that matters in
the end

Ernest Hemingway

Aos meus pais, irmã, amigos e a ti, Coimbra.

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta traduz o culminar de uma jornada que teve início há 5 anos atrás, altura em que a incerteza vivida era grande, as dúvidas eram frequentes e o receio de dar um novo passo, fosse ele certo ou não, no meu percurso enquanto estudante, era de facto, intenso. Hoje, digo com total crença e plenitude nas minhas palavras que esse passo, não só foi o certo, mas foi também o necessário. 5 anos foi o período de tempo em que vivi experiências que me ensinaram diversas lições, foram 5 anos cheios de bons e maus momentos, vitórias e derrotas, mas acima de tudo foram 5 anos que essencialmente, fizeram de mim uma pessoa melhor.

Começo por agradecer aos meus pais e à minha irmã, pois a eles devo tudo aquilo que sou, e me ajudaram não só ao longo desta etapa, mas como em todas as etapas que constituíram a minha vida. São o pilar das minhas conquistas, e, apesar de raramente o expressar, são sem dúvida as pessoas mais importantes para mim, e por isso, o meu maior obrigado.

Não poderia deixar de agradecer ao meu professor orientador, Prof. Dr. Cristóvão Silva, pela disponibilidade e pela ajuda ao longo deste projeto. Obrigado por todo o saber e conhecimento transmitido.

Um agradecimento também ao Vítor Marques, Ana Cação e José Alcino por toda a disponibilidade e atenção durante o desenvolvimento deste projeto.

Aos meus grandes amigos, que tornaram esta jornada numa história digna de ser contada: Rodrigo Ferreira, Afonso Dias, Afonso Costa, Gonçalo Marques, Rui Silva, Luís Barbosa, Joana Simões, Ana Rita Fernandes, Ana Beatriz, Sara Oliveira, Beatriz Meneses, Beatriz Pinto, Duarte Bandeira, António Cunha, Rodrigo Mendes, Rui Lopes, Jorge Novais, Rui Gomes, Filipe Brito, Luís Teixeira, Jorge Bajouco, Maria Inês, David Coelho, Hugo Santos, Diogo Dias, José Braz e João Branco.

A todos estes, e a muitos outros que poderiam também estar aqui mencionados, o meu muito obrigado!

Resumo

A gestão de fluxos de materiais e informação é um fator crucial no desempenho das organizações e dos seus sistemas produtivos. Devido à crescente globalização dos mercados, as cadeias de abastecimento que conectam as organizações estão a tornar-se cada vez mais dinâmicas, levando a que a volatilidade da procura dos clientes se torne num fator bastante difícil de controlar, em termos de tempo de resposta e variabilidade dos produtos requeridos.

Num contexto de indústria alimentar, foi desenvolvido um estudo de caso na empresa Nutriva, que se dedica à produção e venda de produtos alimentares congelados. Nesta investigação foi estudada a utilização da metodologia de planeamento da produção *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) para combater a instabilidade nas tarefas de planeamento da produção, encurtar o tempo de resposta aos clientes e diminuir as ocorrências de rutura de *stock*. Com esta abordagem pretende-se obter uma maior visibilidade sobre os níveis de *stock* da empresa, obtendo sugestões de encomenda fundamentadas, utilizando limites de controlo de inventário definidos tendo em conta as necessidades dos clientes num dado horizonte temporal. Foi desenvolvido um modelo de planeamento DDMRP dentro de um sistema amostral, que posteriormente é sujeito a um processo de simulação com o objetivo de comparar dois cenários: o cenário atual e o cenário em ambiente DDMRP. Após uma análise ABC, foram utilizados os dados de referências extraídos do *software* da empresa para construir este sistema.

Os principais resultados do estudo indicam que a metodologia DDMRP permite aumentar a visibilidade e controlo dos níveis de *stock*, através de alertas de cor presentes em cerca de metade das referências do sistema, e também uma redução do tempo de resposta ao cliente de, em média, 42%.

Palavras-chave: *Demand Driven Material Requirements Planning*, Planeamento e Controlo da Produção, Visibilidade, Variabilidade, *Stocks*, Indústria Alimentar.

Abstract

The management of material and information flows is a crucial factor in the performance of organizations and their productive systems. Due to the increasing globalization of the markets, supply chains that connect organizations are becoming progressively dynamic, leading to the volatility of customer demand becoming a very difficult factor to control, in terms of response time and variability of required products.

In a food industry context, a case study was developed in the company Nutriva, which is dedicated to the production and sale of frozen food products. In this investigation, the use of the Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP) production planning methodology was studied to oppose instability in production planning tasks, shorten the response time to customers and reduce the occurrence of stock outs. With this approach, it is intended to obtain greater visibility on the company's stock levels, obtaining reasoned order suggestions, using defined inventory control limits taking into account customer needs in a given time horizon. A DDMRP planning model was developed within a sampling system, which is subsequently subjected to a simulation process in order to compare two scenarios: the current scenario and the scenario in a DDMRP environment. After an ABC analysis, reference data extracted from the company's software were used to build this system.

The main results of the study indicate that the DDMRP methodology makes it possible to increase the visibility and control of stock levels, through color alerts present in about half of the references in the system, and also a reduction in the customer response time of, on average, 42%.

Keywords Demand Driven Material Requirements Planning, Production Planning and Control, Visibility, Variability, Stocks, Food Industry.

Índice

Índice de Figuras	13
Índice de Tabelas	15
Siglas e Acrónimos	17
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação	1
1.2. Objetivos da Investigação	2
1.3. Metodologia de Investigação	4
1.3.1. Filosofia da Investigação	4
1.3.2. Desenho da Investigação	5
1.3.3. Recolha de Dados	6
1.4. Estrutura da Investigação	6
2. Enquadramento Teórico	9
2.1. Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção	9
2.1.1. Evolução dos Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção	9
2.1.2. Sistemas <i>Push</i> vs Sistemas <i>Pull</i>	12
2.1.3. <i>Make to Order</i> vs <i>Make to Stock</i>	15
2.2. Cadeias de Abastecimento	16
2.2.1. Cadeias de Abastecimento no Setor Alimentar - Massas Alimentares	18
2.3. MRP	20
2.3.1. Definição de MRP	21
2.3.2. Desvantagens do MRP	22
2.4. DDMRP	24
2.4.1. Visão Geral	24
2.4.2. Exploração do DDMRP	25
2.4.3. Metodologia de Aplicação do DDMRP	26
2.4.3.1. Posicionamento Estratégico do Inventário	27
2.4.3.2. Perfis e Nivelamento dos <i>Buffers</i>	28
2.4.3.2.1. Cálculo de zonas e níveis dos buffers de reabastecimento	29
2.4.3.3. Ajustes Dinâmicos	33
2.4.3.4. Planeamento Orientado pela Procura	34
2.4.3.4.1. Equação de Fluxo Líquido	34

2.4.3.5.	Execução com Visibilidade e Colaboração	36
2.4.4.	Considerações Finais	37
3.	Caracterização da Empresa do Estudo de Caso	39
3.1.	Nutriva - Visão Geral	39
3.2.	Princípios Base de Funcionamento	40
3.2.1.	Gestão de Informação Interna	40
3.2.2.	Planeamento e Controlo da Produção	41
3.2.3.	Cadeia de Valor	43
3.2.3.1.	Compras	44
3.2.3.2.	Inventário	44
3.2.3.3.	Produção	45
3.2.3.4.	Logística e Vendas	48
3.3.	Caracterização da Situação Atual	49
3.3.1.	O Problema	50
3.4.	Oportunidades de Melhoria	51
4.	Modelo de Planeamento DDMRP	53
4.1.	Informação e Dados	53
4.1.1.	Análise ABC	54
4.1.2.	Informação Necessária para o DD MRP	55
4.2.	Aplicação do DDMRP	57
4.2.1.	Posicionamento Estratégico de Inventário	57
4.2.1.1.	Análise de Posicionamento Estratégico	58
4.2.2.	Perfis e Níveis de <i>Buffers</i>	60
4.2.3.	Ajustes Dinâmicos	63
4.3.	Análise crítica do impacto do DDMRP	64
4.3.1.	Simulação	64
4.3.2.	Visibilidade dos níveis de <i>stock</i>	66
4.3.3.	Redução do Tempo de Resposta	68
4.3.3.1.	Cenário Atual	68
4.3.3.2.	Cenário DDMRP	70
4.3.3.3.	Resultados da Simulação	71
4.4.	Discussão de Resultados	72
5.	Conclusões	75
5.1.	Resposta às Questões da Investigação	76
5.2.	Limitações do Estudo e Trabalho Futuro	79

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A – O Problema	85
APÊNDICE B – Análise de Posicionamento estratégico de Produtos Acabados	87
APÊNDICE C - Análise de Posicionamento estratégico de Matérias Primas	89
APÊNDICE D - Análise de Posicionamento estratégico de Embalagens	91
APÊNDICE E – Dados Mestre	93
APÊNDICE F – Necessidades de Produto acabado	95
APÊNDICE G – Necessidades de Matérias Primas e embalagens	97
APÊNDICE H – Critérios para o cálculo de Fatores de Variabilidade e <i>Lead Time</i>	99
APÊNDICE I – Dimensionamento de <i>Buffers</i>	101
APÊNDICE J – Quadro DDMRP	103
APÊNDICE L – Simulação (Cenário Atual)	105
APÊNDICE L – Simulação (Cenário Atual) - Continuação	106
APÊNDICE M – Simulação (Cenário DDMRP)	107
APÊNDICE M – Simulação (Cenário DDMRP) - Continuação	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolução dos sistemas de planeamento da produção.....	10
Figura 2. Principais fases de mudança nos sistemas de planeamento ao longo do tempo ..	11
Figura 3. Sistema <i>Push</i> vs Sistema <i>Pull</i>	13
Figura 4. <i>Flow</i> de informação e materiais para um sistema pull multi-estações de stock..	14
Figura 5. <i>Flow</i> de informação e materiais para um sistemas push	15
Figura 6. Posicionamento do OPP	16
Figura 7. Modelo conceptual da gestão de cadeia de abastecimento	18
Figura 8. Base metodológica do DDMRP	25
Figura 9. Cinco componentes do DDMRP	26
Figura 10. Posicionamento estratégico de inventário numa lista de materiais de um produto	28
Figura 11. Zonas do <i>buffer</i> e os seus objetivos	29
Figura 12. Exemplo de resumo de cálculo de <i>buffer</i> de produto	31
Figura 13. Ajustamento dinâmico de <i>buffers</i>	33
Figura 14. Alertas de execução no DDMRP	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Macroprocessos de uma CA no setor alimentar	19
Tabela 2. Sugestão do DDMRP para o fator de <i>lead time</i>	32
Tabela 3. Sugestão do DDMRP para o fator de variabilidade.....	32
Tabela 4. Resultados da análise ABC.....	54
Tabela 5. Resumo dos fatores a considerar no posicionamento estratégico de inventário..	56
Tabela 6. Principais variáveis a quantificar num sistema DDMRP	56
Tabela 7. Resumo da informação utilizada na análise de posicionamento estratégico	58
Tabela 8. Resumo do número de referências protegidas por <i>buffers</i>	60
Tabela 9. Fatores de <i>Lead Time</i> aplicados no modelo DDMRP	62
Tabela 10. Fatores de Variabilidade aplicados no modelo DDMRP.....	63
Tabela 11. Resumo dos resultados da análise de níveis de <i>stock</i>	67
Tabela 12. Constituição dos produtos acabados e respetivos <i>lead times</i>	69
Tabela 13. Constituição dos produtos acabados e respetivos <i>lead times</i> em situação DDMRP	70
Tabela 14. Resultados da Simulação	72

Siglas e Acrónimos

ADU – *Average Daily Usage*

ATO – *Assemble to Order*

BOM – *Bill of Materials*

CA – *Cadeia de Abastecimento*

CPFR – *Collaborative Planning Forecasting and Replenishment*

DDMRP – *Demand Driven Material Requirements Planning*

DLT – *Decoupling Lead Time*

DOC – *Desired Order Cycle*

DRP – *Distribution Requirements Planning*

E – *Embalagem*

ECR – *Efficient Consumer Response*

EDI – *Electronic Data Interchange*

ERP – *Enterprise Resources Planning*

ETO – *Engineer to Order*

HORECA – *Hotéis, Restaurantes e Cafés*

JIT – *Just-in-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

LT – *Lead Time*

LTF – *Lead Time Variability Factor*

MOQ – *Minimum Order Quantity*

MP – *Matéria Prima*

MRP – *Material Requirements Planning*

MRP II – *Manufacturing Resources Planning*

MTO – *Make to Order*

MTS – *Make to Stock*

OPP – *Order Penetration Point*

PA – *Produto Acabado*

PCP – *Planeamento e Controlo da Produção*

TOC – *Theory of Constraints*

VF – *Variability Factor*

WIP – *Work-In-Progress*

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida no âmbito de um estágio curricular na empresa Nutriva pertencente ao setor alimentar, nas instalações do departamento de logística e na unidade fabril em Vila Nova de Poiares. O presente capítulo pretende explorar o enquadramento do tema nos interesses da empresa, assim como os objetivos e motivações do estudo e introduz a estrutura da dissertação.

1.1. Motivação

Analisando o panorama geral do mundo industrial de há algumas décadas atrás, é fácil de perceber que o grande fator de competitividade e diferenciação entre empresas era sem dúvida a minimização de custos, e portanto era imperativo conseguir criar condições económicas estáveis para conseguir executar uma determinada atividade industrial, pelo que a estratégia de produção geralmente adotada era baseada em grandes lotes produtivos. A metodologia do Material Requirements Planning (MRP) desenvolvida por Orlicky (1975), surgiu para otimizar estes mesmos fatores.

Neste momento, o mundo industrial enfrenta um período de transição em que o seu comportamento está a mudar de uma abordagem determinística para uma abordagem estocástica (Shofa & Widyarto, 2017). Para além disso, os tempos de tolerância, prazos e as restrições impostas pelos clientes estão a ficar cada vez mais apertados, os ciclos de produtos estão cada vez mais curtos ao mesmo tempo que a variabilidade e complexidade do consumo dos mesmos aumenta. A globalização provocou uma enorme extensão das cadeias de abastecimento e neste sentido é necessário que as empresas se adaptem ao ambiente atual para satisfazer as necessidades dos clientes, onde a concorrência é muito mais feroz e a volatilidade do consumo é mais frequente.

Para atingir a competitividade do mercado é essencial manter uma gestão eficiente da cadeia de abastecimento, compreender quais as ameaças e oportunidades a

montante e a jusante permite controlar melhor os fluxos de materiais e informação que percorrem a posição que a empresa ocupa na cadeia. A melhoria dos sistemas de planeamento da produção é um fator crítico neste sentido pois dinamiza esta movimentação de fluxos, impedindo paragens, atrasos, desperdício e outras consequências derivadas do ambiente interno e externo da empresa.

A flexibilidade é um dos fatores principais que permitem agilizar esta movimentação de fluxos, e portanto os sistemas de planeamento da produção devem apresentar esta faceta. Atualmente grande parte das médias e grandes empresas utilizam filosofias de gestão de planeamento do MRP que apesar da sua simplicidade de implementação e funcionamento, não permitem grande flexibilidade no que toca à incerteza e variabilidade na procura principalmente, não correspondendo à realidade industrial.

1.2. Objetivos da Investigação

A empresa em questão tem como principais valores a Qualidade e o Serviço, e portanto a performance dos seus processos de fabrico e a rápida capacidade de resposta ao cliente constituem uma vertente essencial no seu campo de operações. Visto que estes fatores não estão desenvolvidos na sua plenitude é necessário investigar quais as melhores medidas a implementar para melhorar a eficiência do sistema de planeamento e controlo da produção, e assim reduzir os níveis de stock, os respetivos custos associados, o desperdício e o tempo de resposta. Para este efeito é avaliada a aplicabilidade e utilidade de uma ferramenta que nos últimos anos tem ganho alguma reputação em ambientes produtivos orientados pela procura, o DDMRP, que afirma poder resolver muitos dos problemas presentes na empresa.

O principal objetivo desta investigação é encontrar um sistema apropriado para auxiliar o planeamento da produção da Nutriva e permitir que este seja mais eficaz e eficiente. Tendo isto em conta, a investigação deve responder a várias questões:

1. Quais os problemas que vigoram atualmente no sistema de planeamento e controlo da produção da Nutriva que limitam e prejudicam o seu desempenho?
2. Tendo em conta estes problemas, até que ponto é que a metodologia DDMRP os pode resolver?
3. Considerando um cenário de viabilidade desta abordagem, quais são os pontos-chave para uma boa implementação do DDMRP no sistema produtivo na Nutriva?

De modo a dar resposta a estas questões da investigação, este estudo é feito tendo em mira os seguintes objetivos:

1. Estudo dos produtos chave para a empresa, num determinado departamento de produção (setor de produtos);
2. Analisar o comportamento da procura sentido na empresa;
3. Identificação dos materiais/componentes comuns a vários produtos utilizando a ferramenta BOM (*Bill of Materials*) – Análise de Dependências;
4. Estudo e avaliação da ferramenta DDMRP nas condições industriais da empresa;
5. Identificação de vantagens e desvantagens, limitações e trabalho futuro da solução proposta.

Assim sendo, este estudo pretende analisar o panorama atual da Nutriva, fornecendo um *bird's eye view* sobre o sistema produtivo geral e sobre o processo de geração de encomendas e gestão de prioridades, identificar os efeitos indesejados que se estão a fazer sentir no desempenho interno da empresa e as respetivas causas, e assim sugerir um novo sistema de planeamento e controlo da produção que possa mitigar e resolver os problemas que vigoram atualmente.

Sendo que os principais interesses da Nutriva são: combater a instabilidade no planeamento, controlar os níveis de *stock* e reduzir os atrasos a clientes, é pertinente

realizar esta investigação, de forma a avaliar a aplicabilidade da metodologia DDMRP numa realidade industrial como a da Nutriva.

1.3. Metodologia de Investigação

Este subcapítulo tem o propósito de apresentar a base metodológica desta investigação, desenvolvendo quais as principais etapas percorridas durante este percurso de pesquisa, análise e estudo. Sobre os procedimentos e métodos adotados para recolher e analisar informação com vista em alcançar os objetivos estabelecidos em primeiro lugar.

Primeiramente é enunciada a filosofia de investigação, seguindo-se a maneira como esta foi desenhada ao longo do estágio. Por fim é feita uma abordagem à forma como foi conduzida a recolha e análise dos dados.

1.3.1. Filosofia da Investigação

Com o crescimento significativo que a empresa em questão revelou ao longo dos últimos anos, o sistema de trabalho utilizado pela equipa de planeamento tem denotado bastantes deficiências, não conseguindo acompanhar de forma eficaz o desempenho requerido. Tendo em conta o panorama atual, este estudo pretende identificar os principais efeitos indesejados que se verificam no desempenho da gestão interna da empresa, e as respetivas causas, sugerindo um novo sistema de planeamento e controlo da produção que consiga mitigar esses mesmos problemas. Deste modo, esta dissertação adota um cariz de estudo de caso, na medida em que estamos perante uma situação representativa de uma realidade num determinado departamento da empresa.

No que toca à abordagem é utilizada a via dedutiva baseada no encadeamento de hipóteses a partir da teoria. Estas hipóteses são testadas e, de acordo com o seu output são confirmadas ou rejeitadas. Assim sendo, a teoria existente revela-se a base da estratégia de investigação, levando ao desenvolvimento de hipóteses e posterior recolha de dados.

1.3.2. Desenho da Investigação

Este subcapítulo tem como objetivo descrever os passos gerais seguidos ao longo desta investigação fazendo uma abordagem detalhada a cada fase de pesquisa e análise. Neste sentido as principais fases de investigação foram as seguintes:

1. Primeiramente foi feita uma avaliação ao panorama geral da empresa de modo a perceber como é que funcionam todos os processos de produção e quais os percursos efetuados pelos fluxos de materiais e informação. Para este efeito foi realizado o mapeamento dos processos, identificação dos KPI's, diagnóstico dos problemas e levantamento de possíveis soluções;
2. No seguimento do levantamento de possíveis soluções surgiu a metodologia de planeamento DDMRP pelo que foi necessário fazer uma pesquisa bibliográfica de cariz exploratório da sua base conceptual, antecedentes e modo de aplicação. Esta fase constitui essencialmente uma análise crítica a esta metodologia;
3. Seguidamente foi conjugada a avaliação do panorama atual da empresa com a pesquisa bibliográfica efetuada dando origem a uma análise de aplicabilidade do DDMRP no cenário em causa. Neste sentido foi realizada uma revisão bibliográfica para perceber se esta metodologia teria sucesso e onde foi abordada a literatura considerada mais relevante;
4. Depois de possuir as bases teóricas adquiridas nos passos anteriores, foi criado um modelo de simulação de planeamento utilizando uma amostra constituída por diversas referências produzidas no departamento de padaria de modo a analisar a forma como esta metodologia deve ser implementada e quais os principais dados e informações a recolher;
5. Por fim foram recolhidos os resultados da simulação estática e foi avaliado o potencial de aplicação do DDMRP no sistema produtivo da Nutriva. Procedeu-se à comparação do cenário DDMRP com o cenário atual e foram retiradas conclusões sobre o comportamento de níveis de stock e o tempo de resposta ao cliente.

1.3.3. Recolha de Dados

Para alimentar esta investigação foi necessário recolher vários tipos de dados provenientes de diversas fontes de informação visto que esta metodologia requer um suporte teórico muito sólido para poder funcionar corretamente. Nesta linha de raciocínio, é imperativo garantir a validação na caracterização atual da empresa e na construção do modelo de planeamento, sendo que os dados recolhidos foram obtidos através da observação pessoal do autor, de entrevistas informais com membros dos vários departamentos e da consulta das bases de dados do sistema informático da empresa.

Com a finalidade de conhecer e mapear os processos de trabalho dos vários departamentos da empresa foram conduzidas entrevistas informais a vários membros de cada departamento em que a investigação incidiu. Desta maneira foi possível analisar a realidade sob a perspetiva de cada entrevistado. Estas entrevistas foram de cariz não estruturado, ou seja não seguiram um padrão rígido em cada ocasião e possuem um elevado grau de flexibilidade. Apesar deste caráter mais liberal foi sempre preparada previamente uma lista de questões e pontos a abordar em cada entrevista de modo a guiar a conversa na direção mais adequada. Deste modo conseguiu-se obter um equilíbrio entre consistência e flexibilidade na informação recolhida.

No que toca à informação referente aos produtos, como as fichas de produção de onde se podem retirar as BOM de cada produto acabado, lead times de fornecimento e produção, níveis de *stock* e outros dados, recorreu-se ao *software* utilizado na empresa. Estes dados foram utilizados maioritariamente para a construção do sistema sobre o qual o modelo de simulação de planeamento DDMRP irá operar. Deste modo foi possível caracterizar a situação atual utilizando dados quantitativos reais o que garantiu uma melhor aproximação do modelo à realidade da empresa.

1.4. Estrutura da Investigação

A apresentação deste projeto segue a seguinte estrutura:

No Capítulo 1 é feita a introdução de todo o trabalho desenvolvido ao longo do estágio , explicando qual a motivação, principais objetivos e também é explicitada a metodologia de investigação utilizada na investigação, fazendo uma abordagem a todo o percurso do estudo e práticas utilizadas ao longo do mesmo, desde a filosofia de investigação até à recolha e análise de dados.

O Capítulo 2 está encarregue de fazer uma análise a toda a teoria relevante para o alcance dos objetivos estabelecidos nesta investigação. Aqui são sumarizados os principais conceitos que suportam as principais decisões tomadas ao longo deste estudo e fundamentam a escolha da metodologia DDMRP para as condições em causa, detalhando as principais vantagens, desvantagens e potencial de aplicabilidade da mesma. Identifica e desenvolve os principais pontos de vista de vários autores e estudiosos da área. Faz uma abordagem ao setor em que a empresa em causa se insere e sumariza a situação atual e principais características das cadeias de abastecimento da atualidade. Finaliza com um subcapítulo de considerações finais sobre o que foi exposto.

O Capítulo 3 tem o intuito de fazer a caracterização geral da empresa onde foi desenvolvido o estudo de caso abordado nesta dissertação. Explora o modo como a empresa opera no seu setor, quais as suas principais métricas de trabalho, processos de produção, gestão de informação interna e qual a sua cadeia de valor. Descreve a caracterização da situação atual da empresa e enuncia o problema para o qual esta dissertação se propõe a dar uma sugestão de resolução. Por fim é feito um levantamento de oportunidades de melhoria.

Seguidamente, no Capítulo 4 é descrito o estudo de caso e o modelo de planeamento desenvolvido para simular a implementação da metodologia DDMRP num pequeno sistema criado com base na produção do departamento de padaria. Nesta fase da dissertação é importante descrever com algum grau de detalhe o modo como foi conduzida a construção do modelo de planeamento, abordando várias vertentes do mesmo, desde a recolha e utilização de informações e dados necessários até aos vários passos de aplicação do modelo no sistema criado. O capítulo finaliza com a apresentação e discussão de resultados de onde se retiram as principais conclusões e ilações finais da investigação. É feito um levantamento de todos os conceitos abordados, relacionando a teoria com a prática desenvolvida e analisando o impacto que a implementação do DDMRP pode vir a ter no sistema.

Finalmente, o Capítulo 5 marca a etapa final desta investigação. São apresentadas as respostas às perguntas inicialmente formuladas e conseqüentemente, as principais conclusões do estudo. Tem como objetivo finalizar a dissertação com uma visão global e apreciação do trabalho desenvolvido, apresentando as principais limitações, recomendações e perspectivas para o trabalho futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Para o desenvolvimento da seguinte dissertação é necessário ter em conta vários aspetos essenciais. Este capítulo apresenta uma revisão da literatura relacionada com a forma como o planeamento da produção tem evoluído perante as constantes mudanças no mundo industrial e consequente adaptação das organizações. Abrange a forma como a gestão de recursos e informação é realizada ao longo de diferentes entidades desde o input até o output do processo, e o seu impacto nos riscos incorridos e efeitos gerados ao longo da cadeia de abastecimento.

De seguida é feita uma abordagem exploratória à metodologia DDMRP e aos seus antecedentes, com o objetivo de perceber qual o propósito desta nova ferramenta e quais as principais razões que levaram ao seu aparecimento e ascensão no mundo industrial. Com isto, neste capítulo são descritas as principais fases de implementação do DDMRP.

As considerações finais preenchem o fim do capítulo, onde é feita uma síntese global do mesmo e são apresentadas algumas perspectivas sobre a metodologia DDMRP, estabelecendo uma conexão com os capítulos precedentes.

2.1. Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção

2.1.1. Evolução dos Sistemas de Planeamento e Controlo da Produção

O conceito de planeamento e controlo da produção tem-se tornado num conceito mais abrangente nas últimas décadas, sendo sujeito a sucessivas expansões no que toca à inclusão de novas técnicas, sistemas e princípios que têm emergido, permitindo assim a geração e desenvolvimento de novas abordagens. Este conceito cresceu desde as

operações de produção interna, ao nível do chão de fábrica, até às operações de gestão de cadeia de abastecimento, conectando fornecedores, clientes e fabricantes (Olhager, 2013).

Com o aumento da competitividade entre empresas no setor da manufatura, a eficiência do chão de fábrica não é suficiente para lidar com as ameaças da concorrência, assim sendo, as empresas são forçadas a encontrar novas maneiras de dinamizar as suas operações visando uma abordagem para além das paredes da fábrica. Nos dias que correm as empresas precisam de ser competitivas em muitas mais áreas para além da produção, tais como qualidade, logística, redução de custos, flexibilidade, e deste modo é necessário planear e controlar devidamente as suas operações para que todas estas áreas funcionem em sintonia (Olhager, 2013).

Com o aumento do volume e diversificação da procura, as tarefas de planeamento tornam-se cada vez mais complexas, sendo necessário lidar com lead times e ciclos de vida dos produtos muito curtos, e bottlenecks cada vez mais difíceis de gerir. Para acompanhar as constantes mudanças no comportamento da procura dos clientes, foram sendo criadas e desenvolvidas novas metodologias. A Figura 1 seguinte ilustra a evolução dos sistemas de planeamento da produção e como o foco das operações mudou nos últimos 50 anos.

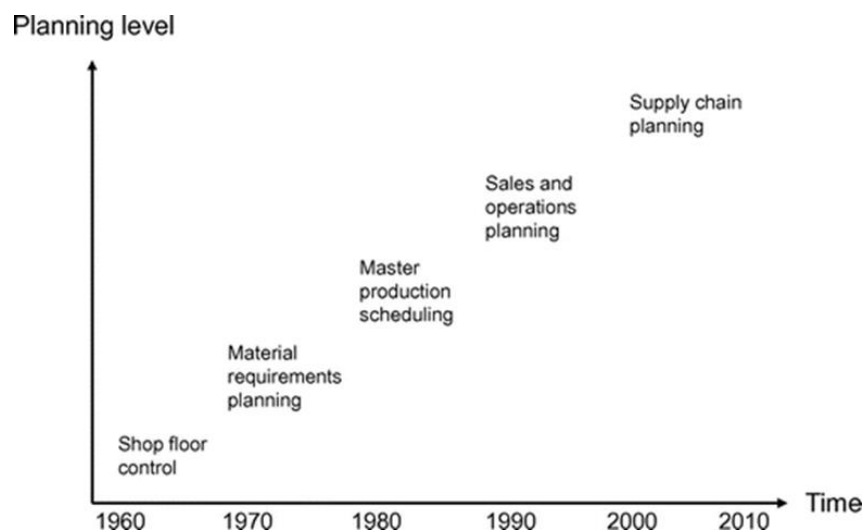


Figura 1. Evolução dos sistemas de planeamento da produção (Retirada de: Olhager (2013), p.6837)

O foco do planeamento e controlo das operações de produção mudou ao longo de um período de 50 anos, desde máquinas individuais até plantas na cadeia de

abastecimento. As empresas consciencializaram-se cada vez mais de que mais fatores devem ser levados em conta para atingir a excelência operacional, não só nas operações internas mas também nas cadeias de abastecimento envolvendo clientes e fornecedores (Olhager, 2013).

A seguinte figura ilustra as mudanças que ocorreram nos últimos 50 anos, realçando 3 fases principais no que toca ao foco de melhoria no planeamento. A primeira fase refere-se à melhoria das características básicas da empresa, principalmente a nível da qualidade, orientação de fluxo dos processos de produção, redução de setup e lead time, etc, que ajudaram a estabilizar a produção e simplificar o planeamento e o controlo permitindo abordagens baseadas em taxas. A segunda fase acontece por volta da mudança do século em que as empresas viram a necessidade de estender o sistema de planeamento e controlo para incluir fornecedores e clientes. No entanto, a última década revelou que a integração dos parceiros da cadeia de abastecimento não é tão simples quanto a integração de cadeias internas dentro de uma empresa, e nesta linha de pensamento é sensato assumir que é muito provável que seja necessário muito tempo até que as cadeias de abastecimento funcionem tão bem como as operações internas (Olhager, 2013).

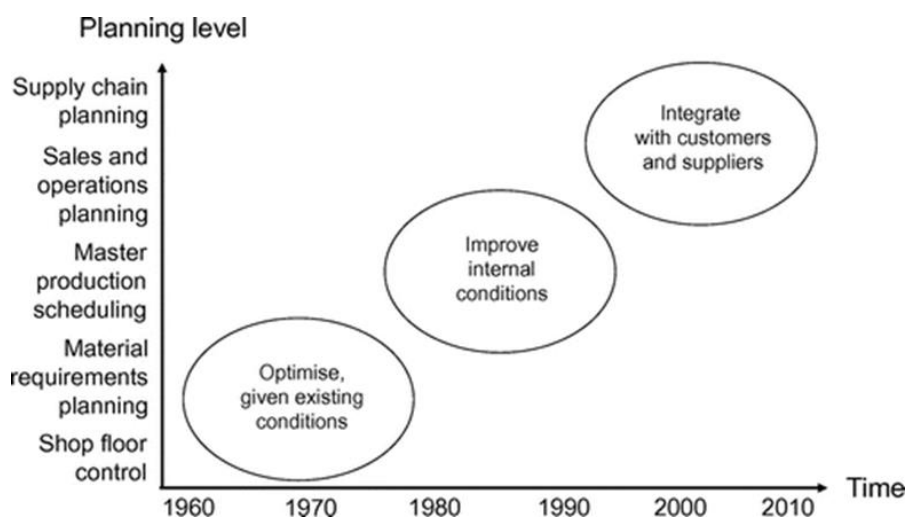


Figura 2. Principais fases de mudança nos sistemas de planeamento ao longo do tempo (Retirada de: Olhager (2013), p.6840)

2.1.2. Sistemas *Push* vs Sistemas *Pull*

Os sistemas de planeamento e controlo da produção podem ser classificados em sistemas *push* ou *pull*, sendo que a maioria dos sistemas reais que podemos encontrar nas empresas hoje em dia apresentam características de ambos, resultando em sistemas híbridos (Hopp & Spearman, 2000).

Estes sistemas têm como objetivo conseguir exercer uma correta previsão da procura de bens e serviços a que uma cadeia de abastecimento está sujeita no futuro, sendo esta atividade um dos principais inputs para o planeamento e controlo das áreas funcionais da entidade ou entidades em causa na cadeia de abastecimento. As previsões da procura afetam diretamente vários fatores vitais no bom funcionamento da cadeia e que podem levar à reestruturação da mesma, tais como a capacidade dos armazéns, necessidades financeiras, capacidade de produção e distribuição, etc.

É necessário então perceber bem como funcionam estes sistemas e qual o seu papel na previsão da procura no planeamento e controlo das cadeias de abastecimento. Nos ambientes *push* o fluxo de produção é feito com antecedência às necessidades e ao consumo, com base em previsões, já em ambientes *pull* o fluxo de produção é feito de acordo com as necessidades reais, com ordens de encomenda que posteriormente se irão transformar em ordens de produção (Lambert et al. 1998). Como já foi referido anteriormente, o mais normal é que a parte mais a montante da CA funcione em regime *push* até a um determinado ponto de desacoplamento, e a parte mais a jusante funcione em regime *pull*.

Para as CA que funcionam em regime estritamente *push*, ou seja, até ao mercado final, a previsão da procura é absolutamente essencial para o funcionamento da mesma, sendo que a procura deverá ser analisada em termos temporais e espaciais e detalhada no que toca a tipos de produtos e quantidades. O princípio orientador deste sistema baseia-se na necessidade de constituir *stocks* para garantir um elevado nível de serviço e um reduzido tempo de resposta ao cliente, procurando economias de escala de modo a rentabilizar ao máximo os recursos envolvidos. Apesar disso, este regime pode gerar custos elevados associados à acumulação de inventário e produtos que se tornam obsoletos em *stock*.

No outro extremo, em CA que funcionam em regime estritamente *pull*, ou seja, até aos fornecedores iniciais, a previsão da procura torna-se mais agregada em termos de mercados e produtos, pois a própria cadeia irá encaminhar a produção e distribuição dos produtos no local requerido pelo cliente. Assim sendo, a previsão da procura possui um papel fundamental no dimensionamento das linhas de produção, meios de transporte, centros de distribuição, na montagem dos produtos finais, ou seja, na atribuição de capacidade a diferentes entidades ao longo da CA. Este regime pode ter dificuldade em satisfazer as necessidades da procura caso esta apresente variações significativas, devido aos baixos níveis de *stock*.

Nos sistemas híbridos, que funcionam num mix de *push* e *pull*, as previsões são importantes na discussão do posicionamento do ponto de desacoplamento, que irá ditar a separação entre o regime de constituição e localização de *stocks* e o regime do dimensionamento de capacidades da cadeia.

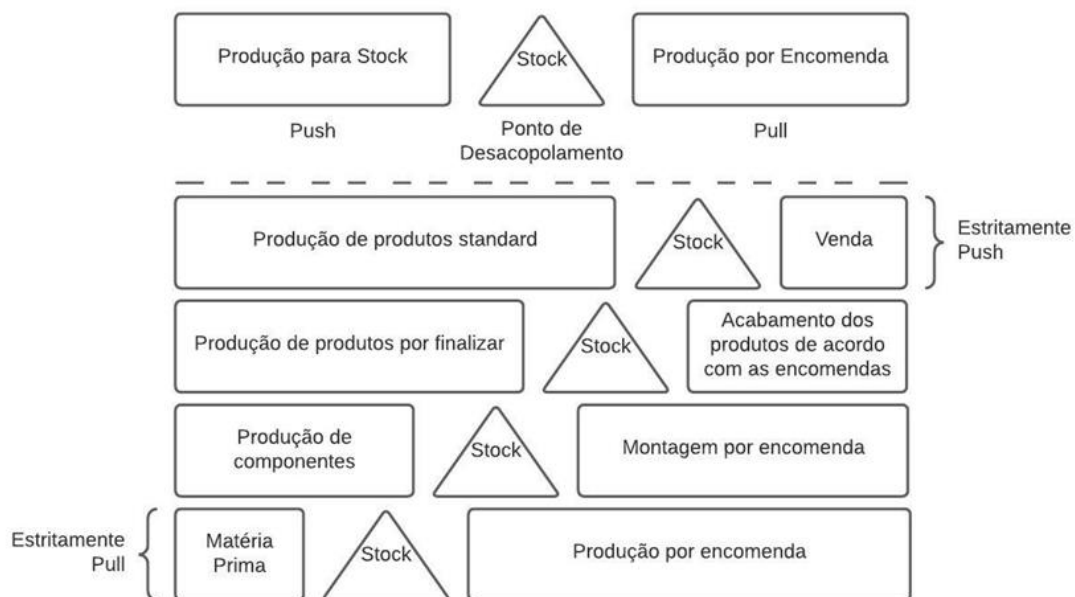


Figura 3. Sistema *Push* vs Sistema *Pull* (Adaptada de: de Carvalho, J. C. (2020). Logística e gestão da cadeia de abastecimento. (3 ed.) Edições Sílabo. p. 139)

A implementação de um tipo de sistema de PCP, *pull* ou *push*, não é limitada pela estratégia de produção, ou seja, todas as combinações entre o tipo de sistema e a estratégia de produção são possíveis (Hopp & Spearman, 2004). Assim sendo a grande

diferença entre os dois sistemas é que nos sistemas *pull* o fluxo de informações de controlo flui na direção oposta ao fluxo de materiais e nos sistemas *push* o fluxo de informações de controlo flui na mesma direção que o fluxo de materiais (Bonney, Zhang, Head, Tien & Barson, 1999).

Para descrever de melhor forma estas duas categorias de sistemas existem dois métodos clássicos, o *Kanban* e o *Material Requirements Planning* (MRP). Nos sistemas *pull* o método típico é o *Kanban* e nos sistemas *push* o método típico é o MRP.

Kanban: o método *Kanban* nasceu da filosofia *Just-in-Time* desenvolvida por investigadores japoneses no sistema produtivo da *Toyota*, sendo Sugimori et al. (1977) o autor da primeira publicação académica. Mais tarde Kimura and Terada (1981) explicaram a mecânica de funcionamento e os requerimentos para a sua implementação. *Kanban* é o nome dado a cartões que são utilizados como sinais para autorizar o processamento de materiais em cada estação do sistema produtivo, de modo a controlar os níveis de inventário. O fluxo de material e informação nesses sistemas é representado da seguinte forma:

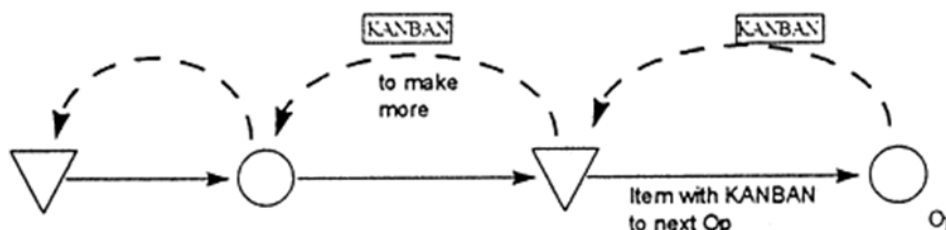


Figura 4. Flow de informação e materiais para um sistema *pull* multi-estações de stock (Adaptada de: M.C. Bonney et al. (1999), p.56)

MRP: Este método tem como objetivo obter um elevado nível de produção com base em ordens de produção lançadas por um plano mestre de produção de modo a antecipar a procura. Esta metodologia será explorada mais à frente nesta dissertação. O fluxo de material e informação nesses sistemas é representado da seguinte forma:

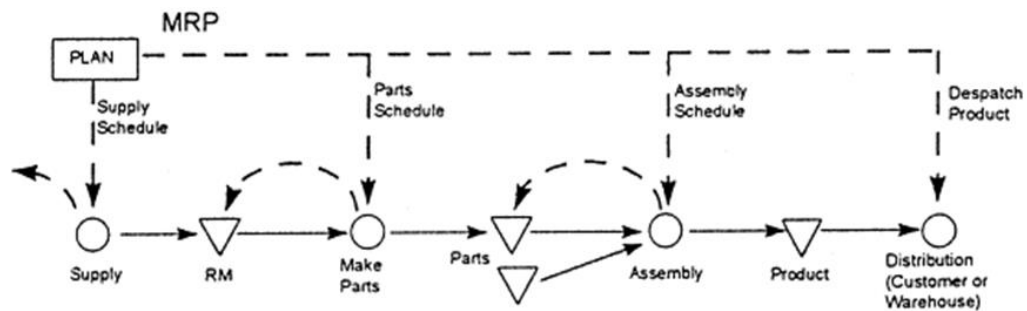


Figura 5. Flow de informação e materiais para um sistemas *push* (Adaptada de: M.C. Bonney et al. (1999), p.56)

Olhando numa perspetiva diferente para estes sistemas, podemos relacioná-los com os conceitos de *Make to Order* (MTO) e *Make to Stock* (MTS).

2.1.3. *Make to Order vs Make to Stock*

A grande maioria da pesquisa relacionada com a gestão de operações caracteriza os sistemas de produção como *Make to Order* (MTO) e *Make to Stock* (MTS). Os sistemas MTO oferecem uma grande variedade de produtos específicos, tipicamente mais caros. O foco do planeamento da produção está na execução dos pedidos e na performance dos processos, por exemplo, tempo médio de resposta ou média de atrasos nos pedidos. A prioridade competitiva é o lead time de entrega curto. Planeamento de capacidade, aceitação/rejeição de pedidos e cumprimento de altos níveis de serviço são os principais problemas operacionais. Os sistemas MTS oferecem uma menor variedade de produtos específicos e tipicamente mais baratos. O foco encontra-se na antecipação da procura (previsões) e no planeamento para responder à procura. A prioridade competitiva é uma maior taxa de entrega e preenchimento de pedidos. Os principais problemas operacionais são o planeamento de inventário, determinação de tamanhos de lote e previsão de procura. As medidas de performance são focadas no produto, por exemplo, preenchimento de linhas de produto e níveis médios de inventário (C.A. Soman et al., 2004).

Com o aumento da competição global e diminuição dos ciclos de vida dos produtos, as escolhas e mudanças entre MTO e as políticas de MTS devem ser feitas de forma mais rápida e a um nível estratégico (Olhager, 2003). Um dos principais conceitos

que advém destas práticas é o de *Order Penetration Point* (OPP), que é definido tradicionalmente como sendo o ponto na cadeia de valor no percurso de manufatura de um produto onde este é ligado a uma ordem de encomenda de um determinado cliente.

Diferentes situações de fabrico como MTS, MTO, *Assemble to Order* (ATO) e *Engineer to Order* (ETO), tem uma relação diferente com o posicionamento do OPP. As diferentes situações de fabrico estão relacionadas com a habilidade das operações de manufatura para acomodar customização ou uma ampla gama de produtos. Deste modo o OPP divide as estações de produção orientadas por previsão (a montante do OPP) daquelas que são orientadas pelo pedido do cliente (o OPP e a jusante) (Olhager, 2003). A Figura 6 representa o posicionamento do OPP tendo em conta a estratégia de produção.

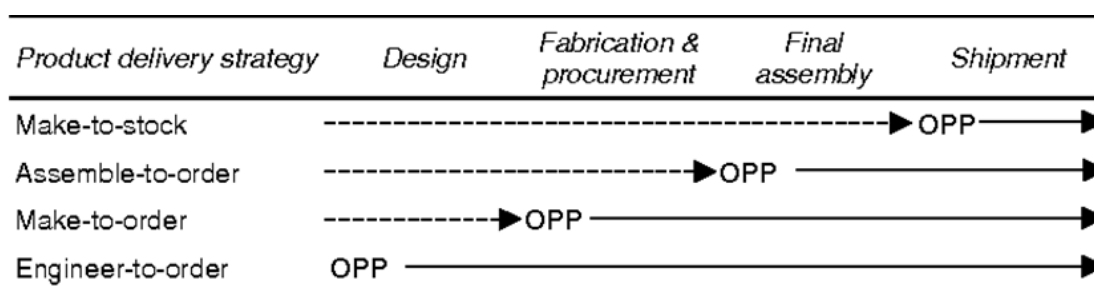


Figura 6. Posicionamento do OPP (Adaptada de: Olhager (2003), p. 320)

2.2. Cadeias de Abastecimento

De acordo com Christopher (1992), uma cadeia de abastecimento é a rede de organizações que estão envolvidas através de ligações a montante e a jusante, nos diferentes processos e atividades que produzem valor na forma de produtos e serviços entregues ao consumidor final. Por outras palavras, uma cadeia de abastecimento consiste em múltiplas organizações tanto a montante (fornecimento) e a jusante (distribuição) e o consumidor final. Já o dicionário da APICS (2016) afirma que a cadeia de abastecimento é definida como uma rede que permite a distribuição de bens e serviços, desde o seu estado em matéria-prima até aos consumidores finais, através de um fluxo de materiais ou informação. Dado o potencial para inúmeras configurações alternativas de cadeia de

abastecimento, é importante realçar que qualquer organização pode fazer parte de várias cadeias de abastecimento (Mentzer et al., 2001).

As cadeias de abastecimento são constituídas maioritariamente por organizações que transportam o produto desde a sua produção e transformação de matérias-primas até à sua entrega aos clientes, ou seja, fornecedores, produtores, distribuidores e retalhistas. Todas estas entidades devem funcionar em coordenação com as outras, sabendo quais as atividades a desempenhar e mantendo os fluxos de informação e materiais contínuos ao longo da cadeia fazendo com que esta funcione como uma máquina bem oleada. Assim sendo, o sucesso de uma cadeia de abastecimento é dependente do sucesso de todas as interligações da mesma, por isso, nenhuma cadeia é mais forte que o seu elemento mais fraco (Olhager, Persson, Parborg & Rosén, 2002).

Segundo Mentzer, DeWitt, Keebler, Min, Nix, Smith & Zacharia (2001) a gestão de cadeia de abastecimento pode ser definida como a coordenação sistemática e estratégica das funções de negócio e as táticas entre essas funções de negócios dentro de uma determinada empresa e entre negócios dentro de uma cadeia de abastecimento, com o objetivo de melhorar o desempenho a longo prazo das empresas individuais e da cadeia de abastecimento como um todo. Num estudo realizado pelos autores, foi desenvolvido um modelo conceitual ilustrado na Figura 7 em que é utilizada a forma de uma conduta para mostrar os fluxos direcionais de materiais e informação através da cadeia, estes fluxos podem ser produtos, serviços, recursos financeiros e informação associada à procura e previsões.

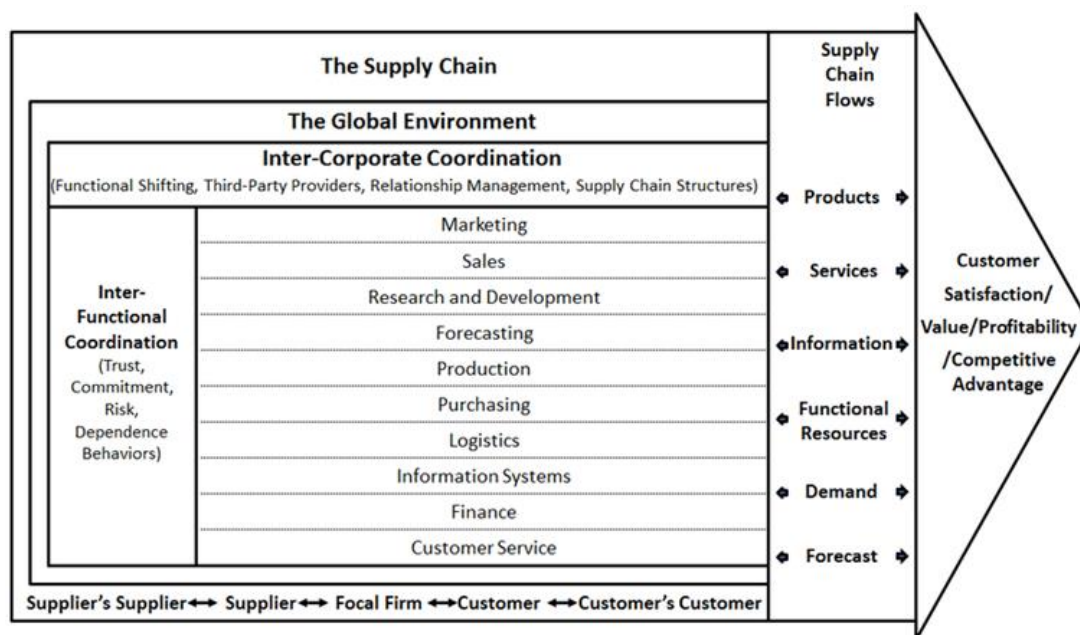


Figura 7. Modelo conceptual da gestão de cadeia de abastecimento (Adaptada de Mentzer et al. (2001), p.19)

2.2.1. Cadeias de Abastecimento no Setor Alimentar - Massas Alimentares

A cadeia de abastecimento da indústria alimentar têm sofrido enormes alterações a nível da sua dinâmica de funcionamento, sendo um dos setores que apresenta uma atividade mais forte e energética no nosso país no contexto da gestão da cadeia de abastecimento. Várias práticas têm sido utilizadas neste setor tais como modelos de planeamento colaborativo, postponement, EDI (*Electronic Data Interchange*), ECR (*Efficient Consumer Response*), planeamento tático integrado, entre outros.

As empresas produtoras do setor com marca têm vindo a assumir um papel mais abrangente, sendo que por um lado procuram uma maior e mais forte integração a montante para poderem controlar a qualidade e o I&D, alinhando ao mesmo tempo com os grandes retalhistas e distribuidores. Neste sentido, a esmagadora maioria das famílias de produto estão direcionadas para cadeias flexíveis e com a orientação para a distribuição.

Os grandes desafios das entidades produtoras neste setor passam por:

- Utilizar eficientemente os fluxos de informação que percorrem a Cadeia de abastecimento para conhecer as necessidades dos consumidores;
- Reduzir o *time to market* de novos produtos através da implementação de I&D flexível;
- Adotar processos produtivos flexíveis e adaptados a ciclos curtos;
- Adaptar a distribuição (a montante e a jusante) à maior complexidade dos fluxos físicos e de informação e aos níveis de serviço exigidos por clientes e consumidores;
- Otimizar custos relacionados com os processos da CA.

Olhando numa ótica de macro-processos da CA dos produtores, podemos organizar as tendências deste modo:

Tabela 1. Macroprocessos de uma CA no setor alimentar

Compras	Colaboração com os fornecedores, passar responsabilidade de inventários para os fornecedores; EDI; <i>strategic sourcing</i> ; <i>e-Marketplaces</i> ; <i>e-Procurement</i> .
Produção e I&D	<i>Collaborative Design</i> ; Reengenharia do processo; Equipamento e <i>layout</i> para alinhar produção com a procura; <i>Postponement</i> ; Flexibilidade no processo produtivo e adaptação a ciclos mais curtos.
Planeamento e Gestão	Planeamento integrado a montante e a jusante; CPFR; APS (<i>Advanced planning and Scheduling</i>); Ferramentas de gestão do custo da cadeia (ABC, <i>Value Chain</i>); Indicadores <i>cross-functional</i> .
Logística de entrada e saída	Tarefas de valor acrescentado em armazém; Iniciativas para combater quebras; Mais fluxos físicos e menos densidade; <i>cross-docking</i> , <i>outsourcing</i> .
Transporte e Distribuição	Consolidação e otimização de cargas; Unidades de carga eficientes, <i>outsourcing</i> .
Vendas	Parcerias com clientes; Integração múltipla de canais; EDI.

2.3. MRP

Apesar do MRP ter emergido nos anos 60, apenas começou a ganhar protagonismo depois do estudo de Orlicky (1975), impulsionado pela “MRP Crusade” do *American Production and Inventory Control Society* (APICS). À medida em que crescia em popularidade, o MRP também cresceu na sua abrangência e evoluiu na década de 80 para o *Manufacturing Resources Planning* (MRP II) que combinava o MRP com planos de agendamento, planeamento da capacidade, planeamento de requisitos de capacidade, controlo de entrada/ saída e outros módulos (Hopp & Spearman, 2004). Esta evolução tornou o conceito de MRP mais abrangente permitindo gerir a produção a curto e longo prazo. A evolução desta metodologia continuou até ao *Enterprise Resources Planning* (ERP), ou seja, Planeamento de Recursos Corporativos, que corresponde à integração do mesmo numa única base de dados que abrange diversos módulos do negócio da empresa, tais como a área financeira, de vendas ou de produção. O sistema ERP pode ser visto como uma extensão direta do MRP e do MRP II, sendo que a principal diferença reside no facto de o MRP/MRP II ser uma ferramenta associada e direcionada à produção, enquanto que o ERP é um sistema de informação que interliga todos os dados e processos de uma empresa, sendo que todas as funções atualizam e recorrem à mesma base de dados.

O MRP foi um grande passo no planeamento da produção porque pela primeira vez foi possível calcular as necessidades com base no inventário que estava na posse da empresa em comparação com aquilo que eram as encomendas num determinado momento, com o resultado líquido faseado no tempo. O objetivo do MRP era precisamente distribuir no tempo as necessidades e re-abastecimentos para reduzir dramaticamente os níveis de *stock* predominantes em abordagens anteriores de ponto de encomenda, onde um pouco de tudo era mantido em inventário constantemente. A capacidade de calcular a procura dependente utilizando de uma lista de materiais, tornou-se um desenvolvimento significativo. A partir do MRP deixava de ser necessário prever a procura dependente, esta poderia ser calculada tendo como base as expectativas de procura para a peça mãe.

2.3.1. Definição de MRP

O procedimento de planeamento do MRP baseia-se no princípio básico que existe procura independente (o produto final) e procura dependente (as suas partes ou componentes), que são conectados por uma lista de materiais (BOM). Assim que a procura futura de produtos acabados é conhecida, o MRP usa a lista técnica e um deslocamento de lead time para explodir os requisitos de produção para cada componente. Nesse sentido, o MRP não é uma política de reabastecimento que trata a procura de todas as partes como sendo independente, em vez disso é um procedimento de agendamento que cria um plano baseado em procura futura ou previsões de procura M. THÜRER et al. (2020).

Os requisitos do MRP são bastante simples:

- O plano mestre de produção deve ser declarado em termos da lista de materiais;
- Existem números de item exclusivos para cada item;
- A lista técnica de materiais (*Bill of Materials*, (BOM)) existe no momento do planeamento (arquivo da estrutura do produto);
- Os registos de inventário estão disponíveis para todos os itens (arquivo de registo de inventário).

O seu principal objetivo é responder à questão de como é que as matérias-primas, materiais e componentes certos devem ser recebidos e produzidos na quantidade certa e no momento certo, de forma a responder a uma procura específica (Benton & Shin, 1998). Assim sendo, quando é realizada a explosão de materiais (BOM), apenas são tidas em conta as ordens de produção presentes no Plano Diretor de Produção, ou seja, apenas é feito planeamento para as necessidades existentes, sendo que é importante não desenvolver excessos de *stock* ou necessidade de horas extras.

Um dos lugares onde a ideia do MRP assume maior relevância é sem dúvida na indústria da transformação, onde a procura é dependente e determinar a quantidade exata de matéria prima e componentes para a procura vigente é um grande desafio. Esta metodologia assenta muito naquilo que é a calendarização da produção, ou seja, é uma

abordagem que se preocupa em calcular a quantidade de materiais ou peças, de modelos específicos, que são essenciais e qual a altura em que são necessários. Esta calendarização da produção, por sua vez, utiliza uma abordagem de back-scheduling que tem em consideração o tempo para a conclusão de cada etapa de um processo nos diversos níveis de montagem.

Um dos grandes objetivos deste sistema é evitar a posse de *stocks*, teoricamente quando são conhecidas as necessidades de produto acabado não é necessário criar *stocks*, no entanto existem variações no horizonte temporal e é necessário criar *stocks* de segurança para proteger o inventário e evitar ruturas. Estas variações no horizonte temporal constituem talvez o maior obstáculo à metodologia MRP, pelo que esta não lida bem com ambientes de procura volátil em que as variações são muito frequentes, levando a estimativas imprecisas de *stocks* de segurança e consequente instabilidade no planeamento.

Agarwal (1985) assinala como principal exigência deste sistema a existência de rigor na inserção de atualizações no sistema. Sem essa preocupação por parte de qualquer funcionário que utilize o sistema, independentemente do cargo que este desempenhe, a memória do sistema começa a acumular erros em relação ao *stock* disponível e as quantidades necessárias quer seja de componentes ou de matéria-prima.

2.3.2. Desvantagens do MRP

Os sistemas MRP são muito utilizados e são uma boa ferramenta de suporte em qualquer empresa, apesar disso, os alicerces desses sistemas no que toca ao planeamento e controlo da produção mantêm uma lógica do MRP dos anos 70. Hoje em dia a realidade do mundo industrial é bastante diferente, vivemos num mundo caracterizado por uma grande volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade no que toca aos comportamentos de procura dos clientes, à evolução do mercado e competição global entre empresas. É extremamente importante nas empresas haver uma constante adaptação aos fatores mencionados, pois em contraste com os anos 70, as condições atuais do mercado denotam a presença de prazos de entrega mais curtos, altos níveis de concorrência, crescentes níveis de procura e variação da mesma e um menor tempo de tolerância dos clientes.

Assim sendo, com as mudanças impostas pela indústria, é necessário que os sistemas de planeamento e controlo da produção se adaptem, e o MRP revela alguma dificuldade nesta adaptação. Benton & Shin (1998) destacam 3 pontos fracos principais relativamente à execução do MRP que são críticos aquando da sua implementação.

1. O conflito entre a natureza determinística do MRP e a incerteza das operações. Este problema assenta no facto de o MRP assumir valores determinísticos para parâmetros que são de natureza estocástica o que origina a ocorrência de alterações em determinados valores assumidos e que, devido à dependência característica do MRP sobre os níveis que antecedem cada componente, gera o fenómeno de Nervosismo. Este nervosismo principia nos níveis mais elevados do Plano Diretor de Produção, que se propagam pelos níveis mais intermédios e inferiores, resultando em grandes alterações, em quantidade e tempo, nos níveis primários da produção. Quanto mais complexa for a BOM dos produtos, mais afetado é o sistema MRP pelo nervosismo (Vollmann et al., 2005).
2. A negligência nas restrições de capacidade. O MRP gera um planeamento que só é ajustado após a incorporação do limite de capacidade (Benton & Shin, 1998). Deste modo o processo de análise de fluxo de informação e materiais envolve duas etapas, a primeira que não considera restrições de capacidade do sistema e a segunda que tem em conta essas restrições.
3. A acumulação de inventário de WIP. Este terceiro ponto está mais associado às regras nas quais o MRP se baseia em operar e não ao sistema em si. O MRP está naturalmente sujeito a incertezas de quantidade e tempo, tanto a nível da procura como a nível de fornecimento e a definição de níveis de segurança associados ao *stock* e ao lead time surgem para tentar reduzir o impacto dessas mesmas incertezas (Vollmann et al., 2005). Tanto o *stock* de segurança, como a receção de encomendas antes do tempo estipulado para a sua utilização, e também o dimensionamento de lotes fazem com que o nível de *stock* aumente.

Todos estes pontos fracos contribuem para a geração de planos produtivos desajustados e flutuação na carga de trabalho em cada estação, e portanto exige esforço e experiência dos planeadores para realizar o ajustamento dos planos. Em suma, a performance do sistema é naturalmente afetada.

2.4. DDMRP

2.4.1. Visão Geral

O DDMRP foi introduzido por Carol Ptak e Chad Smith, fundadores do Demand Driven Institute, em 2011 no livro de Joseph Orlicky, *Material Requirements Planning 3rd Edition* num âmbito profissional, prático e não académico. Os autores pretendiam corrigir as fraquezas que se tinham vindo a demonstrar na aplicação do MRP na atualidade mais volátil e orientada para o cliente e adaptar a gestão da cadeia de abastecimento ao ambiente industrial, melhorando o desempenho dos sistemas.

A sua lógica passa pela identificação de pontos estratégicos para desacoplamento, que são geridos através de *buffers*, de forma a sincronizar ambientes complexos e dinâmicos. Pode ser definido como um “método de planeamento e execução multi-escalão para proteger e promover os fluxos de informação e materiais relevantes” (Adaptado de: Ptak & Smith (2018), p.52). Esta metodologia direcionada para controlar os fluxos de fabrico e distribuição é capaz de gerir as incertezas, supostamente, melhor do que o sistema MRP tradicional usando alguns princípios *pull*, que, como já visto anteriormente, primam por uma produção a partir da procura real, com o objetivo de reduzir a variabilidade criada e diminuir o WIP. O DDMRP difere da lógica do MRP de modo a conseguir responder melhor à procura e necessidades dos clientes num ambiente cada vez mais volátil, exigente e dinâmico, mantendo práticas como a procura dependente e a explosão dos produtos. Tem diversas influências de outras ideologias e metodologias como o *Lean*, *Six Sigma* e TOC.

É uma ferramenta recente e portanto o número de artigos científicos existentes sobre a abordagem DDMRP é limitado. Por outro lado, a sua implementação tem revelado resultados promissores e a adesão a esta abordagem está em crescimento. Empresas como a

Michelin, Coca-Cola Beverages Africa, SAP, Shell Lubricants e LG International, são alguns exemplos de grandes empresas onde foram efetuados casos de estudo e/ou implementações (Demand Driven Institute, 2020).

2.4.2. Exploração do DDMRP

O DDMRP utiliza aspetos inovadores provenientes de diversas metodologias reconhecidas academicamente de modo a mudar a lógica de planeamento de uma ótica *push* para *pull*. A Figura 8 ilustra quais as principais metodologias que suportam a abordagem DDMRP.

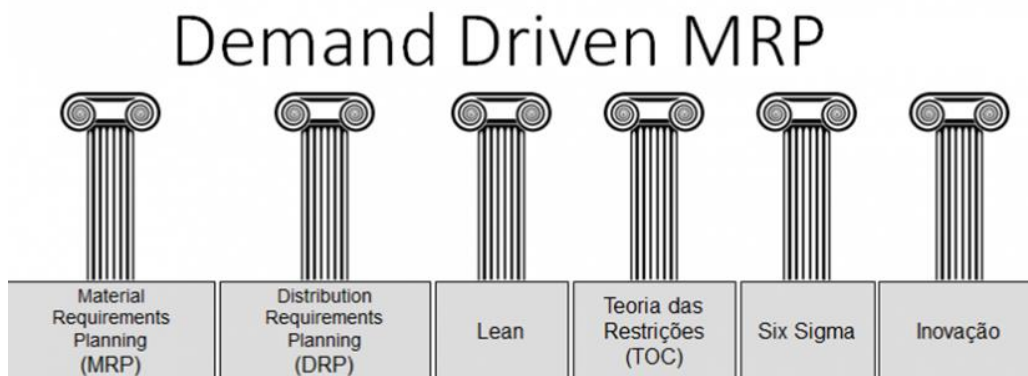


Figura 8. Base metodológica do DDMRP (Adaptada de: Ptak & Smith (2016), p.52)

O DDMRP combina alguns dos aspectos ainda relevantes do MRP e DRP com as ênfases de atração e visibilidade encontradas no *Lean* e na Teoria das Restrições e a ênfase na redução da variabilidade do *Six Sigma* (Ptak & Smith ,2016). Ao incluir novos conceitos, inova no planeamento e na execução para permitir a compressão do tempo de resposta e a visibilidade perante as funções da organização e da cadeia de abastecimento (Harding & Ptak, 2012). Neste sentido, o DDMRP é um elemento integral de um modelo operacional orientado pela procura ou uma estratégia produtiva de compressão dramática de lead time e alinhamento de esforços para responder às variações do mercado (Ptak and Smith 2016).

2.4.3. Metodologia de Aplicação do DDMRP

A metodologia de aplicação foi desenvolvida num âmbito não académico por Carol Ptak e Chad Smith, em 2011. O seguinte capítulo explica a abordagem de aplicação do DD MRP com base nas informações do livro *Demand Driven Material Requirements Planning* (Ptak & Smith, 2016).

O DDMRP é constituído por 5 componentes principais, tal como a Figura 9 indica:

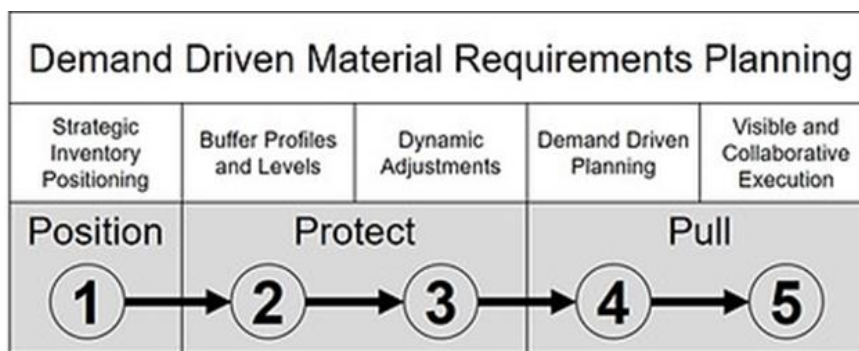


Figura 9. Cinco componentes do DDMRP (Retirado de Demand Driven Institute (2022))

Os três primeiros componentes definem essencialmente a fase inicial e evolução da configuração de um modelo DDMRP. O posicionamento estratégico do *stock* determinará onde estão colocados os pontos de desacoplamento. Perfis e níveis de *buffer* determinarão a quantidade de proteção em esses pontos de desacoplamento. Os ajustes dinâmicos definem como esse nível de proteção se flexiona para cima ou para baixo com base em parâmetros operacionais, mudanças de mercado, e eventos futuros planejados ou conhecidos. O quarto e quinto elementos definem os aspectos operacionais reais de um sistema DDMRP: planeamento e execução (Ptak & Smith, 2016). Estes passos são detalhados nos subcapítulos seguintes.

2.4.3.1. Posicionamento Estratégico do Inventário

Face à realidade do mundo industrial, a redução do impacto da variabilidade é fulcral, seja ela no lado da procura ou do lado do fornecimento. A utilização de pontos de desacoplamento surge com o objetivo de colocar em prática esta necessidade. Para tal é imperativo definir onde se encontram estes pontos dentro do sistema produtivo, que irão tomar o formato de *buffers* de *stock* aplicados aos produtos que intervêm nesses mesmos pontos e funcionam como amortecedores de variabilidade. Estes produtos podem ser matérias primas, produtos intermédios ou produtos acabados.

Este passo tem uma carga estratégica muito importante, visto que é a grande base de aplicação do método DDMRP, e portanto, muitas vezes esta decisão requer a participação de várias entidades dentro de uma empresa de modo a apurar de melhor forma quais os impactos deste posicionamento em todo o sistema e conseqüentemente na cadeia de abastecimento.

Apesar de muitas metodologias assumirem que a existência de *stock* é um desperdício, nomeadamente o *Lean*, isto apenas é verdade se o *stock* existir em pontos do sistema incorretos e nas quantidades erradas (Harding & Ptak, 2012). Para que os níveis de *stock* sejam controlados, o DDMRP pretende identificar os pontos estratégicos de desacoplamento e geri-los de forma dinâmica, para que o impacto da variabilidade adjacente da procura e do fornecimento seja reduzido e o tempo de resposta seja comprimido, aumentando assim o nível de serviço (Harding & Ptak, 2012).

A metodologia DDMRP tem em consideração seis fatores para ajudar na tarefa de posicionamento dos pontos estratégicos:

1. Tempo de tolerância do cliente;
2. Potencial do lead time do mercado;
3. Visibilidade do horizonte temporal das encomendas de clientes;
4. Variabilidade externa (procura e fornecimento);
5. Alavancagem e flexibilidade do *stock*;
6. Proteção das operações críticas.

Uma análise detalhada a todos estes fatores permite uma decisão suportada e fundamentada com maior probabilidade de sucesso, principalmente quando o ambiente em que o sistema vai ser implementado se trata de um ambiente complexo. É necessário ter conhecimento das conexões e dependências que existem entre produtos e seus componentes de modo a fazer uma avaliação de quais os produtos críticos para o funcionamento do sistema. Para isso o DDMRP sugere a utilização de listas de materiais (BOM) onde constam os componentes de cada produto e assim é possível ter visibilidade sobre as conexões existentes no ambiente.

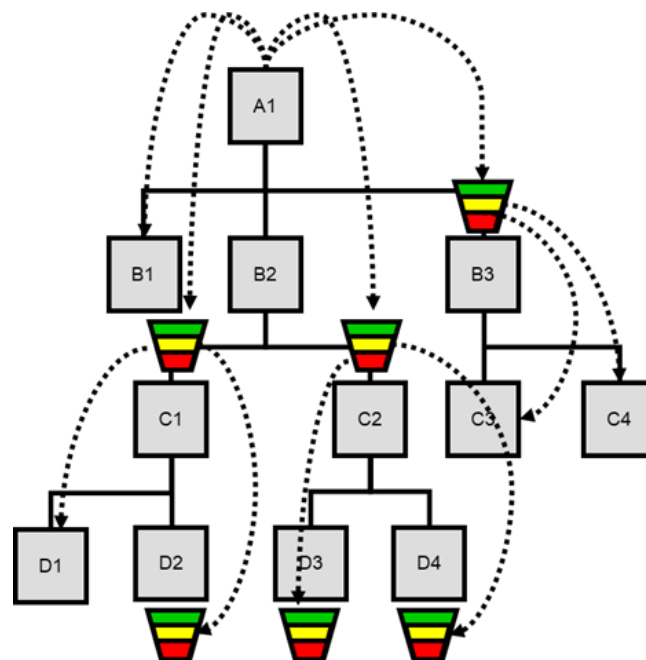


Figura 10. Posicionamento estratégico de inventário numa lista de materiais de um produto (Adaptado de Demand Driven Institute (2022))

2.4.3.2. Perfis e Nivelamento dos *Buffers*

Após o posicionamento de *buffers* nos pontos estratégicos é necessário nivelar os seus perfis. Os *buffers* de *stock* são pontos de reabastecimento de fluxo, onde o material aguarda até ser utilizado no processo seguinte. Os principais objetivos do uso de *buffers* de *stock* são a possibilidade de absorver a variabilidade, diminuir os *lead times* e ajudar no lançamento de ordens de produção e fornecimento.

Existem vários tipos de nivelamento de *buffer*, mas o formato mais comum é o de três níveis, catalogados por três cores diferentes. Cada zona corresponde a um estado do nível de *buffer*, tendo em conta a quantidade de *stock* existente. A Figura 11 ilustra a simbologia utilizada para este nivelamento e qual o objetivo específico de cada zona:

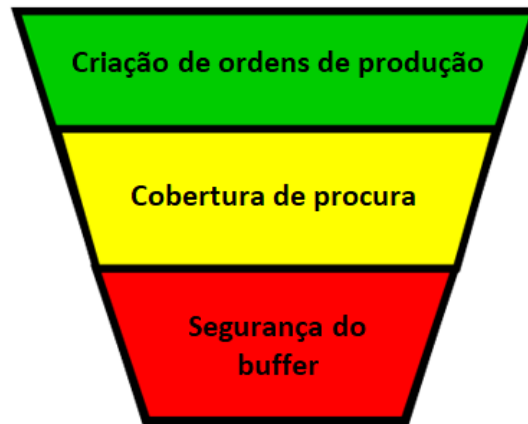


Figura 11. Zonas do *buffer* e os seus objetivos (Adaptado de Demand Driven Institute (2022))

Deste modo, cada zona tem o seu objetivo específico e o dimensionamento de cada zona depende de fatores individuais baseados nas características inerentes a cada produto ou componente. Os quatro parâmetros principais são os seguintes:

- Utilização Média Diária (*Average Daily Usage –ADU*);
- Lead Time Desacoplado (*Decoupled Lead Time – DLT*);
- Quantidade Mínima de Encomenda (*Minimum Order Quantity – MOQ*);
- Localização (Apenas para produtos distribuídos).

2.4.3.2.1. Cálculo de zonas e níveis dos buffers de reabastecimento

Como enunciado anteriormente, cada zona do *buffer* tem um propósito e irá variar em tamanho de acordo com as características de cada produto ou componente, ou seja os *buffers* não são simplesmente divididos irremediavelmente em três partes iguais. Perceber o

propósito e o cálculo de cada zona é crucial para entender como os *buffers* do DDMRP produzem os seus resultados, bem como a sua comparação com outras técnicas de gestão de *stock* (Ptak & Smith, 2016).

Zona Verde

Como foi ilustrado na figura , a zona verde tem a função de controlar o processo de criação de ordens de produção e encomendas de fornecimento, ditando qual a frequência e a quantidade das mesmas. O seu dimensionamento é calculado da seguinte forma:

$$Zona\ verde = \max(MOQ ; ADU \times DLT \times LTF) \quad (1)$$

Zona Amarela

A zona amarela tem como objetivo cobrir a procura da melhor forma, de modo a garantir disponibilidade de *stock* para a procura em causa. O seu dimensionamento é calculado da seguinte forma:

$$Zona\ amarela = ADU \times DLT \quad (2)$$

Zona Vermelha

A zona vermelha corresponde à zona de segurança do *buffer*, está associada à variabilidade a que um determinado produto ou componente está sujeito, seja esta do lado da procura ou do lado do fornecimento. O dimensionamento desta zona está dividido em três categorias diferentes:

1. *Base Vermelha* = $LTF \times ADU \times DLT$; (3)

2. *Segurança Vermelha* = *Base Vermelha* \times *Fator de Variabilidade*; (4)

3. *Zona Vermelha* = *Base Vermelha* + *Segurança Vermelha*. (5)

De grosso modo, a zona vermelha tem a mesma finalidade que o os *stocks* de segurança noutros métodos de gestão de *stocks*.

Onde:

- *MOQ*: *Minimum order quantity*;
- *ADU*: *Average daily usage*;
- *LTF*: *Lead time variability factor*;
- *VF*: *Variability factor*.

A Figura 12 ilustra um exemplo que explica resumidamente como se calculam todas as zonas de *buffer*:

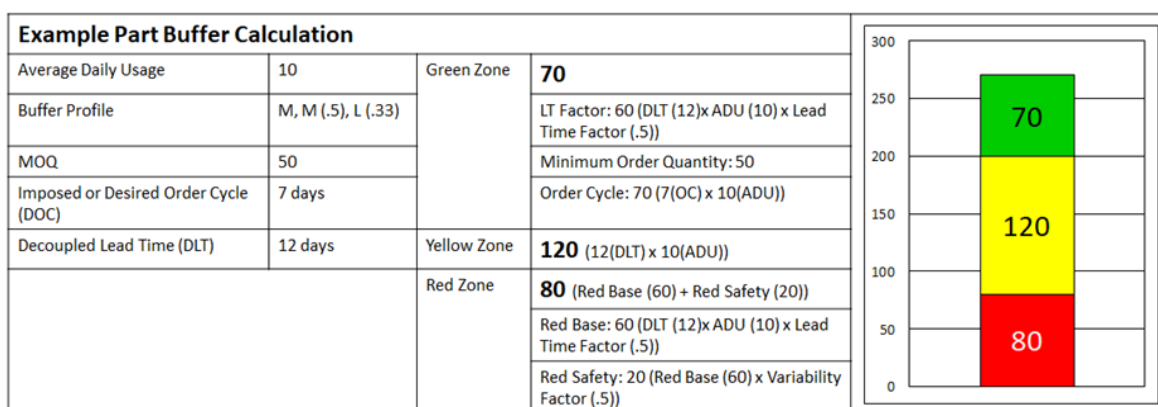


Figura 12. Exemplo de resumo de cálculo de *buffer* de produto (Retirado de Demand Driven Institute (2022))

Apesar de bastante prático e intuitivo, esta metodologia de cálculo tem algumas limitações, a primeira das quais, mais significativa, é que nenhuma das equações enunciadas anteriormente têm justificação académica. Outra limitação é o facto de a definição dos fatores de lead time e de variabilidade não ser feita de uma forma precisa e com suporte de cálculo matemático, tal como é feito para as zonas dos *buffers*. Assim sendo, a atribuição de valores a estes fatores é feita de modo empírico dependendo do meio industrial em que os produtos em causa se inserem. O dimensionamento dos *buffers* é muito afetado pela definição destes fatores e portanto é necessário perceber o comportamento dos produtos na sua produção e expedição para os inserir nas categorias corretas. No sentido de suportar esta atribuição, os autores da metodologia DDMRP

sugerem a utilização de intervalos de definição de fatores. A Tabela 2. **Sugestão do DDMRP para o fator de lead time (Adaptada de: Ptak & Smith (2016), p.78)** e Tabela 3 são o exemplo da atribuição de fatores de lead time e variabilidade a cada categoria:

Tabela 2. Sugestão do DDMRP para o fator de *lead time* (Adaptada de: Ptak & Smith (2016), p.78)

Categoria de <i>Lead Time</i>	Fator de <i>Lead Time</i>
LT Longo	[20; 40] %
LT Médio	[41; 60] %
LT Curto	[61; 100] %

Tabela 3. Sugestão do DDMRP para o fator de variabilidade (Adaptada de: Ptak & Smith (2016), p.78)

Categoria de Variabilidade	Fator de Variabilidade
Variabilidade Alta	[61; 100] %
Variabilidade Média	[41; 60] %
Variabilidade Baixa	[0, 40] %

Tendo em conta que o mundo industrial se encontra em constante mudança, as empresas são sujeitas a vários fatores externos que influenciam o funcionamento dos sistemas de produção, tais como a sazonalidade, descontinuidade de produção de certos produtos e produção de novos produtos, início de novos projetos, variação da procura etc. É crucial saber lidar com estes fatores e conseguir adaptar as cadeias de abastecimento à volatilidade das necessidades dos clientes, de forma a entregar o melhor atendimento possível. Para que esta adaptação seja mais fácil e mais dinâmica nesta metodologia, existem os chamados ajustes dinâmicos que serão detalhados no subcapítulo seguinte.

2.4.3.3. Ajustes Dinâmicos

Sabendo agora que o dimensionamento de *buffers* depende das características individuais de cada produto e do seu perfil, são a estas variáveis que têm de ser aplicados os ajustamentos dinâmicos, que resultarão nos ajustes dos *buffers* e consequente adaptação às condições externas. As variáveis mais críticas são sem dúvida o ADU e o *lead time* pois afetam os níveis das três zonas diferentes dos *buffers*. O ADU em particular, é a variável mais dinâmica, sendo frequentemente recalculada.

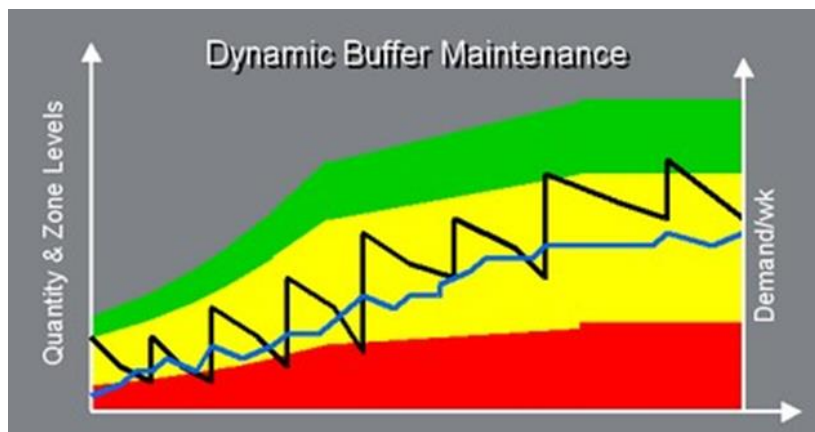


Figura 13. Ajustamento dinâmico de *buffers* (Retirado de Beyond MRP (2022))

Na Figura 13 encontram-se representadas as variações de tamanho de *buffer* e *stock* disponíveis ao longo do tempo. Existem vários tipos de ajustes sendo que os mais importantes são:

- **Ajustes recalculados:** ajustes automatizados para níveis de *buffer* com base em alterações nas características das peças individuais ou ajustes de perfil de *buffer* (Ptak & Smith, 2016).
- **Ajustes planeados:** baseados em em certas informações estratégicas, históricas e de fatores negociais. Estes ajustes planeados são manipulações das equações de *buffer* que afetam as posições de *stock* aumentando ou diminuindo os níveis de *buffer* e as suas zonas correspondentes em determinados momentos (Ptak & Smith, 2016).

Tendo estes três primeiros passos bem estruturados, o sistema DDMRP fica modelado. Os dois passos seguintes são referentes a operações de monitorização.

2.4.3.4. Planeamento Orientado pela Procura

Como já foi constatado anteriormente, a metodologia DDMRP visa criar ordens de produção e encomendas de fornecimento com base na melhor aproximação à procura real possível, em tempo e quantidade, determinando as prioridades tendo em conta os níveis de *stock* dos *buffers* e o tipo de produto ou componente a encomendar/produzir. Os *buffers* são essenciais nestas tarefas uma vez que permitem ter visibilidade sobre os *stocks* disponíveis, fazendo com que a informação utilizada para as tomadas de decisão seja mais fundamentada. Segundo Ptak & Smith (2016), numa perspetiva de planeamento, os materiais certos não estarão disponíveis sem as informações corretas.

Na maior parte dos sistemas de planeamento convencionais, principiam os seus processos com base em previsões de procura, ou seja com base em informação que à partida não vai corresponder na totalidade à realidade, o que leva à utilização de recursos, capacidade, tempo e espaço para obter materiais que provavelmente serão irrelevantes para a procura em causa dos clientes. O sinal de procura mais relevante é um pedido de compra. É a reflexão de um desejo conhecido e declarado de um cliente conhecido para comprar (Ptak & Smith, 2016).

2.4.3.4.1. Equação de Fluxo Líquido

A equação do fluxo líquido fornece a geração da ordem de fornecimento de sinal de recomendação (tempo e quantidade) para reabastecimento de *buffer*. É um aspecto chave e único do DDMRP e deve ser realizado diariamente em todas as posições desacopladas (Ptak & Smith, 2016).

A equação é a seguinte:

Equação de Fluxo Líquido = Quantidade de Stock Disponível + Quantidade de Material a Receber – Quantidade para Responder a Procura Relevante

(6)

Esta equação deve ser aplicada aos pontos estratégicos de desacoplamento para gerir de melhor forma o planeamento da produção, sugerindo ordens para a produção e realização de encomendas, em quantidade e tempo.

Com isto é pertinente também analisar e qualificar os picos de procura de modo a conseguir adaptar a produção e conseguir satisfazer as necessidades da melhor forma possível. No DDMRP, um pico de procura é uma quantidade qualificada de procura diária cumulativa conhecida dentro de uma janela de tempo qualificada que ameaça a integridade do *buffer* (Ptak & Smith, 2016). Para este efeito é necessário qualificar duas condições principais:

- **Pico de Ordem Limite:** é um nível que qualifica um pico de procura em um determinado meio ambiente. Os pedidos de compra para o mesmo número de peças para cada dia são totalizados e comparados com este limite. Se a soma for maior que o limite, então o valor total (não apenas o valor acima do limite) é incorporado na equação de fluxo disponível como um pico qualificado (Ptak & Smith, 2016).
- **Horizonte de Pico de Encomenda:** Este horizonte é uma janela temporal dentro da qual a procura diária acumulada se pode qualificar como um pico se o valor diário acumulado está acima do pico de ordem limite. Se a procura diária acumulada se situar fora dessa janela (mais distante no futuro), então esse valor diário cumulativo não será qualificado na equação do fluxo líquido (Ptak & Smith, 2016).

A zona vermelha, como foi enunciado anteriormente, serve como zona de segurança do *buffer*, o DDMRP assume que o pico de procura deve ser comparado com o impacto que este terá na zona de segurança do *buffer*, avaliando a sua grandeza. Os autores definiram, conservativamente e sem prova matemática, que o limite de consumo diário deve ser 50% da zona vermelha, o que leva a que existam muitos picos tendo em conta outras alternativas de limites para o consumo diário. Esta constitui mais uma razão de esta metodologia ser alvo de estudo académico. No que toca ao horizonte temporal, o DDMRP tem como métrica definir um intervalo de tempo de pelo menos um DLT para que o *buffer* tenha tempo suficiente para compensar os picos de consumo.

Conciliando toda esta informação, o planeamento com base no DDMRP advém dos valores gerados pela equação de fluxo líquido, valores estes que se posicionam nos respetivos *buffers* e é feita uma avaliação se é necessário produzir ou encomendar um determinado componente ou produto, atribuindo uma prioridade em percentagem a essa ordem perante todos os outros produtos protegidos por *buffers*. Esta percentagem resulta da razão entre o valor da equação e o valor da fronteira superior da zona verde. Quanto menor for a percentagem resultante, mais urgente será a ordem de produção/encomenda, ou seja, maior a prioridade. As decisões de produção/encomenda são tomadas sempre que o valor da equação se situa abaixo do nível superior da zona amarela que é a zona de cobertura da procura. A quantidade a produzir/encomendar resulta da diferença entre o valor da fronteira superior da zona verde e o valor da equação, tendo uma previsão de chegada igual ao lead time de fornecimento ou ao lead time de produção (*Decoupled Lead Time – DLT*).

Todos estes fatores contribuem para a visibilidade dos níveis de *stock* e para o aumento das tomadas de decisão fundamentadas, visando uma gestão do planeamento focada nas prioridades para a produção e nas necessidades do cliente, sendo essencial em ambientes em que a procura se revela muito variável e onde as restrições a nível de capacidade produtiva e espaço de armazenamento são frequentes.

2.4.3.5. Execução com Visibilidade e Colaboração

Tendo já estabelecido a recomendação de ordens de produção e de pedidos de encomenda que ficam em aberto, é necessário pôr em prática estas tarefas e passar à fase de execução do DDMRP. No DDMRP, a “execução” é a gestão de pedidos de fornecimento em aberto contra critérios relevantes. Esses critérios são definidos em duas categorias básicas necessárias para proteger e promover o fluxo: estado do *buffer* e sincronização (Ptak & Smith, 2016). Para este efeito o DDMRP recorre a alertas que se relacionam com a dependência dos pontos estratégicos onde foram inseridos os *buffers* no 1º passo de implementação da metodologia.

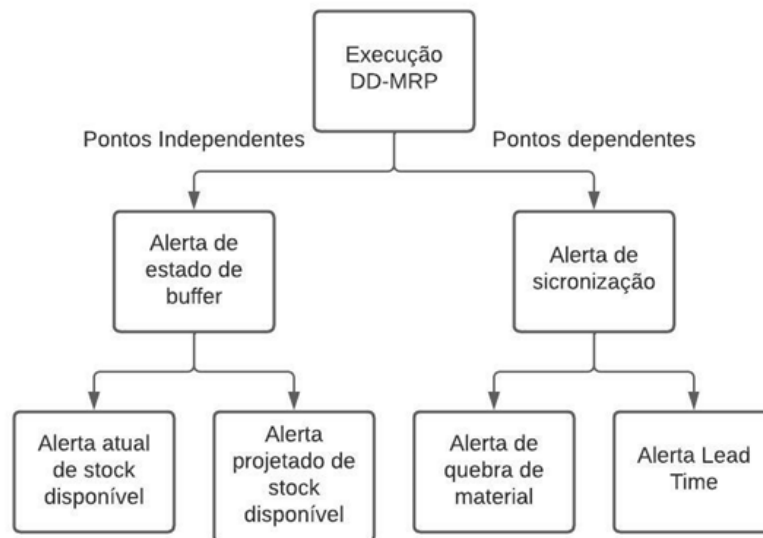


Figura 14. Alertas de execução no DDMRP (Adaptada de: Ptak & Smith (2016), p.257)

Os alertas de estado de *buffer* são projetados para mostrar o estado atual e projetado das posições dos pontos de desacoplamento (pontos independentes) em todo o modelo DDMRP operacional. Estes alertas usam a posição atual e projetada “*on-hand*” em vez da posição do fluxo líquido. Este alerta diz-nos se o nível do *buffer* é capaz de cumprir o seu propósito – manter o desacoplamento (Ptak & Smith, 2016). Por outro lado, os alertas de sincronização preocupam-se com as dependências presentes no sistema. Enquanto os *buffers* mitigam a transferência de variabilidade ao longo da cadeia, a sincronização é importante no DDMRP entre os pontos de desacoplamento e particularmente entre um ponto de desacoplamento e o cliente. Quanto melhor a visibilidade para sincronização de problemas, menos variabilidade é transferida para e entre *buffers* e para o cliente (Ptak & Smith, 2016).

2.4.4. Considerações Finais

O DDMRP é uma metodologia que surgiu recentemente para fazer face às condições atuais do meio industrial. Os resultados demonstrados pelos sistemas implementados com base no DDMRP têm sido bastante promissores em termos de encurtamento de tempos de resposta, diminuição dos níveis de *stock* e aumento do nível de

serviço. Por outro lado, apesar do seu sucesso na vertente prática, a nível académico é uma metodologia pouco explorada pelo que esta dissertação tem também como objetivo contribuir para o crescimento nesta vertente. Este capítulo teve como objetivo fazer uma abordagem geral à teoria atual que suporta a metodologia DDMRP.

Com isto, podemos concluir que o DDMRP se trata de uma ferramenta com influências de diversas ideologias diferentes, tentando retirar os pontos fortes e excluir os pontos fracos de cada uma. Tem como alicerces principais os princípios do MRP, nomeadamente o uso de lista de materiais (BOM) para perceber as dependências de componentes e produtos e calcular as necessidades de materiais, e também o estabelecimento de prazos para as ordens de produção e fornecimento. Do *Lean*, TOC e *Six Sigma* retira essencialmente a preocupação com os desperdícios, produtos-chave e a variabilidade presente no sistema. A conjugação destas ideologias está longe de ser uma tarefa fácil, visto estarmos a falar de teorias que situam em pontos opostos do espectro *push/pull*, por exemplo o *Lean (Pull)* e o *MRP (Push)*. O DDMRP pode então ser considerado um método híbrido que consegue usar várias abordagens para obter vantagens competitivas.

No que toca aos processos de decisão, devido ao DDMRP ser uma metodologia ainda com pouco aprofundamento académico, estes são muitas vezes definidos com pouca clareza e baseiam-se em sugestões dos autores que se revelam conservativas. Esta situação verifica-se quando falamos dos critérios de posicionamento estratégico de inventário, fatores de lead time e fatores de variabilidade, deste modo o DDMRP exige um bom conhecimento dos produtos e do seu comportamento a nível de fornecimento, procura e fabrico. Esta necessidade de sensibilidade e experiência dentro do sistema produtivo constitui a principal limitação ao desempenho da metodologia DDMRP.

3. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA DO ESTUDO DE CASO

O objetivo deste capítulo é caracterizar o panorama atual da Nutriva, com foco sobre o sistema de planeamento e controlo da produção e também todo o fluxo de informação e materiais dentro da empresa. Nesta linha de raciocínio são explicados todos os processos que envolvem a cadeia de valor da empresa, e são identificados os problemas que se fazem sentir atualmente.

3.1. Nutriva - Visão Geral

A Nutriva é uma empresa 100% portuguesa inserida no setor da indústria alimentar, que desenvolve, produz e comercializa produtos alimentares diversos apresentando um catálogo muito variado, desde a Padaria até às Refeições Prontas. Tem como missão satisfazer as necessidades do mercado interno e externo, fornecendo produtos ao canal tradicional, padarias e “pontos-quentes”, da distribuição moderna, hipermercados e supermercados e do canal HORECA (Hotéis, Restaurantes e Cafés). A sua sede situa-se em Coimbra, e a unidade fabril em Vila Nova de Poiares. Os seus produtos podem subdividir-se em famílias, sendo elas a Padaria, as Sobremesas, a Pastelaria, os Salgados, a Croissanteria, os Gelados e as Refeições Prontas. O catálogo está em constante renovação para conseguir responder às necessidades emergentes dos mercados, sendo que vários produtos são introduzidos ou descontinuados.

3.2. Princípios Base de Funcionamento

3.2.1. Gestão de Informação Interna

A Nutriva atualmente utiliza o programa PHC para a gestão de *stocks*, gestão comercial, controlo financeiro, e gestão das receitas dos produtos. Com a utilização deste *software* é possível controlar todo o processo de geração e recebimento de encomendas e emitir documentação eletrónica como por exemplo guias de carga, guias de transporte e faturas. O histórico de vendas dos produtos e de compra de clientes também pode ser consultado neste *software*, bem como informações associadas a contratos com fornecedores. Os fluxos de informação ocorrem aquando da geração de encomendas, guias de transporte, guias de carga, faturas e outros documentos, e passam por vários departamentos internos da empresa, desde o departamento de logística até ao departamento de produção.

O planeamento da produção dos produtos, e encomenda das matérias primas e embalagens é também feito com recurso ao programa de gestão empresarial PHC e com apoio do *Microsoft Excel*. As encomendas à fábrica são feitas em folhas de cálculo *Excel* devido a problemas no PHC no que toca à atualização de *stocks*, e validades dos produtos. No mesmo campo de operações, quando se dá uma saída de produtos do armazém da fábrica, é realizado o picking dos lotes que é automaticamente inserido no sistema PHC, no entanto, quando é feita a transferência entre armazéns o documento de picking arrastado apresenta vários erros no que toca à numeração de lote e de armazém, portanto é necessário fazer um novo picking à entrada do novo armazém e voltar a inserir os dados no PHC criando um novo documento sem histórico. Este problema afeta a carga de trabalho exigida no departamento de logística pois é necessário corrigir manualmente o picking e a geração de dois pickings por vezes leva a ao cálculo errado de *stocks*, pois dá-se uma saída dupla do mesmo *stock*. Assim sendo não é possível fazer uma picagem de confirmação dos produtos que chegam ao armazém destino e avaliar a presença de erros na encomenda, produtos em falta ou produtos que não estavam na encomenda inicial.

Em suma o *software* PHC que a empresa utiliza apresenta várias fragilidades pelo que limita bastante a capacidade de gestão de *stocks* e planeamento da produção da

empresa, sendo necessário complementar as atividades com a utilização do *Excel*, neste sentido é necessário encontrar alternativas e soluções para contornar este obstáculo.

3.2.2. Planeamento e Controlo da Produção

O processo de planeamento da empresa pode ser dividido em duas fases, a preparação de encomendas e a gestão de prioridades, ambas recorrendo à utilização do PHC e de mapas de *Excel*.

A primeira fase é realizada no departamento de logística da sede da empresa, onde são recebidas grande parte das encomendas de clientes HORECA e uma parte das encomendas de clientes Grande Contas. Tendo em conta os *stocks* existentes nos armazéns da empresa, as encomendas à fábrica são geradas de modo a satisfazer as necessidades, para isso é feita uma atualização manual e periódica dos *stocks* uma vez que o programa PHC apresenta alguns erros no que toca à manutenção dos valores atualizados. A preparação de encomendas é feita de acordo com previsões referentes às semanas anteriores, normalmente 2 ou 3 semanas, e não existe nenhuma metodologia de previsão implementada de modo a calcular as necessidades automaticamente. Assim sendo não existe um processo de cálculo para determinar o número de unidades de cada produto a encomendar, este número é gerado manualmente tendo em conta as previsões, com base na experiência e sensibilidade da profissional de logística, o que leva à colocação de encomendas exageradas ou escassas e que não correspondem à procura vigente. As encomendas preparadas na sede correspondem maioritariamente a uma produção MTS para responder às necessidades HORECA, com produtos de catálogo que possuem uma procura relativamente constante ao longo do ano. Sendo que o número de unidades encomendadas é gerada manualmente, a probabilidade de erro é maior, e isto gera uma produção não alinhada com a procura, levando a variação abrupta de inventário nos armazéns, verificando-se a presença de um forte efeito chicote nos níveis de *stock* da Nutriva ao longo do tempo.

A segunda fase tem lugar no departamento de produção da unidade fabril, onde são recebidas as encomendas geradas na sede da empresa e as encomendas enviadas diretamente de clientes provenientes do segmento Grandes Contas e Exportação. Nesta

fase são tratadas as encomendas e é feita uma gestão de prioridades sobre qual é definida a sequência de encomendas a ser produzida no chão de fábrica, é gerado um plano de produção que abrange períodos de tempo de vários dias e que se traduz em ordens de fabrico para os vários departamentos de produção. Sempre que possível as ordens de fabrico podem englobar encomendas de clientes diferentes. As encomendas de Grandes Clientes constituem prioridade sobre as outras, visto que muitos destes clientes possuem penalizações severas sobre os atrasos nas datas de entrega dos produtos, e ocupam uma grande percentagem de compra nas contas da empresa. A alocação de trabalhadores aos postos de trabalho nos respectivos turnos é também feita nesta fase, variando segundo o tipo de produtos a fabricar. Dependendo da chegada de encomendas, o plano de produção pode ser atualizado e alterado tendo em conta a urgência e o cliente que enviou a encomenda. Estas atualizações acontecem com maior frequência do que o desejado devido à volatilidade da procura que se faz sentir no setor alimentar atualmente.

O planeamento da produção na empresa já é muito orientado pela procura real hoje em dia, no entanto os planos de produção estão sempre sujeitos a erros devido às encomendas não calculadas e à imprevisibilidade da chegada de encomendas por parte dos clientes, e portanto existem frequentemente algumas alterações pontuais no plano produtivo. A falta de matéria prima e capacidade na unidade fabril constituem limitações no que toca ao cumprimento das encomendas dentro dos prazos estipulados, assim sendo, a tomada de decisão aquando da preparação do plano de produção implica quebras de produção em certas estações para libertar capacidade em outras de modo a cumprir com os prazos exigidos pelas encomendas urgentes. Esta situação gera instabilidade no shop floor da unidade fabril e muitas vezes leva a atrasos ou até ao não cumprimento de certas encomendas para atender a outras que são prioritárias.

As quantidades de cada produto que são enviadas na sede da empresa para a fábrica são determinadas com base em diversos fatores, principiando pela previsão de venda, que é calculada tendo em conta o *stock* livre em armazém, produtos em planeamento, ou seja que estão em produção no momento da preparação da encomenda, encomenda dos clientes e vendas periódicas, normalmente relativas a 2 ou 3 semanas anteriores. Este “*Stock Prev*”, designação dada pela empresa, constitui um valor de *stock* que basicamente nos diz qual o *stock* líquido disponível depois de retirado o *stock* relativo às encomendas dos clientes e o *stock* relativo às vendas correspondentes às semanas

passadas. O valor resultante é depois tido em consideração para analisar se há quantidade de produto suficiente para satisfazer as próximas 2 semanas de consumo. Este processo de geração de encomenda é muito suportado pela sensibilidade da profissional de gestão de *stocks* e logística, que devido à sua experiência, sabe quais os produtos têm maior probabilidade de saída no período de tempo em causa, e portanto as quantidades a encomendar são normalmente lançadas sem fundamento matemático.

Este processo de encomenda, devido a não ter suporte matemático nem uma metodologia de planeamento implementada, em adição a outros fatores, tende a gerar variações abruptas de *stock* no armazém, levando à acumulação ou escassez de *stock*. A elevada variabilidade dos produtos e da procura na empresa faz com que a o departamento de produção tenha dificuldade em planear a produção de maneira a conciliar as necessidades da empresa, que irão abastecer os pequenos negócios como supermercados, restaurantes pertencentes ao segmento HORECA e as encomendas de clientes externos pertencentes aos segmentos Grandes Contas e Exportação, tais como grandes hipermercados e retalhistas, que se revelam prioritários devido à elevada percentagem de compra que possuem e às elevadas penalizações sobre os atrasos nas entregas.

3.2.3. Cadeia de Valor

A coordenação interna dos departamentos da empresa determina o sucesso e a eficiência da realização do planeamento de produção, assim sendo as áreas de Compras, Inventário, Produção, Logística e Comercial devem estar alinhadas com o objetivo comum de gerar o maior valor possível com o mínimo de desperdício.

A capacidade de resposta ao cliente é determinada por todos estas áreas que definem a cadeia de valor da Nutriva, no entanto, os departamentos que mais influenciam este indicador são sem dúvida o departamento de Logística e o departamento de Produção, pelo que os erros que se propagam pela cadeia de produção interna, desde a criação de ordens de fabrico, passando pelo controlo de disponibilidade de *stocks* de produto final até à distribuição do mesmo ao cliente, são maioritariamente gerados nestes dois espaços.

3.2.3.1. Compras

A área de compras está inserida nos departamento de Produção e departamento de logística, aqui são tratadas as tarefas de procurement e sourcing da empresa, garantindo a disponibilidade de matérias primas dos produtos produzidos, desde farinhas até embalagens, de modo a manter o planeamento de produção estipulado.

As compras são maioritariamente realizadas com recurso a fornecedores nacionais, sendo que os *lead times* de fornecimento variam de fornecedor para fornecedor, assim como as quantidades económicas de encomenda. No que toca a matérias primas, estas podem ser obtidas via mais do que um fornecedor, mas atualmente a empresa apenas possui um fornecedor definido para cada matéria prima, o que pode constituir alguns riscos no que toca à disponibilidade de fornecimento das mesmas. De modo a reduzir o impacto destes riscos, são criados *stocks* de segurança para certas matérias primas, calculados empiricamente.

3.2.3.2. Inventário

O sistema de armazenamento da empresa é dividido em 4 locais principais, o armazém da sede em Eiras (Coimbra), armazém da unidade fabril em Vila Nova de Poiares, e 2 armazéns pertencentes a empresas que disponibilizam espaço de armazenamento à Nutriva, situados em Lisboa e Penela (Coimbra). Estes armazéns são maioritariamente utilizados para armazenar produto acabado, sendo que no armazém da fábrica existe naturalmente armazenamento de matérias primas.

A dimensão dos lotes produtivos é definida pelo departamento de produção, ainda que para vários produtos existam lotes mínimos definidos. Sendo a tarefa de planeamento realizada manualmente sem o uso de metodologias para o efeito, as quantidades geradas dependem muito daquilo que é a natureza da encomenda, da experiência do planeador e do erro humano, gerando quantidades que não são ótimas para o sistema. As matérias primas também possuem quantidades mínimas de encomenda e dependem do registo de compra em que se inserem, e dos seus fornecedores. Estas quantidades têm o intuito de reduzir os custos associados à unidade. Neste sentido, muitas vezes são produzidas ou recebidas quantidades superiores às necessidades estipuladas, o

que exige uma maior ocupação de espaço de armazenagem e investimento em custos de posse.

Visto que o setor alimentar envolve a manipulação de vários produtos com normas restritas a nível de rastreabilidade e qualidade, todas as matérias primas, produtos intermédios e produtos acabados estão associados a uma data de validade. Esta condição obriga a uma gestão cuidada no que toca à priorização de materiais armazenados, podendo alterar as ordens de produção e expedição nas tarefas de planeamento e logística. Apesar disso, o que se verifica é que a rotação de muitos materiais com elevados níveis de *stock* permite contornar essas restrições no que toca a datas de validade, mas o mesmo não se aplica para materiais com baixo nível de rotação, o que implica custos significativos. É de salientar que os produtos acabados apenas podem ser vendidos aos clientes quando apresentam uma proporção de 2/3 da validade total, e neste sentido é necessário haver rotabilidade dos produtos para que não ocorram desperdícios.

Para lidar com as variações de procura, o departamento de produção encarrega-se também das compras de matéria prima e embalagens, tentando sempre atender às necessidades que advém do planeamento da produção, que muitas vezes é feito apenas com uma antecedência de 1 a 2 semanas, causando instabilidade no chão de fábrica. Às variações de procura juntam-se as variações nos *lead times* de fornecimento das matérias primas, o que também constitui um problema uma vez que por vezes é difícil estes *lead times* responderem a tempo para obter os materiais requeridos pelas necessidades de produto estabelecidas nas ordens de produção mais urgentes.

Todos estes fatores geram uma elevada instabilidade nos níveis de *stock* e consequentemente nas tarefas de planeamento da produção, verificando-se a existência de excesso de *stock* em produtos com uma procura mais reduzida e escassez de *stock* em produtos com uma procura mais urgente.

3.2.3.3. Produção

A Nutriva produz aproximadamente 400 referências durante o ano, valor este que pode variar pois sendo uma empresa que se quer manter atualizada e atrair novos clientes, muitos produtos são descontinuados e outros são lançados, de modo a atualizar o catálogo e satisfazer da melhor forma as necessidades voláteis dos clientes. Os produtos

produzidos pela empresa dividem-se em famílias e esta divisão traduz-se na unidade fabril que se apresenta dividida em vários departamentos de produção em que a cada departamento é atribuída uma ou várias famílias de produtos:

- Padaria, Pastelaria, Croissanteria;
- Sobremesas;
- Salgados;
- Gelados;
- Refeições Prontas.

Assim sendo a produção é agregada pelo tipo de produtos o que é bom para a redução de deslocação e cruzamento de matérias primas e produtos intermédios, sendo que a produção dos diversos produtos diverge bastante entre si em termos de condições do ambiente de trabalho (temperatura, humidade, limpeza). A Nutriva caracteriza-se então por ter um tipo de implantação de produção *Job-Shop*.

Sendo a Nutriva uma empresa no setor alimentar, a sua unidade fabril requer que muitos dos seus produtos tenham operações que só podem ser efetuadas com recurso a mão de obra especializada (trabalho manual) especialmente no departamento de pastelaria e padaria, sem recurso a processos de produção automatizados. Grande parte dos processos envolvem muitos processos específicos e pormenorizados, ou seja, é necessária a presença de pasteleiros experientes nos vários departamentos, em particular nas operações que exigem maior rigor como o tratamento e processamento da massa, barramento de cremes, decoração de bolos etc. O trabalho nos departamentos pode ser individual ou compartilhado, dependendo do produto a produzir.

Depois de uma análise aos departamentos de produção foi possível verificar que o fluxo de materiais depende das entradas no sistema devido às encomendas e portanto pode ser caracterizado como variável ao longo do ano, apresentando picos de produção especialmente em alturas em que entram os produtos sazonais. Em relação à quantidade produzida de cada produto, devido à elevada variabilidade dos mesmos, apresentam uma forte diferença entre volume de produção, dependendo dos clientes para que são produzidos. Geralmente clientes como grandes hipermercados determinam a produção de um certo número de produtos que toma valores muito elevados comparativamente a

clientes de menor dimensão. Nesta linha de raciocínio os produtos de marcas próprias específicos para cada cliente apresentam produções muito elevadas.

A procura na Nutriva pode dividir-se em duas grandes vertentes:

- 1) Necessidades Nutriva, que corresponde aos produtos maioritariamente de catálogo que são produzidos para *stock*, pois as encomendas chegam com uma antecedência muito reduzida no que toca ao intervalo entre o pedido e a recolha, e usados para abastecer a procura de pequenos estabelecimentos como restaurantes, padarias, pastelarias. Esta procura, segundo os profissionais comerciais da empresa, representavam cerca de 40% da procura em 2019, valor esse que tem vindo a decrescer até hoje, apresentando em 2022 um valor de 15% de percentagem de procura.
- 2) Clientes Externos, que ocupa a restante fatia da procura da empresa, 75%, é uma procura feita segundo encomendas e que pode subdividir-se em 2 campos que repartem irmanamente a percentagem de procura:
 - A. Marcas próprias, ou seja, grandes hipermercados que têm produtos específicos no seu portfólio de compras, e que a empresa produz exclusivamente para eles. São produtos cujo embalamento não possui a marca Nutriva mas sim marcas respetivas à cadeia de hipermercados. As encomendas relativas a estas entidades chegam diretamente à fábrica, geralmente, com um período de antecedência de 10 dias.
 - B. Contentores, ou seja, clientes externos fora da Europa, em que é utilizado maioritariamente o transporte marítimo. Neste caso os produtos encomendados pertencem à gama Nutriva e portanto, estes clientes não possuem produtos específicos. As encomendas destes clientes chegam com uma antecedência entre 15 a 20 dias.

No que toca às prioridades de produção tendo em conta as encomendas que chegam à Sede e à Fábrica, os clientes de Marcas Próprias, uma vez que possuem uma elevada percentagem de compra na empresa e apresentam muitas no que toca a prazos de

entrega, têm prioridade perante os restantes pedidos, e portanto o planeamento da produção gira muito em torno daquilo que são as encomendas destas entidades.

3.2.3.4. Logística e Vendas

A Nutriva está presente nos principais pontos comerciais do país, e tem clientes espalhados por todo o mundo, neste sentido é necessário diversificar e personalizar a oferta e portanto existem várias versões de um só produto que se distinguem pelo nome, pela embalagem ou até pelo idioma, de forma a integrarem-se melhor no seu mercado alvo.

Todos os dias chegam encomendas de clientes ao departamento comercial e estas são filtradas tendo em conta os produtos a entregar e as condições e prazos de entrega. É feita uma verificação dos níveis de *stock* no sistema PHC para avaliar se esta encomenda pode ser satisfeita rapidamente através de uma simples recolha de armazém ou é necessário encaminhar a encomenda para o departamento de produção na fábrica de modo a que esta se traduza em ordens de produção para obter o(s) produto(s) requeridos. Neste último departamento são também recebidas encomendas de grandes clientes, geralmente hipermercados e grandes superfícies, que colocam pedidos de elevadas quantidades de produto e com prazos de entrega apertados. Estes clientes apresentam penalizações no que toca a atrasos e inconformidades no produto a nível de qualidade, aparência, peso etc, e portanto quando uma encomenda desta natureza chega ao departamento de produção, constitui naturalmente prioridade nas tarefas de planeamento e consequentes ordens de produção.

As encomendas de grandes clientes são normalmente colocadas com uma margem de antecedência de 10 a 20 dias e é a partir desta margem que muitas vezes é feito o planeamento de produção das restantes encomendas, ou seja, encomendas de outros clientes, com menos peso no volume de vendas da empresa, são postas de parte de modo a haver capacidade disponível para satisfazer as encomendas de grandes clientes. Esta margem torna-se curta quando existe uma grande afluência de pedidos e a fábrica não tem capacidade para produzir todas as encomendas colocadas, e portanto torna-se difícil trabalhar numa estratégia de MTO.

A Nutriva também adota uma estratégia MTS para produtos de catálogo que normalmente apresentam encomendas com uma antecedência de 24h. Estas encomendas

apresentam um cariz menos urgente na medida em que os clientes que as colocam são pequenos estabelecimentos como restaurantes, bares e minimercados. Os produtos referentes a estas encomendas pertencem ao catálogo Nutriva e é necessário manter estes produtos em *stock* para satisfazer as necessidades dentro do prazo estabelecido, para isso o departamento de logística a cada 15 dias envia um ficheiro *Excel* onde apresenta quais os produtos em rutura nos armazéns. Este ficheiro é recebido e juntamente com as encomendas de grandes clientes é elaborado o plano de produção para os próximos dias.

A distribuição é organizada a partir da sede, mais especificamente, a partir do departamento de logística. Anteriormente a distribuição era feita da empresa diretamente para os clientes com recurso à frota própria, mas no corrente ano a empresa decidiu transferir as tarefas de entrega direta ao cliente para operadores logísticos nos centros de distribuição espalhados pelo país, apenas na região de Coimbra as entregas a clientes ainda são feitas com recurso aos transportes da empresa. Diariamente são realizadas entregas e recolhas nos armazéns da empresa, estes movimentos são ditados pelas encomendas recebidas e portanto a instabilidade presente na variação dos níveis de *stock* é sentida na distribuição na medida em que gera muitas vezes incumprimento no prazo estipulado para a entrega ao cliente, devido a ruturas de *stock*. Com efeito, os custos de transporte aumentam consideravelmente, devido à urgência das entregas.

3.3. Caracterização da Situação Atual

Analisando as atividades que acontecem nos diferentes departamentos da empresa, é possível compreender qual a lógica de relação causa-efeito presente na relação entre os processos que decorrem no dia a dia da empresa. Com esta análise é possível identificar os efeitos indesejados que formam os maiores problemas que ocorrem na situação atual.

Os problemas verificados na empresa são consequência da mudança do panorama industrial, com o aumento da volatilidade e variabilidade da procura cresce a dificuldade em conseguir fazer o alinhamento da produção com aquilo que são as necessidades dos clientes. Estes problemas passam essencialmente pelas frequentes ruturas de *stock* e desperdícios de produto acabado, trabalho sobre altos níveis de pressão e atrasos

nas entregas a clientes, e uma grande instabilidade no planeamento da produção que é feito a curto prazo. Tudo isto leva a um aumento exagerado dos custos, sejam eles de transporte, posse de produto acabado e multas de atraso das encomendas.

É de sublinhar o facto de não existir uma metodologia implementada no campo do planeamento da produção para permitir o suporte tanto das decisões do departamento de logística aquando da geração do mapa de encomendas à fábrica como das decisões do departamento de produção aquando da criação do plano produtivo que irá ditar as ordens de fabrico nos dias seguintes. Deste modo, as decisões críticas no que toca a este tema regem-se pela experiência e sensibilidade de certos trabalhadores que tentam sempre ir ao encontro do que pensam ser melhor para os objetivos da empresa.

Tendo em conta esta situação atual, os trabalhadores envolvidos no planeamento e controlo da produção centram grande parte dos seus esforços a tentar alinhar a produção com a procura e a tentar resolver os problemas enunciados anteriormente para os quais não conseguem criar soluções que permitam mitigar ou extinguir os efeitos indesejados que se fazem sentir na empresa.

Para combater estes problemas, atualmente a empresa encontra-se em processo de implementação de uma metodologia MRP na tentativa de controlar a instabilidade no planeamento e no chão de fábrica. Está também a decorrer uma atualização e melhoria do sistema informático para eliminar os erros presentes nos níveis de *stock* e documentação gerada no transporte de mercadorias, de modo a criar fontes de informação viáveis, visto que é uma falha verificada nos vários departamentos da organização.

3.3.1. O Problema

Devido à crescente compra de bens alimentares nos últimos tempos, a empresa em questão tem denotado um elevado crescimento e o seu processo de planeamento muitas vezes não tem capacidade para acompanhar e lidar com a variabilidade da procura, que surge frequentemente em vagas de encomendas colocadas com prazos apertados. O planeamento é assente de grosso modo em dois trabalhadores na área da logística e da produção, que devido à sua experiência no ramo conseguem gerir os *stocks* e as necessidades de produção com base na sensibilidade e em previsões pouco precisas daquilo

que é necessário produzir ou encomendar. Com o crescente volume de encomendas por parte de vários clientes, este método de trabalho torna-se moroso, ineficiente e muito difícil de realizar por qualquer outro trabalhador que não possua a experiência requerida. Não havendo uma metodologia de planeamento implementada, a instabilidade nesta área é constante.

Esta instabilidade no planeamento deve-se em grande parte devido a um grande volume de encomendas por vezes de última hora, provenientes de grandes clientes que ocupam uma posição elevada no portfólio de compras da empresa. Estas encomendas ganham prioridade sobre as restantes, e portanto o planeamento realizado até então tem de ser reformulado de modo a satisfazer estas encomendas, o que leva a um decréscimo na capacidade de organização e sequenciação da produção. Neste sentido o planeamento da produção denota várias deficiências, desde o início da preparação da encomenda, até à produção e expedição da mesma. Tendo em conta estas observações e devido à grande afluência de encomendas que chegam à sede e à fábrica, o planeamento é realizado a curto-prazo com base na chegada de encomendas e atribuição de prioridades, e gerido com base na experiência dos trabalhadores, não atendendo a decisões fundamentadas provenientes de métodos de planeamento. Este problema é ilustrado por um diagrama de Ishikawa que se encontra no APÊNDICE A – O Problema.

3.4. Oportunidades de Melhoria

A empresa Nutriva é hoje em dia maioritariamente orientada pela procura real, visto que os seus planos produtivos se baseiam nas encomendas de clientes. Desta forma a empresa possui duas vertentes de produtos no que toca ao seu planeamento: os produtos de catálogo que seguem uma política MTS e os produtos específicos que seguem uma política MTO, sendo que esta última vertente é a que tem maior peso no volume de vendas da empresa.

O planeamento da produção é então feito em torno das encomendas de certos clientes, normalmente clientes com grande percentagem no volume de compras da empresa e que possuem muitas severas no que toca a atrasos nos prazos de entrega. O plano de produção é construído manualmente no departamento de produção da unidade fabril,

recorrendo aos mapas de *Excel* referentes às encomendas feitas na sede e a bases de dados presentes no sistema PHC que indicam os trabalhadores disponíveis para cada turno e as matérias primas existentes na fábrica. A falta de uma metodologia de planeamento torna as tarefas desta área muito difíceis de organizar e realizar. A falta de qualidade na definição de prioridades que evidenciem o que deve ser realizado primeiro e a necessidade de reposição de materiais para a gestão de *stocks* afeta severamente o tempo de resposta e a geração de desperdícios. Neste sentido é necessária uma solução que permita uma redução no tempo de resposta e que permita uma melhor organização do planeamento para mitigar a instabilidade e pressão nos trabalhadores da unidade fabril. Basicamente, as equipas de logística e planeamento pretendem ter mais visibilidade perante a cadeia de valor para poderem planear, sincronizar e gerir a disponibilidade de todos os materiais de forma eficaz. O projeto de implementação da metodologia MRP surge para este efeito e o recente acompanhamento do mesmo por parte da equipa de planeamento permite que a empresa se adapte gradualmente às práticas e conceitos que advém destes processos, constituindo um importante primeiro passo rumo à construção de um sistema de planeamento e controlo da produção eficaz.

Esta dissertação visa explorar o potencial teórico e prático da ferramenta DDMRP num ambiente amostral algo semelhante à realidade do departamento de padaria da empresa, ilustrando a sua relevância perante as dificuldades verificadas na área do planeamento. É de salientar que a implementação total do DD MRP na empresa não é o foco desta investigação, mas sim a ligação entre aquilo que são as vantagens desta metodologia e os problemas sentidos no ambiente industrial em causa, para que num futuro próximo esta nova e emergente metodologia possa ser uma solução a considerar.

Em suma, depois da receção e abordagem teórica da ferramenta DDMRP é pertinente perceber qual o tipo de preparação necessária para a sua implementação bem como ter em conta quais os principais impactos positivos em alguns KPIs, tais como o tempo de resposta. O capítulo seguinte propõe-se ao desenvolvimento de um modelo de planeamento, posteriormente sujeito a uma simulação, que pretende fornecer uma vertente prática para preparar a implementação do DDMRP e analisa um ambiente baseado na produção do departamento de padaria, visando a redução do tempo de resposta, criação de alertas de níveis de *stock* disponíveis e prioridades de produção/encomenda.

4. MODELO DE PLANEAMENTO DDMRP

Neste capítulo é analisada a aplicabilidade da ferramenta DDMRP numa realidade amostral semelhante à realidade da Nutriva. Para este estudo o foco será num dos departamentos da empresa, o departamento de padaria, de onde foram recolhidos dados de alguns produtos, considerados os produtos chave do departamento, que são responsáveis pela maior fatia de vendas do mesmo. Como já foi dito anteriormente, um dos objetivos é fazer uma análise geral do panorama atual da empresa e identificar melhorias a desenvolver e implementar para combater a instabilidade no planeamento, e todos os demais problemas sentidos na empresa. Para isso foi estudada a possibilidade de implementação de uma metodologia DDMRP neste departamento para os produtos escolhidos, permitindo uma maior visibilidade sobre os níveis de *stock* em tempo real e um apoio aos planeadores de produção para a tomada de decisões fundamentadas. Espera-se que com este método seja possível dar informação fidedigna sobre quais as necessidades de *stock* existentes num espaço temporal definido e quando é que o produto deve estar disponível para responder da melhor forma à procura dos clientes.

De modo a concretizar este objetivo foi utilizada a ferramenta *Microsoft Excel* para computadorizar um microssistema de simulação e comparar dois cenários distintos, o ambiente real e o ambiente DDMRP, cujo desenvolvimento será descrito ao longo deste capítulo e por fim serão analisados os resultados provenientes da simulação efetuada no modelo de planeamento criado.

4.1. Informação e Dados

Como já foi mencionado anteriormente, o primeiro passo na implementação da metodologia DDMRP é o posicionamento estratégico de inventário, sendo também o passo mais importante neste processo. Este passo constitui uma decisão de cariz estratégico na medida em que irá afetar o desempenho do funcionamento do DDMRP e da cadeia de

valor e envolve a escolha dos pontos nos quais serão inseridos *buffers* de proteção para promover o fluxo de materiais e informação. Os autores da teoria DDMRP sugerem a consideração de vários fatores para ajudar a posicionar estes *buffers* de modo a construir uma base de funcionamento eficaz para que esta metodologia funcione da melhor maneira possível. Nesta linha de raciocínio é necessário identificar quais os dados adequados para fundamentar esta tomada de decisão.

4.1.1. Análise ABC

Visto que a empresa produz uma elevada quantidade de produtos em qualquer departamento foi necessário perceber qual seria o mais apropriado para esta investigação. Depois de uma análise aos processos de produção, organização do espaço e complexidade de manufatura foi decidido em conjunto com a equipa de planeamento e direção de operações que o departamento de padaria seria o mais indicado para este projeto. Assim sendo foram utilizados os dados do histórico de vendas dos produtos de padaria no ano de 2021 como base de informação. Para fazer uma avaliação e filtragem aos dados recolhidos foi feita uma análise ABC, onde foram considerados os produtos de padaria ativos neste momento. Com isto foi possível ver quais são os produtos que mais contribuem para as vendas da empresa neste departamento, em termos de quantidade, e a partir deste grupo construir o modelo para testar a implementação da metodologia DDMRP. A categorização dos produtos em três classes diferentes ajuda a perceber a diferença no comportamento entre referências tendo em conta o seu consumo e encontra-se ilustrada na Tabela 4:

Tabela 4. Resultados da análise ABC

Classificação	Total de Referências	% Referências	Corte
A	29	22%	80%
B	35	27%	95%
C	66	51%	100%
Total	130	100%	

Observando a tabela anterior é possível concluir que 80% da quantidade de produtos de padaria vendida é representada por 22% do total das referências no período de análise. É de salientar também a fatia da classe C que apresenta uma porção bastante elevada, aproximadamente metade das referências de padaria, e que constituem os produtos vendidos em menores quantidades e com consumos mais irregulares.

Para o modelo foram escolhidos os produtos acabados que constituem o top 10 da classe A, ou seja os 10 primeiros produtos da lista referente aos produtos com a maior quantidade vendida no ano de 2021. Este grupo constitui aproximadamente 50% da quantidade total de produtos de padaria vendida ao longo do ano em análise. Assim sendo, tendo em conta as matérias primas e embalagens respetivas a estes produtos, o modelo de simulação é constituído por 39 referências no total, das quais:

- 10 referências são produtos acabados;
- 14 referências são matérias primas;
- 15 referências são embalagens.

4.1.2. Informação Necessária para o DD MRP

Conforme foi referido anteriormente, o posicionamento estratégico de inventário é o passo mais importante no processo de implementação do sistema DDMRP. Para fundamentar esta decisão estratégica é necessário ter em consideração várias informações para que este posicionamento funcione como uma base sólida para o funcionamento do sistema. Para dar seguimento a este processo foi feita uma análise aos produtos acabados selecionados e às matérias primas e embalagens derivadas desses mesmos produtos, de modo a escolher os pontos de desacoplamento. Esta análise teve como base as sugestões dos autores da teoria do DDMRP, que se traduzem em vários fatores resumidos na tabela abaixo:

Tabela 5. Resumo dos fatores a considerar no posicionamento estratégico de inventário

Fatores	Informações
Tempo de tolerância do cliente	Tempo de resposta exigido pelo cliente
Potencial de <i>Lead Time</i> do mercado	Impacto dos <i>lead times</i> no mercado
Horizonte temporal das encomendas	Visibilidade da procura
Variabilidade externa	Informação de fornecedores e clientes
Flexibilidade e aproveitamento do Inventário	BOM, <i>lead times</i> de fornecimento e produção
Proteção de referências críticas	BOM

A análise foi dividida em Produtos Acabados, Matérias Primas e Embalagens, avaliando o comportamento de cada referência tendo em conta os fatores anteriores e será abordada mais à frente neste capítulo.

Com a definição dos pontos estratégicos de desacoplamento é possível aplicar a metodologia DDMRP a esses pontos. Seguidamente é necessário identificar as variáveis a definir no modelo de simulação, sendo que os dados necessários para a construção e dimensionamento do mesmo foram retirados do *software* PHC da empresa e também da experiência dos trabalhadores dos departamentos de produção e logística. Tendo em conta a abordagem teórica realizada no capítulo 3, as variáveis principais a quantificar num sistema DDMRP bem como as informações utilizadas para tal são as seguintes:

Tabela 6. Principais variáveis a quantificar num sistema DDMRP

Variáveis	Informações
ADU (<i>Average Daily Usage</i>)	Histórico de consumo (ano de 2021)
DLT (<i>Decoupled Lead Time</i>)	<i>Lead times</i> de produção e fornecimento
MOQ (<i>Minimum Order Quantity</i>)	Quantidades mínimas (Enc/Produção)
DOC (<i>Desired Order Cycle</i>)	Tempo de resposta desejado pelo cliente
Fator de <i>Lead Time</i>	<i>Lead times</i> de produção e fornecimento
Fator de Variabilidade	Informação de Fornecedores

4.2. Aplicação do DDMRP

O modelo de simulação assenta sobre os três primeiros passos da implementação total do DDMRP: posicionamento estratégico do inventário, perfis e níveis dos *buffers* e ajustes dinâmicos. O passo dos ajustes dinâmicos não foi simulado devido a uma grande limitação no que toca à disponibilidade de dados da empresa e portanto a simulação possui um cariz estático e não dinâmico como seria o ideal. Neste sentido o objetivo principal deste modelo de simulação é ilustrar como se dá a preparação para a implementação de um sistema DDMRP, verificar qual o impacto na redução do tempo de resposta aos clientes e analisar o comportamento dos níveis de *stock* num dado momento perante a presença de *buffers* de *stock* definidos, bem como de alertas de estado de *buffer* no passo da execução com visibilidade e colaboração.

4.2.1. Posicionamento Estratégico de Inventário

Este passo é tomado segundo os seis fatores enunciados no subcapítulo anterior e no enquadramento teórico do capítulo 2. A análise referida será detalhada neste capítulo.

A análise de posicionamento estratégico consiste no levantamento das matérias primas e embalagens comuns a vários produtos acabados para avaliar quais as referências críticas nos processos produtivos na empresa e também a avaliação do comportamento dos produtos acabados em termos de procura e produção. Para esta análise foram utilizadas as BOM de todos os produtos acabados selecionados e o histórico de vendas do ano de 2021. É de salientar nesta fase que foi discutido o posicionamento de *buffers* estratégicos em produtos intermédios, mas depois de reunir com o departamento de produção esta hipótese foi rejeitada devido ao facto de não ser possível armazenar produtos intermédios devido às condições em que este armazenamento tem de ser efetuado. Neste caso em específico, ou seja, no departamento de padaria, os produtos intermédios são essencialmente massas pré cozidas e leveduras que não podem ser armazenadas durante períodos não definidos devido à perda de características e propriedades que afetam a qualidade do produto final. Os

processos de produção na indústria alimentar em particular, são muito rigorosos em termos de *timings* e sequência de operações e portanto é muito difícil inserir *buffers* em estações de produção. Com isto, apenas foram posicionados *buffers* estratégicos em produtos acabados, matérias primas e embalagens.

4.2.1.1. Análise de Posicionamento Estratégico

Tal como foi enunciado anteriormente, esta análise dividiu-se em 3 grupos: Produtos Acabados, Matérias Primas e Embalagens. Principiando pelos PA foi feita uma abordagem para cada produto, a várias vertentes da procura e produção, tais como a dimensão e frequência de encomendas de clientes, segmento de clientes, número de clientes, consumo mensal e *lead times* de produção ou fornecimento. Em cada vertente e para cada produto foi atribuído um nível de risco numa escala de 1 a 3 tendo em conta os dados do comportamento do produto, e no final é feita uma avaliação geral de todas as vertentes, que consiste no cálculo da média de todos os níveis de risco atribuídos. É inserido um *buffer* estratégico nos produtos que possuem um risco total médio igual a 3, ou seja, apenas nos produtos que possuem um nível de risco elevado no que toca ao seu comportamento de procura e produção.

A Tabela 7 resume as vertentes analisadas e os dados utilizados para a atribuição de níveis de risco e conseqüente tomada de decisão de posicionamento de *buffers*:

Tabela 7. Resumo da informação utilizada na análise de posicionamento estratégico

Vertentes	Informações
Encomendas de clientes	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade média encomendada; - Número de encomendas realizadas ao longo do ano; - Variação entre a quantidade de encomendas.
Segmento de clientes	<ul style="list-style-type: none"> - Percentagem de produto encomendado por cada segmento de clientes (Grandes Contas, HORECA, Exportação e Revenda).

Número de clientes	- Número de clientes que encomendaram o produto no ano de 2021; - Quantidade média encomendada por cliente.
Consumo mensal	- Quantidade média encomendada por mês; - Desvio padrão entre as encomendas de cada mês.
<i>Lead Times</i>	- Tempos de produção e de fornecimento de cada produto.

No que toca a matérias primas e embalagens foram utilizadas as BOM dos produtos acabados para avaliar quais as referências comuns a vários produtos acabados e também foram calculadas as quantidades utilizadas para fabricar os produtos acabados selecionados no ano de 2021. De modo a ter em conta a variabilidade externa foi contabilizado o número de fornecedores de cada referência. Tendo em conta estes fatores foram atribuídos *buffers* de *stock* às várias referências selecionadas. O principal critério neste processo de atribuição foi o número de produtos acabados que utilizavam a referência em análise, ou seja, sempre que uma matéria prima ou embalagem é utilizada em mais do que um produto acabado é atribuído um *buffer* de *stock*. Foi também considerado incorporar o critério de viabilidade de cada fornecedor em termos de qualidade do produto e datas de entrega nesta análise, mas depois de reunir com o departamento de produção e discutir este critério, foi decidido que não era relevante nesta análise visto ser muito raro encontrar algum desvio nas entregas de matéria prima e embalagens. Os fornecedores na indústria alimentar têm de operar segundo normas muito rigorosas e portanto esta avaliação de viabilidade não acrescenta informação relevante ao posicionamento de *buffers* nestas referências.

Tabela 8. Resumo do número de referências protegidas por *buffers*

Referências	Existentes	Protegidas
Produtos Acabados	10	4
Matérias Primas	14	9
Embalagens	15	6
Total	39	19

A partir do APÊNDICE B – Análise de Posicionamento Estratégico de Produtos Acabados estão representadas as tabelas de análise de posicionamento estratégico de *buffers* no sistema, utilizadas para selecionar quais as referências que devem ser protegidas de modo a implementar a metodologia DDMRP.

4.2.2. Perfis e Níveis de *Buffers*

Sabendo onde devem ser posicionados os *buffers*, é necessário dimensionar os perfis dos mesmos de modo a adaptarem-se ao comportamento de cada produto e conseguirem absorver os efeitos prejudiciais da variabilidade. Para tal é necessário quantificar as variáveis específicas a cada referência utilizando as informações mencionadas no início do capítulo. Estas variáveis são: Utilização Média Diária (ADU), o *Lead Time* desacoplado (DLT), Quantidade Mínima de Encomenda (MOQ) e Ciclo de encomenda desejado (DOC).

A ADU foi obtida através do cálculo da média diária dos consumos totais do ano de 2021 de cada produto acabado. Para este cálculo foi utilizado o histórico de consumos de 2021, e apenas foram contabilizados o número de dias úteis do mesmo ano, 253 dias.

O DLT é uma variável que corresponde ao *lead time* dos pontos onde são inseridos os *buffers* de *stock*, e tem o valor do *lead time* de fornecimento no caso das matérias primas e embalagens e o valor do *lead time* de produção no caso dos produtos acabados.

Já a MOQ corresponde ao valor da quantidade mínima de encomenda para as matérias primas e embalagens e à quantidade mínima de produção para os produtos acabados. Estes valores são retirados diretamente dos dados mestre de produção e podem também ser obtidos através das informações de encomenda para cada referência.

O DOC é uma variável que entra apenas nas contas do dimensionamento da zona verde e é dada pelo tempo que decorre entre as ordens sucessivas de produção e encomenda. Para certos produtos esta variável tem o valor de 15 dias, pois é o período de tempo que separa as encomendas à fábrica realizadas no departamento de logística. Estas encomendas afetam naturalmente os planos produtivos e o respetivo planeamento da produção. Visto que a utilização da metodologia DDMRP visa alterar o planeamento efetuado atualmente, esta variável não apresenta conteúdo relevante para acrescentar ao sistema uma vez que iria impor um período de revisão de encomendas. Neste sentido esta variável irá assumir um valor nulo e não terá impacto no dimensionamento dos *buffers*.

Seguidamente é necessário classificar as variáveis que são específicas a cada referência, são elas a categoria de *lead time* e a categoria de variabilidade. A cada categoria é associado um fator que será utilizado para o dimensionamento dos *buffers*. Esta fase de atribuição de variáveis foi dividida em dois grupos, referências compradas (*purchased*) e referências fabricadas (*manufactured*) que basicamente separam as matérias primas e embalagens dos produtos acabados, respetivamente.

A categoria de *lead time* pode ser classificada como curta, média ou longa e a categoria de variabilidade como baixa, média ou alta conforme sugerido pelos autores da teoria DDMRP. A quantificação dos fatores de *lead time* e variabilidade é feita de acordo com intervalos de valores, sugeridos pela teoria DDMRP, e de seguida utilizando os valores médios dos intervalos ou fazendo a interpolação de valores para uma atribuição mais precisa. As tabelas abaixo representam as sugestões de intervalo de valores utilizadas para a quantificação de fatores, seja por inserção em categoria, no caso dos fatores de variabilidade ou por interpolação, no caso dos fatores de *lead time*.

Tabela 9. Fatores de *Lead Time* aplicados no modelo DDMRP

Categoria <i>Lead Time</i>	Intervalo (horas)	Ptak & Smith
<i>Purchased</i>		
Longo	96 - 72	[20;40] %
Médio	72 - 48	[41;60] %
Curto	48 - 0	[61;100] %
<i>Manufactured</i>		
Longo	28 - 20	[20;40] %
Médio	20 - 14	[41;60] %
Curto	14 - 8	[61;100] %

A categoria de variabilidade pode dividir-se em duas vertentes, variabilidade no fornecimento e variabilidade na procura, pelo que para os produtos acabados, depois de discussão com a equipa de planeamento, foi definida uma percentagem de importância de 70% para a vertente procura e 30% para a vertente fornecimento, visto que o risco de um produto acabado ser comprado é maior do que o risco de ele ser produzido, tendo em conta o número de clientes que compram o produto e a disponibilidade de referências na sua composição, respetivamente. Já nas matérias primas e embalagens foi definida uma percentagem de importância de 50% para a vertente procura e 50% para a vertente fornecimento, visto que neste caso o risco foi assumido como igual para ambas as partes.

É de salientar que cada organização pode estipular pesos diferentes a cada vertente, fornecendo maior importância a um dos tipos de variabilidade. Esta atribuição deve ser fundamentada e estudada com as equipas de planeamento e controlo da produção de modo a conseguir caracterizar da melhor forma possível o sistema produtivo e o comportamento dos produtos em questão.

Tabela 10. Fatores de Variabilidade aplicados no modelo DDMRP

Categoria de Variabilidade	Ptak & Smith	Fator de Variabilidade
Alta	[61;100] %	80%
Média	[41;60] %	50%
Baixa	[0;40] %	20%

Os critérios utilizados para definir as categorias de *lead time* e variabilidade são descritos em apêndice de modo a fornecer informação útil para a implementação de um modelo de planeamento DDMRP.

4.2.3. Ajustes Dinâmicos

Os ajustes dinâmicos são utilizados para regular as variáveis dos perfis de *buffer* de acordo com as alterações que se fazem sentir ao longo do tempo. Tratam-se essencialmente de fatores aplicados às variáveis ADU e DLT de modo a ajustar o modelo à realidade.

Para este modelo, a variável ADU foi calculada a partir do histórico de consumo do ano de 2021 e portanto já tem em conta a sazonalidade e variações no consumo de produtos acabados ao longo desse período de tempo e, conseqüentemente, no consumo de todos os componentes que os constituem. Neste sentido, não foram aplicados fatores de ajuste à ADU. Caso este modelo tivesse um cariz dinâmico seria pertinente aplicá-los.

Em relação ao DLT, como não se verificam alterações a nível de fornecedores e métodos de transporte ao longo do ano, esta variável também não será afetada por fatores de ajuste neste modelo.

A não utilização de ajustes dinâmicos deve-se também ao facto de este modelo de simulação ser um modelo que simula um planeamento estático e não dinâmico, e portanto não permite a visualização do comportamento dos níveis de *stock* ao longo do

tempo, bem como as alterações dos perfis de *buffer* segundo a aplicação dos fatores de ajuste.

4.3. Análise crítica do impacto do DDMRP

O modelo de planeamento fica definido com a implementação dos primeiros três passos do DDMRP. Os últimos dois passos não serão simulados devido à limitação na disponibilidade de dados para este efeito e também porque estes passos estão associados ao segmento da monitorização do sistema ao longo do tempo. Nesta dissertação apenas será efetuada uma simulação estática, num horizonte temporal correspondente a uma semana de trabalho, sendo que, os passos 4 e 5 não influenciam de uma maneira significativa esta análise.

Ao longo deste subcapítulo serão apresentados os resultados da simulação DDMRP face à situação atual da empresa, analisando o impacto desta metodologia de planeamento na visibilidade dos níveis de *stock* existentes e na redução do tempo de resposta ao cliente.

4.3.1. Simulação

Para perceber como funciona esta simulação é importante assumir alguns pressupostos:

- A simulação é constituída por dois cenários: cenário atual e cenário DDMRP;
- O horizonte temporal considerado é de uma semana, desde o dia 21 de junho até ao dia 28 de junho, do ano de 2022;
- O sistema trabalha 12 horas por dia e 7 dias por semana (a fábrica funciona também durante os fins de semana);
- Os recursos humanos não são relevantes, pelo que é assumido que há sempre disponibilidade de mão de obra para a produção;
- Foi considerada capacidade de armazenagem infinita;

- Os desperdícios e possíveis atrasos ao longo do processo produtivo não foram tidos em conta;
- Para a realização de uma ordem de produção têm de existir todas as referências necessárias na totalidade, ou seja, uma ordem de produção apenas é iniciada quando todas as referências necessárias se encontram em *stock* na quantidade suficiente para satisfazer a encomenda;
- Não existem encomendas de matéria prima ou embalagens que não correspondam a encomendas de produtos acabados. A empresa não vende matérias primas nem embalagens que não sejam incorporadas num produto acabado;
- No horizonte temporal em questão, não existem encomendas de matérias primas ou embalagens por receber no armazém, apenas existe o *stock* disponível no dia 21 de junho;
- Não foram definidas prioridades de produção diárias, ou seja, as ordens de produção planeadas para serem executadas no mesmo dia estão apenas limitadas à capacidade diária de 12 horas e a ordem de execução foi definida aleatoriamente;
- No cenário DDMRP é assumido que todas as referências protegidas por *buffers* têm sempre *stock* disponível e não precisam de ser encomendadas ou produzidas. Teoricamente, um sistema DDMRP gerido corretamente não origina falhas de *stock*. No caso das referências não protegidas é considerado o nível de *stock* existente no dia 21 de junho para criar encomendas de matéria prima ou embalagem.

Para o decorrer desta simulação é necessário saber os níveis de *stock* das referências pertencentes ao sistema no dia 21 de junho e as necessidades totais de cada referência para responder às encomendas da semana em questão. O cálculo das necessidades de matérias primas e embalagens foi efetuado tendo em conta as fichas de produção e as encomendas de cada produto acabado presente no sistema criado. As tabelas em que consta este cálculo estão representadas em apêndice.

O cálculo das necessidades é bastante importante na medida em que permite esclarecer quais as referências cujo *stock* existente é suficiente para satisfazer as

encomendas, e quais as referências em que é necessário efetuar uma encomenda a fornecedor ou ordem de produção, ficando sujeito aos respetivos *lead times* de fornecimento ou produção.

A simulação assenta sobre as necessidades de 6 produtos acabados englobados pelo sistema, existentes no dia 21 de junho que, conseqüentemente, irão desencadear um conjunto de encomendas de matérias primas e embalagens que não possuem *stock* suficiente de modo a satisfazer as necessidades de produto acabado. Apenas 1 dos 6 produtos acabados está protegido por *buffer* estratégico pelo que a sua encomenda é satisfeita de imediato, ao contrário das outras que estão sujeitas a *lead times* de produção e/ou fornecimento de certos componentes que não têm *stock* disponível. Tendo isto em conta, a simulação é constituída na sua totalidade por 25 componentes do tipo MP e E, presentes nos vários produtos acabados, sendo que no cenário DDMRP, 15 dos mesmos estão protegidos por *buffers* estratégicos, o que traduz uma percentagem de proteção de, aproximadamente, 60%.

4.3.2. Visibilidade dos níveis de *stock*

A visibilidade dos níveis de *stock* na metodologia DDMRP surge através de alertas associados aos pontos desacoplados no sistema, onde se encontram os *buffers* de proteção. Estes alertas relacionam-se com o estado do *buffer* em termos de quantidade de inventário existente, indicando a zona do *buffer* onde o nível de *stock* se encontra (verde, amarelo, vermelho ou azul). Com isto, as tarefas de planeamento da produção e colocação de encomendas tornam-se mais fáceis e podem ser realizadas por qualquer trabalhador mesmo que não tenha experiência na área.

Através do *software* da empresa foi possível recolher os níveis de *stock* das referências do sistema no início do dia 21 de junho de 2022 e construir o quadro de planeamento DDMRP que se encontra ilustrado no APÊNDICE J – Quadro DDMRP. Neste mapa é possível analisar os níveis de *stock* do sistema no dia em questão, verificar em que zona é que se inserem e que tipo de alertas é que a empresa enfrentaria caso estivesse a operar segundo uma metodologia DDMRP. É também possível ver quais as prioridades de produção para o planeamento, salientando que quanto menor a percentagem,

maior a prioridade. A Tabela 11 representa um resumo dos resultados da análise de níveis de *stock*:

Tabela 11. Resumo dos resultados da análise de níveis de *stock*

Alertas	Ocorrências	%	Referências
Azul (Demasiado Stock)	3	16%	2 PA, 1 MP
Vermelho	7	37%	1 PA, 4 MP e 2 E
Amarelo	7	37%	1 PA, 3 MP e 3 E
Verde	2	11%	1 MP e 1 E
Total	19	100%	4 PA, 9 MP e 6 E

Com esta análise é possível observar que, de um total de 19 referências protegidas, apenas 2 têm um nível de *stock* na zona verde, ou seja, *stock* disponível adequado enquanto que cerca de 53% das referências se encontram em posições extremas do *buffer*, seja em excesso ou escassez de inventário. Assim sendo, olhando para esta análise é possível afirmar que a inserção de *buffers* estratégicos é necessária para uma melhor gestão dos níveis de *stock* permitindo uma melhor visibilidade perante a cadeia de valor e maior suporte no que toca à definição de prioridades de produção.

A implementação do DDMRP neste ambiente leva a uma estabilização dos níveis de *stock* na medida em que tenta afastá-los das zonas extremas dos *buffers* (vermelhas e azuis). Este equilíbrio é importante para a redução dos custos de posse incutidos pelo armazenamento desnecessário de certos produtos e para a redução dos custos causados pelos atrasos na produção e respetiva entrega ao cliente (penalizações), melhorando assim o nível de serviço. O sistema DDMRP incorpora também a funcionalidade de sugestão de encomendas de fornecimento ou ordens de produção, muito útil em caso de alerta de baixo nível de *stock*.

4.3.3. Redução do Tempo de Resposta

Um dos vários problemas que a empresa apresenta são os atrasos nas entregas a clientes, tendo grande dificuldade em lidar com prazos de entrega apertados e encomendas de grande dimensão. Esta dificuldade traduz-se em penalizações atribuídas por alguns clientes à empresa sempre que existem atrasos nas entregas ou incumprimento dos requisitos de qualidade e esteticidade dos produtos.

Perante esta situação, é relevante para a gestão da Nutriva tentar reduzir o tempo de resposta de modo a reduzir os custos anteriormente mencionados. Esta redução é também uma maneira de aumentar a margem de mercado, libertar capacidade produtiva para satisfazer outras encomendas e ganhar a confiança dos clientes. Para estudar qual o impacto que o DDMRP teria nesta redução, foi feita uma simulação que pretende comparar dois cenários: o cenário atual e o cenário DDMRP. Como já foi mencionado anteriormente, esta simulação é de caráter estático e não dinâmico, devido à limitação da disponibilidade de dados por parte da empresa, pelo que esta análise apenas incide sobre um horizonte temporal de uma semana de trabalho.

A lógica seguida ao longo desta simulação é exemplificada de seguida através de dois produtos acabados, 1BRO20 e 1BRO22.

4.3.3.1. Cenário Atual

No primeiro cenário, nenhum dos componentes de cada produto acabado está protegido por *buffers* estratégicos, pelo que o planeamento está sujeito a *lead times* de fornecimento de matérias primas e embalagens. Os produtos acabados não possuem *stock* suficiente para satisfazer as necessidades presentes no dia 21 de junho (dia 0 na simulação), pelo que é necessário lançar ordens de produção. As ordens de produção apenas podem ser lançadas quando todos os componentes de cada produto acabado estiverem em *stock*, numa quantidade suficiente para satisfazer as necessidades. A Tabela 12 apresenta a constituição dos produtos selecionados e respetivos *lead times* de fornecimento para cada referência. As referências a vermelho correspondem aos

componentes que não possuem *stock* suficiente, sendo necessário fazer uma encomenda ao fornecedor.

Tabela 12. Constituição dos produtos acabados e respetivos *lead times*

1BRO20		1BRO22	
Referência	Lead Time (Dias)	Referência	Lead Time (Dias)
MPC1	2	MPC1	2
MPC2	0	MPC2	0
MPC3	2	MPC4	2
MPC4	2	MPC5	2
MPC5	2	MPB1	2
MPB1	2	MPB3	2
MPB2	2	MPB4	2
EMBEQ1	4	EMBSC1	1
EMBCX2	3	EMBCX1	2
EMBSC2	2	EMBEQ1	4
		EMBEQ2	3

Observando a tabela podemos verificar que os produtos acabados em questão estão dependentes apenas das referências assinaladas a vermelho, sendo necessário efetuar uma encomenda ao fornecedor. Como foi mencionado anteriormente, as ordens de produção apenas podem ser lançadas assim que todos os componentes de cada produto acabado se encontrem em *stock* nas quantidades suficientes. Para saber em que dia é que se pode fazer este lançamento é utilizado o *lead time* máximo das referências sem *stock*, que, neste caso, corresponde à embalagem EMBEQ1, apresentando um *lead time* de fornecimento de 4 dias. Esta embalagem é utilizada em ambos os produtos, ou seja, em ambos os casos, a ordem de produção será lançada ao 4º dia da semana.

Tendo todos os componentes em *stock*, é iniciada a produção dos produtos acabados, que dura cerca de 20 horas, e portanto este processo apenas terminará no 5º dia.

No final da produção, os produtos são colocados em *stock* e só estarão disponíveis no fim do dia seguinte, visto que necessitam de permanecer em ambiente de baixa temperatura (armazém frigorífico) durante 24 horas, por questões de segurança alimentar. Com isto, os produtos 1BRO20 e 1BRO22 ficam disponíveis ao 6º dia da semana, ou seja, no dia 27 de junho.

Esta foi a lógica utilizada em toda a simulação do planeamento da produção dos produtos acabados em questão, tanto no cenário atual como no cenário DDMRP e está presente em apêndice.

4.3.3.2. Cenário DDMRP

Em cenário DDMRP as circunstâncias alteram-se na medida em que vários componentes dos produtos acabados se encontram protegidos por *buffers*. Estes componentes têm *stock* disponível para satisfazer as necessidades, não sendo necessário efetuar encomendas ao fornecedor e, deste modo, o planeamento da produção não está sujeito a *lead times* de fornecimento. A Tabela 13 apresenta a constituição dos produtos selecionados, evidenciando a verde os componentes que se encontram protegidos por *buffers*.

Tabela 13. Constituição dos produtos acabados e respetivos *lead times* em situação DDMRP

1BRO20		1BRO22	
Referência	Lead Time (Dias)	Referência	Lead Time (Dias)
MPC1	2	MPC1	2
MPC2	0	MPC2	0
MPC3	2	MPC4	2
MPC4	2	MPC5	2
MPC5	2	MPB1	2
MPB1	2	MPB3	2
MPB2	2	MPB4	2

EMBEQ1	4	EMBSC1	1
EMBCX2	3	EMBCX1	2
EMBSC2	2	EMBEQ1	4
		EMBEQ2	3

Neste cenário, apenas o produto 1BRO22 possui componentes não protegidos, pelo que, seguindo a lógica anteriormente mencionada, o produto 1BRO20 estará disponível ao 2º dia da semana (1 dia de produção + 1 dia de congelação), e o produto 1BRO22 estará disponível ao 4º dia da semana (2 dias de *lead time* de fornecimento + 1 dia de produção + 1 dia de congelação).

Com isto, podemos concluir que existe uma redução no tempo de resposta quando se aplica a metodologia DDMRP ao sistema. No cenário atual, ambos os produtos ficam disponíveis apenas ao 6º dia da semana em causa, dia 27 de junho, enquanto que no cenário DDMRP, o produto 1BRO20 fica disponível ao 2º dia da semana, dia 23 de junho, e o produto 1BRO22 fica disponível ao 4º dia da semana, dia 25 de junho, verificando-se uma redução de 4 e 2 dias, respetivamente.

4.3.3.3. Resultados da Simulação

Concluída a simulação foram analisados os resultados e obteve-se uma redução do tempo de resposta geral de, em média, 42%.

A Tabela 14 apresenta resumidamente os resultados da simulação desenvolvida, evidenciando as reduções de tempo de resposta para cada produto acabado, dentro do horizonte temporal de uma semana (21 a 28 de junho).

Tabela 14. Resultados da Simulação

Produto Acabado	Tempo de resposta (Cenário atual)	Tempo de resposta (Cenário DDMRP)	Redução %
1PÃO82	6 dias	5 dias	17%
1PÃO72	6 dias	4 dias	33%
1BRO121	6 dias	6 dias	0%
1BRO20	6 dias	2 dias	67%
1BRO22	6 dias	4 dias	33%
1BRO21	7 dias	0 dias	100%

É de salientar que a referência 1BRO21 apresenta uma redução de 100% pois é o produto acabado que se encontra protegido por *buffer* estratégico nesta simulação.

4.4. Discussão de Resultados

No final deste capítulo é possível perspetivar várias noções importantes no que toca à implementação de uma metodologia DDMRP num ambiente organizacional como o da Nutriva. A primeira das quais é a forma como esta ferramenta de planeamento pode ser introduzida no seu sistema produtivo, destacando quais os principais níveis de preparação, desde a recolha e disponibilidade de dados até às fases de aplicação do DDMRP e consequentes tomadas de decisão. Desta preparação podemos sublinhar que, há que ter bastante cuidado na definição do modelo de planeamento pois não existe uma métrica fixa de implementação, e neste sentido, esta fase necessita de algum grau de sensibilidade e experiência para conseguir definir um modelo que seja o mais aproximado possível do sistema real. A exigência de bastantes dados, muitas vezes limitados para várias empresas e a falta de objetividade na definição de critérios, podem constituir obstáculos neste percurso de implementação.

Construído o modelo de planeamento, procedeu-se à aplicação do mesmo ao sistema constituído pelas referências selecionadas por meio da análise ABC. Esta

aplicação seguiu os três primeiros passos de implementação do DDMRP, posicionamento estratégico, perfis e níveis de *buffers* e os ajustes dinâmicos.

No que toca à visibilidade dos níveis de *stock*, com esta aplicação foi possível concluir que estes não estavam equilibrados no dia em questão, apresentando uma taxa de presença em zonas extremas do *buffer* de 53%. Este valor é bastante alto e significa que mais de metade das referências protegidas por *buffers* no sistema, se encontram em escassez ou excesso, o que traduz a situação problemática vivida na política de gestão de *stocks* da empresa. No cenário atual, este valor iria passar despercebido, o DDMRP veio trazer visibilidade aos níveis de *stock* e permitir que a gestão de quantidades seja feita de uma forma mais fundamentada e suportada. Desta forma foi possível demonstrar como é que a ferramenta DDMRP pode proteger o fluxo de informação e materiais através dos alertas de falta ou excesso de *stock* e também da atribuição de prioridades de produção ou encomenda, suportando as tomadas de decisão dos planeadores.

A simulação DDMRP permitiu analisar qual o impacto que esta metodologia teria na redução do tempo de resposta aos clientes e os resultados indicaram que este impacto, apesar de ter sido utilizada uma simulação estática onde não foram tidos em conta alguns fatores importantes como a capacidade de produção e de armazenamento, se revela significativa, assinalando uma redução média no tempo de resposta de 42%. Nesta vertente, é de salientar que a primeira fase de implementação do DDMRP, o posicionamento estratégico de inventário, é a que tem maior impacto na redução verificada, visto que os *buffers* inseridos protegem componentes chave para a produção da Nutriva, ou seja, componentes que pertencem à constituição de vários produtos acabados e que necessitam de ter níveis de *stock* bastante controlados de modo a satisfazer as necessidades.

Com esta análise crítica à visibilidade dos níveis de *stock* e à redução do tempo de resposta foi possível obter resultados que evidenciam o potencial da utilização da ferramenta DDMRP num ambiente como o da Nutriva, constituindo uma possível solução para os problemas que se demonstram na situação atual da empresa. Por outro lado, a validade destes resultados pode ser algo limitada devido à dimensão da amostra em causa, que apenas representou uma parte daquilo que é o vasto universo de produtos da Nutriva. Para além disso é também importante referir que a metodologia DDMRP é relativamente recente e pouco explorada academicamente, pelo que está mais associada a ambientes

práticos e industriais, atribuindo a definição de vários critérios à experiência e sensibilidade dos planeadores. Este capítulo contribui com informação útil para o processo de implementação do DDMRP e também para o aumento do rigor nas tomadas de decisão ao longo do mesmo.

5. CONCLUSÕES

Esta dissertação realizada na empresa Nutriva teve como foco o estudo de uma metodologia de planeamento da produção emergente em ambientes industriais nos tempos que correm, o *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP) criado por Carol Ptak e Chad Smith, com objetivo de mitigar os problemas que se fazem sentir na empresa, tais como os atrasos nas encomendas, elevada flutuação dos níveis de *stock* e, acima de tudo, uma grande instabilidade nas tarefas de planeamento.

Primeiramente foi exposto o enquadramento teórico necessário para sustentar o estudo de caso desenvolvido, em que são abordados diversos conceitos associados a vários temas desde os sistemas de planeamento da produção e a sua evolução, cadeias de abastecimento, até aos antecedentes da metodologia em estudo, o *Material Requirements Planning* (MRP) e finalmente o DDMRP. Este último tema é debatido com algum detalhe na medida em que são aludidas as suas maiores influências, bem como as suas fases de aplicação que posteriormente serão utilizadas no desenvolvimento do modelo de planeamento do estudo de caso.

Em seguida é feita a caracterização da empresa onde decorreu esta investigação, a Nutriva, partindo de uma breve visão geral até à descrição dos seus principais princípios logísticos, onde são abordados os campos da gestão de informação interna, planeamento e controlo da produção e também a sua cadeia de valor. Este capítulo finaliza com a caracterização da situação atual da empresa, discussão dos principais problemas encontrados e levantamento de oportunidades de melhoria que serão exploradas no capítulo seguinte, com a construção de um modelo de planeamento DDMRP.

Por fim, chegamos ao capítulo que se encarrega de descrever e testar o modelo de planeamento DDMRP desenvolvido ao longo deste estudo, abordando as suas diversas fases de construção, desde a recolha e análise de dados até à aplicação do modelo ao sistema criado. Para analisar o impacto que esta metodologia teria num ambiente semelhante ao da Nutriva foi realizada uma simulação constituída por dois cenários (atual e DDMRP), avaliando duas vertentes principais, a visibilidade dos níveis de *stock* e a

redução do tempo de resposta. Os resultados revelaram-se promissores, e foi possível concluir que o DDMRP contribui para a redução significativa do tempo de resposta aos clientes, fornece uma grande visibilidade perante os níveis de *stock* através da monitorização de *buffers* posicionados estrategicamente que possuem alertas de escassez ou demasia de *stock* e oferece sugestões de encomendas ou ordens de produção de modo a definir sustentadamente as prioridades de produção de cada produto. Neste sentido, apesar da validade dos resultados poder ser limitada devido à dimensão da amostra utilizada e da declaração de alguns pressupostos, podemos afirmar que utilizando a ferramenta DDMRP, a empresa estará mais bem preparada para lidar com a volatilidade da procura dos seus clientes, contribuindo para o aumento do seu nível de serviço, irá permitir uma gestão de materiais mais equilibrada e tornar as tarefas de planeamento da produção menos dependentes da experiência e sensibilidade de certos trabalhadores, suportando as tomadas de decisão com sugestões fundamentadas do DDMRP, evitando assim a instabilidade que até então se vive no chão de fábrica e nos departamentos de produção e logística da empresa.

5.1. Resposta às Questões da Investigação

O presente capítulo tem o objetivo de responder às perguntas formuladas anteriormente, no primeiro capítulo, tendo em conta as informações reunidas ao longo do desenvolvimento desta investigação.

1. Quais os problemas que vigoram atualmente no sistema de planeamento e controlo da produção da Nutriva que limitam e prejudicam o seu desempenho?

Tal como foi explicitado no capítulo 4, a Nutriva sofre de vários problemas que culminam em 3 principais: instabilidade no planeamento, ruturas de *stock* e atrasos nas entregas ao cliente. Estes problemas advêm de várias causas provenientes de diversos departamentos e áreas da empresa, desde o *software*, às pessoas passando pelos processos produtivos, capacidades de produção e até mesmo o ambiente de trabalho vivido

atualmente. A gestão interna pode ser caracterizada por uma desorganização que posteriormente se espelha na instabilidade com que são tomadas decisões de relevo nas tarefas de planeamento da produção. Este fenómeno, muito influenciado pela falta de fundamentação e metodologias de trabalho, faz com que a produção tenha uma grande dificuldade em se conseguir alinhar com aquilo que é a procura volátil vigente na empresa, o que leva a um efeito de chicote predominante por toda a sua cadeia de valor.

Com isto, a Nutriva trabalha sobre dentro de um sistema em que os níveis de *stock* desajustados, não visíveis pelos trabalhadores, ameaçam os planos de planeamento da produção que mais tarde, quando postos em prática, resultarão em tempos de resposta muito elevados tendo em conta as encomendas estabelecidas, levando a custos indesejados.

2. Tendo em conta estes problemas, até que ponto é que a metodologia DDMRP os pode resolver?

Com o desenvolvimento do modelo de planeamento DDMRP e posterior execução de simulação, cenário atual versus cenário DDMRP, foi possível retirar várias conclusões que permitem obter uma resposta direta a esta questão.

A nível teórico, os autores desta metodologia afirmam que a sua implementação contribui para uma melhor adaptação da empresa àquilo que é a sua cadeia de abastecimento envolvente, isto é, os casos de estudo publicados indicam que esta ferramenta permite reduzir os tempos de resposta e nivelar os níveis de *stock*, para além de fornecer uma grande visibilidade perante toda a gestão de cadeia de valor e sustentabilidade nas tomadas de decisão no campo do planeamento e controlo da produção e da gestão de inventário. Deste modo, o DDMRP tem tudo para poder constituir uma boa solução aos problemas da empresa.

Considerando um ponto de vista mais prático, o ideal seria testar a implementação desta ferramenta na plataforma de trabalho da empresa e recolher resultados. Sendo que esta tarefa não foi possível em ambiente de estágio, o desenvolvimento de um modelo de planeamento utilizando uma amostra de produtos da empresa permitiu obter um bird's-eye view extremamente interessante, na medida em que retrata a realidade da empresa num ambiente DDMRP, mostrando o panorama de níveis de

stock atuais, consequentes alertas de *buffer* e sugestões de encomenda, e também demonstra o potencial de aplicação da ferramenta através da simulação desenvolvida que resultou numa redução significativa do tempo de resposta ao cliente. A validação do modelo, contudo, constitui uma possível limitação devido ao carácter estático da simulação e dimensão da amostra de produtos recolhida. Assim sendo, esta dissertação leva a crer que, para um ambiente de produção mais reduzido, neste caso, o departamento de padaria, a ferramenta de planeamento DDMRP consegue ser uma boa solução a considerar para mitigar os problemas vividos na empresa atualmente.

3. Considerando um cenário de viabilidade desta abordagem, quais são os pontos-chave para uma boa implementação do DDMRP no sistema produtivo na Nutriva?

Esta dissertação, para além de explorar o DDMRP e todo o seu impacto na produção da Nutriva, constitui uma fonte de informação útil no que toca aos procedimentos e etapas de implementação da ferramenta, fornecendo várias ideias e métricas que podem ser seguidas em ambientes industriais semelhantes. Tendo em conta a reduzida quantidade de estudos académicos dentro deste tema em particular, e também o carácter pouco intuitivo de aplicação da ferramenta, sendo necessária alguma sensibilidade neste processo, é importante contribuir para o preenchimento desta lacuna.

São várias as fases de implementação desta metodologia e também os recursos necessários para a alimentar, no entanto, neste patamar da dissertação, é pertinente sublinhar a especial importância do primeiro passo de aplicação, o posicionamento estratégico de inventário. Esta fase exige investimento a nível de recursos e tempo e análise profunda ao sistema produtivo que será sujeito a este processo, sendo necessário trabalhar em sintonia com os vários departamentos internos de modo a encontrar a melhor solução possível em termos de relação custo/benefício. Este posicionamento é extremamente importante e deve ser sempre acompanhado com análises de indicadores chave de desempenho e de retorno de investimento, de modo a alinhar esta medida com os objetivos da empresa.

Para além desta fase, a definição de critérios e recolha de dados são também tarefas sobre as quais é necessário investir alguma atenção. A primeira, devido ao seu

caráter prático, onde muitas vezes é a experiência e sensibilidade que tomam as rédeas da sua definição, sendo portanto fulcral tentar ao máximo fundamentar essas decisões. A segunda, pois esta metodologia necessita de uma base informativa muito forte para funcionar como seu suporte. A disponibilidade de certos dados pode ser um fator limitante à implementação do DDMRP, tal como decorreu nesta investigação, em muitas empresas. Sabendo que muitas variáveis são dimensionadas utilizando estes dados, é importante estabelecer claramente à partida, qual a informação necessária para conseguir instaurar um processo de implementação consistente e fluído.

Apesar da sua faceta recente, existem algumas ofertas no mercado a nível de recursos tecnológicos para a implementação do DDMRP, nomeadamente módulos complementares presentes em *softwares* de gestão de empresas tais como o SAP e o Camelot. A Nutriva, por outro lado, utiliza o *software* PHC, pelo que para implementar esta nova metodologia tem de considerar uma mudança do mesmo, analisando as ofertas disponíveis que melhor se adaptem às suas necessidades enquanto organização.

5.2. Limitações do Estudo e Trabalho Futuro

Esta dissertação integra um trabalho desenvolvido em âmbito de estágio curricular que foi delineado por um percurso constituído tanto por vertentes práticas como vertentes teóricas. Ao longo deste percurso foram encontrados alguns obstáculos que se ultrapassaram através da cooperação proveniente do trabalho de equipa com vários colaboradores da empresa e da persistência e foco no objetivo de explorar a metodologia DDMRP e a forma como ela deve ser implementada e utilizada, de modo a constituir solução para os problemas da empresa. No entanto, há que assinalar algumas limitações a esta investigação.

Uma das limitações a nível teórico foi a falta de exploração académica sobre a metodologia DDMRP uma vez que se trata de uma ferramenta recente no mercado e a quantidade de publicações existentes até à data de hoje é relativamente reduzida. Neste sentido a base teórica utilizada para o desenvolvimento desta dissertação foi maioritariamente constituída por alguns artigos, casos de estudo presentes na página online

The Demand Driven Institute e pelo livro onde é introduzida, pelos autores Carol Ptak e Chad Smith, a filosofia DDMRP.

Relativamente à vertente prática, como já foi dito anteriormente, a empresa revelou-se muito limitada em termos de disponibilidade de dados, principalmente a nível de histórico de níveis de *stock* e encomendas recebidas por clientes, o que impossibilitou a realização da simulação dinâmica no modelo de planeamento DDMRP. Deste modo, não foi possível analisar o impacto desta ferramenta a longo prazo, num horizonte temporal de vários meses ou até um ano de produção, no nivelamento dos níveis de *stock* tendo em conta os perfis de *buffers* estratégicos e redução do tempo de resposta. Esta limitação leva também a outra lacuna nesta investigação, que é a análise do impacto que o DDMRP tem nos níveis de *stock* globais e consequentes custos de posse. Seria interessante perceber até que ponto é que o investimento em *stock* posicionado em vários pontos estratégicos de um determinado departamento seria retornado pela redução de custos de penalização causados pelos atrasos nas entregas de encomendas a clientes. Ainda dentro desta vertente, a dimensão da amostra utilizada é também uma limitação neste estudo, uma vez que o universo de produtos da Nutriva é bastante extenso, e o modelo de planeamento construído utiliza apenas 39 referências na sua totalidade, o que leva a que os resultados obtidos possam não ser replicados em contexto de sistema real, limitando assim a sua validação.

Em suma, houve algumas abordagens que poderiam ter sido experienciadas durante esta investigação, para além daquelas que resultam das limitações descritas anteriormente, nomeadamente a análise de sensibilidade do modelo em relação à definição de critérios e fatores e também uma análise de retorno de investimento. Ambas as abordagens seriam bastante interessantes num ambiente complexo, com elevada variabilidade de produtos acabados e volatilidade na procura, sendo destacadas neste capítulo como propostas de trabalho futuro a considerar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, S. C. (1985). MRP, JIT, OPT, FMS? Making sense of production operations systems. *Harvard Business Review*, 63(5), 8–16.
- APICS. (2016). *APICS Dictionary*. (P. H. Pittman & J. B. Atwater, Eds.) (15th ed.). Chicago.
- AZZAMOURI, A., BAPTISTE, P., DESSEVRE, G. and PELLERIN, R., 2021. Demand driven material requirements planning (Ddmrp): A systematic review and classification. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), pp. 439–456.
- Benton, W. C., & Shin, H. (1998). Manufacturing planning and control: The evolution of MRP and JIT integration. *European Journal of Operational Research*, 110, 411–440.
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1), 53–64.
- Christopher, M., & Rutherford, C. (2004). *Creating Supply Chain Resilience Through Agile Six Sigma*. Critical Eye Publications, 24–28.
- Christopher, Martin L. (1992), *Logistics and Supply Chain Management*, London: Pitman Publishing.
- Cox, J., & Schleier, J. (2010). *Theory of constraints handbook*. McGraw Hill Professional.
- de Carvalho, J. C. (2020). *Logística e gestão da cadeia de abastecimento*. (3 ed.) Edições Sílabo.
- Demand Driven Institute (2022). Acedido em 15 de Abril de 2022, em <https://www.demanddriveninstitute.com/>
- Harding, L., & Ptak, C. (2012). Could demand-driven MRP be the solution we have been looking for? *Operations Management*, 6, 7–12.

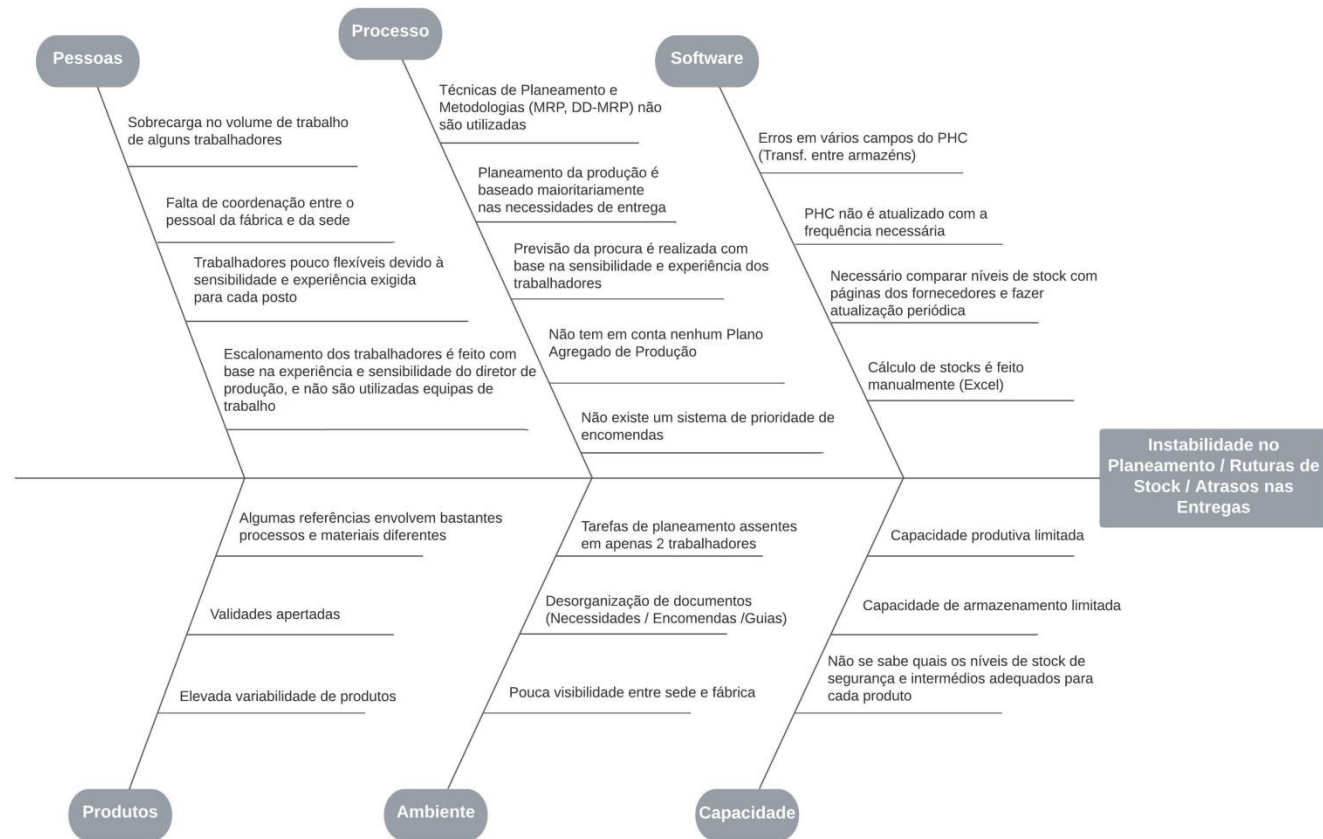
- Hopp, Wallace J.; Spearman, Mark L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question?. *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148. doi:10.1287/msom.1030.0028
- Jiang, J., & Rim, S.-C. (2016). Strategic Inventory Positioning in BOM with Multiple Parents Using ASR Lead Time. *Mathematical Problems in Engineering*, (4). <https://doi.org/10.1155/2016/9328371>
- L.C. Lee, A comparative study of the push and pull productions systems, *International Journal of Operations and Production Management* 9 (4) (1989) 5—18.
- Mabin, V.J., & Balderstone, S.J. (2003). The performance of the theory of constraints methodology: analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(6), 568-595. <https://doi.org/10.1108/01443570310476636>
- MICLO, R., LAURAS, M., FONTANILI, F., LAMOTHE, J. and MELNYK, S.A., 2019. Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of Production Research*, 57(1), pp. 166-181.
- Miclo, Romain. (2016). Challenging the "Demand Driven MRP" Promises: a Discrete Event Simulation Approach. PhD Thesis. Ecole des Mines d'Albi-Carmaux
- Mohammadi, A., & Eneyo, E.S. (2012). Application of Drum-Buffer-Rope Methodology in Scheduling of Healthcare System. Paper presented at the POMS 23rd Annual Conference. Chicago, Illinois, U.S.A.
- OLHAGER, J., 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), pp. 319-329.
- OLHAGER, J., 2013. Evolution of operations planning and control: From production to supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(23-24), pp. 6836-6843.
- Olhager, J., Persson, F., Parborg, B., & Rosén, S. (2002). Supply chain impacts at Ericsson - from production units to demand-driven supply units. *International Journal of Technology Management*, 23(1–3), 40–59.
- Pearson, T. A. (2001). Measure for Six Sigma Success. *Quality Progress*, 34(2), 35–40

- PEKARCÍKOVÁ, M., TREBUNA, P., KLIMENT, M. and TROJAN, J., 2019. Demand driven material requirements planning. some methodical and practical comments. *Management and Production Engineering Review*, 10(2), pp. 50-59.
- Ptak, C., & Smith, C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning* (3rd ed.). McGraw Hill Professional.
- Ptak, C., & Smith, C. (2016). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)*. Industrial Press, Inc
- Ptak, C., & Smith, C. (2018). *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP), Version 2*. Industrial Press, Inc
- SHOFA, M.J., MOEIS, A.O. and RESTIANA, N., 2018. Effective production planning for purchased part under long lead time and uncertain demand: MRP Vs demand-driven MRP, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 2018.
- Smith, C., & Ptak, C. (2011). *Lean Finds a Friend in Demand Driven MRP (DDMRP)*. White paper by the Demand Driven Institute.
- SOMAN, C.A., VAN DONK, D.P. and GAALMAN, G., 2004. Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, 90(2), pp. 223-235.
- Tersine, R. J. (1988). *Principles of Inventory and Materials Management* (3rd ed.). New York, NY: Elsevier B.V
- Tersine, R. J. (2010). *Principles of Inventory and Materials Management* (4th ed.). NorthHolland
- THÜRER, M., FERNANDES, N.O. and STEVENSON, M., 2022. Production planning and control in multi-stage assembly systems: an assessment of Kanban, MRP, OPT (DBR) and DDMRP by simulation. *International Journal of Production Research*, 60(3), pp. 1036-1050.
- VELASCO ACOSTA, A.P., MASCLE, C. and BAPTISTE, P., 2020. Applicability of Demand-Driven MRP in a complex manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 58(14), pp. 4233-4245.

Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). *Manufacturing Planning&Control Systems for Supply Chain Management* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York, NY: Macmillan Publishing Company.




APÊNDICE A – O PROBLEMA







APÊNDICE B – ANÁLISE DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE PRODUTOS ACABADOS




Artigo			Encomendas (Qt-caixas)					Segmento				
Referência	Quantidade	ADU	Média	Nº Enc	Mediana	Desvio Padrão	Risco	GR CONTAS	HORECA	EXPORT	REVENDA	Risco
1PÃO76	27 840,00	110,04	1989	14	2040	585,18	● 3	100%	0%	0%	0%	● 3
1BRO21	21 547,00	85,17	172	125	27	674,68	● 3	1%	0%	30%	69%	● 2
1BRO121	19 468,00	76,95	15	1284	5	30,86	● 1	0%	64%	23%	13%	● 1
1MEI37	18 903,00	74,72	11	1767	7	3,31	● 1	12%	38%	0%	50%	● 2
1BRO20	18 717,00	73,98	17	1127	5	43,96	● 1	0%	56%	28%	16%	● 1
1PÃO72	16 551,00	65,42	17	971	3	95,26	● 2	62%	19%	13%	6%	● 2
1BAG2	12 339,00	48,77	1028	12	1168,5	381,30	● 3	100%	0%	0%	0%	● 3
1BRO22	10 336,00	40,85	60	173	6	101,41	● 2	84%	3%	13%	0%	● 3
1PÃO82	9 978,00	39,44	10	971	2	39,08	● 1	53%	36%	9%	2%	● 2
1BAG1	8 798,00	34,77	733	12	790,5	243,62	● 3	100%	0%	0%	0%	● 3




Clientes			Consumo Mensal (caixas)				Lead Time (horas)				Risco Total		Buffer?
Nº Clientes	Qt média/cliente	Risco	Desvio Padrão	Média	CV	Risco	Man LT	Purch LT	Cum LT	Risco			
2	13 920,00	● 3	491,32	2 320,00	21%	● 1	20	0	20	● 3	● 3,0	2,60	Sim
29	743,00	● 2	2 919,82	1 795,58	163%	● 3	20	0	20	● 3	● 3,0	2,60	Sim
321	60,65	● 1	1 480,37	1 622,33	91%	● 2	20	0	20	● 3	● 2,0	1,60	Não
275	68,74	● 1	265,36	1 575,25	17%	● 1	0	48	48	● 3	● 2,0	1,60	Não
333	56,21	● 1	1 593,31	1 559,75	102%	● 3	20	0	20	● 3	● 2,0	1,80	Não
2	8 275,50	● 3	388,94	1 379,25	28%	● 1	12	0	12	● 1	● 2,0	1,80	Não
2	6 169,50	● 3	383,69	1 028,25	37%	● 1	0	48	48	● 3	● 3,0	2,60	Sim
19	544,00	● 2	158,94	861,33	18%	● 1	20	0	20	● 3	● 2,0	2,20	Não
151	66,08	● 1	116,19	831,50	14%	● 1	12	0	12	● 1	● 1,0	1,20	Não
2	4 399,00	● 3	248,49	733,17	34%	● 1	0	48	48	● 3	● 3,0	2,60	Sim

Critério Encomendas		
DP<50		1
50<DP<200		2
DP>200		3

Critério Segmento		
GR CONTAS		3
HORECA		1
EXPORT		2
REVENDA		2

Critério Clientes		
m/cliente<100		1
500<m/cliente<1000		2
m/cliente>1000		3

Critério Consumo		
Consumo<50		1
50<Consumo<100		2
Consumo>100		3

Critério Lead Time		
LT<12		1
12<LT<20		2
LT>20		3

APÊNDICE C - ANÁLISE DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE MATÉRIAS PRIMAS

Referência	Segmento	Utilização	Nº de Produtos	Quantidade	AMU	ADU	Nº de Fornecedores	Desacoplar?/Buffer
MPC1	Comum	7,07	7	124 996,78	10 416,40	494,06	1	Sim
MPC2	Comum	363,6	7	6 302 852,00	525 237,67	24 912,46	1	Sim
MPP1	Pão	50	1	1 392 000,00	116 000,00	5 501,98	1	Não
MPP2	Pão	5,5	1	153 120,00	12 760,00	605,22	1	Não
MPC3	Comum	40,41	5	724 836,04	60 403,00	2 864,96	1	Sim
MPC4	Comum	229	6	3 596 533,00	299 711,08	14 215,55	1	Sim
MPP3	Pão	6	2	79 587,00	6 632,25	314,57	1	Sim
MPP4	Pão	1	2	13 264,50	1 105,38	52,43	1	Sim
MPC5	Comum	7	6	114 964,50	9 580,38	454,41	1	Sim
MPP5	Pão	3	1	49 653,00	4 137,75	196,26	1	Não
MPB1	Broa	195	4	3 308 100,00	275 675,00	13 075,49	1	Sim
MPB2	Broa	18,6	3	370 338,40	30 861,53	1 463,79	1	Sim
MPB3	Broa	10	1	103 360,00	8 613,33	408,54	1	Não
MPB4	Broa	2,65	1	27 390,40	2 282,53	108,26	1	Não

APÊNDICE D - ANÁLISE DE POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE EMBALAGENS

Referência	Segmento	Utilização	Nº de Produtos	Quantidade	AMU	ADU	Nº de Fornecedores	Desacoplar?/Buffer
EMBSC1	SC	0,014	1	144,70	12,06	0,57	1	Não
EMBCX1	CX	1	1	10 336,00	861,33	40,85	1	Não
EMBEQ1	EQ	23	7	442 797,00	36 899,75	1 750,19	1	Sim
EMBEQ2	EQ	2	2	20 314,00	1 692,83	80,29	1	Sim
EMBCX2	CX	2	2	40 264,00	3 355,33	159,15	1	Sim
EMBFL1	FL	10	1	215 470,00	17 955,83	851,66	1	Sim
EMBSC2	SC	1,025	2	19 935,93	1 661,33	78,80	1	Sim
EMBCX3	CX	1	1	19 468,00	1 622,33	76,95	1	Não
EMBEQ3	EQ	1	1	19 468,00	1 622,33	76,95	1	Não
EMBFC1	FC	1	1	19 468,00	1 622,33	76,95	1	Não
EMBCX4	CX	2,037	3	44 760,19	3 730,02	176,92	1	Sim
EMBFP1	FP	1	1	27 840,00	2 320,00	110,04	1	Não
EMBCX5	CX	1	1	27 840,00	2 320,00	110,04	1	Não
EMBCX6	CX	1	1	9 978,00	831,50	39,44	1	Não
EMBCX7	CX	1	1	16 551,00	1 379,25	65,42	1	Não

APÊNDICES

APÊNDICE E – DADOS MESTRE

Referência	Tipo	Previsões de consumo (Total)	LT de Produção/Encomenda (horas)	Qt mínima a Produzir/Encomendar
1PÃO76	PA	34 603,00	20	400,00
1BRO121	PA	25 958,00	20	120,00
1MEI37	PA	8 354,00	48	320,00
1BRO20	PA	20 377,00	20	120,00
1PÃO72	PA	18 115,00	12	400,00
1BAG2	PA	16 848,00	48	140,00
1BRO21	PA	29 279,00	28	120,00
1BRO22	PA	-	20	120,00
1PÃO82	PA	8 564,00	12	200,00
1BAG1	PA	10 386,00	48	160,00
MPC1	MP	139 226,61	48	2 400,00
MPC2	MP	6 921 141,30	0	-
MPP1	MP	1 730 150,00	48	25 000,00
MPP2	MP	190 316,50	48	4 000,00
MPC3	MP	876 138,58	48	12 000,00
MPC4	MP	3 833 635,00	48	50 000,00
MPP3	MP	80 037,00	48	1 200,00
MPP4	MP	13 339,50	48	200,00
MPC5	MP	122 309,30	48	5 000,00
MPP5	MP	54 345,00	48	1 600,00
MPB1	MP	3 402 630,00	48	80 000,00
MPB2	MP	468 806,80	48	8 000,00
MPB3	MP	-	48	4 000,00
MPB4	MP	-	48	1 200,00
EMBSC1	E	-	24	40,00
EMBCX1	E	-	48	1 000,00
EMBEQ1	E	537 303,00	96	10 000,00
EMBEQ2	E	8 564,00	72	2 500,00
EMBCX2	E	49 656,00	72	2 500,00
EMBF11	E	292 790,00	72	10 000,00
EMBSC2	E	26 467,43	48	2 500,00
EMBCX3	E	25 958,00	48	800,00
EMBEQ3	E	25 958,00	96	1 000,00
EMBFC1	E	25 958,00	12	800,00
EMBCX4	E	53 034,87	72	2 500,00
EMBFP1	E	34 603,00	48	400,00
EMBCX5	E	34 603,00	48	600,00
EMBCX6	E	8 564,00	72	400,00
EMBCX7	E	18 115,00	48	1 000,00

APÊNDICE F – NECESSIDADES DE PRODUTO ACABADO

Referência	Necessidades Totais (Período)	Stock Existente
1PÃO76	600	0
1BRO121	1820	830
1MEI37	439	782
1BRO20	770	0
1PÃO72	300	245
1BAG2	28	732
1BRO21	88	71
1BRO22	681	314
1PÃO82	389	377
1BAG1	1	763

APÊNDICES

APÊNDICE G – NECESSIDADES DE MATÉRIAS PRIMAS E EMBALAGENS

Referência	83696/1PÃO76	01006EA/1BRO21	01006GS/1BRO121	2006/1MEI37	01006AA/1BRO20	83694/1PÃO72	2211/1BAG2	1208/1BRO22	01278N/1PÃO82	2210/1BAG1	Necessidades Totais (Período)
MPC1	1,25	0,74	0,74	-	0,74	1,50	-	0,60	1,50	-	3 677,76
MPC2	24,10	64,50	64,50	-	64,50	46,00	-	56,00	44,00	-	236 055,50
MPP1	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 000,00
MPP2	5,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 300,00
MPC3	-	9,47	9,47	-	9,47	6,00	-	-	6,00	-	26 735,73
MPC4	-	32,00	32,00	-	32,00	53,00	-	27,00	53,00	-	122 376,00
MPP3	-	-	-	-	-	3,00	-	-	3,00	-	1 251,00
MPP4	-	-	-	-	-	0,50	-	-	0,50	-	208,50
MPC5	-	1,30	1,30	-	1,30	0,90	-	1,30	0,90	-	4 587,30
MPP5	-	-	-	-	-	3,00	-	-	-	-	84,00
MPB1	-	45,00	45,00	-	45,00	-	-	60,00	-	-	156 015,00
MPB2	-	6,20	6,20	-	6,20	-	-	-	-	-	15 865,80
MPB3	-	-	-	-	-	-	-	10,00	-	-	6 810,00
MPB4	-	-	-	-	-	-	-	2,65	-	-	1 804,65

Referência	83696/1PÃO76	01006EA/1BRO21	01006GS/1BRO121	2006/1MEI37	01006AA/1BRO20	83694/1PÃO72	2211/1BAG2	1208/1BRO22	01278N/1PÃO82	2210/1BAG1	Necessidades Totais (Período)
EMBC1	-	-	-	-	-	-	-	0,014	-	-	9,53
EMBCX1	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	681,00
EMBEQ1	2,00	11,00	2,00	-	2,00	2,00	-	2,00	2,00	-	24 894,00
EMBEQ2	-	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-	1 070,00
EMBCX2	-	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	-	2 120,00
EMBFL1	-	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	18 200,00
EMBC2	-	-	1,00	-	0,025	-	-	-	-	-	446,50
EMBCX3	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	439,00
EMBEQ3	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	439,00
EMBFC1	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	439,00
EMBCX4	1,00	-	-	-	-	1,00	-	-	0,037	-	642,39
EMBFP1	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600,00
EMBCX5	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600,00
EMBCX6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	389,00
EMBCX7	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	28,00

APÊNDICE H – CRITÉRIOS PARA O CÁLCULO DE FATORES DE VARIABILIDADE E *LEAD TIME*

MP & E						
Fornecimento	Nº de Forn	Forn Viável	Nível de Var	Procura	Nº de Produtos	Nível de Var
	1	Sim	Média		N=1	Alta
	1	Não	Alta		1<N<=5	Média
	>1	Sim	Baixa		N>5	Baixa
	>1	Não	Média			

PA							
Fornecimento	Componentes protegidos por buffers			Procura	Número de clientes		
	0-40%	40%-60%	60%-100%		N<20	100>N>20	N>100
	Alta	Média	Baixa		Alta	Média	Baixa

Categoria Lead Time	Intervalo de DLT (horas)		Ptak & Smith
Purchased(P)			
Longo	96	72	[20;40] %
Médio	72	48	[41;60] %
Curto	48	0	[61;100] %
Manufactured(M)			
Longo	28	20	[20;40] %
Médio	20	14	[41;60] %
Curto	14	8	[61;100] %

APÊNDICE I – DIMENSIONAMENTO DE *BUFFERS*

Referência	DLT (dias)	ADU	MOQ	DOC	Factor Lead Time	Factor Variabilidade	1	2	3	Zona Verde	Zona Amarela	Base Vermelha	Segurança Vermelha	Zona Vermelha
1PÃO76	0,8	110,04	400,00	0	0,5	0,7	0	48	400	400	92	48	34	82
1BRO21	1,2	85,17	120,00	0	0,2	0,4	0	20	120	120	99	20	8	28
1BAG2	2,0	48,77	140,00	0	0,6	0,8	0	59	140	140	98	59	47	105
1BAG1	2,0	34,77	160,00	0	0,6	0,8	0	42	160	160	70	42	33	75
MPC1	2,0	10 416,40	2 400,00	0	0,6	0,4	0	12 500	2 400	12 500	20 833	12 500	4 375	16 875
MPC2	0,0	525 237,67	-	0	1	0,4	0	-	-	-	-	-	-	-
MPC3	2,0	60 403,00	12 000,00	0	0,6	0,5	0	72 484	12 000	72 484	120 806	72 484	36 242	108 725
MPC4	2,0	299 711,08	50 000,00	0	0,6	0,4	0	359 653	50 000	359 653	599 422	359 653	125 879	485 532
MPP3	2,0	6 632,25	1 200,00	0	0,6	0,7	0	7 959	1 200	7 959	13 265	7 959	5 173	13 132
MPP4	2,0	1 105,38	200,00	0	0,6	0,5	0	1 326	200	1 326	2 211	1 326	663	1 990
MPC5	2,0	9 580,38	5 000,00	0	0,6	0,4	0	11 496	5 000	11 496	19 161	11 496	4 024	15 520
MPB1	2,0	275 675,00	80 000,00	0	0,6	0,5	0	330 810	80 000	330 810	551 350	330 810	165 405	496 215
MPB2	2,0	30 861,53	8 000,00	0	0,6	0,5	0	37 034	8 000	37 034	61 723	37 034	18 517	55 551
EMBEQ1	4,0	1 750,19	10 000,00	0	0,2	0,4	0	1 400	10 000	10 000	7 001	1 400	490	1 890
EMBEQ2	3,0	80,29	2 500,00	0	0,4	0,5	0	96	2 500	2 500	241	96	48	145
EMBCX2	3,0	159,15	2 500,00	0	0,4	0,7	0	191	2 500	2 500	477	191	124	315
EMBFL1	3,0	851,66	10 000,00	0	0,4	0,7	0	1 022	10 000	10 000	2 555	1 022	664	1 686
EMBSC2	2,0	78,80	2 500,00	0	0,6	0,5	0	95	2 500	2 500	158	95	47	142
EMBCX4	3,0	176,92	2 500,00	0	0,4	0,7	0	212	2 500	2 500	531	212	138	350

APÊNDICES

APÊNDICE J – QUADRO DDMRP

Tipo	Referência	Buffers						Stock	Alerta	Fluxo Líquido	Prioridade	Limite Consumo Diário	Ruturas	Qt.d Min (Enc. Op)	Entcomenda (Recomendada)
		Zona Verde	Zona Amarela	Zona Vermelha	Fronteira Sup Vermelha	Fronteira Sup Amarela	Fronteira Sup Verde								
PA	1PÃO76	400	92	82	82	173	573	-	Vermelho	887	155%	82	-	400	-
	1BRO21	120	99	28	28	127	247	71	Amarelo	43	17%	28	-	120	204
	1BAG2	140	98	105	105	203	343	732	Excesso de Stock	704	205%	105	-	140	-
	1BAG1	160	70	75	75	145	305	763	Excesso de Stock	762	250%	75	-	160	-
MP	MPC1	12 500	20 833	16 875	16 875	37 707	50 207	15 000	Vermelho	11 322	23%	16 875	-	2 400	38 885
	MPC3	72 484	120 806	108 725	108 725	229 531	302 015	46 570	Vermelho	19 834	7%	108 725	-	12 000	282 181
	MPC4	359 653	599 422	485 532	485 532	1 084 954	1 444 607	800 540	Amarelo	678 164	47%	485 532	-	50 000	766 443
	MPP3	7 959	13 265	13 132	13 132	26 396	34 355	28 023	Verde	26 772	78%	13 132	-	1 200	7 583
	MPP4	1 326	2 211	1 990	1 990	4 200	5 527	4 050	Amarelo	3 842	70%	1 990	-	200	1 685
	MPC5	11 496	19 161	15 520	15 520	34 681	46 177	14 238	Vermelho	9 651	21%	15 520	-	5 000	36 527
	MPB1	330 810	551 350	496 215	496 215	1 047 565	1 378 375	1 008 986	Amarelo	852 971	62%	496 215	-	80 000	525 404
	MPB2	37 034	61 723	55 551	55 551	117 274	154 308	50 467	Vermelho	34 601	22%	55 551	-	8 000	119 706
E	EMBEQ1	10 000	7 001	1 890	1 890	8 891	18 891	7 500	Amarelo	5 610	30%	1 890	-	10 000	13 281
	EMBEQ2	2 500	241	145	145	385	2 885	2 500	Verde	2 355	82%	145	-	2 500	2 500
	EMBCX2	2 500	477	315	315	793	3 293	400	Amarelo	85	3%	315	-	2 500	3 208
	EMBFL1	10 000	2 555	1 686	1 686	4 241	14 241	1 300	Vermelho	386	-3%	1 686	RUTURA	10 000	14 628
	EMBSC2	2 500	158	142	142	299	2 799	140	Vermelho	2	0%	142	RUTURA	2 500	2 801
	EMBCX4	2 500	531	350	350	881	3 381	678	Amarelo	328	10%	350	-	2 500	3 053

APÊNDICE L – SIMULAÇÃO (CENÁRIO ATUAL)

Produtos		Dados Mestre		Dia			
Referência (PA)	Precedências (MP, E)	LT Fornecimento (Dias)	Tempo de Produção PA (Horas)	Encomenda	Início da Produção	Fim da Produção	Produto Disponível
1PÃO82	MPC1	2	12	0	4	5	6
	MPC2	0					
	MPC3	2					
	MPC4	2					
	MPP3	2					
	MPP4	2					
	MPC5	2					
	EMBEQ1	4					
	EMBEQ2	3					
	EMBCX4	3					
EMBCX6	3						
1PÃO72	MPC1	2	12	0	4	5	6
	MPC2	0					
	MPC3	2					
	MPC4	2					
	MPP3	2					
	MPP4	2					
	MPC5	2					
	MPP5	2					
	EMBEQ1	4					
	EMBCX4	3					
EMBCX7	2						
1BRO121	MPC1	2	20	0	4	5	6
	MPC2	0					
	MPC3	2					
	MPC4	2					
	MPC5	2					
	MPB1	2					
	MPB2	2					
	EMBEQ1	4					
	EMBSC2	2					
	EMBCX3	2					
	EMBEQ3	4					
	EMBFC1	0,5					

APÊNDICE L – SIMULAÇÃO (CENÁRIO ATUAL) - CONTINUAÇÃO

1BRO20	MPC1	2	20	0	4	5	6
	MPC2	0					
	MPC3	2					
	MPC4	2					
	MPC5	2					
	MPB1	2					
	MPB2	2					
	EMBEQ1	4					
	EMBCX2	3					
	EMBSC2	2					
1BRO22	MPC1	2	20	0	4	5	6
	MPC2	0					
	MPC4	2					
	MPC5	2					
	MPB1	2					
	MPB3	2					
	MPB4	2					
	EMBSC1	1					
	EMBCX1	2					
	EMBEQ1	4					
	EMBEQ2	3					
1BRO21	MPC1	2	28	0	4	6	7
	MPC2	0					
	MPC3	2					
	MPC4	2					
	MPC5	2					
	MPB1	2					
	MPB2	2					
	EMBEQ1	4					
	EMBCX2	3					
	EMBFL1	3					

APÊNDICE M – SIMULAÇÃO (CENÁRIO DDMRP)

Produtos		Dados Mestre		Dia				Melhorias	
Referência (PA)	Precedências (MP, E)	LT Fornecimento (Dias)	Tempo de Produção PA (Horas)	Encomenda	Início da Produção	Fim da Produção	Produto Disponível		
1P4O82	MPC1	2	12	0	3	4	5	17%	
	MPC2	0							
	MPC3	2							
	MPC4	2							
	MPP3	2							
	MPP4	2							
	MPC5	2							
	EMBEQ1	4							
	EMBEQ2	3							
	EMBCX4	3							
	EMBCX6	3							
1P4O72	MPC1	2	12	0	2	3	4	33%	
	MPC2	0							
	MPC3	2							
	MPC4	2							
	MPP3	2							
	MPP4	2							
	MPC5	2							
		MPP5							2
	EMBEQ1	4							
	EMBCX4	3							
EMBCX7	2								
1BRO121	MPC1	2	20	0	4	5	6	0%	
	MPC2	0							
	MPC3	2							
	MPC4	2							
	MPC5	2							
	MPB1	2							
	MPB2	2							
	EMBEQ1	4							
	EMBSC2	2							
	EMBCX3	2							
		EMBEQ3							4
		EMBFC1							0,5

APÊNDICE M – SIMULAÇÃO (CENÁRIO DDMRP) - CONTINUAÇÃO

1BRO20	MPC1	2	20	0	0	1	2	67%
	MPC2	0						
	MPC3	2						
	MPC4	2						
	MPC5	2						
	MPB1	2						
	MPB2	2						
	EMBEQ1	4						
	EMBCX2	3						
	EMBSC2	2						
1BRO22	MPC1	2	20	0	2	3	4	33%
	MPC2	0						
	MPC4	2						
	MPC5	2						
	MPB1	2						
	MPB3	2						
	MPB4	2						
	EMBSC1	1						
	EMBCX1	2						
EMBEQ1	4							
EMBEQ2	3							
1BRO21	MPC1	2	28	0	0	0	0	100%
	MPC2	0						
	MPC3	2						
	MPC4	2						
	MPC5	2						
	MPB1	2						
	MPB2	2						
	EMBEQ1	4						
	EMBCX2	3						
	EMBFL1	3						