



# **MELHORIA DE PROCESSOS LOGÍSTICOS NUM ARMAZÉM DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS COM BASE NUMA CLASSIFICAÇÃO ABC MULTICRITÉRIO**

**João Nuno Jardim Duarte Felisberto**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes

**Júri**

Presidente: Prof. Paulo Vasconcelos Dias Correia

Orientador: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Vogal: Prof. Cristina Marta Castilho Pereira Santos Gomes

**Janeiro 2021**

## **DECLARAÇÃO**

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

## **DECLARATION**

I declare that this document is an original work of my own authorship and that it fulfils all the requirements of the Code of Conduct and Good Practises of the Universidade de Lisboa.

## RESUMO

A empresa em estudo consiste numa sociedade de apetrechamento técnico e científico que presta serviços de assistência técnica e comercializa equipamentos de laboratório, de investigação científica e de controlo de qualidade industrial.

Pretende-se, com a presente dissertação, e uma vez que a organização lida com um extenso número de peças de substituição, desenvolver um sistema de classificação multicritério considerando três critérios-chave: volume de vendas gerado, que assenta numa classificação ABC tradicional; criticidade, que segue uma análise VED; variabilidade da procura, avaliada segundo uma classificação XYZ. Relativamente ao segundo critério mencionado, o mesmo divide-se em três subcritérios fundamentais: tempo de aprovisionamento médio, variabilidade do tempo de aprovisionamento e número de potenciais fornecedores.

Para efeitos de resolução do problema multicritério, o método AHP (*Analytic Hierarchy Process* – Processo Hierárquico Analítico) foi utilizado de forma a obter os pesos dos critérios considerados e as pontuações globais de cada uma das trinta e duas classes de SKU (*Stock Keeping Unit*).

No futuro, a ideia da empresa é servir-se do modelo construído para desenvolver políticas de gestão e controlo de inventário para cada uma das categorias obtidas, bem como atribuir níveis de serviço consoante as especificações de cada uma.

Por último, importante mencionar que os resultados obtidos foram validados pelos intervenientes do processo de tomada de decisão que os consideraram promissores na medida em que torna possível elaborar um conjunto de recomendações, em termos de práticas de gestão de stocks, que visem a otimização dos processos de encomenda e que aumentem a rentabilidade operacional da organização.

**Conceitos chave:** SKU, classificação ABC, análise VED, processo hierárquico analítico (AHP), nível de serviço e políticas de gestão de inventário

## **ABSTRACT**

The company under study is a technical and scientific organisation that provides technical assistance services and sells equipment for laboratory, scientific research and industrial quality control.

The present dissertation main goal, and since the company handles an extensive number of spare parts, is to develop a multicriteria classification model considering three key-criteria: sales volume, that follows a traditional ABC classification; criticality, according to a VED analysis; demand variability, evaluated through a XYZ classification. Regarding the second criterion mentioned, it's divided into three fundamental sub criteria: lead time, lead time variability and number of suppliers.

In order to solve the multicriteria problem, the Analytical Hierarchical Process (AHP) was used to obtain the criteria weights and the global score for each of the thirty-two classes of SKU (Stock Keeping Unit).

In the future, the company's idea is to make use of this model to develop inventory management and control policies for each of the categories obtained, as well as assign service levels according to specifications of each one.

Finally, it is important to mention that the results were validated by those involved in the decision-making process, who considered them promising as it will be possible to develop a set of recommendations and guidelines, in terms of stock management, aimed at optimizing processes at the warehouse and increase the operational profitability of the organization in hands.

**Key words:** SKU, ABC classification, VED analysis, Analytical Hierarchical Process (AHP), service levels and inventory management policies

## **AGRADECIMENTOS**

A entrega da presente dissertação de Mestrado marca a conclusão de uma etapa muito importante na minha vida, repleta de momentos de muito esforço, dedicação, resiliência e trabalho árduo. Não obstante, todos os envolvidos neste processo moroso e aos que me acompanharam durante o meu percurso acadêmica, só tenho a agradecer.

À empresa onde realizei o estágio que me possibilitou uma visão integrada das ferramentas que aprendi durante o curso e me deu suporte e apoio no desenvolvimento da dissertação.

Ao meu orientar, o Professor Doutor Amílcar Arantes, pela sua disponibilidade, acessibilidade, apoio incondicional e motivação partilhada. Agradeço do fundo do coração por ter contribuído para que esta etapa da minha vida não fosse tão difícil como poderia ter sido e por toda a partilha de conhecimento e experiência.

Aos meus pais e irmã, tenho a agradecer todo o apoio e carinho, por terem lutado do meu lado enquanto seguia os meus sonhos e perseguia os meus objetivos. Um muito obrigado nunca será suficiente para agradecer tudo o que fizeram por mim.

A todos os amigos que fiz durante o curso e aos que sempre cá estiveram, por não me terem deixado sentir sozinho, triste e perdido. Obrigado por cada uma das gargalhadas e por todas as experiências únicas que partilhámos juntos. Levarei no coração cada um desses momentos.

# ÍNDICE

<b>Resumo</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	ii
<b>Índice</b> .....	iii
<b>Lista de Figuras</b> .....	iv
<b>Lista de Tabelas</b> .....	v
<b>Lista de Acrónimos</b> .....	vi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. <i>Contextualização e Motivação</i> .....	1
1.2. <i>Objetivos da Dissertação</i> .....	4
1.3. <i>Metodologia de investigação</i> .....	4
1.4. <i>Estrutura da Dissertação</i> .....	6
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO</b> .....	<b>7</b>
2.1. <i>Caracterização da Empresa</i> .....	7
2.2. <i>Gestão do stock na Empresa A</i> .....	8
2.3. <i>Análise e especificação do problema</i> .....	12
2.4. <i>Conclusões do capítulo</i> .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
3.1. <i>Gestão de stocks</i> .....	18
3.2. <i>Classificação ABC</i> .....	20
3.3. <i>Análise de criticidade (VED)</i> .....	23
3.4. <i>Análise Multicritério (ABC-VED)</i> .....	29
3.5. <i>Variabilidade da Procura (XYZ)</i> .....	32
3.6. <i>Modelos para problemas de MCIC</i> .....	34
3.7. <i>Processo Hierárquico Analítico (AHP)</i> .....	36
3.8. <i>Conclusão - Integração das ferramentas e metodologias estudadas</i> .....	40
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO ABC MULTICRITÉRIO</b> .....	<b>44</b>
4.1. <i>Classes de SKU</i> .....	45
4.2. <i>Critérios de avaliação</i> .....	47
4.2.1. <i>Avaliação dos critérios</i> .....	50
4.2.1.1. <i>Volume de vendas (ABC)</i> .....	51
4.2.1.2. <i>Análise de Criticidade (VED)</i> .....	53
4.2.1.3. <i>Variabilidade da Procura (XYZ)</i> .....	55

4.2.2. <i>Priorização dos critérios</i> .....	56
4.3. <i>Conclusões do capítulo</i> .....	59
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>61</b>
5.1. <i>Classificação ABC e divisão dos SKU</i> .....	61
5.2. <i>Análise VED dos SKU</i> .....	63
5.3. <i>Classificação XYZ dos SKU</i> .....	66
5.4. <i>Modelo de classificação ABC multicritério dos SKU</i> .....	69
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>79</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>82</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia de trabalho adotada .....	5
Figura 2 - Processo de encomenda .....	10
Figura 3 - Identificação, a tracejado, das operações problemáticas .....	15
Figura 4 - Visão global do problema .....	17
Figura 5 - Os elementos integrantes do design de um sistema logístico universal, adaptada de (Huiskonen, 2001).....	19
Figura 6 - Essência do Princípio de Pareto aplicada ao caso em estudo, adaptada de (Chen, Li., Kilgour & Hipel, 2008).....	21
Figura 7 - Criticidade de peças de substituição (adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) e (Braglia, Grassi & Montanari, 2004)).....	25
Figura 8 - Tipos de criticidade, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014).....	25
Figura 9 - Categorias atribuídas no modelo VED, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) .....	27
Figura 10 - Classificação multicritério com base em três critérios associados ao conceito de criticidade, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) .....	29
Figura 11 - Representação de uma matriz de critérios conjugados adaptado de (Flores & Whybark, 1985) .....	31
Figura 12 - Critérios vulgarmente utilizados na classificação ABC multicritério .....	32
Figura 13 - Modelo AHP para a classificação de SKU, adaptado de (Saaty, 2008), com base no presente caso de estudo .....	38
Figura 14 - Diagrama de decisão genérico .....	40
Figura 15 - Esquema da metodologia a seguir e integração das ferramentas a utilizar .....	41
Figura 16 - Processo de desenvolvimento da framework proposta baseada nos princípios da pesquisa-ação.....	44
Figura 17 - Percentagem de produtos inseridos em cada SKU .....	46
Figura 18 - Representação gráfica da curva ABC com base nas percentagens acumuladas de volume de vendas gerado .....	52
Figura 19 - Diagrama de decisão do problema multicritério.....	57
Figura 20 - Resultados da classificação ABC versus Resultados modelo multicritério.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns exemplos de subcritérios relacionados com o conceito de criticidade (adaptado de Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008) .....	26
Tabela 2 - Subcritérios de criticidade aplicados no modelo desenvolvido por (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) .....	28
Tabela 3 - Medidas para categorizar as peças nas classes V, E e D, tendo por base subcritérios de criticidade, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) .....	28
Tabela 4 - Modelos para problemas de MCIC - Baseado em (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) .....	34
Tabela 5 - Escala de comparações a pares de AHP (adaptado de (Saaty, 2008)) .....	38
Tabela 6 - Valores de IA para problemas multicritério .....	39
Tabela 7 - Classes de SKU e respetivas designações .....	45
Tabela 8 - Etapas do AHP no contexto do presente caso de estudo .....	48
Tabela 9 - Critérios e subcritérios utilizados no modelo de classificação ABC multicritério .....	48
Tabela 10 - Pontuação numérica atribuída, para inserção no modelo multicritério, em função da categoria obtida no Critério 1 – Volume de Vendas .....	52
Tabela 11 - Escala de avaliação do subcritério "Tempo de aprovisionamento" .....	53
Tabela 12 - Escala de avaliação do subcritério "Variabilidade do tempo de aprovisionamento" .....	54
Tabela 13 - Escala de avaliação do subcritério "Número de potenciais fornecedores" .....	54
Tabela 14 - Pontuação numérica atribuída, para inserção no modelo multicritério, em função da categoria obtida no Critério 2 – Criticidade .....	55
Tabela 15 - Pontuação numérica atribuída, para inserção no modelo multicritério, em função da categoria obtida no Critério 3 – Variabilidade da procura .....	56
Tabela 16 - Peso dos subcritérios associados à Criticidade (Análise VED) .....	58
Tabela 17 - Peso dos critérios do modelo de classificação multicritério .....	59
Tabela 18 - Categoria obtida para cada SKU em função do volume de vendas obtido (Critério 1) .....	62
Tabela 19 - Categoria obtida para cada classe de SKU em cada um dos subcritérios e pontuação global VED (Critério 2) .....	64
Tabela 20 – Categoria obtida para cada classe de SKU em função da variabilidade da procura (Critério 3) .....	67
Tabela 21 - Número de classes de SKU em cada categoria .....	70
Tabela 22 - Pontuações parciais obtidas em cada um dos critérios e apresentação das classes finais para cada SKU .....	71
Tabela 23 - Cada cor representa os SKU que estão em cada um dos três gráficos. ....	83

## **ACRÓNIMOS**

AHP – Processo Hierárquico Analítico

DEA – *Data Envelopment Analysis*

DM – *Decision Maker*

EOQ – *Economic Order Quantity*

ERP – *Entreprise Resource Planning*

MCIC – Multi-Criteria Inventory Classification

SKU – *Stock Keeping Unit*

VED – Vital, Essencial e Desejável

APICS – *American Production and Inventory Control Society*



# 1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo serve de introdução à Dissertação em Engenharia e Gestão Industrial, facultando as informações necessárias para um correto entendimento do contexto e motivação da mesma.

Nesse sentido, e para fins de organização, este capítulo divide-se em quatro seções distintas. A primeira consiste na contextualização e motivação do problema, onde são apresentados as principais vulnerabilidades e limitações de indústrias de retalho de peças de reposição, nomeadamente que segmentos das operações são suscetíveis de gerarem problemas em termos de gestão eficiente de *stocks*.

De seguida apresentar-se-á as etapas a seguir para a obtenção do modelo e os objetivos a alcançar com a dissertação, isto é, o desenvolvimento de um sistema de classificação de SKU (*Stock Keeping Unit*) que possa ser implementado pela empresa e utilizado como base para o desenvolvimento de estratégias de controlo e gestão de inventário. Para este fim, segue-se a seção destinada à exposição da metodologia de investigação a seguir para a construção do modelo de classificação supramencionado e, por fim, a estrutura da dissertação é apresentada por capítulos.

## 1.1. Contextualização e Motivação

Empresas de retalho de equipamentos tecnológicos lidam, constantemente, com inventários que podem conter milhares de artigos. Não obstante, os recursos existentes para os manter são frequentemente limitados. Com o intuito de ganhar eficiência operacional, na gestão de inventário, há que tentar utilizar os recursos disponíveis da melhor forma possível. Como? Rentabilizando-os, e incidindo o foco preferencialmente nos artigos de maior importância. (Hatefi, Torabi, and Bagheri, 2013)

A problemática reside, precisamente, na forma como os diferentes graus de importância são atribuídos face a uma panóplia vasta de SKU e níveis de exigência e complexidade distintos. Estes podem ser produtos finais com um elevado impacto económico, peças de reposição independentes ou que integrem produtos finais.

A gestão que se faz de peças de substituição, para fins de manutenção preventiva ou corretiva de equipamentos finais, contribui consideravelmente para a receita total e volume de vendas das organizações modernas que operam neste segmento de mercado (comercialização de equipamentos e peças de substituição). (Gallagher, Mitchke & Rogers, 2005) No entanto, segundo (Hu, Boylan, Chen & Labib, 2017) esta gestão é, frequentemente, negligenciada em prol da gestão de produtos finais. Isto resulta na adoção de técnicas de gestão indiferenciadas

das que são utilizadas para este último tipo de produtos. Assim, várias empresas sofrem com as implicações de previsões de procura ineficientes e políticas de gestão de *SKU* inapropriadas.

De acordo com (Ng, 2007), perante um vasto conjunto de artigos de inventário, com características específicas, é fulcral o desenvolvimento de diferentes políticas de gestão que podem ser utilizadas para grupos de artigos distintos. Adicionalmente, de forma a gerir com sucesso e qualidade o processo de manutenção de *stock* é fulcral manter uma certa quantidade de peças de substituição de inventário. Estes níveis de quantidade a assegurar estão relacionados com a procura dessas mesmas peças. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Controversamente, manter níveis de stock elevados de alguns artigos pode implicar custos de manutenção de stock elevados e consumo de uma porção significativa de capitais de investimento. Isto faz com que a gestão de stock seja um problema crítico que deve ser cuidadosamente estudado e analisado. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Por outro lado, o custo associado à falta de certas peças implica, geralmente, perdas ao nível da qualidade do serviço prestado, as quais são difíceis de quantificar. O risco associado à falta de um determinado artigo acarreta, também, custos associados que não são facilmente determinados e corretamente alocados. Para alguns tipos de *SKU*, nomeadamente para fins de manutenção corretiva, a sua inexistência em inventário implica um custo elevado e, nesse caso, requer que lhes seja dada uma importância acrescida. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Os requerimentos para o planeamento logístico e operacional de peças de substituição diferem dos de outros materiais (e.g. produtos finais) em diversos aspetos (Huiskonen, 2001)

- Os requisitos no que diz respeito ao nível de serviço são elevados uma vez que os efeitos associados ao fenómeno de “*stockout*” podem ter um impacto financeiro considerável;
- A procura por estas peças pode ser esporádica e difícil de prever – incerteza na procura;
- O valor destes artigos individuais pode ser extremamente elevado.

Estas características fazem com que seja importante racionalizar os sistemas logísticos de peças de substituição e, atendendo a esta panóplia de requisitos, é natural que a gestão deste tipo de peças seja frequentemente investigada no contexto de gestão de stock, nomeadamente no que diz respeito à modelação do inventário. (Huiskonen, 2001)

Adicionalmente, (Bacchetti & Sacanni, 2012) afirmam que um dos maiores problemas no contexto de peças de substituição resulta da escassez de estudos que abordem uma perspetiva integrada com foco na classificação, gestão e previsão da procura, modelos de gestão de inventário e ferramentas para medir desempenho. Estes investigadores concluíram que a adoção de uma visão integrada destas áreas é um dos aspetos que mais afeta a qualidade global da gestão de stock das indústrias.

No contexto de controlo de inventário, níveis de serviço constituem, indiscutivelmente, a medida de desempenho mais importante. Existe, então, a necessidade de adotar e aplicar ferramentas

de auxílio à tomada de decisão no que diz respeito a manutenção de peças de substituição e à forma como as mesmas são geridas e organizadas.

Segundo (Teunter, Babai & Syntetos, 2010), muitas são as empresas que utilizam a classificação ABC para agrupar SKU em categorias distintas, nomeadamente, A, B e C. Para cada uma das classes são definidas estratégias de gestão e estipulados requisitos básicos e níveis de serviço específicos em função da importância de cada categoria. Em suma, consoante se um certo SKU faz parte de uma categoria mais ou menos importante, de acordo com a visão da organização, é tratada e monitorizada de forma a minimizar o impacto negativo da sua inexistência em inventário. Desse modo, este tipo de sistemas de classificação de SKU é extensamente utilizado por organizações empresariais para fins de dinamização e gestão de inventário, principalmente quando este é constituído por um vasto número de peças distintas.

Durante as últimas décadas foi produzido um grande número de estudos que serviram de suporte para a modelação de diferentes situações de controlo de inventário, tal como a análise ABC mencionada acima, que será apresentada e caracterizada no capítulo destinado à revisão bibliográfica.

Importante mencionar que, na prática, stocks de peças de substituição são vulgarmente geridos através da aplicação de princípios gerais de gestão de inventário, o que pode resultar num défice de atenção prestada ao controlo de características específicas deste tipo de materiais, o que pode comprometer o nível de serviço, seja em termos de grau de satisfação do cliente final ou qualquer outro parâmetro, pretendido. (Huiskonen, 2001)

Concluindo, para contrariar as lacunas que podem resultar de uma gestão de stock deficiente é crucial ter em atenção os seguintes aspetos:

- Em primeira instância ter plena noção do tipo de artigos que integram o inventário de uma organização;
- Entender a forma como os artigos estão relacionados com volumes de vendas e quantidades associadas, de forma a ter uma visão integral do volume de vendas gerado em função do tipo de artigo de inventário;
- Estudar a criticidade e o impacto, em termos de nível de serviço prestado, resultante da ausência de certos artigos de inventário – Análise de Criticidade (VED);
- Reunir ferramentas e modelos, tais como a Análise ABC multicritério (agrupamento de artigos de inventário em classes distintas com base em critérios relevantes pré-definidos), para auxiliar a implementação de políticas de gestão de inventário apropriadas.
- Em suma, reunir informação, identificar fraquezas e oportunidades de melhoria, definir critérios de avaliação de inventário e, tal como foi dito acima, reunir metodologias e ferramentas que sirvam de suporte à classificação e organização dos SKU.

## 1.2. Objetivos da Dissertação

Perante as limitações e problemas na gestão de inventário na empresa A, o objetivo principal é o desenvolvimento e implementação de um modelo de classificação ABC multicritério com o intuito de otimizar os processos logísticos e de processamento de encomendas, visando o aumento no nível de serviço prestado e redução dos custos de manutenção de stock.

Nesse sentido, para a presente dissertação foram definidos os três seguintes objetivos operacionais:

- Uma revisão bibliográfica estruturada e consistente, tendo em conta o contexto do caso de estudo da empresa A e o funcionamento da mesma, com vista ao desenvolvimento de um modelo de classificação multicritério.
- Aplicação do modelo e obtenção dos resultados, isto é, a distribuição das várias classes de SKU pelas categorias do modelo em função de critérios pré-definidos.
- Análise minuciosa dos resultados e, em função deles, propor sugestões de políticas e estratégias de gestão de inventário para a empresa A. O objetivo futuro, para a mesma, seria implementar o modelo de classificação, e estudar as suas conclusões, de forma a colmatar as falhas verificadas ao nível do serviço prestado e qualidade do mesmo.

Para dar justificar a revisão bibliográfica e dar suporte ao entendimento do modelo e respetivos resultados, uma contextualização do caso de estudo e descrição do funcionamento da empresa envolvida é necessário. Nomeadamente em termos de enunciação dos problemas e limitações verificadas na gestão de stock e de encomendas, levada a cabo pela empresa A e em que medida as metodologias propostas podem conduzir a melhorias significativas;

## 1.3. Metodologia de investigação

As etapas que integram a metodologia de investigação adotada na Dissertação em Engenharia e Gestão Industrial estão apresentadas, de forma sintética, na **Figura 1**.

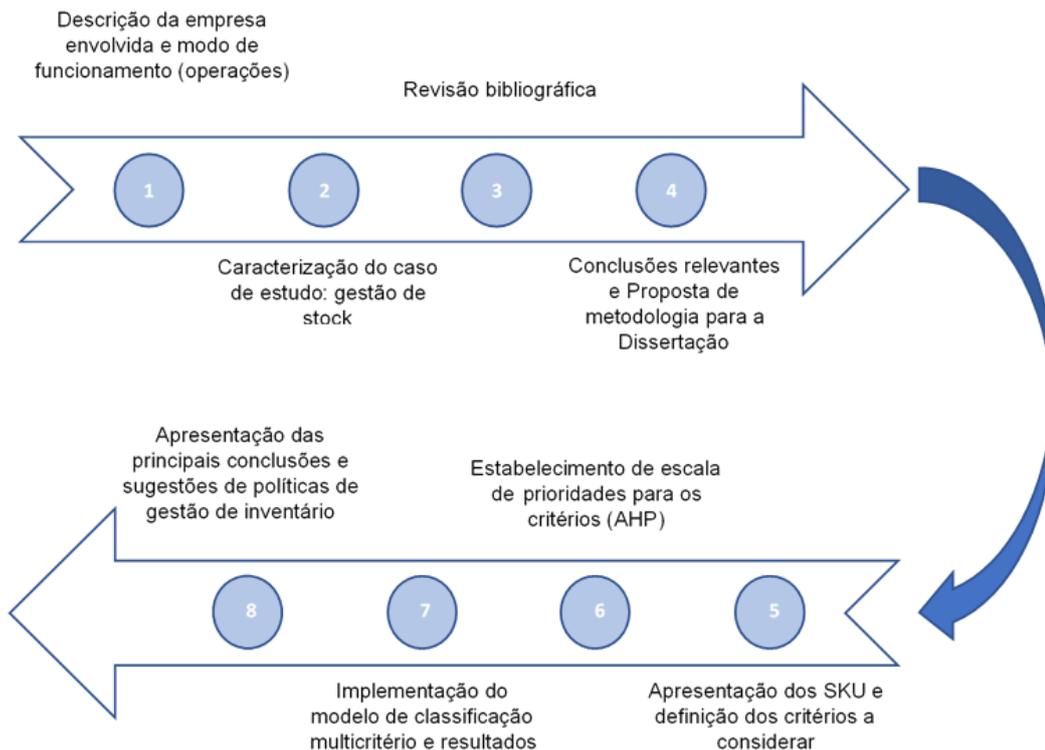


Figura 1 - Metodologia de trabalho adotada

Numa fase inicial é caracterizado o contexto organizacional da empresa A, as atividades logísticas inerentes, preferencialmente em termos de processamento de encomendas, bem como o mercado no qual opera.

Na segunda etapa da presente dissertação, procede-se à apresentação da visão global do problema em questão, enunciando o estado atual da empresa A, bem como as problemáticas que enfrenta no que diz respeito à gestão de stock e limitações sentidas ao nível do serviço prestado.

A terceira etapa é destinada à revisão bibliográfica, iniciando-se com a problemática associada à gestão de *stock*, passando pela apresentação minuciosa da classificação ABC com base em múltiplos critérios. Apresenta-se também as características de uma análise VED e que tipo de tópicos são geralmente considerados quando se aborda o conceito de criticidade.

No contexto de priorização dos critérios é também abordado o AHP (*Analytic Hierarchy Process* – Processo Hierárquico Analítico) e justificada a sua utilização na atividade de ponderação do peso dos critérios.

De seguida, são apresentadas as principais conclusões da revisão bibliográfica e apresentada a proposta de metodologia de investigação aplicada na dissertação.

Por fim, o modelo é desenvolvido tendo por base três critérios previamente definidos e os trinta e dois SKU da empresa agrupados em três categorias finais, com base nas suas pontuações globais e no peso obtido para cada critério via AHP.

Com base nos resultados obtidos, são propostas estratégias e políticas de gestão de inventário que colmatem as limitações e problemas experienciados pela empresa A e apresentadas as principais conclusões.

#### 1.4. Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação está dividida em seis capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução: capítulo destinado à contextualização do problema e motivação do caso de estudo, bem como à definição dos objetivos que se pretende alcançar com a dissertação. A metodologia de investigação adotada é apresentada, assim como a estrutura que a caracteriza, de forma a atingir os objetivos delineados.
- Capítulo 2 – Caracterização do caso de estudo: capítulo direcionado para a apresentação e caracterização da empresa A e mercado no qual coexiste. O problema real a estudar é enunciado, através de uma análise criteriosa à situação atual, em termos de gestão insuficiente e ineficiente de inventário.
- Capítulo 3 – Revisão bibliográfica: secção na qual a metodologia a aplicar é escrutinada, com base em fundamentos teóricos dos conceitos-chave a desenvolver, nomeadamente classificação ABC multicritério, análise VED, variabilidade da procura, critérios normalmente utilizados e Processo Hierárquico Analítico (AHP) para efeitos de ponderação do peso dos critérios. Especifica-se, adicionalmente, as ferramentas destas metodologias mais adequadas ao presente caso de estudo.
- Capítulo 4 – São apresentados todos os dados necessários ao desenvolvimento do modelo multicritério e de que forma serão utilizados no mesmo. Define-se, também, os critérios a utilizar e a escala de prioridades a considerar (ponderação dos pesos dos critérios).
- Capítulo 5 – Apresentam-se os principais resultados obtidos na implementação do modelo multicritério e, por conseguinte, dividem-se as trinta e duas classes de SKU da empresa por três categorias finais. São propostas políticas e gestão de inventário para os vários SKU com o intuito de otimizar o nível de serviço prestado.
- Capítulo 6 – São enunciadas as principais conclusões da presente Dissertação e em que medida a mesma contribuirá para melhorias significativas na gestão de stock da empresa A.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

Este capítulo tem como propósito apresentar a empresa em estudo e identificar o problema a ser abordado e tratado.

Em primeira instância introduz-se a empresa A, caracterizando-a e ao mercado no qual opera. De seguida são apresentados os processos logísticos suscetíveis de gerar problemas e limitações no funcionamento da organização e as respetivas causas potenciais. Deste modo, com esta seção, pretende-se criar uma plataforma que sirva de introdução à apresentação da bibliografia relevante para o caso em estudo.

### 2.1. Caracterização da Empresa

A empresa em estudo, tal como foi mencionado, trata-se de uma organização de apetrechamento técnico e científico que comercializa equipamentos para laboratório de diagnóstico, investigação científica e qualidade industrial, operando em diversos segmentos do tecido empresarial. Presta, também, serviços de assistência técnica à vasta gama de equipamentos que comercializa.

A nível de estrutura da rede de distribuição, a organização dispõe de dois armazéns centrais, que operam igualmente como centros de distribuição, localizados em Sintra (Centro) e Ermesinde (Norte).

Lida com uma larga carteira de clientes, desde universidades, institutos de investigação científica, hospitais e unidades de saúde variadas e empresas cujas atividades necessitem de controlo de qualidade industrial ou investigação científica.

Opera num mercado de nicho com elevada procura, não obstante o número reduzido de organizações que comercializam equipamentos deste tipo. Nesse sentido, a diferenciação da empresa em estudo, face às empresas concorrentes assenta, quase integralmente, em três pilares: qualidade dos equipamentos comercializados; relações comerciais estáveis e promissoras que fomentem novos projetos de investimento; nível de serviço prestado no que diz respeito à eficácia e eficiência tanto no abastecimento de produtos finais, como na prestação de serviços de assistência técnica.

Uma vez que comercializa equipamentos de elevada qualidade tecnológica, comprovada pelos altos padrões de resultados operacionais obtidos pelos seus clientes, a empresa tem condições para se comprometer a facultar uma gama de produtos de confiança, sendo por isso solicitada em diferentes segmentos de negócio, nomeadamente:

- Medicina regenerativa humana;
- Medicina regenerativa e terapia celular;
- Medicina regenerativa veterinária;
- Indústria, Ensaios e Controlo de Qualidade;

- Investigação científica;
- Ciências da vida.

Lidando com este extenso número de segmentos de negócio e atendendo à exigência imposta pelos mesmos, o nível de serviço prestado pela empresa A é, indiscutivelmente, um método de diferenciação importantíssimo. Muitas das empresas que dependem dos produtos e serviços comercializados pela empresa A, pela natureza do seu negócio, exigem tempos de reposta curtos e rapidez no abastecimento dos produtos.

Nesse sentido, é fulcral frisar que o nível de serviço resulta diretamente da medição do desempenho, através de dois indicadores-chave: qualidade de resposta a carências sentidas pelos clientes, no que diz respeito aos processos de encomenda de equipamentos (produtos finais) e de peças de substituição; eficácia e rapidez na prestação de serviços de assistência técnica.

Surge, então, a necessidade de relacionar o processo de maximização dos dois indicadores acima indicados com a qualidade e eficiência da gestão de stock levada a cabo pelo operador logístico em análise. Há que definir, também, em que medida o nível de serviço prestado fica comprometido com a aplicação de políticas de gestão de inventário insuficientes ou inapropriadas, para as quais a presente dissertação pretende contribuir positivamente.

Nos subcapítulos que se seguem é abordada a situação inicial verificada no contexto de gestão de SKU, com apresentação dos problemas e limitações das políticas atuais. Adicionalmente, especifica-se os problemas e procede-se ao diagnóstico de possíveis causas com apresentação das metodologias a adotar para colmatar os problemas identificados.

## 2.2. Gestão do stock na Empresa A

A empresa em estudo, tal como foi mencionado, comercializa equipamentos para laboratórios de diagnóstico, investigação científica e qualidade industrial, operando em diversos segmentos do tecido empresarial.

Por conseguinte, lidam com inúmeras marcas distintas, cujos fornecedores se encontram espalhados geograficamente pelo globo. Existe, então, a necessidade de lidar com milhares de peças de inventário, provenientes de inúmeras localizações, cujo tempo para abastecimento dos armazéns centrais pode ser variável.

Adicionalmente, a organização presta serviços de assistência técnica que, frequentemente, carecem de peças de substituição para atividades de manutenção junto do cliente. Estes serviços podem apresentar uma periodicidade constante ou resultar de uma procura incerta e difícil de prever (manutenção preventiva ou calendarizada *versus* manutenção corretiva ou não-planeada).

A empresa em estudo disponibiliza serviços de assistência técnica, logo é importante mencionar que existem duas práticas distintas de controle de inventário.

A primeira, que assenta na manutenção preventiva, cuja procura por peças de reposição é agendada e previsível, sabendo-se exatamente quando será necessária. Deste modo, é possível proceder às encomendas dessas peças de forma a que cheguem exatamente quando são precisas, não sendo por isso, na maior parte dos casos, necessário manter em stock esses artigos. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

A segunda, por outro lado, consiste no tipo de assistência técnica que advém da manutenção corretiva na qual existem peças de reposição que são necessárias com urgência e sem agendamento prévio. As consequências de não manter em stock essas peças resultam em interrupções graves nas operações de manutenção, o que evidencia a importância de adotar políticas de *stock* de segurança. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Na manutenção preventiva, muitos dos equipamentos comercializados necessitam de reparações ou inspeções periódicas, cujos recursos, tanto humanos como materiais, são de fácil acesso e devidamente alocados. No entanto, frequentemente, os clientes solicitam reparações isoladas (e não planeadas), devido a falhas, ou *upgrades* dos equipamentos que possuem – que, por sua vez, são processos que podem necessitar da disponibilidade de certos stocks de materiais. A inexistência de uma certa peça pode resultar em interrupções da prestação de serviços de assistência técnica e, conseqüentemente, prejudicar a normal atividade do cliente.

Ao contrário do que a empresa pretendia, a maior parte destes serviços de assistência técnica resultam de avarias pontuais e inesperadas e, por isso, é necessário constantemente operações de manutenção corretiva. Adicionalmente, não existe um padrão evidente nas encomendas dos clientes, pelo que a variabilidade da procura pode ser um fator crítico para a empresa A.

Nesse sentido, são necessárias diferentes políticas de controle de inventário distintas para os SKU dependendo das suas características, da sua natureza, da sua procura, dos tipos de processos de manutenção que integram, ou de qualquer outro parâmetro pertinente. Quando a procura ou necessidade de uma certa peça é de fácil previsão é possível encomendar a mesma de forma a estar disponível quando necessária, sendo dispensável mantê-la constantemente em stock. Contudo, para as reparações não-planeadas ou encomendas espontâneas, as consequências de *stock-outs* podem causar interrupções graves que comprometem os clientes. Deste modo, segundo (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008) é necessário adotar políticas de implementação de um stock de segurança.

No caso da empresa A, o modelo de gestão de inventário ainda é muito embrionário e fica muito aquém das expectativas, na medida em que o sistema, operando essencialmente em regime *pull*, não responde com qualidade às necessidades dos clientes. Isto é, na maior parte dos casos uma certa peça é apenas encomendada quando o cliente final revela a necessidade na sua aquisição. Assim, não são propriamente mantidos stock de segurança para os SKU mais “importantes”. Mas, afinal, que métodos utilizar para definir o conceito de “importância”? É

precisamente essa a resposta a obter com a presente dissertação: oferecer ferramentas à empresa A, consoante as suas necessidades e idiossincrasias, que seja úteis no processo de classificação de SKU em função da sua importância global e igualmente úteis no processo de tomada de decisão entre os SKU que devem ser negligenciadas em prol de outras.

Relativamente às encomendas que a empresa A faz aos seus fornecedores face a um pedido de um cliente, estas podem geradas a partir de três situações distintas: uma encomenda de um produto integral; um pedido de assistência técnica devido a uma avaria; manutenções periódicas a realizar. Todas estas três situações requerem a disponibilidade de uma peça ou um certo conjunto de peça. No entanto, é a segunda situação a que coloca mais pressão no stock uma vez que advém de manutenções corretivas que são oscilantes ao longo do tempo.

Como seria expectável, esta incerteza inerente ao processo de pedido de assistência técnica e respetiva encomenda da peça resulta numa dificuldade desmedida em adotar políticas de gestão de inventário consistentes com as necessidades voláteis dos clientes, o que resulta numa insuficiência dos processos logísticos do armazém/centros de distribuição da empresa A.

Para futuros fins de diagnóstico de problemas, é importante ter uma visão integral do funcionamento das operações da empresa em estudo. Nesse sentido, a situação atual experienciada pela organização, em termos de processo de encomenda, de qualquer tipo, encontra-se esquematizada na **Figura 2**.

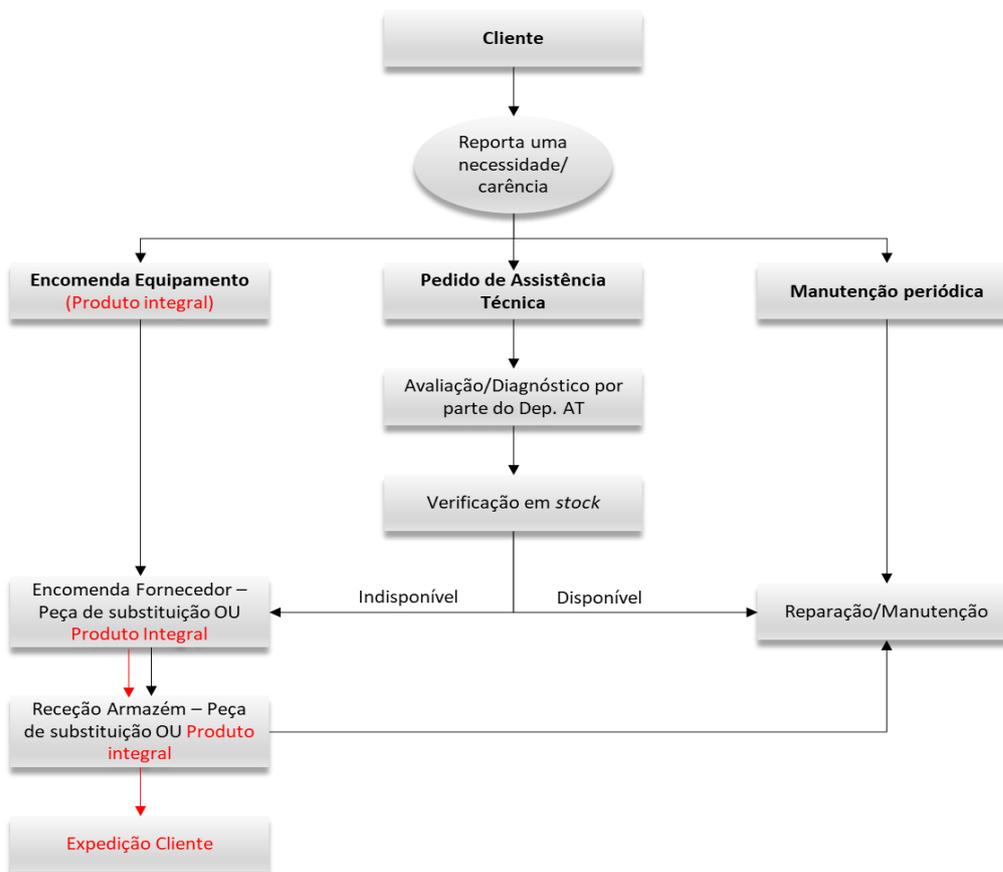


Figura 2 - Processo de encomenda

O sistema apresentado na **Figura 2** traduz as operações realizadas, internamente na empresa, aquando de uma carência ou necessidade manifestada por um cliente.

Inicia-se a análise por escrutinar o que ocorre quando uma encomenda de um equipamento, por parte do cliente, é introduzida e processada no sistema de *ERP (Enterprise Resource Planning)* da empresa em estudo. Em alguns casos, o produto final de dimensões reduzidas é facilmente armazenado no armazém. Mas, na maior parte dos casos, uma vez que o produto integral consiste num equipamento de dimensões consideráveis e cujos custos de armazenamento em *stock* são elevados, manter esses produtos em inventário não é uma política viável.

Após a inserção do pedido do cliente em sistema, procede-se à encomenda junto do fornecedor do produto integral solicitado e posterior expedição para o cliente. Este processo pode demorar tempos variados, dependendo diretamente da capacidade de abastecimento por parte do fornecedor e tempos de entrega/transporte associados.

Numa fase com uma afluência elevada de encomendas, de diferentes tipos, é importante estabelecer uma escala de prioridades no processamento das mesmas, em função de critérios pré-estabelecidos relevantes, o que não se verifica na situação atual deste caso de estudo. Isto resulta, frequentemente, numa gestão e priorização incorreta das encomendas aos fornecedores (despoletadas por encomendas de cliente) e, por conseguinte, numa incorreta alocação de recursos e insuficiente maximização do volume de vendas.

Traduz-se, por isso mesmo, num problema que carece de ser diagnosticado e analisado, para posterior implementação de metodologias e políticas de gestão de encomendas que deem uma resposta congruente com nível de serviço pretendido.

Relativamente às atividades de manutenção periódicas, uma vez que se encontram agendadas previamente, costumam ser geridas de forma eficaz e eficiente, não necessitando, na maior parte dos casos, de encomendas de peças de substituição a fornecedores. Existindo em stock as peças necessárias procede-se diretamente à reparação/manutenção por parte da equipa de AT.

Por fim, a área de operações que carece de ser minuciosamente abordada consiste no processamento dos pedidos de assistência técnica, ou seja, operações de manutenção corretiva. A incerteza associada a que peças serão necessárias, e quando, traduz-se num traço característico da empresa A e da problemática de gestão de stock em estudo.

Efetivamente, a inexistência em stock de uma determinada peça, fulcral a uma certa atividade de reparação levada a cabo pela equipa de assistência técnica, pode resultar em interrupções graves de, por exemplo, processos industriais ou projetos de investigação científica, junto do cliente.

Assim sendo, a gestão que se faz de peças de substituição carece de ser reformulada e, se possível, diferenciada em função dos tipos de SKU com que a empresa lida, de forma a minimizar o prejuízo gerado pela ausência de resposta, ou atraso da mesma, nos pedidos de assistência técnica.

É importante, efetivamente, avaliar e identificar as classes de SKU, não só a nível de volume de vendas gerado, mas também em termos de gravidade e impacto resultante da sua inexistência em inventário e consequente atraso na execução das operações de manutenção solicitadas.

De forma sucinta, surgem, então, as seguintes questões:

- Quais as peças de substituição que merecem a estipulação de níveis mínimos de *stock* de segurança?
- Qual o impacto, em termos de eficiência da prestação de serviços junto do cliente, da inexistência em stock de uma certa peça e atraso consequente nas operações de reparação?
- Numa fase de elevada afluência de pedidos de assistência técnica, ou mesmo de encomendas de produtos integrais, como estabelecer escalas de prioridade no processamento dos mesmos?
- Quais os fatores críticos que influenciam a importância de assegurar a existência, constante, de peças de substituição em stock? E porquê?
- Que políticas de gestão de stock devem ser implementadas face uma complexa rede de distribuição – muitos clientes, muitos fornecedores e muitos artigos de inventário – de forma a assegurar que os níveis de serviço, e qualidade do mesmo, vão ao encontro do pretendido?

Em suma, existe uma panóplia vasta de problemas e limitações na gestão de stocks realizada pela empresa em estudo, que carecem de ser identificados e diagnosticados. Devem ser desenvolvidas e implementadas políticas de gestão de inventário, com base no modelo de classificação multicritério construído. Estas devem ser capazes de minimizar o impacto negativo de respostas atrasadas a encomendas de clientes ou a pedidos de serviços de assistência técnica em prol do aumento da rentabilidade da organização.

No subcapítulo que se segue irá proceder-se, de forma mais descritiva, à identificação e respetivo diagnóstico do problema verificado nas operações logísticas da empresa em estudo, em termos de gestão de *stocks*, bem como à formulação de potenciais soluções e apresentação de metodologias pertinentes que agreguem algo de profícuo para a organização.

### 2.3. Análise e especificação do problema

Na presente seção será analisado e especificado o problema, com ênfase nas limitações dos processos logísticos em estudo e identificação de potenciais causas.

A gestão que é feita dos vários artigos em stock mostra-se, evidentemente, insuficiente e desajustada tendo em conta os padrões de prestação de serviços pretendidos. Isto deve-se, potencialmente, a quatro causas fundamentais: incerteza e imprevisibilidade nos pedidos de assistência técnica por parte dos clientes; ausência de um sistema de classificação das peças

de substituição com nexos; inexistência de níveis de stock de segurança mínimos; encomendas ao fornecedor processadas após o pedido por parte do cliente final.

Importante realçar, uma vez mais, a importância dos inventários de peças de substituição, que assenta na responsabilidade de dar assistência a atividades de manutenção e reparação, assegurando que um certo equipamento se encontra em condição de operação constante. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Perante esta responsabilidade, e segundo (Bošnjaković, 2010), inúmeras são as questões sucessivas que surgem no que diz respeito à gestão deste tipo de artigos de stock, que se encontram sumarizadas abaixo:

1. Deve assegurar-se a presença em *stock* de cada uma das peças de substituição existentes?

Resposta: Geralmente, uma peça é mantida em inventário se o benefício da sua disponibilidade é maior que o custo de manutenção associado. Esta abordagem é especialmente relevante para os artigos com procura reduzida.

2. Que quantidade solicitar ao fornecedor em cada encomenda efetuada?

Resposta: Após decidir que uma certa peça deve existir em stock, há que utilizar, por exemplo, uma fórmula EOQ (Economic order quantity) para estipular a quantidade ótima a encomendar.

3. Quantas unidades, de cada peça de substituição, deve existir em stock?

Resposta: Para responder a esta questão são necessários dados relativos à procura anual, custos de aquisição e custos de manutenção.

4. Quando processar uma nova encomenda?

Resposta: Usualmente designada de ponto de re-encomenda. Elevada quantidade acarreta custos elevados; inexistência pode resultar em lacunas no serviço prestado. O nível mínimo de stock deve ser obtido com base no consumo (analisando, sempre, os períodos anteriores).

Existe, portanto, uma grande incerteza acerca do instante no qual é necessária uma certa peça de substituição, e em que quantidade. Adicionalmente, existem outros problemas e particularidades no que diz respeito à gestão de stock de peças de substituição, que devem ser tidos em atenção para assegurar o correto funcionamento dos serviços de manutenção corretiva (serviços de assistência técnica não planeados) levados a cabo pela empresa A, nomeadamente:

- O número de peças de substituição é muito extenso, tornando o controlo de inventário moroso – numa indústria de escala média (caso em análise), o stock deste tipo de peças ronda as 15 000 unidades (necessidade de agrupar os materiais em SKU);
- O abastecimento de peças de substituição é frequentemente limitado a poucos fornecedores, causando estrangimentos nos tempos de aquisição e nos custos associados;

- Obsolescência representa um problema, na medida em que dificulta a determinação de quantas unidades de peças de substituição devem estar em stock face a um equipamento obsoleto.
- Observa-se, também, uma elevada variação das características de peças de substituição, nomeadamente:
  - As taxas de consumo para algumas peças podem ser muito elevadas, não obstante, outras podem ser extremamente baixas;
  - Algumas peças são caracterizadas por preços de venda reduzidos, enquanto que outros podem resultar em volume de vendas globais elevados;
  - Tempo de aprovisionamento pode ser muito diferenciado e, em alguns casos, elevado, pelo que a variabilidade do mesmo é um fator crítico para a empresa A;
- A gestão efetuada apresenta falhas na centralização e visibilidade da informação, resultando em:
  - Assimilação e integração da informação e *data* referente a gestão de inventário frequentemente incorreta;
  - Processos de encomendas ineficientes ou ineficazes;
  - Gestão de inventário desconectada, escondendo informação de forma fragmentada.

É de extrema importância desenvolver um sistema de classificação de SKU que faça sentido para a empresa em estudo, tendo como foco tanto as particularidades das peças de substituição e a sua influência na forma como o inventário deve ser gerido, como a avaliação da criticidade das várias classes identificadas.

Nesse sentido, e tendo como foco o caso de estudo no qual se baseia a presente dissertação, é evidenciado (a tracejado) na **Figura 3** a parte do processo que carece de ser reformulado ou, pelo menos, assistido com novas ferramentas de auxílio à tomada de decisão.

Efetuada uma análise criteriosa do esquema apresentado, pode concluir-se que as limitações do atual sistema de gestão de inventário surgem preferencialmente associadas aos pedidos de assistência técnica não planeados, ou seja, atividades de manutenção corretiva, com necessidade de encomenda de peças de substituição ao fornecedor (Nota: o mesmo não se verifica, com a mesma frequência, quando a encomenda consiste num produto integral).

Em suma, o problema crítico da empresa A assenta na incerteza associada às operações de manutenção corretivas, na medida em que é desconhecido quando as mesmas serão solicitadas pelos clientes e que quantidades de peças de substituição serão necessárias. Isto resulta na redução do nível de resposta às encomendas e pedidos de assistência técnica por parte dos clientes, comprometendo assim a qualidade do serviço prestado.

Por esta razão e por outras já abordadas e caracterizadas anteriormente neste capítulo, surge, então, a necessidade da construção de um modelo de classificação das peças de substituição

com base em múltiplos critérios e tendo como linhas orientadoras os resultados de uma consistente análise de criticidade.

Com o auxílio destas ferramentas é possível estruturar políticas de gestão e controlo de inventário apropriadas à panóplia de artigos de stock (peças de substituição) com os quais a empresa em estudo lida no seu quotidiano, visando dois objetivos principais:

- Minimização das consequências nefastas de um nível de serviço insuficiente e desajustado;
- Maximização do volume de vendas gerado com a comercialização de peças de substituição necessárias aos serviços de manutenção corretiva.

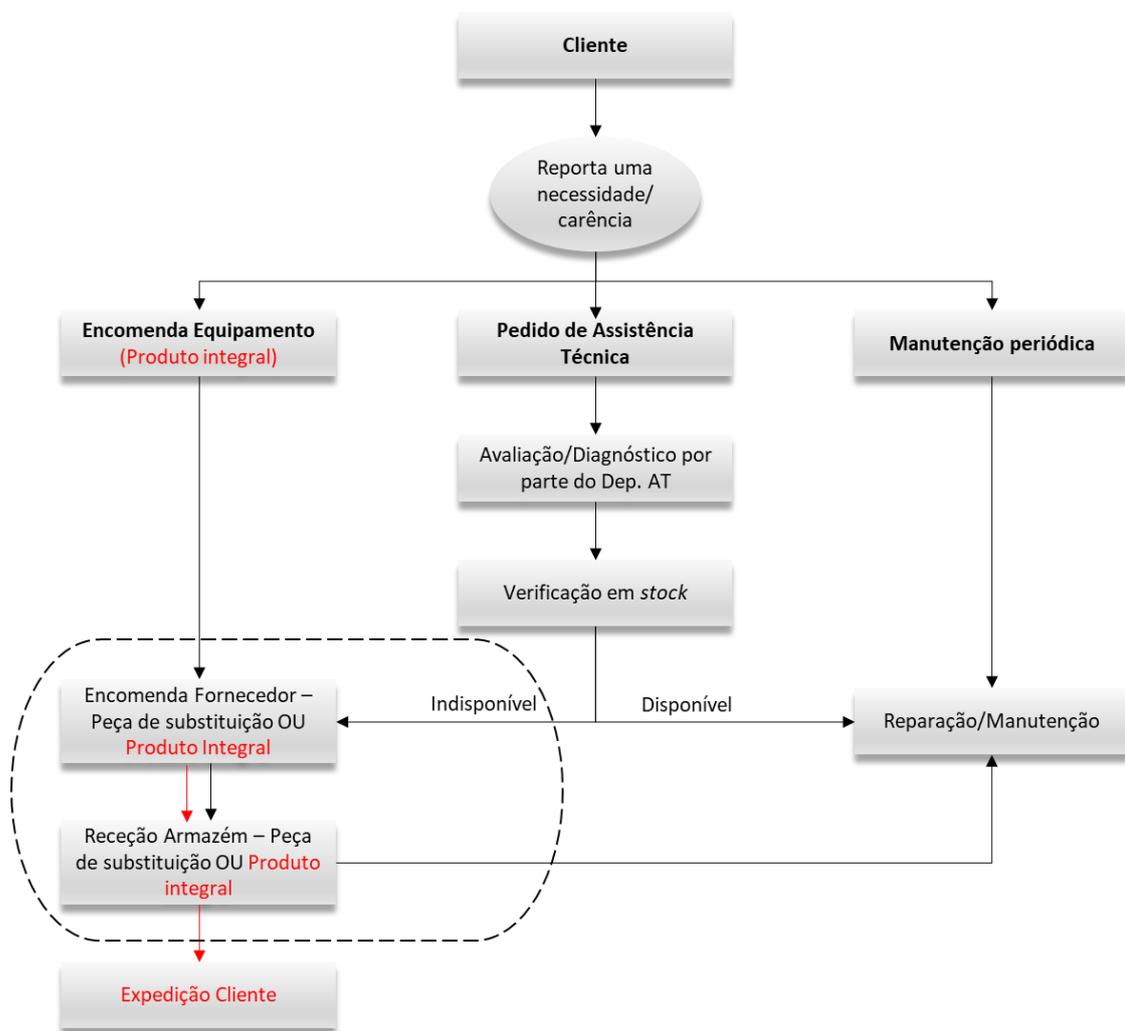


Figura 3 - Identificação, a tracejado, das operações problemáticas

## 2.4. Conclusões do capítulo

Com base no diagnóstico de problemas efetuado no subcapítulo anterior, conclui-se a necessidade imperativa de encontrar sistemas de gestão de stock e estratégias de controlo de inventário mais adequadas ao funcionamento da empresa e às necessidades dos seus clientes. Para este fim, uma classificação dos vários SKU, com base em critérios relevantes, é uma solução adequada e promissora para a empresa A.

Como foi possível constatar, a nível operacional, existem graves lacunas no que diz respeito à gestão das peças de substituição, nomeadamente inerentes ao processo de solicitação de assistência técnica: Pedido de Assistência Técnica → Encomenda ao Fornecedor → Expedição para Cliente → Manutenção corretiva. Existe um défice de qualidade na previsão dos pedidos e a estratégia aplicada na gestão de peças de substituição deve ser reformulada:

- Maior eficiência na gestão de peças de substituição, no contexto do processamento da encomenda do cliente, na medida em que uma determinada peça não pode ser apenas encomendada ao fornecedor após o conhecimento da necessidade de aquisição do cliente final;
- Cooperação mais eficiente entre os clientes e o operador logístico em estudo, com o intuito de desenvolver modelos de previsão de procura mais eficientes;
- Responsabilidade de controlo e centralização da informação relativa aos vários SKU geridas pela empresa;
- Desenvolvimento de modelos de classificação que tenham em atenção as necessidades da empresa A – definição de critérios de avaliação dos SKU.

O objetivo da dissertação é, no contexto de melhoria da gestão de peças de substituição, apresentar uma solução expedita que minimize insuficiências e lacunas do nível de serviço prestado, nomeadamente no que diz respeito aos serviços de assistência técnica. Pretende-se, portanto, desenvolver um modelo de classificação de SKU que disponibilize à empresa A ferramentas de apoio à priorização da importância dos vários SKU e que auxilie na gestão do processo de encomenda e de serviços de assistência técnica.

Com o objetivo de visualizar, de uma perspetiva global e integral, o problema em análise e respetivas propostas de melhoria, apresenta-se na **Figura 4** um esquema ilustrativo da problemática em estudo.

Os conceitos abaixo apresentadas, nomeadamente a Análise de Criticidade VED (Vital, Essencial, Desejável), a Classificação ABC com base em múltiplos critérios e o AHP, serão amplamente desenvolvidos e caracterizados no Capítulo 3, destinado à revisão da bibliografia.

Em suma, pretende-se, com o Capítulo 2, facultar uma visão global do problema, enunciando as limitações e especificações da empresa A no contexto de gestão de stock, com apresentação de possíveis soluções expeditas, e ferramentas associadas, com o intuito de justificar e contextualizar os conceitos a serem revistos na bibliografia existente.

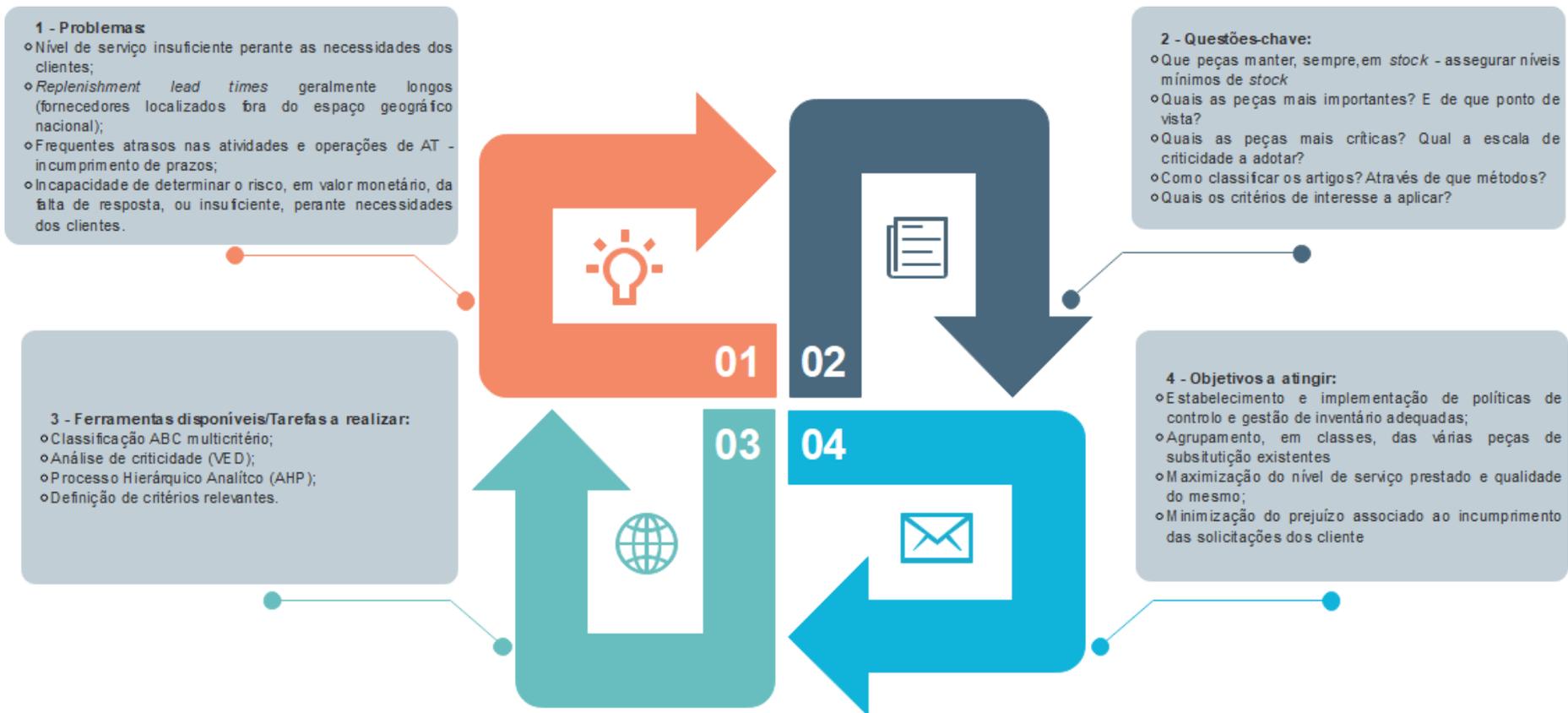


Figura 4 - Visão global do problema

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como finalidade a apresentação dos conceitos teóricos fundamentais relacionados com o problema em estudo, que consiste na inexistência de um sistema de classificação de SKU capaz de dar suporte ao desenvolvimento de estratégias de gestão e controlo de inventário, com base em outros casos de estudo realizados por diversos autores.

Assim, inicia-se o presente capítulo com avaliação da importância de uma gestão eficaz e eficiente de stock para as organizações cujo *core business* seja a comercialização de peças de substituição. Posto isto, apresentam-se os parâmetros merecedores de atenção, como a variabilidade da procura, e os sistemas de classificação de SKU normalmente utilizados por empresas, nomeadamente o tradicional modelo de classificação ABC e a análise de criticidade VED. A utilização exclusiva de um destes modelos é enfraquecida pela revisão bibliográfica, na medida em que um sistema de classificação que se baseie em múltiplos critérios se revela mais apropriado para casos de estudo deste cariz. Para desenvolver e implementar modelos de classificação multicritério é imprescindível mensurar as dimensões em análise e, para isso, define-se um conjunto de critérios de avaliação. A cada critério deve corresponder um peso relativo que é ponderado com recurso a modelos de resolução de problemas multicritério. Dos brevemente enunciados, destaca-se o AHP.

Os conceitos teóricos foram obtidos através de uma pesquisa de artigos científicos, e tendo como base a caracterização do caso de estudo, onde se selecionaram palavras-chave como Gestão de *stocks*, Classificação ABC, Análise VED, AHP.

#### 3.1. Gestão de stocks

Nas últimas décadas, a gestão de peças de substituição ganhou um grande interesse pelos investigadores desta área, surgindo cada vez mais estudos na literatura.

Os tópicos de estudo incidem em áreas como controlo de inventário, classificação de SKU, manutenção de stock ou gestão de cadeias de abastecimento. Foram desenvolvidos, preferencialmente na área de estratégias de gestão de *stock*, inúmeros modelos com um intuito primordial – obter resposta a questões como: o que assegurar em stock? Onde colocar o stock? Que quantidade armazenar? Quando encomendar? (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2011)

Devido à tendência ambígua das características do tipo de peças de stock em estudo (peças de substituição), a classificação minuciosa e criteriosa das mesmas é considerada uma solução viável para o desenvolvimento correto e apropriado de políticas de gestão de diferentes classes de materiais em contexto industrial. (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2011)

Os sistemas logísticos, na sua generalidade, exigem coordenação e controlo constante sendo que, pela natureza das suas atividades, a gestão de cada área carece de estar perfeitamente sincronizada com as políticas da organização. A gestão de SKU e sistemas de classificação das mesmas não são exceção. Na figura seguinte é apresentado um breve esquema dos elementos-chave de um *design* de um sistema logístico universal.

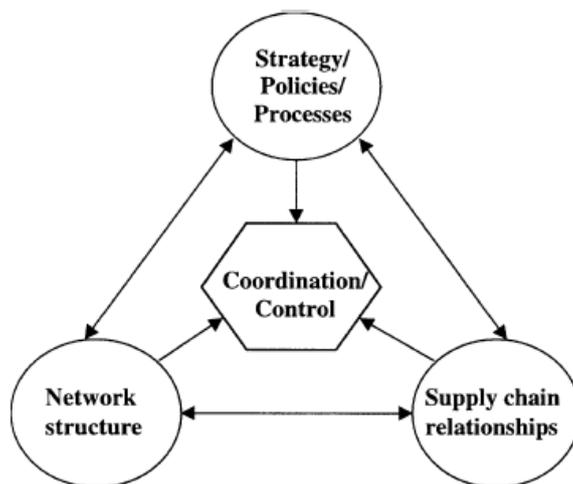


Figura 5 - Os elementos integrantes do design de um sistema logístico universal, adaptada de (Huiskonen, 2001)

Focando nos elementos apresentados na **Figura 5**, a estrutura de um sistema logístico traduz-se nos processos de distribuição e movimentação de informação e bens gerando variações nos níveis de stock dos centros de distribuição, armazéns, lojas de retalho, fábricas. Para assegurar o funcionamento de todas as atividades de abastecimento é necessário estabelecer relações sólidas com parceiros logísticos de distribuição, fornecedores, ou qualquer outra entidade participante da cadeia de abastecimento da organização. Face ao planeamento exigente de produção, distribuição, obtenção de materiais, são necessários sistemas e políticas de controlo que auxiliem a gestão efetuada de stock de forma a não comprometer as atividades logísticas e assegurar o cumprimento dos níveis de serviço estabelecidos. Em suma, é fulcral existir uma coordenação de todos estes elementos e uma constante partilha e transparência de informação em toda a cadeia de abastecimento e intervenientes.

Importante mencionar que a logística inerente, principalmente, às peças de substituição desempenha um papel crucial no que diz respeito ao aumento do nível de serviço prestado em indústrias de retalho deste tipo de materiais. Por um lado, as peças de substituição devem ser fornecidas a um custo reduzido, por outro lado devem estar altamente disponíveis. Enquanto a indisponibilidade deste tipo de peças, como já foi mencionado, acarreta interrupções em processos industriais, o excesso de stock gera custos adicionais elevados. (Lanza & Behmann, 2011)

Consequentemente, a otimização de estratégias logísticas para as peças de substituição contribui substancialmente para a eficiência e redução do custo dos processos de abastecimento

da organização. Um problema crasso desta temática é que, frequentemente, este tipo de SKU são adquiridos, armazenados e fornecidos de acordo com um processo quase totalmente intuitivo, não considerando as características individuais de cada SKU. (Lanza & Behmann, 2011)

Para colmatar esta insuficiência em termos de gestão de stock, e de acordo com (Cavaliere, Garetti, Macchi & Pinto, 2008) o processo de gestão pode ser organizado de acordo com etapas distintas: identificação dos artigos de reposição/substituição, através de codificação parcial e classificação de SKU; previsão dos requisitos dos artigos de substituição (e.g. volume de procura); identificação e desenvolvimento de sistemas de gestão de stock, com a formulação de políticas e sistemas de controlo de inventário; implementação através do desenvolvimento de um sistema de gestão computadorizado, para efeitos de processamento de informação acerca das peças de reposição e operações dos sistemas de controlo de inventário; ir testando as políticas adotadas de forma a alcançar uma melhoria contínua de desempenho e nível de serviço.

### 3.2. Classificação ABC

Dada a complexidade associada à gestão de peças de substituição e à heterogeneidade das suas características, várias são as tentativas de encontrar estruturas de classificação relevantes que auxiliem o processo de gestão. A utilização de esquemas de classificação como ferramentas de gestão de artigos de inventário é uma abordagem bastante popular e comum no mundo industrial. A classificação ABC, que segue o princípio de *Pareto*, é a mais conhecida e aplicada nestes sistemas de classificação para gestão de inventário. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Este tipo de sistema é amplamente utilizado pelas empresas de comercialização de peças de substituição de forma a servir de ferramenta para a otimização da organização e processos operacionais, bem como para auxiliar na gestão de inventário cujo número de SKU é frequentemente extenso. (Teunter, Babai & Syntetos, 2010)

APICS (*American Production and Inventory Control Society*) define a classificação ABC de acordo com a seguinte diretriz: "A classificação de um grupo de artigos numa ordem decrescente de valor de custo anual de compra (preço de um produto multiplicado pelo volume de consumo) ou de outro critério pertinente. Os resultados originam uma divisão dos SKU em três categorias distintas, designadas de A, B e C". (Cox & Blackstone, 2008)

A classificação ABC, quando aplicada, forma então três grupos (categorias A, B e C) distintos e, numa fase embrionária da sua utilização, foi geralmente baseada em apenas um critério: para os artigos de inventário, frequentemente, recorre-se custo anual de compra que não passa de uma mera multiplicação da quantidade consumida num ano de uma certa peça ou material pelo seu preço unitário de compra. (Patrovi & Burton, 1993)

A análise ABC baseada num único critério é fácil de utilizar e funciona de uma forma eficaz num contexto de gestão de inventário cujos SKU apresentem homogeneidade em termos de natureza, diferindo pouco umas das outras, com exceção apenas do preço unitário e volume de procura

anual. Possibilita o desenvolvimento de políticas de controlo simples e desprovidas de análises minuciosas de todos os artigos, daí a popularidade do sistema ABC com apenas um critério, originando estratégias eficazes de gestão de armazém e inventário. (Flores & Whybark, 1985)

No que diz respeito à caracterização das categorias A, B e C supramencionadas, e segundo (Chen, Li, Kilgour & Hipel, 2008) é expectável que os SKU mais importantes são os cujos valores de custo anual de compra ( $Quantidade\ procurada\ (n^{\circ}\ de\ unidades) \times Preço\ unitário$ ) atingem os valores mais elevados, sendo por isso agrupadas na categoria A. Esta classe exige, por isso, o maior esforço e atenção por parte dos responsáveis pela gestão de stock. Os SKU menos importantes, pelos reduzidos valores obtidos no critério estipulado, são colocados na categoria C, sobre a qual se aplica o mínimo esforço e recursos possíveis. Sendo que os restantes SKU pertencem à classe B.

Importante mencionar que, na análise ABC tradicional, existe uma diretriz amplamente exposta e defendida por vários autores que assenta, como já foi referido, no Princípio de *Pareto* (Regra 80-20 ou 90-10), afirmando que 80% (ou 90%) da receita total anual provém de apenas 20% (ou 10%) dos SKU. Esta regra sugere, logicamente, que o número de SKU inseridas na categoria A corresponde à menor fração do número total de SKU. (Chen, Li, Kilgour & Hipel, 2008)

(Nota: Os valores exatos considerados neste princípio podem variar consoante a indústria, no entanto a regra 80-20 é amplamente aplicada em situações da vida real)

De forma a visualizar a essência do Princípio de *Pareto*, no caso prático em estudo, é apresentada a **Figura 6**.

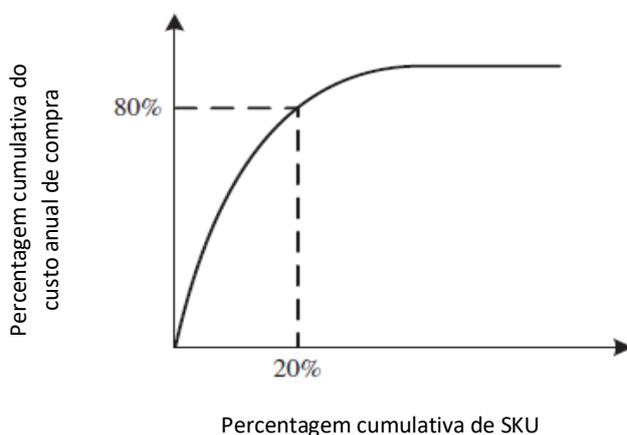


Figura 6 - Essência do Princípio de Pareto aplicada ao caso em estudo, adaptada de (Chen, Li, Kilgour & Hipel, 2008)

A classificação obtida através da análise ABC tradicional é, frequentemente, sujeita a alguns ajustes e retificações. Por exemplo, o conceito de custo de compra anual pode não ser significativo no caso de alguns SKU, mas o custo e o impacto negativo da sua ausência podem ser extremamente elevados. Outros SKU podem apresentar, efetivamente, valores consideráveis

de custo de compra anual no entanto serem de fácil e rápido abastecimento ou dependerem de múltiplos fornecedores (Chen, Li, Kilgour & Hipel, 2008)

Nestes casos é recomendável que os SKU sejam transferidos apropriadamente para um outro grupo. Este processo de reclassificação conduz à constatação da importância em considerar outros critérios, para além do mero valor de aquisição de um certo material, de forma a canalizar corretamente a atenção e os recursos de gestão para os SKU que assim o justifiquem. (Chen, Li, Kilgour & Hipel, 2008)

Em muitas organizações, especialmente em indústrias que prestem serviços de assistência técnica e de manutenção, assegurar ou não a existência de um certo SKU pode prender-se com a avaliação que se realiza em termos de impacto no funcionamento de um certo equipamento de que faz parte ou o prejuízo causado indiretamente pela sua inexistência. (Naylor, 2002) No entanto, e tal como foi apresentado anteriormente, em grande parte das situações práticas a classificação assenta num único critério específico intrínseco aos SKU e não considera outros parâmetros que podem ser igualmente, ou até mais, importantes.

Tal como também já foi mencionado, a classificação ABC foi originalmente concebida para dar origem, como o próprio nome indica, a três categorias distintas, A, B e C. Contudo, este método pode ser facilmente alargado a um maior número de categorias, simplesmente procedendo a uma posterior divisão dos SKU consideradas em cada uma delas, num maior número de grupos consoante as suas casuísticas. Geralmente esta subdivisão não excede seis categorias. (Teunter, Babai & Syntetos, 2010)

No que diz respeito às aplicações práticas que resultam deste tipo de classificação, é fulcral fazer primeiro algumas considerações, nomeadamente no que diz respeito à gestão e ao controlo de inventário. Indiscutivelmente, o nível de serviço é o indicador de desempenho mais importante no âmbito de gestão de stock. Assim sendo, um elevado número de organizações recorreu à classificação ABC para definir níveis de serviço distintos a aplicar, através da atribuição de um mesmo nível de serviço a todas os SKU de uma mesma classe. (Teunter, Babai & Syntetos, 2010)

Por conseguinte, se uma empresa opta pela utilização de um nível de serviço fixo em função das três categorias tradicionais resultantes da aplicação deste sistema de classificação, uma questão iminente surge: quais serão, e como devem ser definidos, esses níveis de serviço? Através de uma revisão bibliográfica facilmente se conclui que esta estipulação de níveis de serviço é bastante ambígua, sendo que, para alguns autores, os artigos integrantes da categoria A são os mais críticos em termos de volume de vendas e, por isso, deve-lhes ser atribuído o nível de serviço mais alto. (Stock & Lambert, 2001) Para outros, a situação hipotética de lidar com rutura de stock não se justifica quando se trata de artigos pertencentes à categoria C, devendo ser-lhes aplicado, por isso, o nível de serviço mais alto. (Knod & Schonberger, 2001)

Em suma, muitas indústrias que têm como seu *core business* atividades e operações de manutenção recorrentes, podem chegar a ter de lidar com milhares de peças de inventário

distintas, apesar de apenas uma reduzida fração merecer uma gestão minuciosa e um controlo rigoroso. (Braglia, Grassi & Montanari, 2004) Por esse motivo, e para evitar alocação inapropriada de recursos, a classificação ABC é amplamente utilizada no planeamento e controlo de inventário, servindo como um método para alcançar uma discriminação objetiva dos vários SKU de acordo com o seu custo de aquisição e atribuindo um nível de atenção necessário à gestão eficiente dos mesmos. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Por conseguinte, a análise ABC conseguiu manter a sua popularidade conduzindo os que a aplicaram através de um método relativamente simples e intuitivo, possibilitando a seleção de parâmetros de controlo adequadas em termos de quantidade e qualidade. O sucesso deste método reside nas evidências empíricas que mostram que, concluída a análise e determinadas as classes de categorização, as empresas que foquem a sua gestão nos SKU pertencentes à classe A conseguem maximizar a eficácia geral das suas atividades em situações nas quais os recursos e o tempo para as gerir são escassos. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Contudo, com o aumento da procura por um leque mais alargado de produtos, surge uma necessidade de aumentar a variedade de artigos em inventário. (Rezaei & Dowlatshahi, 2010) Nessa eventualidade, as características e atributos dos SKU podem divergir muito entre si, pelo que o sistema de classificação ABC unidimensional pode mostrar-se insuficiente. Apesar de um certo artigo ter um custo de compra bastante elevado, a sua procura pode ser pontual e previsível. Nesse caso, não se justificaria assegurar um stock de segurança para esse produto, uma vez que se poderia apenas encomendá-lo quando existisse essa necessidade. Por outro lado, se se trata de uma peça cujo custo de compra, ou venda, é elevado e a sua procura constante, uma organização não pode correr o risco de não a ter em inventário. De facto, se existirem mais critérios sobre os quais se verifiquem diferenças substanciais, em termos de natureza ou comportamento, a aplicação do método tradicional pode conduzir a soluções insuficientes, no que diz respeito aos requisitos de controlo e ao custo de gestão de inventário, pelo que a necessidade de um sistema de classificação multicritério que tenha em conta outros parâmetros como criticidade, variabilidade de tempo de aprovisionamento ou de procura, entre outros, torna-se evidente. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

### 3.3. Análise de criticidade (VED)

O entendimento claro do conceito de criticidade depende, diretamente, num número diverso de fatores sendo, por isso, difícil medir criticidade de uma forma consensual, uniforme e transversal a todas as organizações. (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2011) Não obstante, a criticidade de uma peça de substituição é provável, e inevitavelmente, o primeiro atributo mencionado quando se estuda este tipo de materiais. A mesma pode assumir diferentes significados baseado no foco adotado: artigos de stock podem ter níveis de criticidade diferentes quando observados através de perspetivas distintas. Um artigo pode ser crítico num contexto de

atividades manutenção/reparação, mas não ser relevante de uma perspectiva financeira ou logística. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Nesse sentido, as peças cuja indisponibilidade em inventário resulta em consequências graves para um certo centro de produção, tanto do ponto de vista operacional como de geração de prejuízo, são consideradas críticas pela equipa de gestão de atividades de manutenção. Por outro lado, de um ponto de vista logístico, outros parâmetros carecem de ser considerados tais como custos de armazenamento e exploração (custo de permanência de uma certa peça em inventário) – diferentes políticas de gestão de stock podem resultar de diferentes pontos de vista. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Apesar da pluralidade de perspectivas e opiniões em torno de políticas de gestão de stock, existe um objetivo crucial e transversal: manutenção correta, e no momento correto, de stock de peças de substituição de forma a dar suporte a atividades de reparação e a assegurar a continuidade saudável e segura das operações que dependem deste tipo de SKU. Definir o que ter em inventário, e quando, e conferir sempre a devida importância à necessidade de controlo e redução dos custos de gestão associados trata-se de uma problemática merecedora de análise. (Roda; Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Diversos estudos apontam para a necessidade comum de categorizar peças de substituição através da atribuição de níveis de criticidade apropriados. (Dekker, Kleijn & Rooij, 1998) classificam a procura por peças de substituição em dois grupos distintos: procura crítica e procura não-crítica, dependendo do nível de criticidade do equipamento no qual a peça será instalada.

(Pintelon & Parodi-Herz, 2008) por outro lado, combinam dois critérios – criticidade da peça e especificidade da peça – numa matriz bidimensional de forma a obter as diversas peças de substituição distribuídas em quatro categorias distintas: peças não críticas, peças estratégicas, peças críticas e peças especiais. Trata-se de um procedimento bastante flexível e intuitivo no que diz respeito ao processo de visualização e organização dos SKU em classes.

Os fatores que condicionam os níveis de criticidade atribuídos às peças de substituição são inúmeros. Para facilitar a sua compreensão é apresentado, na **Figura 7**, um esquema onde é ilustrado, de uma perspectiva geral, o que está efetivamente em causa quando se aborda o conceito de criticidade.

A classificação deste tipo de artigo é utilizada para auxiliar a gestão de stock das peças de substituição, identificando os artigos mais importantes e facilitando o processo de tomada de decisão. Segundo (Syntetos, Keyes & Babai, 2009), classificar os artigos permite a realização de uma análise de criticidade de forma a identificar classes de peças que serão geridas de forma distinta, através da adoção de políticas de controlo de inventário mais rígidas e dependendo dos resultados da análise supramencionada.

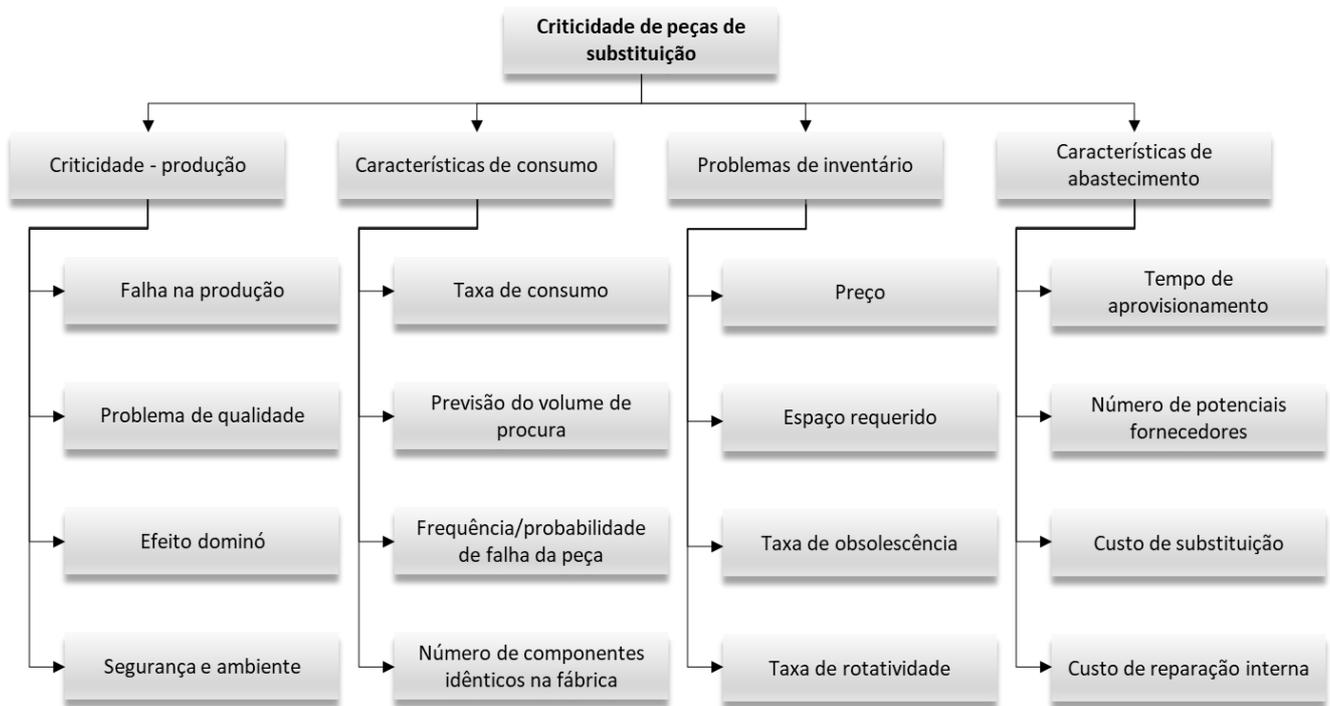


Figura 7 - Criticidade de peças de substituição (adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014) e (Braglia, Grassi & Montanari, 2004))

É evidente que o conceito de criticidade, como já foi comentando, pode adotar diferentes significados baseado no foco a seguir pela organização. Contudo, existe uma abordagem pertinente e que é transversal à maioria das organizações, cujo *core business* é a distribuição e logística, no que diz respeito à análise de criticidade das peças de substituição. A mesma é apresentada, de forma breve, na **Figura 8**.

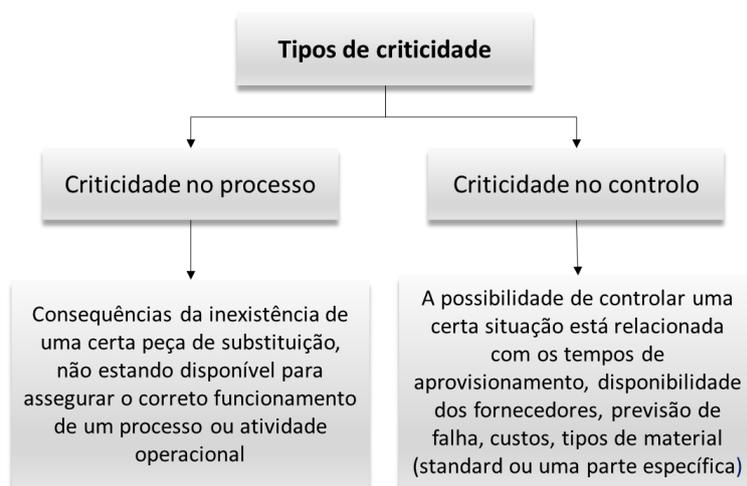


Figura 8 - Tipos de criticidade, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Uma peça de substituição é considerada crítica ao nível do processo se a sua inexistência puder resultar em consequências severas para um determinado processo industrial, comprometendo-o, seja ao nível de contaminação ambiental, perda na produção ou qualidade da mesma. Relativamente à criticidade ao nível do controlo, não está diretamente relacionada com as

consequências que advêm de uma falha do processo, mas sim com a possibilidade de assegurar a sua disponibilidade em inventário imediatamente e quando necessário. Relacionado com este tipo de criticidade, tal como é apresentado no esquema da **Figura 7**, existem inúmeros fatores condicionantes que devem ser selecionados de acordo com as características da organização industrial, especificidades dos produtos que comercializam, número de fornecedores com que trabalham. (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2011)

A análise de criticidade que é realizada nestes contextos depende de uma panóplia vasta de critérios. O impacto negativo da escassez de uma certa peça de substituição pode ser consideravelmente mais relevante que o seu valor comercial. Uma peça que seja necessária, no imediato, que se encontre em rutura de stock acarreta uma elevada criticidade e, dependendo dos casos, os tempos de aprovisionamento associados podem, ou não, dar condições de corrigir o problema atempadamente. (Huiskonen, 2001)

Por outro lado, as peças com um nível de criticidade baixo não apresentam restrições de tempo específicas na eventualidade de serem necessárias ações corretivas em caso de falha num processo industrial, não requerendo, por isso, uma grande atenção e podendo ser controladas e geridas por métodos logísticos padrão. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

Em suma, de forma a gerir eficiente e eficazmente os SKU com que as organizações lidam habitualmente, é fulcral definir com método e nexos os subcritérios inerentes ao critério-chave criticidade. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008) procedeu à sua análise de criticidade baseada em três subcritérios – impacto da rutura de stock, substituíbilidade e comunalidade – apresentado

**Tabela 1.**

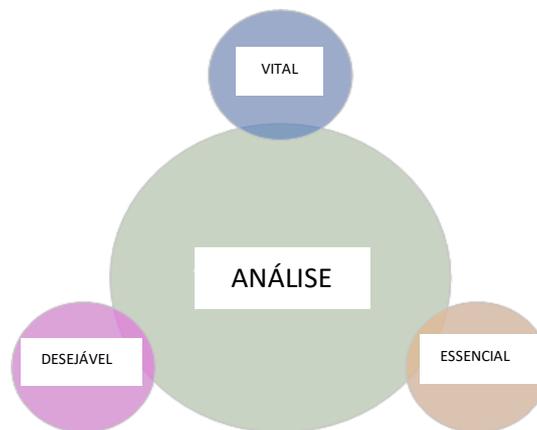
*Tabela 1 - Alguns exemplos de subcritérios relacionados com o conceito de criticidade (adaptado de Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)*

<b>IMPACTO DA RUTURA DE STOCK</b>
<p>É um fator estritamente relacionado com os custos que acarreta a existência de uma rutura total de stock: podem estar relacionados com o prejuízo associado à interrupção de operações industriais ou até com o intervalo de tempo a que um certo equipamento pode estar sujeito à ausência de uma certa peça. Sendo a segunda opção a adotada, atribuem-se graus de criticidade consoante a capacidade, em termos temporais, de um certo equipamento tolerar a inexistência de uma determinada peça até ser abastecida pelo fornecedor. Pode estar relacionada, também, com o impacto da não comercialização de uma certa peça e o prejuízo gerado em termos financeiros.</p>
<b>SUBSTITUIBILIDADE</b>
<p>Assenta no princípio da substituição de uma certa peça por um potencial substituto, facultando a possibilidade de fornecer uma resposta flexível e mais rápida de forma a solucionar um certo problema. Reduz-se, assim, a importância de um certo artigo quando este pode ser facilmente substituído por outro – nível de criticidade mais baixo.</p> <p>Este fator tem um impacto direto no que diz respeito às decisões de compra, visto poder afetar tanto a eficiência como a eficácia de operações de manutenção. Por um lado, trata-se da vertente técnica, na medida em que semelhanças técnicas entre duas peças distintas podem, ou não, permitir substituições mútuas sem perda de função ou qualidade (tendo sempre em atenção se se justifica a diferença de preços entre as peças, num caso prático). Por outro lado, tem-se também relacionado com criticidade a existência, ou não, de múltiplos fornecedores que possam facultar a peça com uma diferença de custo e qualidade mínimas da habitual.</p>

## COMUNALIDADE

Traduz-se na determinação de em quantos usos distintos (equipamentos e processos) uma certa peça pode ser aplicada. Na eventualidade de uma determinada peça de substituição ser utilizada em diferentes atividades de manutenção, há que considerá-la com importância e atenção devida. Nesse caso a peça poderia perfeitamente ser integrada na classe A da classificação ABC, uma vez que utilizar peças comuns pode ser benéfico em termos de gestão de risco num contexto de SKU partilhados. Em última instância podia estar a falar-se de economias de escala, caso se forneça um elevado volume de SKU idênticos a uma panóplia alargada de mercados.

Independentemente dos subcritérios, consoante o contexto empresarial, que são definidos e que derivam do conceito de criticidade, existe um modelo de classificação da criticidade amplamente utilizado pela indústria e operadores logísticos, análise VED, que divide os SKU em três categorias distintas. As mesmas são apresentadas na **Figura 9**.



*Figura 9 - Categorias atribuídas no modelo VED, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)*

A categoria “Desejável” indica que uma certa peça terá um resultado global preferencial quando avaliado em termos de criticidade tendo por base um determinado critério. O oposto ocorre para a categoria “Vital”. Exemplificando, em termos de tempo de aprovisionamento, o cenário ideal e, por isso, “Desejável” para uma certa peça é que a mesma possa ser fornecida imediatamente. O tempo de aprovisionamento de uma certa peça torna-se “Essencial” se a mesma só for abastecida em, por exemplo, duas semanas. Na eventualidade do tempo de aprovisionamento adotar um valor extremamente elevado para o contexto em questão, torna essa peça “Vital”. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Com o intuito de visualizar, de uma forma mais tangível, a análise de criticidade VED e o desenvolvimento da mesma quando aplicada, considera-se o estudo realizado por (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2012). Neste caso consideram-se 5 subcritérios associados ao critério-mãe criticidade, três deles considerados como “Características logísticas” (“Tempo de aprovisionamento”, “número de potenciais fornecedores” e “Existência de especificações técnicas”). Os outros dois são “Criticidade do equipamento” e “Probabilidade de falha da peça”.

Apresenta-se, para um melhor entendimento da descrição dos vários subcritérios, a **Tabela 2**.

Tabela 2 - Subcritérios de criticidade aplicados no modelo desenvolvido por (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Subcritério de criticidade	Descrição
Criticidade do equipamento	Avaliação da frequência de falha, e consequente interrupção de funcionamento, do equipamento. Considera também as consequências que daí advêm. Com base numa matriz de risco estipula-se seis níveis de risco, de A a F.
Probabilidade de falha na peça	Probabilidade da peça integrante de um equipamento falhar e consequente impacto (definido em frequência de ocorrência).
Tempo de aprovisionamento	Tempo entre o instante em que uma certa peça é necessária até que é efetivamente recebida.
Número de potenciais fornecedores	Número de fornecedores que estão disponíveis a entregar uma certa peça ao requisitante.
Existência de especificações técnicas	Existência de especificações técnicas acerca dos equipamentos

Os vários subcritérios deste caso de estudo, associados à criticidade de uma peça de substituição, devem ser parametrizados e definidos antes das categorias VED serem atribuídas a cada SKU. Assim sendo, como exemplo, apresentam-se os intervalos de valores estipulados para avaliar as peças de substituição nos critérios considerados. De seguida, seria possível classificar os SKU de forma a separá-las nas categorias Vital, Essencial e Desejável:

Tabela 3 - Medidas para categorizar as peças nas classes V, E e D, tendo por base subcritérios de criticidade, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Subcritério de criticidade	Categorias VED		
	Vital	Essencial	Desejável
Nível de criticidade do equipamento	Classes A e B	Classes C e D	Classes E e F
Probabilidade de falha na peça	≥1 ano	≥1.5 anos e < 1 ano	<1.5 anos
Tempo de aprovisionamento	>1 mês	>2 dias e ≤1 mês	≤2 dias
Número de potenciais fornecedores	1 fornecedor	>1 e ≤3 fornecedores	>3 fornecedores
Existência de especificações técnicas	Não	Especificações gerais	Especificações detalhadas

Em suma, se fossem selecionados três dos subcritérios abordados acima culminar-se-ia num cubo como o que é apresentado na **Figura 10**, sendo que sem ferramentas para a resolução problema de classificação multicritério, o modelo formulado resultaria em vinte e sete categorias distintas.

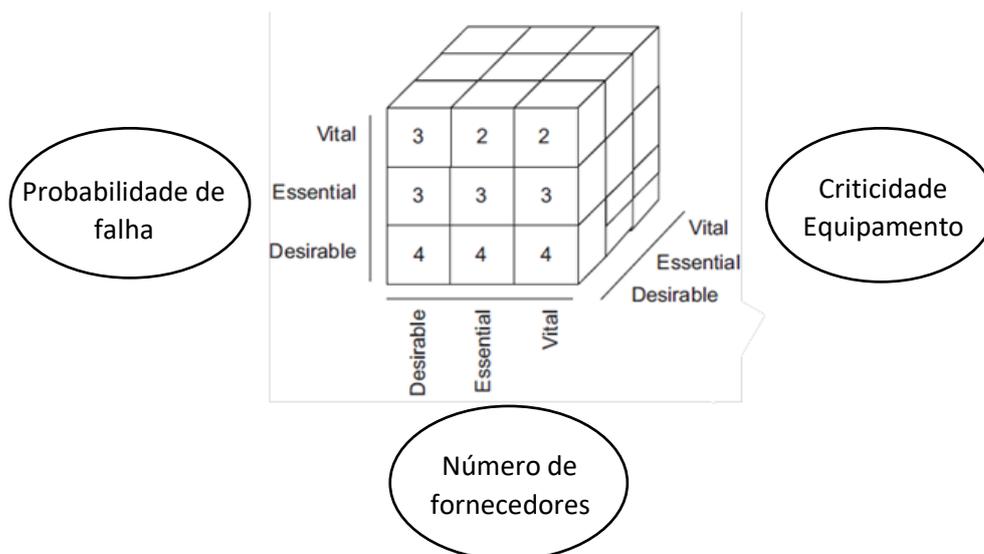


Figura 10 - Classificação multicritério com base em três critérios associados ao conceito de criticidade, adaptado de (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Perante este nível de complexidade justifica-se a aplicação de uma metodologia pertinente que permita a correta atribuição de pesos relativos aos critérios considerados de forma a obter pontuações globais para cada SKU e, por conseguinte, a obtenção de três categorias finais neste caso específico em detrimento de vinte e sete.

Para a presente dissertação foi selecionado o Processo Hierárquico Analítico (AHP) como ferramenta para solucionar o problema multicritério do presente caso de estudo e dar suporte à análise VED. No subcapítulo 3.7. apresenta-se o AHP com mais detalhe e justificado, com base numa revisão bibliográfica, o motivo da sua escolha.

### 3.4. Análise Multicritério (ABC-VED)

No contexto industrial de peças de substituição, segundo (Patrovi & Burton, 1993) e (Ramanathan, 2006), atendendo à heterogeneidade verificada nos atributos, características e comportamentos em stock das mesmas, um sistema de classificação ABC baseado apenas num parâmetro não é, por conseguinte, considerado o método mais adequado para o fim pretendido. De acordo com a pesquisa de (Teunter, Babai & Syntetos, 2010), mostrou-se que adotar meramente o volume da procura anual multiplicado pelo respetivo valor monetário pode conduzir a soluções insuficientes num contexto de gestão de inventário de peças de substituição.

Um problema na utilização de uma classificação ABC unidimensional resulta do facto deste método sobrevalorizar a importância dos SKU cujo custo de consumo anual é muito elevado. Não obstante, podem não são tão importantes para operações de produção ou atividades de assistência técnica e manutenção corretiva, pelo que pode não se justificar a atenção depositada.

Por outro lado, menosprezar determinados SKU apenas porque o seu custo de consumo anual é baixo fomenta uma política de gestão de inventário desajustada, uma vez que estes artigos podem ser extremamente importantes quando considerados outros fatores. (Flores, Olson & Dorai, 1992)

A insuficiência e limitações associadas às soluções geradas a partir do método de classificação ABC tradicional obrigou o desenvolvimento de uma extensão deste método de forma a elaborar um sistema ABC multicritério no qual fossem incluídos outros parâmetros, tais como tempos de aprovisionamento, criticidade, substituíbilidade, entre outros. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2012) Isto é, a análise ABC clássica não torna possível a discriminação de todos os potenciais parâmetros de controlo associados a peças de substituição em inventário. (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)

De facto, está provado pelas pesquisas nesta área de estudo que a necessidade de estruturação de um sistema de classificação que considere múltiplos critérios é de extrema importância quando se lida com um inventário heterogéneo e complexo. Em processos de classificação não é suficiente considerar apenas um critério ou meramente um julgamento qualitativo ou uma medida quantitativa de um tipo apenas. (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)

Dependendo da natureza e do tipo de organização, o número de critérios a utilizar para efeitos de gestão de stock, e o impacto relativo de cada um, varia consideravelmente. Por exemplo, num contexto de mudança constante do ambiente experienciado por indústrias de alta-tecnologia, a obsolescência de artigos de inventário pode traduzir-se num importante fator a considerar, com vista a minimizar as perdas financeiras resultantes da obsolescência de peças com alto valor monetário. No setor da saúde, hospitais e clínicas lidam com um inventário de substâncias essenciais e vitais para os pacientes, sendo que uma determinação do nível de criticidade das mesmas face às necessidades dos pacientes deve ser considerada preferencialmente em detrimento de, por exemplo, o valor monetário dessas substâncias. (Flores, Olson & Dorai, 1992)

É fulcral, numa primeira abordagem à classificação ABC multicritério, apresentar o primeiro tipo de extensão do modelo tradicional: Classificação ABC bidimensional, na qual é considerado um critério adicional para além do já utilizado (volume de vendas ou custo de consumo).

(Flores & Whybark, 1985) propuseram uma estrutura multicritério de forma a executar uma análise ABC e aplicá-la numa organização industrial. Esta abordagem inicia-se com a seleção de outro critério, para além do habitual custo do consumo anual. A escolha deste critério extra pode ser, como já foi mencionado acima, bastante eclética consoante a organização considerada: obsolescência, substituíbilidade, criticidade, tempos de aprovisionamento, ou qualquer outro critério que seja relevante. Os SKU são divididos em três níveis de importância distintos, A, B e C, com base em cada um dos dois critérios estipulados. Posteriormente, o modelo reclassifica os SKU em três categorias, AA, BB e CC, que representam os três grupos de controlo de inventário. Para efeitos de simplificação do modelo e anulação da necessidade do desenvolvimento de nove políticas de gestão de inventário distintas, o mesmo segue uma regra que categoriza as categorias AB e BA como AA, AC e CA como BB e BC e CB como CC.

Pode encontrar-se a estrutura do modelo na **Figura 11**, tratando-se de uma matriz de critérios conjugados.

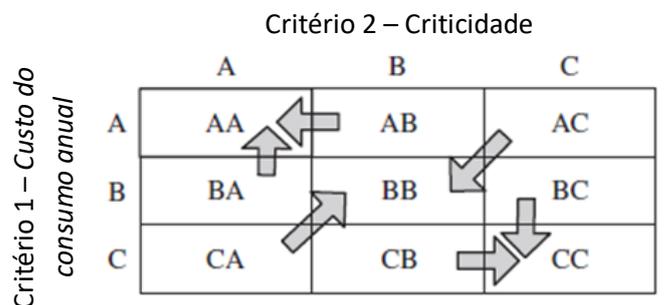


Figura 11 - Representação de uma matriz de critérios conjugados adaptado de (Flores & Whybark, 1985)

Também (Duchessi, Tayi & Levy, 1988) propuseram uma metodologia alternativa e relevante por dois motivos. Primeiro porque os autores previram a necessidade de um sistema de classificação de peças de substituição multicritério: tal como o caso apresentado anteriormente, e para tal foi desenvolvido um modelo de matriz de classificação baseado em dois critérios: custo de inventário e criticidade. O último definido com base no custo unitário, tempo de aprovisionamento e número de interrupções operacionais por unidade de tempo. Em segunda instância, é de realçar a perspetiva integrante entre a classificação e a gestão de peças de substituição, estabelecendo uma base conceptual para programas de controlo efetivo deste tipo de SKU.

(Botter & Fortuin, 2000) definiram, no âmbito de uma classificação multicritério, uma distinção entre as categorias “Vital”, “Essencial” e “Desejável” com base num grupo de critérios que assentam no conceito de criticidade: consumo, preço, tempo de entrega, reparabilidade, tempos de resposta e ciclo de vida da peça de substituição. (Gajpal, Ganesh & Rajendran, 1994) desenvolveram uma análise de criticidade através da aplicação do AHP para efeitos de classificação. (Petrovic & Petrovic, 1992) elaborou um sistema para auxiliar o controlo do inventário de peças de substituição no qual o processo de decisão se baseou em características operacionais das mesmas: disponibilidade, preço, massa e volume da peça, existência das peças no mercado e eficiência da reparação.

Contrastando, (Ramanathan, 2006) propôs uma otimização linear ponderada para efeitos de classificação ABC multicritério. O modelo, primeiramente, converte todas as medidas de critério numa pontuação escalar, que não passa de uma soma ponderada das medidas de cada um dos critérios individuais considerados. De seguida, os pesos dos critérios são definidos através de uma otimização linear e, posteriormente, procede-se à classificação dos vários SKU através da divisão dos mesmos, pelas categorias existentes, baseada nas pontuações globais obtidas. Também (Liu & Huang, 2006) adotaram uma abordagem semelhante para lidar com um problema multicritério. Eles consideraram como critérios de avaliação: custo unitário, procura, aquisição de compra e tempos de aprovisionamento.

(Chu & Liang, 2008) apresentou uma abordagem de controlo de inventário designada classificação ABC *fuzzy*, capaz de incorporar no modelo atributos tanto nominais como não nominais. Ao longo dos anos também foram desenvolvidos diversos métodos meta-heurísticos para classificação de SKU, tais como algoritmos genéticos, redes neurais artificiais, entre outros, de elevada complexidade.

Em suma, muitos são os estudos e pesquisas realizadas acerca de métodos de classificação baseados em múltiplos critérios, que serão sucintamente abordados no subcapítulo 3.6. destinado à revisão de modelos de classificação de inventário multicritério (MCIC).

Ainda no que diz respeito aos modelos multicritério de classificação de SKU, e corroborando com a introdução do presente capítulo, existe uma panóplia de casos distintos quando outro critério, para além do habitual custo do consumo anual usado na classificação ABC tradicional, é utilizado. Alguns dos critérios mais utilizados por estudos na literatura estão sintetizados no esquema da **Figura 12**.

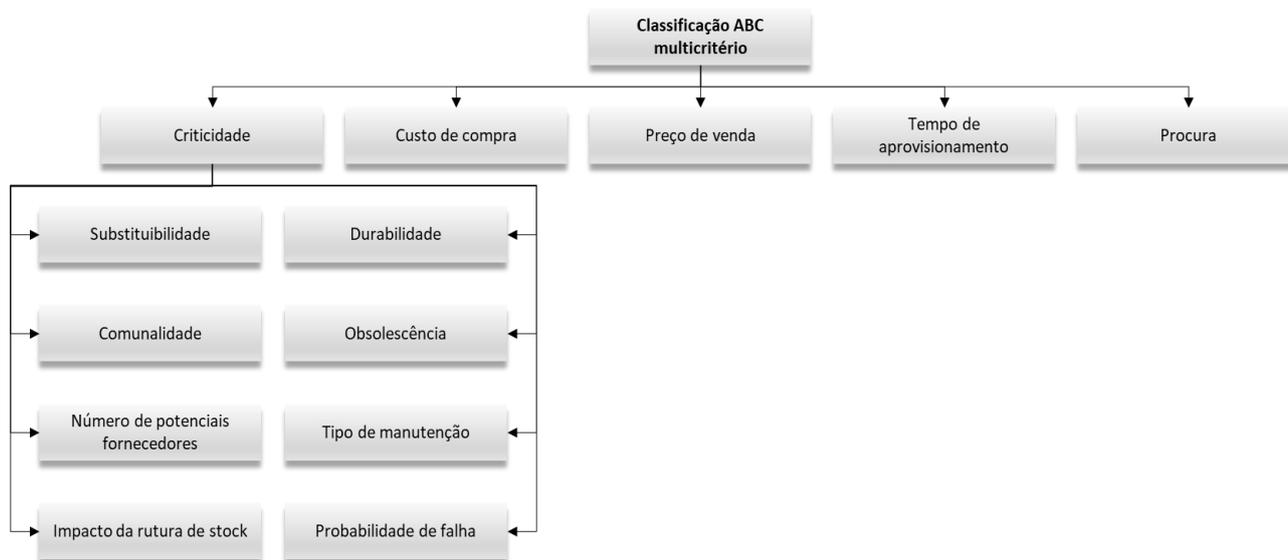


Figura 12 - Critérios vulgarmente utilizados na classificação ABC multicritério

Na **Figura 12** são apresentados os critérios (e subcritérios associados à criticidade) vulgarmente utilizados nos estudos deste cariz. Os critérios a adotar para efeitos de futuro desenvolvimento da dissertação de mestrado serão apresentados com mais detalhe posteriormente.

### 3.5. Variabilidade da Procura (XYZ)

A análise do volume e da variabilidade da procura tem sido realizada para dar suporte à execução e planeamento operacional desde 1960 e é amplamente utilizada atualmente na área de gestão de operações e logística. No entanto, as empresas raramente consideram tanto volume como variabilidade da procura nos seus processos de planeamento e execução. Tipicamente adotam

uma metodologia unidimensional para a gestão de atividades de produção e distribuição. Consequentemente, SKU com procura errática são frequentemente tratados da mesma forma que outros com padrões previsíveis, tais como SKU com elevados volumes solicitados e com um nível de procura constante. (Vitasek, Manrodt & Kelly, 2003)

O princípio chave para uma correta avaliação de SKU, segundo X, é considerar tanto o volume procurado como a variabilidade da procura. Assim, as empresas conseguem, de uma forma mais expedita, dar resposta à procura por uma certa peça tendo o perfil completo de comportamento que inclui tanto volume como variabilidade. (Vitasek, Manrodt & Kelly, 2003)

Selecionando métodos de produção e distribuição baseadas tanto no volume como na variabilidade da procura possibilita as empresas ferramentas para melhorar a sua eficiência operacional. Adicionalmente, torna-se possível otimizar os níveis de serviço, enquanto se mantém os inventários no mínimo, e podem definir-se níveis de stock de segurança baseados nesse perfil de procura. (Bacchetti, Plebani & Sacconi, 2013)

Existem quatro tipos principais de estruturas de variabilidade, segundo (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008): procura constante, que se traduz numa procura linear por um certo SKU num certo intervalo de tempo; procura tendenciosa ocorre quando existem indícios de que a procura por um determinado SKU está a aumentar ou diminuir, com uma taxa de alteração constante; quando se tratam de SKU cuja procura varia ao longo do tempo, mas segue um padrão, está-se perante uma procura sazonal; finalmente, SKU com estruturas de procura descontínuas ou não uniformes, por vezes com períodos nulos de procura, apresentam uma procura irregular.

(Bacchetti & Sacanni, 2012) efetuaram uma revisão da literatura académica existente no que diz respeito à classificação de peças de reposição e apontaram os critérios mais utilizados. Como já foi abordado, vários modelos consideram o custo de venda e a criticidade critérios decisivos na elaboração de um sistema de classificação. No entanto, frisam a importância de considerar a variabilidade da procura como parâmetro para avaliar o comportamento de SKU e classificá-los.

Porém, uma situação recorrente e insatisfatória traduz-se no facto de peças de substituição serem tradicionalmente adquiridas, armazenadas e fornecidas de acordo com processos intuitivos e, por isso, características individuais dessas peças não são tidas em conta. Se assim se justificar, peças de substituição devem ser classificadas de acordo com critérios diversos, não só tendo em conta o seu valor de venda ou compra, mas também considerando a previsibilidade da procura (que depende do quão a mesma varia) de forma a definir estratégias logísticas e de gestão diferenciadas. (Biedermann, 2008)

(Biedermann, 2008) desenvolveu políticas de gestão de inventário baseadas num modelo combinado ABC-XYZ, no qual a análise XYZ avalia a procura e como a mesma varia. Utilizando um sistema deste cariz é possível quantificar a oscilação da procura, através do coeficiente de variação, apresentado na equação (1), e definir fatores como o stock de segurança.

$$CV = \sigma/\mu \quad (1)$$

A variabilidade da procura também é considerada por (Williams, 1984), (Eaves & Kingsman, 2004) e (Syntetos, Boylan & Croston, 2005) que categorizam a procura de acordo com o coeficiente de variação que não é mais do que o desvio padrão da procura dividido pela média do volume procurado.

(Bošnjaković, 2010) defende que a frequência da procura é um critério muito importante na seleção de um modelo de gestão de inventário. A procura de um SKU que varie muito em função do tempo deve ser alvo de mais atenção. Uma forma de quantificar a variabilidade, como já foi referido, assenta na determinação do coeficiente de variação (CV) que estabelece o quão os SKU diferem em termos de volume e distribuição de consumo.

(D'Alessandro & Baveja, 2000) analisam a procura de acordo com a seguinte diretriz: se um SKU apresenta um CV inferior a 0,25 (variação inferior a 25%) pode dizer-se que varia pouco. Para SKU cuja procura resulte num CV superior a 0,75 (variação superior a 75%) considera-se que varia muito e, por isso, é merecedor de mais atenção uma vez que a sua procura é extremamente oscilante e de difícil previsão.

Em suma, uma classificação de peças de substituição que tenha em conta os padrões de procura e respetiva variabilidade pode ser determinante para o cumprimento de requisitos logísticos, tanto por parte do cliente como da empresa em si. A classificação da procura, e agrupamento de SKU em categorias distintas, tem-se mostrado muito útil na previsão de consumos e dá suporte nas decisões a tomar no contexto de controlo de inventário. (Syntetos, Boylan & Croston, 2005)

### 3.6. Modelos para problemas de MCIC

De forma a ter uma noção da panóplia de modelos que são utilizados para problemas de classificação multicritério é apresentado, de seguida, uma tabela que sintetiza os vários métodos utilizados, bem como as principais vantagens e limitações de cada um deles.

*Tabela 4 - Modelos para problemas de MCIC - Baseado em (Roda, Macchi, Fumagalli & Viveros, 2014)*

<b>Modelo</b>	<b>Referência</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Limitações</b>
Análise ABC tradicional (Princípio de Pareto) Classificação VED	(Patrovi & Burton, 1993) (Tanwari, Lakhari & Shaikh, 2000)	Fácil utilização e compreensão. A classificação reflete a importância dada a um certo artigo por parte de quem o gere	Baseado num único critério de classificação qualitativo, logo muito exposto a subjetividade
Abordagem bi-critério	(Flores & Whybark, 1985) (Duchessi, Tayi & Levy, 1988)	Introdução de mais do que um critério	Tempo computacional complexo se forem considerados mais do que 2 critérios/difícil aplicação num contexto real
Otimização linear ponderada	(Ramanathan, 2006) (Zhou & Fan, 2007)	Permite a implementação de uma classificação multicritério atribuindo diferentes pesos a cada critério	O tempo de processamento pode ser muito longo quando o número de artigos de inventário é elevado

<b>Modelo</b>	<b>Referência</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Limitações</b>
Classificação ABC baseada numa pontuação global individual (Modelo Ng)	(Ng, 2007)	Implementação simples	Quando o número de critérios é muito extenso, torna a tarefa de priorização dos critérios bastante exigente
Revisão do modelo Ng	(Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008)	Introdução de um modelo de programação não linear para determinar um conjunto de pesos comuns para todos os artigos	Apenas aplicável para medidas de critério contínuas
DEA (Data Envelopment Approach)	(Liu & Huang, 2006)	Método de otimização com o intuito de superar os problemas derivados de julgamentos subjetivos	Se o número de peças de substituição for elevado, a complexidade computacional é consideravelmente alta
Classificação ABC- <i>fuzzy</i>	(Chu & Liang, 2008)	Permite a consideração de atributos tanto nominais como não nominais	Aplicação prática exigente
AHP	(Saaty, 2008) (Patrovi & Burton, 1993) (Gajpal, Ganesh & Rajendran, 1994) (Braglia, Grassi & Montanari, 2004) (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2011)	Método de suporte de decisão multicritério para cálculo de pontuações globais ao nível da criticidade de peças de substituição	Exige julgamentos de peritos
Método AHP- <i>fuzzy</i>	(Cakir & Canbolat, 2008) (Zheng, Zhu, Tian & Chen, 2012)	Tentativa de superar a subjetividade dos julgamentos no AHP através da definição de rácios de comparação (números <i>fuzzy</i> )	Aplicação prática exigente
Algoritmos genéticos/rede neural artificial	(Partovi & Anandarajan, 2002) (Tsai & Yeh, 2008)	Tentativa de introdução de ferramentas analíticas de suporte para processos de decisão	Aplicabilidade reduzida em contexto industrial real

O Processo Hierárquico Analítico (AHP) foi selecionado como ferramenta para a resolução do problema multicritério associado à construção do modelo de classificação proposto na presente dissertação. As suas características, modo de operação e motivo da sua escolha serão apresentados no capítulo seguinte.

### 3.7. Processo Hierárquico Analítico (AHP)

Vários autores utilizaram o AHP como uma metodologia de suporte à análise VED. (Braglia, Grassi & Montanari, 2004) (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2011) (Gajpal, Ganesh & Rajendran, 1994) Uma vantagem evidente assenta na possibilidade de considerar múltiplos critérios, tanto qualitativos como quantitativos, de forma a descrever e quantificar níveis de criticidade como base da classificação de SKU. Através de ponderações distintas e hierarquização dos critérios, o AHP disponibiliza uma representação realística do problema de tomada de decisão. Por outro lado, uma desvantagem evidente deste método resulta da alta subjetividade inerente às comparações dos vários critérios pelos especialistas. Para colmatar este facto os DM (*Decision Makers*) que serão designados de especialistas daqui em diante, terão de ter um amplo conhecimento e uma vasta experiência na indústria para a qual se desenvolve o modelo de classificação.

(Braglia, Grassi & Montanari, 2004) propuseram um método que é utilizado como base para o desenvolvimento de um esquema de classificação multicritério. O critério-chave considerado pelo estudo é a criticidade de um artigo de inventário. Como já foi mencionado no presente capítulo, avaliar a criticidade é uma tarefa, em primeira instância, exigente e muito morosa uma vez que múltiplas características e atributos podem ter impacto no nível de criticidade. Para lidar, de uma forma efetiva e organizada, com o problema multicritério em mãos, foi proposta uma metodologia combinada que assenta em duas abordagens distintas: um diagrama de decisão lógico e a técnica AHP. O modelo representa o problema multicritério sob a forma de um diagrama de decisão no qual o AHP é utilizado para solucionar os subproblemas derivados da consideração de múltiplos critérios, em cada um dos nós do diagrama de decisão. Assim, o especialista é guiado em prol da obtenção de uma classificação, em termos de criticidade, fidedigna.

Devido à variedade dos critérios associados a uma análise multicritério, recorre-se a uma árvore de decisão que culmina numa das categorias VED existentes e possibilita o mapeamento dos critérios de forma a dar suporte ao AHP. Através da aplicação deste método é exequível resolver os problemas multicritério associados a cada nó do diagrama de decisão. A combinação da árvore de decisão com o AHP permite uma visualização do processo de classificação com mais clareza e transparência. (Gajpal, Ganesh & Rajendran, 1994)

O método AHP é proposto para solucionar problemas multicritério. O processo hierárquico analítico baseia-se em julgamentos de peritos e comparações aos pares, atribuindo pesos relativos a diferentes atributos. Os especialistas devem determinar quais os critérios e alternativas mais importantes. Há que referir, também, a necessidade de identificar as diferenças em termos de importância dos elementos em análise com base numa escala de rácios e respetiva representação numa matriz de julgamentos. (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2012), com o intuito de calcular a importância ou peso relativo dos atributos considerados, converteu a matriz de julgamento em matrizes matemáticas. A solução é obtida através do cálculo do vetor prioritário das matrizes – vetor próprio normalizado da matriz. Obtido o valor dos pesos relativos

dos atributos, os pesos compostos são determinados através da multiplicação dos primeiros pelo peso das alternativas. Com base nos resultados gerados, a equipa especializada indica os limites superior e inferior para as alternativas dos critérios associados à criticidade ou qualquer outro parâmetro. Calculados estes limites referentes a cada classe alternativa, todas as combinações possíveis são computadas numa única pontuação, integrando numa das três categorias alternativas: “Vital”, “Essencial” e “Desejável”.

Tendo por base (Saaty, 2008), com o intuito de tomar uma decisão de uma forma organizada e gerar uma escala de prioridades, há que decompor a decisão de acordo com as seguintes etapas:

1. Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento e resultado pretendido;
2. Estruturar a hierarquia de decisão a partir do topo tendo em vista o pretendido com a decisão e, de seguida, estruturar os objetivos seguindo uma perspetiva ampla através de níveis intermediários (critério sobre o qual elementos subsequentes dependem) até se atingir o nível mais baixo – geralmente onde se encontram a panóplia de alternativas;
3. Construir um conjunto de matrizes de comparação aos pares. Cada elemento de um nível superior é utilizado para comparar os elementos no nível imediatamente inferior e que lhe digam respeito;
4. Utilizar as prioridades obtidas a partir das comparações efetuadas de forma a ponderar pesos para as prioridades do nível imediatamente inferior. Repetir o processo para todos os elementos. Então, para cada elemento de um nível inferior, adiciona-se os seus valores ponderados e obtém-se a sua prioridade geral ou global.
5. Continuar esse processo de ponderação de pesos e respetiva adição até que se obtenha as prioridades finais das alternativas do nível mais baixo.

De forma esquemática, e tendo em conta os objetivos a alcançar e critérios a considerar, pode apresentar-se o modelo AHP de acordo com a **Figura 13**.

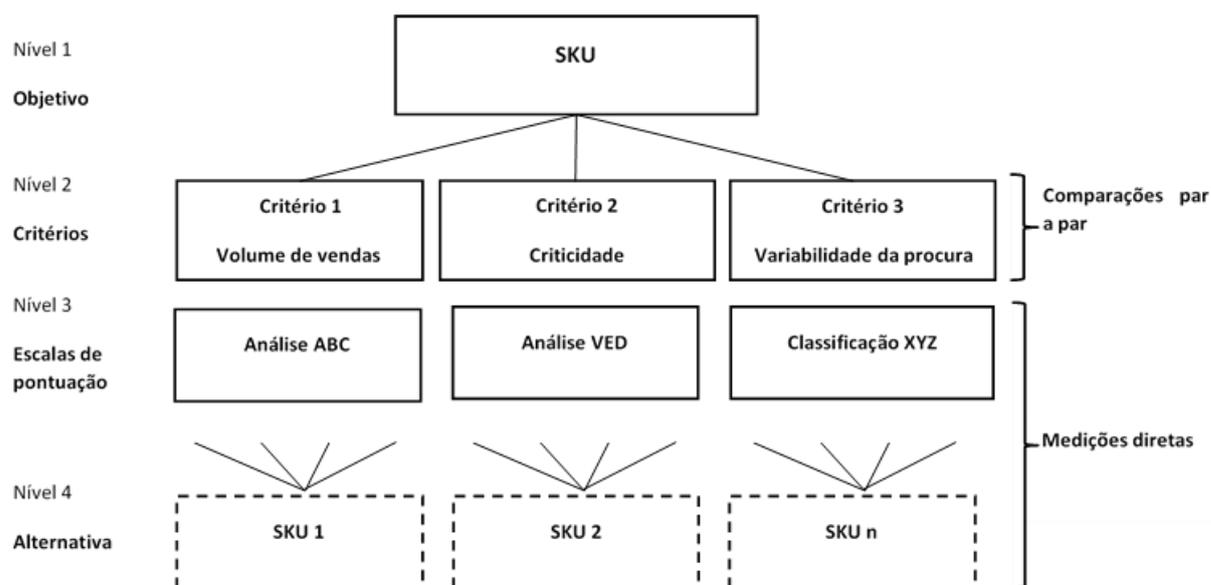


Figura 13 - Modelo AHP para a classificação de SKU, adaptado de (Saaty, 2008), com base no presente caso de estudo

Para fins de comparação, é necessária uma escala numérica que indique quantas vezes um elemento é mais importante ou dominante que outro no que diz respeito a um critério ou propriedade sob o qual os elementos são comparados. Esta escala numérica é apresentada na **Tabela 5**.

Tabela 5 - Escala de comparações a pares de AHP (adaptado de (Saaty, 2008))

Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Os dois critérios têm igual importância
3	Importância moderada	Os dois critérios têm igual importância
5	Importância forte	Um dos critérios é muito mais importante do que o outro
7	Importância muito forte	Um dos critérios é de longe mais importante do que o outro
9	Importância extrema	Um dos critérios é definitivamente muito mais importante do que o outro
2, 4, 6, 8	Valores intermédios	Usado para representar compromissos entre as prioridades anteriores

Dois problemas fulcrais a abordar no contexto de tomada de decisão via AHP são:

1. De que forma se agrega julgamentos individuais num grupo para originar um julgamento representativo do mesmo?
2. E como construir uma decisão global a partir de escolhas individuais?

Uma propriedade que é de extrema importância é a reciprocidade, desempenhando um papel fundamental no processo de combinação de julgamentos de vários indivíduos de forma a obter um único julgamento representativo do grupo de decisão. Estes julgamentos devem ser

combinados para assegurar a reciprocidade entre os juízos sintetizados e a síntese dos recíprocos desse julgamento. Foi provado, para este fim, que a média geométrica é utilizada em detrimento da média aritmética. (Saaty, 2008)

Há que fazer menção a uma situação hipotética que merece uma atenção redobrada. A mesma prende-se com o facto de os especialistas não quererem combinar os seus julgamentos, mas sim apenas os resultados obtidos por cada um, individualmente, a partir da sua própria hierarquia. Nessa eventualidade, recorre-se à média geométrica dos resultados obtidos para fins de classificação das peças em classes definitivas. (Saaty, 2008)

Na **Tabela 5** apresenta-se a escala de valores que se aplica quando se comparam dois critérios, sendo que o valor “1” é selecionado quando um dos dois critérios tem igual importância e o valor “9” é atribuído quando um dos dois critérios é extremamente mais importante que o outro.

Deste modo, é possível obter a ponderação global dos vários critérios escolhidos. No entanto é indispensável mencionar que, uma vez que os critérios são comparados par a par, existe incertezas associadas. (Saaty, 2008) De forma a mensurar o impacto que esta incerteza acarreta no modelo, calcula-se a relação de consistência (RC), que corresponde ao rácio entre o índice de consistência (IC) e o índice aleatório (IA). O primeiro é obtido através da equação (2).

$$CI = \frac{x-m}{m-1} \quad (2)$$

Na equação (2), o escalar  $x$  corresponde à média dos pesos normalizados dos critérios e o  $m$  à dimensão da matriz. Relativamente ao valor de IA, este é função da dimensão da matriz, como se pode verificar na **Tabela 6**. (Saaty, 2008)

*Tabela 6 - Valores de IA para problemas multicritério*

<b>m</b>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>IA</b>	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,51

Analisando a **Tabela 6**, pode afirmar-se que a relação de consistência é nula quando os peritos são totalmente coerentes nas suas respostas e instruções, não obstante, valores reduzidos de inconsistência podem ser tolerados, e os modelos derivados aceites, se a RC for inferior a 10%. (Saaty, 2008) De uma forma geral, em matrizes 3x3, 4x4 ou superiores, esta relação deve ser mais 5%, 8% e 10% do que a medida calculada, respetivamente. (Saaty, 2008)

Apresenta-se, na **Figura 14**, uma representação genérica de um diagrama de decisão (diagrama de árvore) no qual o AHP assenta:

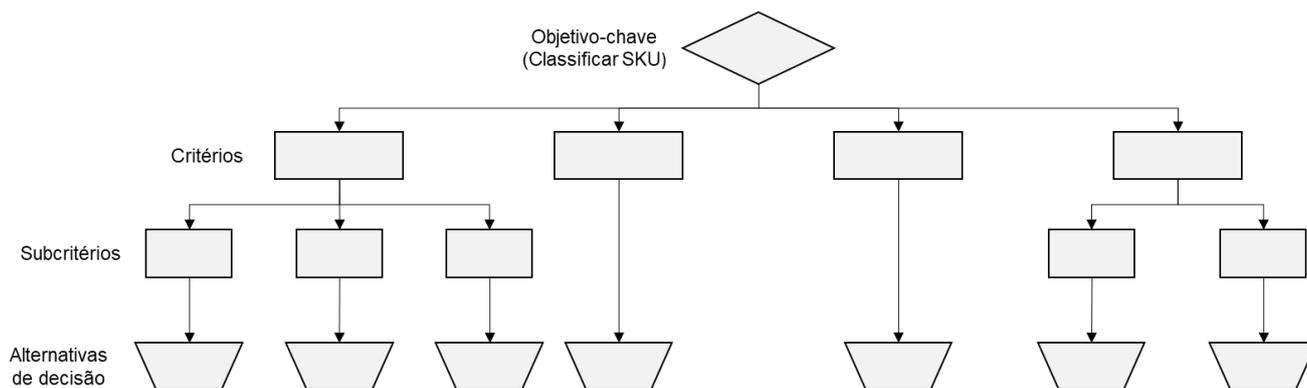


Figura 14 - Diagrama de decisão genérico

No diagrama de decisão, ao considerar diferentes parâmetros, edificam-se nós, e cada um deles acarreta uma decisão. De realçar que um critério pode ser definido por três, dois, ou nenhum subcritério. Por cada nó do diagrama é, então, necessário aplicar o AHP de forma a solucionar o problema multicritério associado. O percurso a ser seguido ao longo do diagrama prende-se com o *outcome* das alternativas (Vital, Essencial e Desejável, por exemplo) em cada um dos nós de decisão. O AHP determina uma pontuação global de cada alternativa baseada na combinação da avaliação individual em cada um dos subcritérios. (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2012)

O AHP foi selecionado em detrimento de outros métodos tanto pela sua flexibilidade na computação das importâncias relativas entre critérios como pelo facto da sua utilização ser extremamente intuitiva em contextos industriais de peças de reposição. (Roda; Macchi, Fumagalli & Viveros, 2012) De facto, tendo como foco o presente caso de estudo, o AHP revelou-se extremamente útil na resolução do problema multicritério na medida em que as relações de consistência obtidas indicaram que os pesos obtidos para os vários critérios considerados foram bem calculados e que as apreciações efetuadas tenderam para um consenso entre os intervenientes do processo de tomada de decisão. Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos no capítulo destinado para o efeito.

### 3.8. Conclusão - Integração das ferramentas e metodologias estudadas

De forma a apresentar uma explicação genérica do método de recolha de dados e posterior contextualização, em articulação com a revisão bibliográfica realizada no capítulo anterior, da metodologia seguida na dissertação, encontra-se na **Figura 15** um esquema que permite a visualização da integração das ferramentas selecionadas para o desenvolvimento do modelo de classificação multicritério.

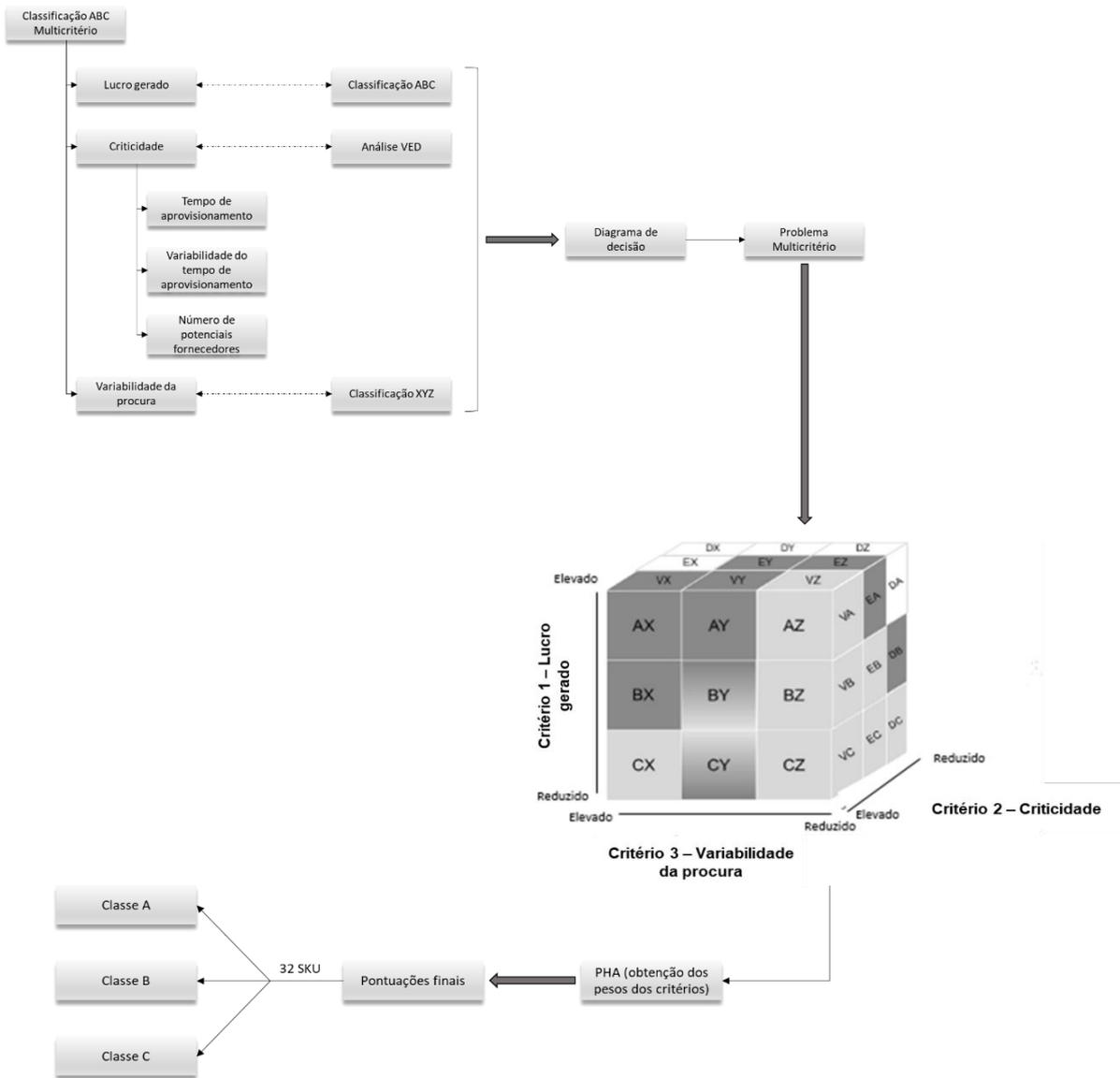


Figura 15 - Esquema da metodologia a seguir e integração das ferramentas a utilizar

A revisão bibliográfica realizada no presente capítulo é indispensável para levar a cabo a construção do modelo de classificação ABC de três critérios, na medida em que faculta bases teóricas e noções chave no que diz respeito à gestão de peças de substituição e na forma como devem ser categorizadas. Adicionalmente, também dá a conhecer os parâmetros, ferramentas, métodos e especificidades deste tipo de artigos de inventário auxiliando no processo de identificação do que deve ser considerado e estudado num contexto industrial deste cariz.

Em termos de metodologia a seguir, e tendo por base o esquema apresentado na **Figura 15**, o procedimento a adotar na presente dissertação consiste nas seguintes oito etapas:

1. Recolha dos dados, para cada SKU, necessários à formulação do sistema de classificação multicritério:

- a. Volume de vendas (Volume da procura de uma SKU multiplicado pelo seu preço de venda)
  - b. Tempos de aprovisionamento
  - c. Número de potenciais fornecedores
  - d. Variabilidade do tempo de aprovisionamento
  - e. Variabilidade da procura
2. Organização dos critérios e alternativa consideradas num diagrama de decisão
  3. Atribuição e ponderação dos vários pesos dos critérios através da resolução do problema multicritério – Processo Hierárquico Analítico (AHP)
  4. Definição dos intervalos limite para os valores associados às medidas dos critérios
  5. Resolução do problema multicritério através da atribuição de pontuações aos SKU, com base em cada um dos critérios considerados
  6. Obtenção da pontuação global de cada SKU através da escala de prioridades dos critérios definida via AHP.
  7. Inserção dos SKU, com base na pontuação global de cada uma, nas três categorias finais consideradas: A, B e C
  8. Desenvolvimento e implementação de ferramentas e políticas de gestão e controlo de inventário para cada uma classes resultantes

Na revisão bibliográfica constata-se que, na construção de um modelo de classificação ABC multicritério, vários são os critérios considerados. A sua escolha prende-se diretamente às idiossincrasias da organização para a qual se desenvolve o modelo e visando objetivos previamente delineados. Relativamente à seleção dos critérios e motivo da sua escolha, no presente caso de estudo, o “Volume de vendas” é selecionado no contexto de classificação ABC de forma a avaliar os as peças de substituição com base no valor monetário que gera. Uma vez que a empresa em estudo lida com peças de substituição com uma discrepância de valores e procuras muito diferenciadas, faz sentido adotar este critério que se relaciona positivamente com a importância dos SKU. Assim, é possível agrupá-las em três categorias distintas: A, B e C.

A empresa lida, também, com uma panóplia vasta de fornecedores, muitos deles localizados geograficamente fora do país. A incerteza e variabilidade associada aos tempos de aprovisionamento das peças de substituição é um fator crítico para uma gestão eficiente e eficaz das operações e atividades de assistência técnica. Adicionalmente, o número de fornecedores aptos para dar resposta a uma certa necessidade também deve ser considerado. Nesse sentido, em termos de criticidade, adotam-se os seguintes subcritérios: número de potenciais fornecedores, tempo de aprovisionamento e variabilidade do mesmo. Através de uma análise VED distribui-se, tendo em conta cada subcritério, as classes de SKU em três categorias distintas: Vital, Essencial e Desejável.

Por fim, os SKU são divididos em três categorias, X, Y e Z, consoante a intensidade verificada na variação da procura em função do tempo. Isto é, uma vez que os volumes dos vários SKU

comercializadas pela empresa A são adquiridos pelos clientes de uma forma extremamente heterogénea durante o ano, é importante quantificar esta variabilidade da procura de forma a avaliar cada SKU em função desse parâmetro.

## 4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO ABC MULTICRITÉRIO

O presente capítulo tem como objetivo, em primeira instância, apresentar os dados a utilizar no modelo de classificação ABC multicritério e, de seguida, organizar as variáveis fundamentais necessárias à aplicação e implementação do modelo mencionado, nomeadamente as classes de produtos (SKU), os critérios considerados e respetiva ponderação de pesos. Assim, estão reunidas todas as condições para desenvolver o modelo de classificação e agrupar os vários SKU em categorias, de forma a desenvolver políticas de gestão de inventário que vão ao encontro das especificidades de cada classe de SKU.

Com o intuito de resolver o problema multicritério, recorre-se ao Processo Hierárquico Analítico, com o auxílio de três especialistas. São eles o responsável pelo departamento de compras, o responsável pelo departamento de assistência técnica e o chefe de armazém. Eles, com suporte do AHP, são responsáveis pela priorização dos critérios considerados, determinando-se assim os pesos globais de cada um.

Em termos esquemáticos, a estrutura da presente dissertação assenta numa *framework* que é apresentada sob a forma de metodologia de ação. A mesma pode ser consultada na **Figura 16**.

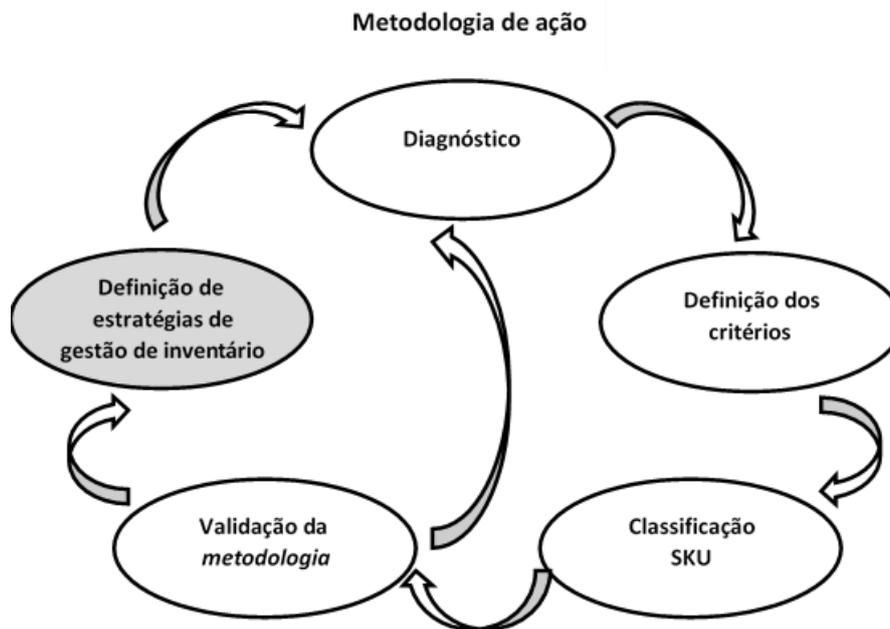


Figura 16 - Processo de desenvolvimento da *framework* proposta baseada nos princípios da pesquisa-ação

A *framework* da **Figura 16** pretende explicitar a metodologia necessária para classificar os SKU da empresa A e, consoante os resultados obtidos, desenvolver políticas de gestão de inventário que promovam o nível de serviço prestado aos seus clientes, o crescimento económico da organização, bem como minimizar potenciais problemas operacionais que advém de uma gestão de stock insuficiente.

#### 4.1. Classes de SKU

O estágio desenvolvido na empresa A permitiu visualizar o fluxo de trabalho associado a uma encomenda de cliente, que inicia na solicitação por parte do mesmo de uma determinada peça ou serviço de assistência técnica e termina aquando da entrega da peça ou prestação do serviço de AT. Qualquer fluxo de trabalho acarreta a disponibilidade imediata de peças de substituição, que diferem muito entre si e dependem do serviço prestado, pelo que facilmente se conclui que a organização carece de uma gestão de stocks eficiente, eficaz e suficientemente sofisticada atendendo à vasta gama de peças de substituição.

Dado, também, a vasta gama de produtos vendidos pela empresa A, é fulcral desenvolver ferramentas que possibilitem a definição de estratégias de gestão eficientes. Para este fim, em primeira instância, o inventário global deve ser apresentado em SKU que servem de *input* para o modelo de classificação ABC multicritério desenvolvido.

Atualmente, a empresa A divide os produtos em trinta e dois grupos consoante a sua tipologia, características e especificidades gerais de forma a obter conjuntos que não difiram muito intrinsecamente. Apresentam-se, na **Tabela 7**, as trinta e duas classes de SKU que constituem o inventário total de peças de substituição da empresa.

*Tabela 7 - Classes de SKU e respetivas designações*

<b>Classe de SKU</b>	<b>DESIGNAÇÃO</b>
1	Acessórias câmaras climáticas
2	Soluções diversas
3	Pesos diversos
4	Baterias/Componentes elétricos
5	Componentes elétricos Memmert
6	Componentes universais Memmert
7	Material de incubação
8	Motores
9	Banhos-Maria
10	Peças frigoríficos
11	Balanças/calibrações
12	Bolsas Thermogenesis
13	Acessórios Thermogenesis
14	Acessórios congelação
15	Acessórios Memmert (>dimensões)
16	Válculas Memmert
17	Acessórios Memmert (<dimensões)
18	Equipamentos IT
19	Canecas
20	Células de Carga Tinius Olsen
21	Acessórios Tinius Olsen
22	Material de laboratório
23	Equipamentos Medição %H2O/CO2/PH
24	Equipamento refrigeração
25	Borrachas/vedantes/suporte
26	Tubagem câmaras climáticas
27	Soluções vitais
28	Resinas
29	Material biológico
30	Diversos

Classe de SKU	DESIGNAÇÃO
31	Lasers
32	Máquinas de tração/alongamento

As trinta e duas classes de SKU consideradas serão sujeitas a uma avaliação, com base em três critérios distintos. O primeiro é o volume de vendas, que segue uma classificação ABC, o segundo é a criticidade, que é avaliada segundo o modelo VED e o terceiro é a variabilidade da procura, na forma de classificação XYZ. Assim, é possível dividir as classes de SKU através do modelo multicritério e classificá-las de acordo com o grau de importância da categoria que integram.

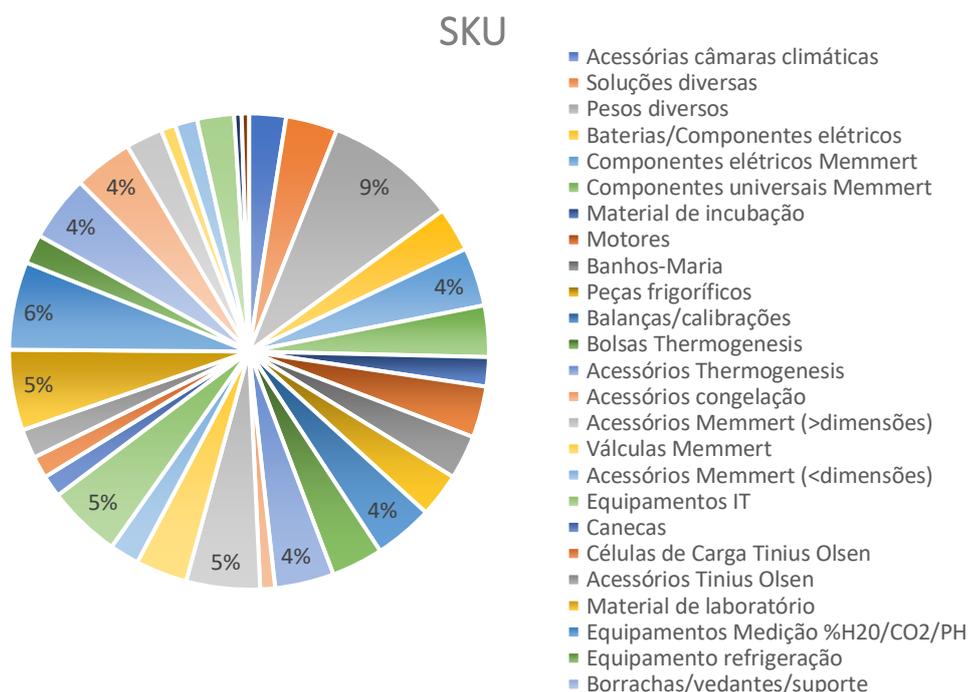


Figura 17 - Percentagem de produtos inseridos em cada SKU

Analisando o gráfico da **Figura 17**, verifica-se que 50% do número total de peças no armazém da empresa A advêm de apenas dez das trinta e duas classes de SKU consideradas. Todas elas devem ser sujeitas a avaliação, com base em critérios pertinentes para a organização, de forma a obter uma pontuação global e agrupar as classes de SKU em categorias finais. Importante mencionar que são definidas como “categorias finais” as que resultam diretamente do modelo de classificação multicritério, ou seja, enquanto que a classificação ABC, a análise VED e a classificação XYZ dividem as classes de SKU em categorias intermediárias (A, B, C; V, E, D e X, Y, Z), o modelo multicritério desenvolvido, uma vez que tem em conta o peso de cada um dos critérios individuais, divide as trinta e duas classes em três categorias finais: A, B ou C finais. Como já foi evidenciado na revisão bibliográfica, no caso de ser considerado mais que um critério, é necessária a construção de uma matriz de decisão de dimensão  $n \times n$ , sendo  $n$  o número

de critérios selecionados. (Flores, Olson & Dorai, 1992) À medida que se aumenta o número de critérios, o processo de classificação vai-se tornando cada vez mais difícil de implementar e gerir. Nesse sentido, e para colmatar esse grau de exigência, a empresa teve que refletir acerca das políticas de gestão a adotar e definir uma abordagem para a definição dos critérios que fosse pertinente.

Desse modo, na presente dissertação, e de acordo com as orientações dos especialistas envolvidos no processo de tomada de decisão, são considerados três critérios distintos. O problema multicritério subjacente (tridimensional) resultaria na formulação de vinte e sete categorias e políticas de gestão e controlo de inventário distintas. (Flores, Olson & Dorai, 1992) Para efeitos de simplificação e resolução do problema multicritério, aplicou-se o AHP para obter os pesos dos critérios considerados, sendo assim possível classificar as classes de SKU em apenas três categorias: A final, B final e C final.

O Processo Hierárquico Analítico, já descrito no Capítulo 3, surge como uma ferramenta adequada para orientar os especialistas na avaliação de um conjunto de alternativas, combinando múltiplos objetivos.

Antes da aplicação do AHP, da resolução do problema multicritério e da classificação das classes de SKU, há que avaliar as dimensões a considerar, no processo de avaliação, e enunciar os critérios que mais fazem sentido adotar face ao contexto do problema da empresa A.

#### 4.2. Critérios de avaliação

Para se obter o modelo de classificação ABC multicritério e o conseqüente agrupamento dos SKU em categorias distintas, às quais serão dadas uma determinada prioridade, é necessário seguir estritamente a metodologia de ação previamente definida. Em primeira instância, é fulcral definir, com a instrução e orientação dos peritos envolvidos no processo, os critérios a considerar no desenvolvimento do modelo, sendo que a etapa de definição dos critérios e o propósito da classificação em si deve ser previa e claramente definida. (Kampen, Akkerman & Donk ,2012) Não será demais frisar que, desprovido dos dados relevantes das atividades operacionais da organização, não é possível prosseguir com o desenvolvimento do modelo. Trata-se de uma etapa crítica e, nesse sentido, serão apresentados com detalhe os critérios a inserir no modelo.

O processo de definição e priorização dos critérios no âmbito do Processo Hierárquico Analítico, segundo (Saaty, 2008), deve ser levado a cabo de forma lógica e objetiva, de acordo com o procedimento seguinte:

Tabela 8 - Etapas do AHP no contexto do presente caso de estudo

ETAPA	DESCRIÇÃO
Definição do problema da empresa e do objetivo a alcançar com o modelo	Políticas de gestão de stock insuficientes e agrupamento dos SKU em diferentes categorias
Estruturar a hierarquia de decisão	Objetivo (Modelo de classificação ABC multicritério) – Critérios/Subcritérios – Alternativas (classes de SKU)
Priorização dos critérios	Comparações par a par de forma a obter os pesos globais dos três critérios
Obtenção das pontuações globais	Usando as prioridades obtidas, obtém-se a pontuação final de cada alternativa

Os três critérios relevantes que foram estipulados pelos especialistas intervenientes, numa reunião que durou cerca de duas horas, de acordo com as necessidades da organização e tendo por base critérios frequentemente utilizados noutros casos de estudo, estão resumidos na **Tabela 9**.

Tabela 9 - Critérios e subcritérios utilizados no modelo de classificação ABC multicritério

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
<b>1 - Volume de vendas gerado (ABC)</b>	Volume vendido, em euros, de um SKU
<b>2 – Criticidade (VED)</b>	Análise de criticidade de uma certa SKU
<b>2.1. – Tempo de aprovisionamento</b>	Intervalo de tempo entre a encomenda ao fornecedor e a receção da mesma no armazém
<b>2.2. – Variabilidade do tempo de aprovisionamento</b>	Tendência que o tempo de aprovisionamento tem para variar
<b>2.3. – Número de potenciais fornecedores</b>	Número de fornecedores aptos para abastecer um determinado SKU
<b>3 – Variabilidade da procura (XYZ)</b>	Tendência que a procura por um certo SKU tem para variar ao longo do tempo

O primeiro critério assenta volume de venda (em euros), quer obtido pela venda direta quer pela prestação de um serviço de assistência técnica, de uma certa peça de substituição. Trata-se de um critério frequentemente utilizado, (Cavaleri, Garetti, Macchi & Pinto, 2008), (por vezes é considerado o volume de compra em detrimento do de venda) e acarreta um impacto considerável para empresa A na medida que as classes de SKU têm preços de venda extremamente distintos entre si.

É discutido na revisão bibliográfica que uma análise deste cariz, ou seja, via modelo de classificação multicritério, é extremamente importante tendo por base diferentes perspetivas. Em

termos financeiros, disponibiliza informação e orientação acerca de que investimentos devem ser efetuados em detrimento de outros, consoante o valor de mercado de um certo material. Logisticamente, indica se um certo SKU deve ter um stock mínimo de segurança e o valor do mesmo, dependendo logicamente do valor da sua procura. De uma perspetiva de atividades de manutenção, fornece às empresas ferramentas com as quais é possível estabelecer um equilíbrio entre a disponibilidade dos SKU em armazém e as políticas de manutenção das mesmas, orientando as decisões de compra no sentido de minimizar o risco associado à ausência de um certo SKU. (Cavalieri, Garetti, Macchi & Pinto, 2008)

Uma vez que a empresa em estudo apresenta classes de SKU bastante heterogéneas em termos de preço e quantidade vendida faz todo o sentido considerar o “Volume de vendas gerado” como um parâmetro a introduzir no modelo de classificação multicritério construído. É evidente que a atenção e recursos empregues na gestão de uma certa classe que só vende, por exemplo, dezenas de unidades anualmente a um preço reduzido deve ser menor do que uma outra que gere um volume de vendas substancial para a organização.

O segundo critério, a criticidade, é talvez o critério mais subjetivo e, dada a sua extrema importância segundo (Huiskonen, 2001) na classificação de classes de SKU constituídos integralmente por peças de substituição, merece uma particular atenção. Isto porque, como já foi mencionado, atribuir níveis de importância, em termos de criticidade, é uma tarefa difícil uma vez que é baseada em julgamentos subjetivos e opiniões de gestores que podem variar consideravelmente. (Botter & Fortuin, 2000) Não obstante, a maioria dos autores conduziram a análise de criticidade com base um sistema de classificação VED é este o modelo utilizado na presente dissertação. (Cavalieri, Garetti, Macchi & Pinto, 2008) (Molenaers, Baets, Pintelon & Waeyenbergh, 2012)

Nesse sentido, em termos de criticidade, foram considerados três subcritérios na classificação dos SKU: tempo de aprovisionamento, variabilidade do tempo de aprovisionamento e número de potenciais fornecedores. A inserção do primeiro subcritério prende-se com o facto de muitos dos fornecedores da empresa A serem estrangeiros e, alguns deles, necessitarem de produzir o material encomendado ou abastecer-se do mesmo com o respetivo fabricante. Nesse sentido, os tempos de entrega variam imenso e acarretam elevados impactos no nível de serviço oferecido pela empresa aos seus clientes. O mesmo acontece com a variabilidade dos tempos de aprovisionamento, devido ao mencionado acima, sendo difícil prever se o tempo para a empresa A se abastecer de uma certo SKU é idêntico ao verificado anteriormente. Adicionalmente, a empresa lida com alguns materiais cujos fornecedores são exclusivos ou representam marca própria, pelo que merecem especial interesse em detrimento de materiais que podem ser abastecidos a partir de múltiplos fornecedores. Devido a este facto faz sentido avaliar os SKU, em termos de criticidade, em função do número de potenciais fornecedores aptos para abastecer as mesmas.

Por fim, relativamente ao terceiro critério, (Bošnjaković, 2010) defende que a variabilidade da procura é um critério muito importante na seleção de um modelo de gestão de inventário. A

procura por um determinado SKU que varie muito em função do tempo deve ser alvo de mais atenção. Uma forma de quantificar a variabilidade assenta na determinação do coeficiente de variação (CV) que estabelece o quão os SKU diferem em termos de volume e distribuição de consumo. Para a empresa A faz todo o sentido que este critério seja considerado uma vez em que os SKU são solicitados pelos clientes em quantidades e periodicidades distintas. Assim, ter uma noção de quais os SKU cuja existência em inventário há que assegurar durante todo o ano, dada um certo padrão de procura, e quais as que não, é fulcral tanto para a qualidade e nível do serviço prestado como para a correta alocação de recursos.

Uma vez que a empresa A pretende otimizar os processos logísticos e aumentar o nível de serviço prestado aos seus clientes, adotar a variabilidade da procura como critério no modelo desenvolvido é muito relevante. Em primeira instância para tentar prever tendências futuras de procura com base nos dados históricos, tentando quantificar o volume procurado pelos clientes em função do tempo. Adicionalmente, conhecer detalhadamente como as curvas da procura pelos vários SKU se comportam torna-se um requisito importante na medida em que é possível definir que artigos devem ser mantidos em inventário, em que quantidades e por quanto tempo.

Em suma, o modelo de classificação ABC multicritério assenta em três critérios fundamentais, sendo eles o “Volume de vendas”, que será quantificado através de uma classificação ABC, a “Críticidade”, cuja avaliação assentará numa análise VED, e a “Variabilidade da procura” que seguirá um modelo XYZ semelhante ao utilizado para o primeiro critério. Adicionalmente, para auxiliar os especialistas na resolução do problema multicritério, foi aplicado o Processo Hierárquico Analítico (AHP) segundo (Saaty, 2008).

#### 4.2.1. Avaliação dos critérios

Depois da seleção e contextualização dos critérios para avaliar as trinta e duas classes de SKU, bem como após a organização e simplificação dos dados da empresa A, procedeu-se à construção das escalas de avaliação para cada critério e subcritério definidos. No presente caso, existem três critérios: volume de vendas (em euros) por classe de SKU, sendo-lhes atribuídas uma categoria A, B ou C; a criticidade, que é avaliada segundo os três subcritérios definidos, e cada classe de SKU é introduzida numa das três categorias associadas ao sistema de classificação VED: “Vital”, “Essencial” ou “Desejável”; a variabilidade da procura é quantificada em termos de coeficiente de variação, dividindo os SKU nas categorias X, Y e Z.

No caso da classificação ABC, os SKU foram distribuídos pelas três categorias do modelo consoante o volume de vendas que gera para a empresa. A escala de avaliação utilizada assenta no princípio de que os SKU que integram a categoria A merecem uma maior atenção e dedicação aquando da formulação das políticas de gestão de inventário, na medida em que representam a maior parte do volume de vendas da organização, em detrimento das que pertençam à categoria C. Estas últimas, por gerarem um volume de vendas reduzido, não lhes devem ser alocados

tantos recursos. A distribuição dos SKU pelas três categorias seguiu o princípio de *Pareto* igualmente utilizado por (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008) e (Chen, Li, Kilgour & Hipel, 2008).

Em termos de criticidade, os SKU são sujeitos a uma análise VED com base nos três subcritérios supramencionados e agrupadas em três categorias distintas, via Processo Hierárquico Analítico (AHP) para a resolução do problema multicritério. Seguindo uma mesma lógica de pensamento do que para o critério já apresentado, os SKU cuja criticidade global seja elevada são inseridos na categoria V (Vital). As que, pela sua natureza ou especificidades logísticas, não sejam críticas para a organização passam a integrar a categoria D (Desejável).

A estipulação do que é “Vital”, “Essencial” e “Desejável”, em termos de criticidade, para a empresa A, foi levada a cabo por uma intensa colaboração entre o responsável de compras, o chefe de armazém e o responsável pelos serviços de assistência técnica. Para se atribuírem estes “níveis de criticidade”, contou-se com o vasto conhecimento e experiência destes indivíduos, de forma a alcançar resultados fidedignos.

No que diz respeito à classificação XYZ, que avalia a variabilidade da procura, o pior cenário traduz-se numa intensa oscilação da curva da procura em função do tempo, o que resulta num coeficiente de variação elevado. (Bošnjaković, 2010) Aos SKU que estiverem nestas condições é-lhes atribuída a classe X. Por outro lado, SKU cuja procura não varie substancialmente ao longo do tempo e que, por isso, seja de fácil previsão, integram a classe Z.

Por fim, após a aplicação do AHP e dependendo do desempenho obtido em cada critério, as trinta e duas classes de SKU são divididas em três categorias finais, A final, B final ou C final.

#### 4.2.1.1. Volume de vendas (ABC)

No que diz respeito ao volume de vendas gerado em função de cada uma das classes de SKU consideradas, foram disponibilizados pela empresa A os volumes de vendas de cada classe, em cada mês dos anos 2018 e 2019.

Pela revisão da literatura, conclui-se que a análise ABC é vulgarmente utilizada tendo por base os volumes de compras. Não obstante, uma vez que a empresa em questão é um operador logístico que efetua revenda de materiais e presta serviços de assistência técnica, o volume de vendas gerado por cada SKU é diretamente proporcional ao custo da sua aquisição.

Nesse sentido, as trinta e duas classes de SKU são distribuídas pelas três categorias, A, B e C, sendo que os pertencentes à categoria A são os que apresentam maior importância para as organizações, apesar de serem uma reduzida fração da quantidade total de artigos. Nesta, os SKU representam aproximadamente 80% do volume de vendas gerado pela organização. Por outro lado, os SKU pertencentes à classe C refletem apenas 5% do volume de vendas gerado e, por isso, não lhes é atribuída tanta importância. Por fim, e como será expectável, as que pertencem à categoria B geram cerca de 15% do volume de vendas total da organização.

Seguindo este raciocínio, e uma vez que existe à disposição o volume de vendas gerado por cada uma das classes de SKU consideradas, foram calculadas as percentagens acumuladas que originaram a curva ABC apresentada na **Figura 18**.

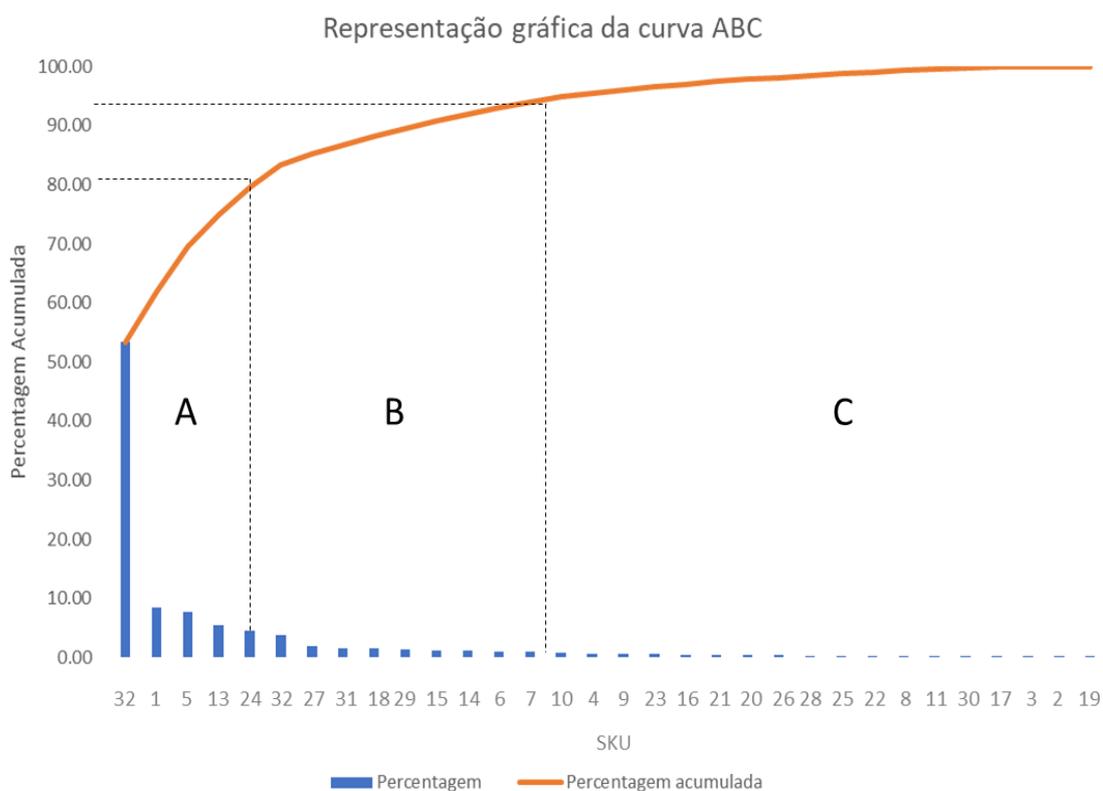


Figura 18 - Representação gráfica da curva ABC com base nas percentagens acumuladas de volume de vendas gerado

Os resultados obtidos, tendo por base o princípio de *Pareto*, serão analisados no capítulo destinado para o efeito, havendo apenas a necessidade de explicitar que escala de avaliação é utilizada para a atribuição de pontuações numéricas em função de cada uma das categorias existentes.

Nesse sentido, e tendo por base as preferências e juízos de valor dos especialistas envolvidos no processo de validação do modelo de classificação ABC multicritério, estipulou-se o seguinte método de pontuação que consta na **Tabela 10**.

Tabela 10 - Pontuação numérica atribuída, para inserção no modelo multicritério, em função da categoria obtida no Critério 1 – Volume de Vendas

Categoria	Pontuação atribuída
A	1,00
B	0,70
C	0,20

Trata-se de uma escala de avaliação de zero a um, sendo que às classes inseridas na categoria A é-lhes atribuída a pontuação máxima, devido à sua importância substancial em termos de volume de vendas gerado para a organização. Relativamente às que integram a categoria B e C, é-lhes atribuída 70% e 20% da pontuação máxima, respetivamente.

#### 4.2.1.2. Análise de Criticidade (VED)

A análise de criticidade levou em conta, como já foi mencionado, três subcritérios-chave, sendo eles o tempo de aprovisionamento, a variabilidade do mesmo e o número de potenciais fornecedores.

Após um extenso debate entre os especialistas acerca das escalas de avaliação a aplicar para cada um destes três subcritérios, no qual a experiência passada da empresa foi decisiva, foi possível estabelecer uma relação entre os parâmetros considerados para cada um dos subcritérios e as categorias do modelo VED: “Vital”; “Essencial”; “Desejável”.

No que diz respeito ao tempo de aprovisionamento (número de dias), a categoria a atribuir a cada classe de SKU, em função desse parâmetro, está explicitada na **Tabela 11**. O racional que está por detrás desta escala de avaliação assenta no SLA (*Service Level Agreement*) acordado com os clientes, isto é, prazos estipulados entre a empresa e o cliente para que a qualidade do serviço prestado não seja comprometido. Se um cliente solicita uma certa peça de substituição, é esperado que a empresa consiga dar resposta a essa procura no prazo considerado “aceitável” pelo cliente.

*Tabela 11 - Escala de avaliação do subcritério "Tempo de aprovisionamento"*

<b>Tempo de aprovisionamento (nºdias)</b>	<b>Categoria atribuída</b>
<b><math>\leq 10</math> dias</b>	Desejável (D)
<b><math>&gt; 10</math> dias e <math>\leq 30</math> dias</b>	Essencial (E)
<b><math>&gt; 30</math> dias</b>	Vital (V)

Através da análise da tabela apresentada acima, conclui-se que um SKU cujo tempo de aprovisionamento é superior a trinta dias integra a classe “Vital”, merecendo mais atenção e uma gestão minuciosa por parte da organização. O cenário ideal assenta em tempos de aprovisionamento inferiores a dez dias, pelo que SKU nestas condições são inseridos na categoria “Desejável” – políticas de gestão de inventário não devem ser direcionadas para esta classe, ou pelo menos não tão afincadamente. Todas os SKU que não estiverem nas condições supramencionadas integram a categoria “Essencial”.

Relativamente à variabilidade do tempo de aprovisionamento, os SKU são organizados tendo por base o modelo de classificação da variabilidade já utilizado pela empresa A para quantificar a variação da procura por algumas SKU. A empresa utilizava este racional para alguns SKU que apresentavam procuras extremamente oscilantes e, assim, tentar gerir a sua existência em stock

de uma forma mais expedita e eficiente. Na **Tabela 12** é possível encontrar os intervalos de variabilidade definidos para cada uma das categorias existentes.

*Tabela 12 - Escala de avaliação do subcritério "Variabilidade do tempo de aprovisionamento"*

<b>Variabilidade do tempo de aprovisionamento (%)</b>	<b>Categoria atribuída</b>
$\leq 10\%$	Desejável (D)
$> 10\% e \leq 65\%$	Essencial (E)
$> 65\%$	Vital (V)

Tal como no subcritério “Tempo de aprovisionamento”, tendo por base os dados recolhidos referentes aos anos de 2018 e 2019, foi possível quantificar a variação experienciada para cada uma das trinta e duas classes de SKU. Expectável que aquelas cujo “Tempo de aprovisionamento” varia substancialmente ( $> 65\%$ ) devem ser monitorizadas de forma mais assídua e rigorosa, integrando assim a classe “Vital”. Os SKU cuja variabilidade é inferior a 10% devem ser inseridas na categoria “Desejável”. Por fim, as que apresentarem variações entre os valores já mencionadas, passam a integrar a categoria “Essencial”.

Por fim, no que diz respeito ao terceiro e último subcritério, as classes do modelo de classificação VED são atribuídas seguindo as condições apresentadas na **Tabela 13**. O racional que esteve por detrás desta estipulação resulta da experiência dos peritos no que diz respeito à gestão dos fornecedores. A empresa A avalia a necessidade da existência de múltiplos fornecedores, ou não, para o abastecimento de uma certa peça e o quão essa peça é crítica consoante o número de fornecedores aptos ao seu fornecimento.

*Tabela 13 - Escala de avaliação do subcritério "Número de potenciais fornecedores"*

<b>Número de potenciais fornecedores (unidades)</b>	<b>Categoria atribuída</b>
$> 3$ fornecedores	Desejável (D)
$> 1$ fornecedor e $\leq 3$ fornecedores	Essencial (E)
1 fornecedor	Vital (V)

Conclui-se que SKU que sejam abastecidos exclusivamente por um fornecedor devem merecer uma atenção redobrada para evitar roturas de stock críticas para a empresa e respetivos clientes, sendo por isso inseridos na categoria “Vital”. SKU que possam ser subministrados por mais que três fornecedores integram a classe “Desejável”, uma vez que se traduz no cenário ideal – mesmo que um fornecedor não tenha possibilidade de responder às necessidades de abastecimento da organização, a mesma pode recorrer a fornecedores alternativos (no caso considerado, mais três fornecedores). Por fim, SKU que provenham de dois ou três fornecedores merecem um foco intermédio, sendo inseridas na categoria “Essencial”.

Seguindo a mesma lógica de conversão, que no critério “Volume de vendas gerado”, proposta pelos intervenientes na construção do modelo de classificação multicritério, o processo de

conversão das classes obtidas em pontuações finais, para posterior inserção no modelo multicritério, está explicitado na **Tabela 14**.

*Tabela 14 - Pontuação numérica atribuída, para inserção no modelo multicritério, em função da categoria obtida no Critério 2 – Criticidade*

<b>Categoria</b>	<b>Pontuação atribuída</b>
<b>V</b>	1,00
<b>E</b>	0,60
<b>D</b>	0,20

Aos SKU inseridos na classe “Vital” é-lhes atribuído a pontuação máxima, devido ao acréscimo de atenção que merecem devido ao seu nível de criticidade. Relativamente aos que integram a categoria “Essencial” e “Desejável”, é-lhes dado 60% e 20% da pontuação máxima, respetivamente.

#### 4.2.1.3. Variabilidade da Procura (XYZ)

Existem quatro tipos principais de estruturas de variabilidade, segundo (Çelebi, Bayraktar & Aykaç, 2008): procura constante, que se traduz numa procura linear por um certo SKU num certo intervalo de tempo; procura tendenciosa ocorre quando existem indícios de que a procura por um determinado SKU está a aumentar ou diminuir, com uma taxa de alteração constante; quando se tratam de SKU cuja procura varia ao longo do tempo, mas segue um padrão, está-se perante uma procura sazonal; finalmente, SKU com estruturas de procura descontínuas ou não uniformes, por vezes com períodos nulos de procura, apresentam uma procura irregular.

Na empresa em análise verifica-se a existência de dois dos quatro tipos de estruturas de variabilidade apresentadas, são elas: procura sazonal e procura irregular.

A variabilidade da procura, tal como já foi explicado, tem um considerável impacto na eficiência das políticas de gestão de inventário praticadas pelas empresas. Para a Empresa A, é determinante entender a intensidade da variação experienciada pela procura por um certo SKU no sentido de adequar as estratégias de gestão às suas particularidades. Nesse sentido, de forma a quantificar a variação verificada, recorre-se ao cálculo do coeficiente de variação da procura (CV).

Na presente dissertação segue-se o procedimento de (D’Alessandro & Baveja, 2000) que analisa a procura de acordo com a seguinte diretriz: se uma SKU apresenta um CV inferior a 0.25 (variação inferior a 25%) pode dizer-se que varia pouco. Assim sendo, SKU nestas condições serão inseridos na categoria Z do modelo de classificação XYZ. Para SKU que apresentem um CV inferior a 0.75 (variação inferior a 75%), é-lhes atribuído a categoria Y. Os SKU que não

estiverem nestas condições são inseridos na categoria X, sendo que a sua procura varia substancialmente e, por isso, traduz-se numa procura de difícil previsão.

Para classificar as trinta e duas classes de SKU foram disponibilizados os volumes de vendas registados durante 2018 e 2019. Este registo é mensal e obtiveram-se as curvas de variação de procura durante um período de vinte e quatro meses, tendo sido possível determinar o coeficiente de variação para cada um dos SKU.

Seguindo a mesma lógica de conversão utilizada nos critérios já apresentados, proposta pelos peritos envolvidos na construção do modelo de classificação multicritério, o método utilizado para a conversão das classes obtidas em pontuações numéricas está presente na **Tabela 15**.

*Tabela 15 - Pontuação numérica atribuída, para inserção no modelo multicritério, em função da categoria obtida no Critério 3 – Variabilidade da procura*

<b>Categoria</b>	<b>Pontuação atribuída</b>
<b>X</b>	1,00
<b>Y</b>	0,70
<b>Z</b>	0,20

Aos SKU inseridos na categoria X é-lhes atribuído a pontuação máxima, devido ao acréscimo de atenção que merecem devido à dificuldade de prever o comportamento da sua procura. Relativamente aos que integram a categoria Y e Z, é-lhes dada 70% e 20% da pontuação máxima, respetivamente.

#### 4.2.2. Priorização dos critérios

No capítulo anterior foi definido o conjunto de critérios a utilizar no processo de avaliação das trinta e duas classes de SKU, sendo eles o “Volume de vendas gerado” (1), o “Nível de criticidade” (2) e a “Variabilidade da procura” (3). A “Criticidade” subdivide-se em tempo de aprovisionamento (2.1), variabilidade do tempo de aprovisionamento (2.2) e número de potenciais fornecedores (2.3). O diagrama de decisão representativo do problema multicritério em mãos está apresentado na **Figura 19**.

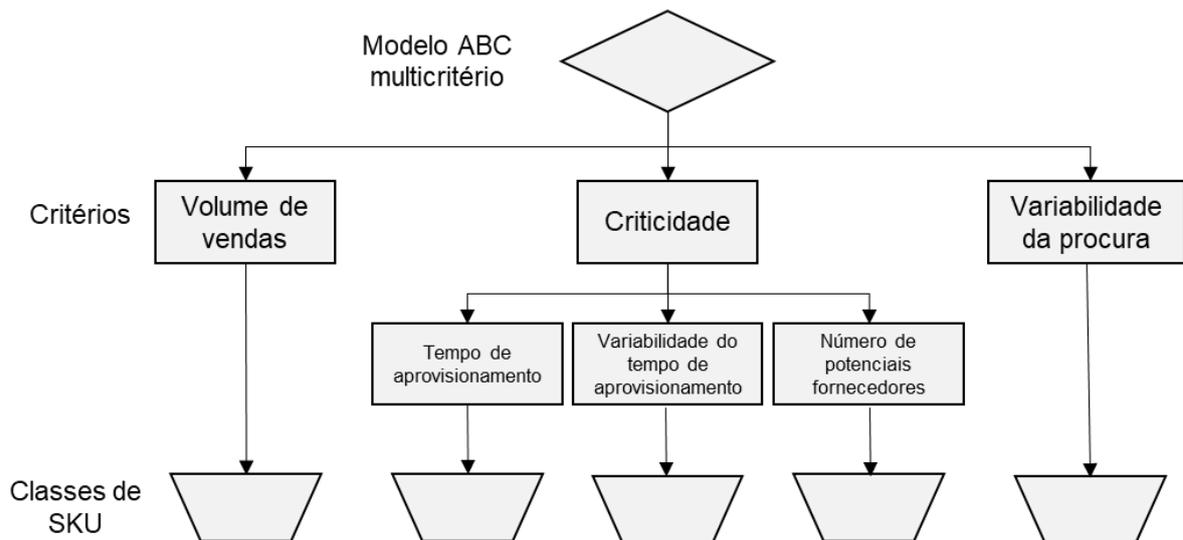


Figura 19 - Diagrama de decisão do problema multicritério

Importante mencionar que, perante este cenário de múltiplos critérios, é evidente que nem todos apresentem o mesmo grau de importância. Nesse sentido, é necessário diferenciá-los de forma a obter os seus respetivos pesos. Para isso, os pesos relativos de cada critério foram obtidos, definindo prioridades para cada um deles. Estes pesos são obtidos através da aplicação do método AHP, apresentada na revisão bibliográfica, que compara os critérios aos pares, baseando esse processo numa escala de comparações preconizada por (Saaty, 1980).

Esta escala assume valores entre um e nove, em que cada valor representa o grau de importância que um certo critério tem em relação a outro, sendo que o valor nove é atribuído quando um critério é absolutamente mais importante que outro e o valor um quando um critério tem a mesma importância que outro.

Adicionalmente, para fins de validação do modelo de ponderação dos critérios obtido, é fulcral ter em atenção a consistência das respostas peritos. Os pesos, como já foi mencionado, são obtidos por comparações par a par e, por isso, podem traduzir apreciações redundantes e inconsistentes. Com o intuito de quantificar esse grau de consistência, recorre-se à Relação de Consistência (RC) que é a razão entre o Índice de Consistência (IC) e o Índice Aleatório (IA), sendo que os pesos obtidos para os critérios são aceites desde que a inconsistência seja inferior a 10%. (Saaty, 1980)

Uma vez que a avaliação da criticidade depende de três subcritérios distintos, a ferramenta AHP tem de ser utilizada, em primeira instância, para obter os pesos relativos dos três subcritérios e, de seguida, calcular as pontuações finais das classes de SKU para as introduzir nas categorias do modelo de classificação VED.

Após esta etapa, há necessidade de recorrer novamente ao AHP para determinar os pesos relativos de cada um dos três critérios gerais: volume de vendas gerado, criticidade e variabilidade da procura.

Assim sendo, em primeiro lugar, comparam-se os três subcritérios inerentes à criticidade das classes de SKU dois a dois, obtendo-se assim os pesos relativos apresentados na **Tabela 16**.

*Tabela 16 - Peso dos subcritérios associados à Criticidade (Análise VED)*

<b>Critério 2 - Criticidade (VED)</b>	<b>2.1. – Tempo de aprovisionamento</b>	<b>2.2. – Variabilidade do tempo de aprovisionamento</b>	<b>2.3. – Número de potenciais fornecedores</b>	<b>Peso</b>
<b>2.1. – Tempo de aprovisionamento</b>	1	4	7	0,696
<b>2.2. – Variabilidade do tempo de aprovisionamento</b>	$\frac{1}{4}$	1	4	0,229
<b>2.3. – Número de potenciais fornecedores</b>	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{4}$	1	0,075
<b>Relação de Consistência (RC) = 0,080</b>				

O peso dos subcritérios associados ao conceito de criticidade foi obtido através do cálculo dos vetores normalizados da matriz de julgamentos. Analisando a **Tabela 16** verifica-se, como seria expectável, que o subcritério com mais relevância para a organização é o “tempo de aprovisionamento”, isto é, o tempo médio que o fornecedor leva a enviar e entregar a mercadoria solicitada no armazém da empresa A. Este critério obteve o peso máximo, 69,6%, uma vez que a organização lida com múltiplos fornecedores localizados geograficamente em vários pontos do globo, sendo que muitos deles não conseguem assegurar um serviço de expedição e entrega rápido e eficaz. Em segundo lugar surge o subcritério da “variabilidade do tempo de aprovisionamento”, que tem um peso de 22,9% e traduz-se no quão os tempos de entrega dos fornecedores variam para cada classe de SKU. Aqui foi também utilizado o coeficiente de variação (CV) para quantificar esta variabilidade. Por fim, não tão importante, surge o subcritério “número de potenciais fornecedores” com um peso de 7,5%. Este resultado seria esperado uma vez que, para os peritos envolvidos, o número de fornecedores disponível não tem um impacto tão crítico como os restantes critérios, excetuando logicamente o caso em que um fornecedor é o único apto a fornecer um certo material. Não obstante, apesar de se verificar este caso não é muito frequente na empresa A.

No que diz respeito aos cálculos que foram realizados para obter os pesos relativos dos três subcritérios associados à “Criticidade”, três comparações foram levadas a cabo. Num processo deste tipo, evitar a redundância é uma tarefa árdua. Assim, a partir das comparações efetuadas, obteve-se uma Relação de Consistência de 8% que, segundo (Saaty, 1980) é perfeitamente tolerada pois é inferior a 10%.

Recorrendo ao AHP é igualmente possível obter os pesos relativos dos três critérios considerados no modelo ABC multicritério: volume de vendas gerado; variabilidade da procura e

criticidade. Comparam-se, então, os três critérios referidos par a par de forma a obter os seus pesos relativos. Os resultados obtidos constam na **Tabela 17**.

*Tabela 17 - Peso dos critérios do modelo de classificação multicritério*

<b>Critérios</b>	<b>1 – Volume de vendas gerado (ABC)</b>	<b>2 – Criticidade (VED)</b>	<b>3 – Variabilidade da procura (XYZ)</b>	<b>Peso</b>
<b>1 – Volume de vendas gerado (ABC)</b>	1	2	7	0,592
<b>2 – Criticidade (VED)</b>	$\frac{1}{2}$	1	5	0,333
<b>3 – Variabilidade da procura (XYZ)</b>	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	1	0,075
<b>Relação de Consistência (RC) = 0,015</b>				

Tal como para o peso dos subcritérios, o peso dos critérios foi obtido através do cálculo dos vetores normalizados da matriz de julgamentos. Observando a **Tabela 17** verifica-se que o critério com mais importância para a organização é o “volume de vendas gerado”, isto é, o valor monetário que a venda de uma determinada peça ou serviço representa para a empresa. Este critério obteve o peso máximo, 59,2%, uma vez que a empresa gere SKU bastante diferentes na sua natureza e, por isso, no seu valor comercial. A inexistência parcial de uma certa SKU impacta intensa e diretamente no volume de vendas gerado pela empresa A. Em segundo lugar surge o critério “criticidade”, que tem um peso de 33,3% e consiste numa avaliação da criticidade associada aos SKU com base em três subcritérios fundamentais para a empresa. Por fim, e não tão importante, tem-se a “variabilidade da procura” com um peso de 7,5%. Recorreu-se ao coeficiente de variação (CV) para quantificar esta variabilidade. Este resultado seria esperado uma vez que, tendo por base a experiência dos peritos, foi conferido a este critério a menor importância.

No que diz respeito aos cálculos que foram realizados para obter os pesos relativos dos três critérios a utilizar no modelo de classificação ABC multicritério, três comparações foram levadas a cabo. Como já foi mencionado, num processo deste cariz, evitar a redundância é uma tarefa árdua. Assim, a partir das comparações efetuadas, obteve-se uma Relação de Consistência de 1,5% que, segundo (Saaty, 1980), é perfeitamente tolerada pois é inferior a 10%.

#### 4.3. Conclusões do capítulo

No presente capítulo foram apresentados e definidos o conjunto de dados necessários à formulação e implementação do modelo de classificação ABC multicritério, tendo por base a revisão da literatura realizada no Capítulo 3: classes dos materiais (trinta e duas classes de SKU); os respetivos critérios, sendo eles o volume de vendas gerado (em euros, por classe de SKU), a criticidade (em função de três subcritérios) e a variabilidade da procura (com base nos volumes

de vendas em função do tempo). O segundo critério é constituído por três subcritérios relevantes: tempos de aprovisionamento, variabilidade do tempo de aprovisionamento e número de potenciais fornecedores.

As trinta e duas classes de SKU resultaram do agrupamento da panóplia extensa de materiais comercializados pela organização tendo em conta a sua natureza e especificidades logísticas. Deste modo, para efeitos de desenvolvimento do modelo e respetivas políticas e estratégias de gestão de inventário, torna-se mais simples e expedito classificar as trinta e duas classes de SKU em detrimento de materiais individuais. (Cavaliere, Garetti, Macchi & Pinto, 2008)

Assim, todas as avaliações tendo por base os critérios considerados são realizadas para cada uma das classes de SKU existentes e é-lhes atribuída uma pontuação em cada um dos critérios supramencionados. Consoante a pontuação obtida e a ponderação dos pesos dos critérios, os SKU são divididos em três categorias finais após inserção no modelo multicritério: A, B ou C.

Para o critério "Volume de vendas gerado" seguiu-se o modelo ABC e o Princípio de *Pareto* para dividir as trinta e duas classes de SKU pelas três categorias existentes: A, B e C. Conclui-se que 80% do volume de vendas total gerado pela organização adveio de apenas cinco classes. Esta classificação ABC será novamente abordada no capítulo destinado à apresentação e discussão dos resultados. O peso obtido para o critério "Volume de vendas gerado" assumiu o valor mais elevado, 59,2%. Importante mencionar que se estipulou uma escala numérica de avaliação para converter as categorias qualitativas A, B e C em pontuações quantitativas, sendo que para os SKU integrantes da categoria A foi-lhes atribuído a pontuação máxima de 1. Relativamente aos que integram a categoria B e C, é-lhes dado 70% e 20% da pontuação máxima, respetivamente.

Relativamente à criticidade, como já foi mencionado, foram considerados três subcritérios: tempo de aprovisionamento, variabilidade do tempo de aprovisionamento e número de potenciais fornecedores. Para cada subcritério foram estipulados os intervalos numéricos (número de dias para o tempo de aprovisionamento; coeficiente de variação para a variabilidade do tempo de aprovisionamento e número de fornecedores aptos para fornecer um certo SKU para o terceiro subcritério) para inserir cada SKU numa das categorias do sistema de análise VED. Por fim, tal como na classificação ABC, foi definido que SKU que integrassem a categoria "Vital" obteriam a pontuação máximo de 1. Relativamente aos que integram a categoria "Essencial" e "Desejável", é-lhes dado 60% e 20% da pontuação máxima, respetivamente.

No que diz respeito à variabilidade da procura, os peritos com base na sua experiência e noutros casos de estudo revistos na literatura, definiram os intervalos de variação permitidos para cada uma das categorias consideradas no modelo de classificação XYZ. Aos SKU que sejam inseridos na categoria X é-lhes atribuído a pontuação máxima de 1. Relativamente aos que integram a categoria Y e Z, é-lhes dado 70% e 20% da pontuação máxima, respetivamente.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo tem como propósito apresentar, analisar e discutir os principais resultados obtidos, através do *output* do modelo de classificação multicritério desenvolvido tendo por base os parâmetros (critérios) definidos no capítulo anterior.

Como já foi evidenciado, num contexto organizacional cujo inventário consiste numa panóplia extensa de SKU e cujo *core business* assenta no fornecimento de serviços de assistência técnica e de peças de substituição para uma gama vasta de equipamentos, a qualidade da gestão de inventário que se pratica é determinante para o sucesso da empresa. As políticas associadas carecem de ser otimizadas de forma a maximizar o nível de serviço prestado pela empresa A e minimizar o prejuízo associado ao incumprimento das solicitações dos clientes.

Com esse propósito, desenvolveu-se um sistema de classificação de artigos de inventário que tem por base múltiplos critérios, nomeadamente: volume de vendas gerado, nível de criticidade e variabilidade da procura. Na avaliação, segundo estes três parâmetros, das trinta e duas classes de SKU em jogo são utilizados a classificação tradicional ABC, uma análise de criticidade VED e uma análise de variabilidade (definiu-se XYZ).

Para resolver os dois problemas multicritério associados, um relacionado com a obtenção das pontuações finais para cada SKU e outro com as pontuações globais da análise VED, foi utilizado o Processo Hierárquico Analítico (AHP) e agruparam-se as trinta e duas classes de SKU em três categorias finais: A final, B final e C final. Os resultados individuais obtidos para cada critério são apresentados e discutidos nos subcapítulos 5.1, 5.2 e 5.3, sendo que os resultados globais e divisão dos SKU pelas três categorias finais podem ser encontrados no subcapítulo 5.4.

Adicionalmente, com base nos resultados obtidos e após uma apreciação e análise crítica por parte dos peritos envolvidos no processo, apresentam-se também algumas sugestões de políticas de controlo de inventário para os SKU mais importantes e que vão ao encontro da necessidades e objetivos da empresa.

### 5.1. Classificação ABC e divisão dos SKU

As trinta e duas classes de SKU foram avaliadas, segundo os três critérios considerados, e inseridas na categoria correspondente consoante a pontuação obtida. Para a classificação ABC, que tem por base o volume de vendas gerado (em Euros) durante um período de dois anos, os SKU foram distribuídas pelas três categorias existentes: A, B e C.

Segundo o princípio de *Pareto*, cerca de 20% dos SKU são responsáveis por gerar aproximadamente 80% do volume de vendas total da empresa A. Por outro lado, 5% da fração mais baixa do volume de vendas gerado advém de metade dos SKU existentes. Assim, foi possível dividi-las pelas três categorias do modelo de classificação ABC e obtiveram-se os seguintes resultados que constam na **Tabela 18**.

Tabela 18 - Categoria obtida para cada SKU em função do volume de vendas obtido (Critério 1)

<b>Classe de SKU</b>	<b>Designação</b>	<b>Volume de vendas gerado (€)</b>	<b>Categoria</b>
12	Bolsas Thermogenesis	338 202	A
1	Acessórios câmaras climáticas	53 800	A
5	Componentes elétricos Memmert	48 833	A
13	Acessórios Thermogenesis	35 102	A
24	Equipamento refrigeração	28 807	A
32	Máquinas de tração/alongamento	23 890	B
27	Soluções vitais	11 582	B
31	Lasers	9 617	B
18	Equipamentos IT	9 339	B
29	Material biológico	9 104	B
15	Acessórios Memmert (>dimensões)	7 823	B
14	Acessórios congelação	7 521	B
6	Componentes universais Memmert	6 266	B
7	Material de incubação	6 111	B
10	Peças Frigoríficos	5 461	B
4	Baterias/Componentes elétricos	4 215	C
9	Banhos-Maria	3 386	C
23	Equipamentos Medição %H2O/CO2/PH	3 372	C
16	Válvulas Memmert	2 958	C
21	Acessórios Tinius Olsen	2 648	C
20	Células de Carga Tinius Olsen	2 468	C
26	Tubagem Câmaras Climáticas	2 180	C
28	Resinas	2 048	C
25	Borrachas/vedantes/suporte	1 987	C
22	Material de laboratório	1 694	C
8	Motores	1 668	C
11	Balanças/calibrações	1 373	C
30	Diversos	1218	C
17	Acessórios Memmert (<dimensões)	993	C
3	Pesos diversos	391	C
2	Soluções diversas	309	C
19	19 - Canecas	180	C

É possível observar que apenas cinco das classes de SKU sujeitas à classificação ABC foram inseridas na categoria A, sendo que geram cerca de 80% do volume de vendas total da empresa. São elas as bolsas Thermogenesis, os acessórios para câmaras climáticas, os componentes elétricos Memmert, os acessórios Thermogenesis e os equipamentos de refrigeração. Nesse sentido, a sua ausência em inventário pode acarretar perdas consideráveis no volume de vendas e, conseqüentemente, no volume de vendas total obtido por período. Assim, é fulcral monitorizar de perto o seu comportamento logístico em termos de quantas vezes é encomendada, que quantidades são normalmente solicitadas, os tempos médios de aprovisionamento e qualquer outro parâmetro que possa comprometer a disponibilidade de um certo SKU. A inexistência em inventário de qualquer uma destas cinco classes pode levar ao cliente a procurar a peça ou serviço junto de outro fornecedor contribuindo negativamente para a mensagem de compromisso que a empresa A fomenta e provocando perdas substanciais em termos de volume de vendas gerado.

Como já foi mencionado, a cada uma destes SKU é atribuído uma pontuação em função da classe obtida, sendo que a classe A corresponde a uma pontuação de 1, a classe B a uma pontuação de 0,7 e, por fim, a classe C a uma pontuação de 0,3.

Estas pontuações parciais são utilizadas para o cálculo da pontuação global, tendo por base a ponderação de critérios obtida para o critério “Volume de vendas gerado” realizada através do AHP.

Importante mencionar que, tendo em conta a heterogeneidade do preço de venda dos SKU, é de extrema importância ter acesso a uma distribuição deste cariz de forma a direcionar os recursos convenientemente em termos de gestão e controlo de inventário. Não obstante, apesar de eficaz não se trata de uma distribuição, e conseqüente classificação, suficiente. A empresa A, como já foi referido e atendendo às lacunas verificadas no atual sistema de gestão de inventário e processamento de encomendas, tem de considerar outros dois critérios: criticidade e variabilidade da procura – modelo de classificação ABC multicritério.

## 5.2. Análise VED dos SKU

De seguida, aplicou-se uma abordagem semelhante ao critério “Criticidade” com a particularidade da necessidade de utilizar o AHP na ponderação do peso dos subcritérios: “Tempo de aprovisionamento”, “Variabilidade do tempo de aprovisionamento” e “Número de potenciais fornecedores”. Após obtida uma opinião consensual entre os peritos envolvidos na formulação do modelo, considerou-se que o conceito de “Criticidade”, atendendo aos dados históricos da organização e à origem das suas limitações e fraquezas, deveria ter em conta os parâmetros acima mencionados. Os pesos obtidos para cada um dos subcritérios estão apresentados na **Tabela 16** e são eles 69,6% para o “Tempo de aprovisionamento”, 22,9% para

a “Variabilidade do tempo de aprovisionamento” e 7,5% para o “Número de potenciais fornecedores”.

Em cada subcritério, consoante a classe obtida “V”, “E” ou “D”, foram atribuídas pontuações parciais e, recorrendo ao Processo Hierárquico Analítico foi possível obter os pesos dos subcritérios. De seguida a pontuação global de cada uma das classes de SKU no critério “Criticidade” foi determinada. Os principais resultados são apresentados na **Tabela 19** e basearam-se na **Equação 3**.

$$Pontuação\ VED = \sum_y \text{Peso critério}_y \times Pontuação\ SKU_y \quad (3)$$

A equação (3) não é mais que uma multiplicação da pontuação numérica (1; 0,6 ou 0,2) obtida por cada classe de SKU pelo peso do subcritério correspondente. Isto é, a “Pontuação VED” trata-se da pontuação global da análise VED tendo por base os três subcritérios considerados. Assim, a variável  $y$  pode ser qualquer um dos três subcritérios: “Tempo de aprovisionamento”, “Variabilidade do tempo de aprovisionamento” e “Número de potenciais fornecedores”. Por exemplo, para a classe de SKU 1, a “Pontuação VED” obtém-se pela aplicação da equação (3), resultando na equação (4).

$$\begin{aligned} \text{Pontuação } VED_{SKU\ 1} &= \text{Peso subcritério}_{\text{Tempo de aprovisionamento}} \\ &\times \text{Pontuação } SKU\ 1_{\text{Tempo de aprovisionamento}} \\ &+ \text{Peso subcritério}_{\text{Variabilidade do tempo de aprovisionamento}} \\ &\times \text{Pontuação } SKU\ 1_{\text{Variabilidade do tempo de aprovisionamento}} \\ &+ \text{Peso subcritério}_{\text{Número de potenciais fornecedores}} \\ &\times \text{Pontuação } SKU\ 1_{\text{Número de potenciais fornecedores}} \end{aligned}$$

$$\text{Pontuação } VED_{SKU\ 1} = 0,696 \times 1,0 + 0,229 \times 1,0 + 0,075 \times 1,0 = 1 \quad (4)$$

Tabela 19 - Categoria obtida para cada classe de SKU em cada um dos subcritérios e pontuação global VED (Critério 2)

Classe de SKU	Tempo de aprovisionamento (em dias)	Categoria	Variabilidade do tempo de aprovisionamento (CV)	Categoria	Número de potenciais fornecedores	Categoria	Pontuação VED
1	58	V	47.1	V	1	V	1.00
24	68	V	78.5	V	2	E	0.97
18	55	V	76.8	V	4	D	0.94
23	36	V	82,0	V	4	D	0,94
5	48	V	16,2	E	1	V	0,91

Classe de SKU	Tempo de aprovisionamento (em dias)	Categoria	Variabilidade do tempo de aprovisionamento (CV)	Categoria	Número de potenciais fornecedores	Categoria	Pontuação VED
6	41	V	18,2	E	1	V	0,91
7	47	V	12,9	E	1	V	0,91
12	45	V	26,8	E	1	V	0,91
13	34	V	48,8	E	1	V	0,91
14	41	V	26,1	E	1	V	0,91
15	40	V	23,2	E	1	V	0,91
20	40	V	41,0	E	1	V	0,91
21	42	V	59,8	E	1	V	0,91
29	50	V	35,7	E	2	E	0,88
9	32	V	8,3	D	1	V	0,82
32	62	V	0,0	D	1	V	0,82
16	16	E	82,2	V	1	V	0,72
17	19	E	88,4	V	1	V	0,72
11	19	E	144,3	V	2	E	0,69
22	20	E	72,7	V	3	E	0,69
26	24	E	97,5	V	3	E	0,69
4	20	E	65,8	V	4	D	0,66
8	17	E	116,8	V	5	D	0,66
3	19	E	25,8	E	1	V	0,63
10	25	E	37,7	E	1	V	0,63
28	17	E	18,6	E	1	V	0,63
2	15	E	28,5	E	2	E	0,60
25	16	E	49,5	E	3	E	0,60
27	12	E	49,4	E	2	E	0,60
30	27	E	45,1	E	3	E	0,60
31	19	E	0,2	D	1	V	0,54
19	9	E	0,6	D	1	V	0,26

(Nota: A designação de cada classe de SKU pode ser encontrada no subcapítulo 4.1, na Tabela 7)

Uma vez que a empresa em estudo lida com uma panóplia vasta de fornecedores, com características logísticas e de abastecimento distintas, é fulcral ter uma ferramenta de classificação dos SKU que tenha em atenção essas particularidades. Grande parte dos fornecedores não são nacionais, pelo que os tempos de aprovisionamento e variabilidade dos mesmos constituem um fator crítico para as operações da empresa A. Adicionalmente, algumas das peças com que a organização trabalha são fornecidas por apenas uma entidade, enquanto que outras podem ser obtidas a partir de múltiplos fornecedores.

Tendo em conta estas casuísticas foi possível obter, com base na ponderação via AHP dos pesos dos subcritérios, pontuações globais da análise VED para as trinta e duas classes de SKU em estudo. Conclui-se que, em termos de criticidade global, metade dos SKU podem ser consideradas críticas enquanto que as restantes, pelo valor obtido, não merecem a mesma atenção nem políticas de gestão e controlo de inventário tão rígidas e minuciosas. Para as que foram integradas na categoria “Vital” deve realizar-se uma análise detalhada de como o inventário deve ser gerido, que níveis de stock assegurar e que estratégias devem ser adotadas no que diz respeito à definição de stock de segurança e estipulação do momento ideal de encomenda. Como é expectável, pelo facto destas dezasseis classes de SKU apresentarem um nível de criticidade global elevado, devem ser monitorizadas mais minuciosamente. Por exemplo, sabe-se que alguns clientes encomendam duas vezes por ano um certo material em datas mais ou menos constantes. Para essas, quando se define o momento de encomendar ao fornecedor tem de ter-se em conta o tempo médio de aprovisionamento e quanto o mesmo tem tendência a variar. Assim, é possível antecipar potenciais problemas e prevenir que um certo cliente final fique comprometido pela inexistência de um artigo em stock ou pelos longos tempos de espera. Por fim, uma vez que segundo os especialistas o tempo de aprovisionamento é o parâmetro mais importante, é expectável que qualquer SKU que tenha obtido a categoria “Vital” nesse subcritério apresente uma pontuação global VED consideravelmente elevada.

Os SKU que, adicionalmente, tenham sido classificadas como “Vitais” no subcritério “Variabilidade do tempo de aprovisionamento”, o segundo mais importante, obtêm pontuações em termos de criticidade global perto da unidade. Pelo contrário, os SKU que sejam classificadas como “Vitais” com base na “Variabilidade do tempo de aprovisionamento” e/ou no “Número de potenciais fornecedores” não obtêm pontuações VED finais na mesma ordem de grandeza. Isto prende-se com o facto de, apesar de críticas nesses parâmetros, o peso dos subcritérios não é suficientemente elevado para as colocar no topo da hierarquia.

### 5.3. Classificação XYZ dos SKU

Por fim, efetuou-se uma análise semelhante às levadas a cabo até ao momento no que diz respeito ao terceiro critério da classificação ABC multicritério: variabilidade da procura (XYZ).

A gama de produtos que a organização gere habitualmente é extremamente variada, heterogénea em termos de natureza e, especialmente, suscetível de procuras oscilantes, constantes ou sazonais. Apresentam-se, em anexo, um conjunto de três gráficos nos quais é

possível visualizar as curvas da procura pelas trinta e duas classes de SKU. De notar que os resultados constam em três gráficos diferentes pelo facto de se ter agrupado os SKU consoante a ordem de grandeza do valor da sua procura para facilitar a visualização no respetivo gráfico. É possível verificar que existem procuras pelas trinta e duas classes de SKU extremamente heterógenas entre si, pelo que a abordagem a realizar quando se define estratégias de controlo e gestão de inventário deve ter, imperativamente, em atenção a forma como a procura pelos SKU se comporta. Não se justifica ter em inventário um certo SKU que só é encomendada uma vez por ano, como também não faz sentido a inexistência de stock de segurança para um certo SKU que é encomendada múltiplas vezes durante um certo período.

Nesse sentido, para a empresa A é fulcral classificar a procura pelos SKU com base no coeficiente de variação (da curva volume de vendas *versus* intervalo de tempo).

Assim, é possível quantificar a intensidade de variação da procura por um certo SKU e classificá-lo como elevada (X), média (Y) ou reduzida (Z). Consoante a categoria obtida para cada SKU é-lhe atribuído uma pontuação parcial no critério “Variabilidade da procura”: 1 para SKU inseridos na categoria “X”, 0.7 para a categoria “Y” e 0.2 para a categoria “Z”. Os principais resultados obtidos podem ser consultados na **Tabela 20**.

*Tabela 20 – Categoria obtida para cada classe de SKU em função da variabilidade da procura (Critério 3)*

<b>Classe de SKU</b>	<b>Designação</b>	<b>Coeficiente de variação (%)</b>	<b>Categoria atribuída</b>	<b>Pontuação obtida</b>
31	Balanças e calibrações	338.8	X	1
19	Canecas	338.8	X	1
27	Soluções vitais	297.4	X	1
22	Material de laboratório	265.8	X	1
17	Acessórios Memmert (<dimensões)	231.1	X	1
2	Soluções diversas	226.0	X	1
3	Pesos diversos	224.8	X	1
32	Máquinas de tração/alongamento	213.5	X	1
29	Material biológico	203.7	X	1
16	Válvulas Memmert	185.8	X	1
6	Componentes universais Memmert	176.1	X	1
21	Acessórios Tinius Olsen	168.9	X	1
14	Acessórios congelção	163.7	X	1

<b>Classe de SKU</b>	<b>Designação</b>	<b>Coefficiente de variação (%)</b>	<b>Categoria atribuída</b>	<b>Pontuação obtida</b>
5	Componentes elétricos Memmert	162.2	X	1
15	Acessórios Memmert (>dimensões)	152.3	X	1
20	Células de carga Tinius Olsen	140.5	X	1
18	Equipamentos IT	137.6	X	1
7	Material incubação	136.7	X	1
25	Borrachas/vedantes/suportes	132.3	X	1
30	Diversos	129.2	X	1
9	Banhos-maria	127.7	X	1
10	Peças frigoríficos	126.1	X	1
24	Equipamentos refrigeração	125.3	X	1
28	Resinas	110.8	X	1
8	Motores	106.2	X	1
23	Equipamento medição %H2O/CO2/PH	103.4	X	1
26	Tubagem câmaras climáticas	101.5	X	1
11	Balanças e calibração	100.6	X	1
13	Acessórios Thermogenesis	78.9	X	1
4	Baterias/Componentes	62.3	Y	0.7
1	Acessórios câmaras climáticas	26.0	Y	0.7
12	Bolsas Thermogenesis	23.2	Z	0.2

Pela análise dos principais resultados obtidos através da classificação XYZ, facilmente se verifica que trinta das trinta e duas classes de SKU existentes foram inseridas na categoria X, uma vez que o coeficiente de variação calculado para elas adota valores muito elevados.

Nesse sentido, excetuando o SKU número 12, 1 e 4, todo o inventário da organização apresenta variações acentuadas do volume procurado em função do tempo, o que torna a previsão de como os consumidores se comportarão no futuro e que volumes de um determinado produto pretenderão adquirir uma tarefa árdua e extremamente exigente do ponto de vista de antecipação dos níveis de consumo.

No entanto, uma vez que nem todas os SKU têm o mesmo nível de criticidade e não geram o mesmo volume de vendas, a importância que se confere à variabilidade da procura não deve idêntica para todos os artigos. Por exemplo, SKU que apresentem curvas de procura em função do tempo bastante oscilantes, sendo por isso alocadas na categoria X, mas não representem um volume de vendas substancial para a organização devem ser menosprezadas em prol das que cuja ausência acarretaria perdas significativas nas receitas. Adicionalmente, manter peças em inventário representa custos de manutenção e armazenamento pelo que a empresa deve ponderar se compensa, em termos globais, ter um certo SKU em armazém, por apresentar uma variabilidade na procura elevada, mas que não seja crítica para a organização, ou não que não origine um volume de vendas merecedor de tamanha dedicação e controlo.

#### 5.4. Modelo de classificação ABC multicritério dos SKU

De forma a visualizar os resultados individuais, em cada parâmetro considerado, do problema multicritério em termos de categorias obtidas, apresenta-se a **Tabela 21**.

As únicas cinco classes de SKU que obtiveram a classificação máxima no modelo ABC tradicional também foram consideradas como vitais, em termos de criticidade, sendo que três delas apresentam uma variabilidade da procura elevada. Estas três classes, como é expectável, e não entrando ainda com a ponderação dos pesos dos três critérios do modelo de classificação desenvolvido, serão as mais importantes para a organização em termos globais.

As vinte e sete classes de SKU inseridas, através do modelo de classificação ABC, nas categorias B e C apresentam resultados bastante heterógenos em termos de criticidade e homogêneos ao nível da variabilidade da procura, sendo que apenas uma classe não foi inserida na categoria X.

Para fins de desenvolvimento de políticas e estratégias de controlo e gestão de inventário, foi consensual para os peritos envolvidos no processo que qualquer uma destas classificações, ABC (volume de vendas), VED (criticidade) ou XYZ (variabilidade da procura), por si só, não serviria como ferramenta de classificação definitiva para a empresa A.

Nesse sentido, e recorrendo ao AHP, foi possível obter os pesos relativos de cada um dos critérios supramencionados e, de seguida, as pontuações globais para cada uma das trinta e duas classes de SKU sujeitas a avaliação. Para o cálculo da pontuação global e consequente inserção das classes numa das categorias finais A, B ou C, aplicou-se a equação (5).

$$Pontuação\ Global = \sum_x Peso\ critério_x \times Pontuação\ SKU_x \quad (5)$$

Tabela 21 - Número de classes de SKU em cada categoria

Volume de vendas (ABC)		Criticidade (VED)		Variabilidade da procura (XYZ)	
Categoria	Nº Classes de SKU	Categoria	Nº Classes de SKU	Categoria	Nº Classes de SKU
A	5	V	5	X	3
				Y	1
				Z	1
		E	0	X	0
				Y	0
				Z	0
		D	0	X	0
				Y	0
				Z	0
B	10	V	5	X	5
				Y	0
				Z	0
		E	3	X	3
				Y	0
				Z	0
		D	2	X	2
				Y	0
				Z	0
C	17	V	3	X	3
				Y	0
				Z	0
		E	4	X	4
				Y	0
				Z	0
		D	10	X	9
				Y	1
				Z	0

A equação (5) não é mais que uma multiplicação da pontuação numérica obtida por cada classe de SKU pelo peso do critério correspondente. Isto é, a “Pontuação Global” trata-se da pontuação final do modelo multicritério tendo por base os três parâmetros considerados. Assim, a variável  $x$  pode ser qualquer um dos três critérios: “Volume de vendas”, “Criticidade” e “Variabilidade da procura”.

Por exemplo, para a classe de SKU 1, a “Pontuação Final” obtém-se pela aplicação da equação (5), resultando na equação (6).

*Pontuação Final*<sub>SKU 1</sub>

$$= \text{Peso critério}_{\text{volume de vendas}} \times \text{Pontuação SKU 1}_{\text{volume de vendas}} \\ + \text{Peso critério}_{\text{criticidade}} \times \text{Pontuação SKU 1}_{\text{criticidade}} \\ + \text{Peso critério}_{\text{variabilidade da procura}} \times \text{Pontuação SKU 1}_{\text{variabilidade da procura}}$$

$$\text{Pontuação Final}_{\text{SKU 1}} = 0,592 \times 1,0 + 0,333 \times 1,0 + 0,075 \times 0,91 = 0,99 \approx 1 \quad (6)$$

Os principais resultados, bem como a atribuição das categorias finais para cada classe de SKU, podem ser encontrados na **Tabela 22**. Importante mencionar que foi definido que pontuações globais superiores a 0,80 implicariam a atribuição da categoria final. Por outro lado, pontuações globais inferiores a 0,70 indicam que a classe de SKU pertence à categoria final C. Por fim, classes de SKU que se encontrarem entre os valores mencionados são categorizadas como B.

*Tabela 22 - Pontuações parciais obtidas em cada um dos critérios e apresentação das classes finais para cada SKU*

SKU	Pontuações parciais (peso)			Pontuação global	Categoria final
	ABC (0,592)	VED (0,333)	XYZ (0,075)		
5	1	1	0,91	0,99	A
13	1	1	0,91	0,99	A
24	1	1	0,63	0,97	A
1	1	0,7	0,97	0,90	A
6	0,7	1	0,91	0,82	A
7	0,7	1	0,91	0,82	A
10	0,7	1	0,91	0,82	A
14	0,7	1	0,88	0,81	A
15	0,7	1	0,82	0,81	A
18	0,7	1	0,72	0,80	A
27	0,7	1	0,60	0,79	B
29	0,7	1	0,60	0,79	B
31	0,7	1	0,54	0,79	B
32	0,7	1	0,26	0,77	B
12	1	0,2	0,91	0,73	B
2	0,3	1	0,94	0,58	C
3	0,3	1	0,94	0,58	C
8	0,3	1	0,91	0,58	C
9	0,3	1	0,91	0,58	C
11	0,3	1	0,91	0,58	C
16	0,3	1	0,82	0,57	C
17	0,3	1	0,72	0,56	C
19	0,3	1	0,69	0,56	C
20	0,3	1	0,69	0,56	C
21	0,3	1	0,69	0,56	C
22	0,3	1	0,66	0,56	C

SKU	Pontuações parciais (peso)			Pontuação global	Categoria final
	ABC (0,592)	VED (0,333)	XYZ (0,075)		
23	0,3	1	0,66	0,56	C
25	0,3	1	0,63	0,56	C
26	0,3	1	0,63	0,56	C
28	0,3	1	0,60	0,56	C
30	0,3	1	0,60	0,56	C
4	0,3	0,7	1,00	0,49	C

É relevante salientar de que forma o modelo multicritério alterou os resultados obtidos pelo tradicional modelo de classificação ABC, um dos mais utilizados em indústrias de comercialização de peças de substituição. Uma vez que o critério “Volume de vendas gerado” obteve um peso de 59,2%, sendo o critério mais importante, o seu impacto global é o mais expressivo. No entanto, o segundo critério mais importante obteve um peso de 33,3%, pelo que se verificaram várias movimentações de SKU de umas categorias para outras.

Após a distribuição obtida segunda a classificação ABC, a análise de criticidade VED e a classificação XYZ o panorama de resultados globais, em termos de modelo multicritério, e deslocações de classes estão apresentadas no esquema da **Figura 20**.

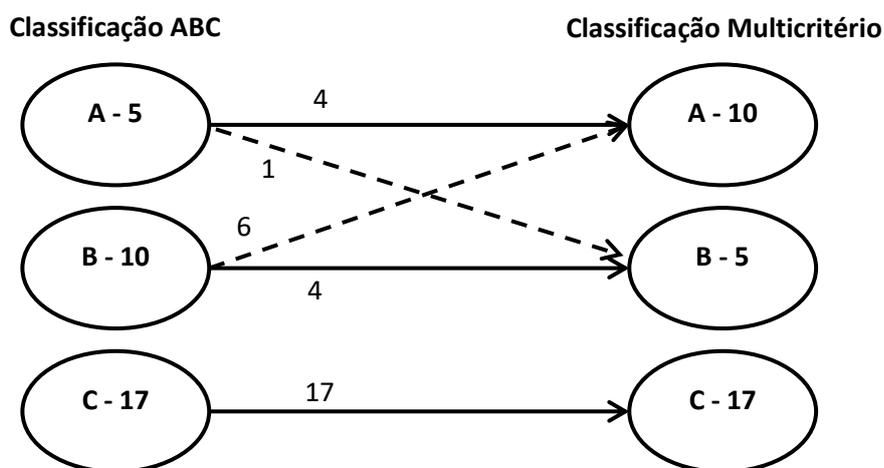


Figura 20 - Resultados da classificação ABC versus Resultados modelo multicritério

Ao analisar os resultados obtidos após aplicação do modelo de classificação multicritério construído, com os dados que foram possíveis recolher, verificaram-se algumas alterações. Seis classes que, segundo a classificação ABC, pertencem à categoria B passaram a integrar a categoria final A, a mais importante para a empresa. De ressaltar que, após aplicação do modelo multicritério, o oposto também ocorreu para uma classe que passou da categoria A, segundo a classificação ABC tradicional, para a categoria final B do modelo multicritério. Estas movimentações entre as categorias ABC e ABC multicritério estão de acordo com os resultados reportados na literatura. Por exemplo, (Flores, Olson & Dorai, 1992) observou que dois SKU que inicialmente tinham sido classificados como A, segundo a classificação ABC tradicional,

passaram a integrar a categoria B. Por outro lado, seis SKU que foram classificados em primeira análise como B, passaram a integrar a categoria mais importante, A.

(Balaji & Kumar, 2014) após aplicação do modelo multicritério, também se depararam com resultados bastantes distintos dos obtidos inicialmente, sendo que dez das SKU que foram introduzidas na categoria B passaram a ser classificadas como A no modelo multicritério. Por outro lado, também duas SKU inicialmente classificadas como A, passaram a integrar a categoria B.

Há que mencionar que a utilidade deste modelo de classificação não se prende apenas com as ilações a retirar das pontuações globais obtidas e da análise do mesmo como um todo, mas também individualmente, critério a critério. Exemplo deste facto são as cinco classes de SKU pertencentes à categoria B final, mas que são vitais em termos de criticidade e apresentam uma procura extremamente oscilante. Estas cinco classes merecem, indiscutivelmente, uma atenção redobrada quando comparadas, por exemplo, com as restantes dezassete integrantes da categoria final C.

Um facto indispensável a mencionar é que, apesar de praticamente todas os SKU sofrerem variações intensas em termos de procura, mantê-las em inventário durante todo ao ano acarreta custos de manutenção consideráveis, pelo que uma questão a colocar é se serão merecedoras desta alocação de recursos e investimento.

As políticas e estratégia de gestão de inventário a adotar na empresa A devem ter em consideração, não só as pontuações globais obtidas com a aplicação do modelo de classificação multicritério, mas também as casuísticas de cada SKU em termos de criticidade e variabilidade da procura. Isto é, as estratégias a definir para cada classe de SKU devem ser concebidas essencialmente partindo da sua classificação multicritério, mas afinadas em função das pontuações obtidas nos três critérios (ABC, VED e XYZ). Este processo deve ser levado a cabo, preferencialmente, para casos mais extremos a nível de pontuação: SKU que, apesar de não terem sido integrados na categoria final A, obtiveram uma pontuação elevada e, por isso, devem ser analisadas mais detalhadamente.

Analisando o modelo multicritério e os seus resultados globais, conclui-se que seis classes de SKU estariam a ser menosprezadas se se aplicasse apenas a classificação ABC tradicional uma vez que foram integradas na categoria B. No entanto, o modelo multicritério construído mostrou que, apesar de não apresentarem volumes de vendas tão elevados como as outras cinco classes classificadas como A pelo modelo ABC tradicional, são críticas para a empresa pelo que foram inseridas na categoria final A.

Por outro lado, se a empresa A apenas considerasse os resultados obtidos através da classificação ABC tradicional, estaria a considerar a classe 12 como merecedora do nível de importância mais alto (categoria A), quando na realidade, após aplicação do modelo multicritério, esta classe foi classificada como B.

Adicionalmente, como já foi mencionado anteriormente, é necessário adotar um espírito crítico e efetuar uma reapreciação dos resultados para as classes de SKU que, apesar de não terem sido inseridas na categoria final A, apresentam pontuações consideravelmente elevadas. São

exemplo disto as classes 27, 29 e 31 que obtiveram todas pontuações de 0,79. Por esse facto, mesmo não apresentando volumes de vendas na mesma ordem de grandeza que os SKU classificados como A segundo o modelo multicritério, devem ser geridas com mais controlo e proximidade. Estas três classes são as que mais geram lucro para a empresa a seguir às que integram a categoria A e obtiveram níveis de criticidade bastante elevados. Nesse sentido, aquando da formulação de estratégias de gestão, controlo e monitorização de inventário, definição de níveis de stock de segurança, ou estipulação de qualquer outro parâmetro, estas três classes devem ser abordadas mais afincadamente.

## 6. CONCLUSÕES

A presente Dissertação de Mestrado mostrou, em primeira instância, a complexidade e exigência operacional associada aos processos de controlo e gestão de peças de substituição em inventário. A forma como os SKU são geridos e a eficiência das estratégias de gestão associadas influenciam substancialmente o volume de vendas gerado pelas organizações e a qualidade do nível de serviço prestado aos seus clientes.

A empresa A em estudo, uma vez que representa uma panóplia extensa de marcas de equipamentos industriais e de laboratório, vê-se obrigada a lidar e gerir um conjunto de stock de peças de substituição ainda maior. Os SKU que habitualmente comercializa divergem entre si em termos de características e especificidades, preços de venda, volumes solicitados pelos clientes, possibilidades de abastecimento, entre outros parâmetros. A forma como se gere e lida com este tipo de artigos é decisiva para a qualidade dos serviços de manutenção corretiva oferecidos pela empresa.

Nesse sentido, analisou-se o processo de encomenda da empresa A e conclui-se que os problemas identificados estão diretamente relacionados com o desalinhamento e descoordenação que existe entre as encomendas com origem no cliente e consequentes encomendas aos fornecedores. Um outro problema relevante resulta da inexistência de um sistema de classificação relevante que permita avaliar a importância global dos SKU e classificá-las de acordo com esse mesmo nível de importância. Adicionalmente, o facto de todas os SKU terem o mesmo tratamento resulta na inexistência de níveis de stock mínimos personalizados, no desconhecimento de pontos de encomenda adequados e numa alocação insuficiente dos recursos no seio da empresa. Nesse sentido, torna-se fulcral classificar os SKU comercializados em categorias distintas, atribuindo níveis de importância diferentes, o que permitirá suportar o desenvolvimento de políticas e estratégias de gestão de stocks de maior qualidade, mais adequadas.

Atualmente, a estratégia de encomenda de peças de substituição assenta em grande medida num regime *pull* na medida em que, só quando existe uma necessidade por parte de um cliente, do fornecimento de uma certa peça de substituição ou serviço de assistência técnica, é que a empresa A procede à encomenda da mesma ao fornecedor. Deste modo, muitas vezes acaba por satisfazer tardiamente a necessidade de consumo do cliente final comprometendo, assim, a qualidade do nível de serviço prestado e a satisfação do mesmo.

Com o intuito de colmatar os problemas que advêm do facto de não existirem políticas e estratégias de gestão de inventário em função da importância dos SKU pensou-se, juntamente com os intervenientes do processo de tomada de decisão, que a implementação de um modelo de classificação multicritério poderia ser bastante útil. Primeiro, na medida em que é possível dividir os SKU em categorias, em função de um conjunto de critérios pertinentes. E, por conseguinte, ajustar as políticas de gestão de inventário existentes às especificidades de cada SKU.

Envolvidos na construção do modelo de classificação multicritério esteve o responsável pelos serviços de assistência técnica, o responsável pelo departamento de compras e o chefe técnico de armazém.

Criou-se, então, uma ferramenta de classificação de SKU baseada em três critérios considerados, pelos peritos, determinantes num problema de gestão de inventário deste cariz. São eles o volume de vendas gerado, a criticidade e a variabilidade da procura, sendo que o segundo assenta em três subcritérios distintos: tempo de aprovisionamento, variabilidade do tempo de aprovisionamento e número de potenciais fornecedores.

Com o intuito de resolver o problema multicritério verificado em dois nós do diagrama de decisão seguido nas reuniões com a empresa A, recorreu-se ao Processo Hierárquico Analítico (AHP). A utilização desta ferramenta, juntamente com a constante partilha de *feedback* e experiência entre os envolvidos no processo de tomada de decisão, foi decisiva na obtenção dos pesos de cada critério considerado, bem como na recolha de resultados válidos e consistentes. Importante mencionar que a concretização deste modelo só possível com a ajuda e colaboração dos profissionais envolvidos que, depois de desconstruído o problema de forma hierárquica e analisadas as pontuações globais para cada SKU, validaram com segurança e convicção o modelo.

Assim, as pontuações globais foram obtidas para cada uma das trinta e duas classes de SKU, de acordo com uma classificação ABC, com base no volume de vendas gerado, uma análise VED, em termos de criticidade, e uma classificação XYZ tendo em conta a variabilidade verificada na procura por cada SKU.

Considerando apenas a classificação ABC tradicional, cinco classes foram introduzidas na categoria A, a que acarreta um maior grau de importância. Os resultados, após aplicação do modelo de classificação multicritério, surpreenderam os intervenientes no processo de construção do modelo que não esperavam que seis das dez classes classificadas como B, de acordo com a classificação ABC tradicional, passassem a integrar a categoria final A. Da mesma forma, o facto de uma classe, em primeira análise considerada A, ter passado para a categoria B final corroborou com a ideia de que quando são considerados múltiplos critérios em simultâneo os resultados obtidos podem não ir ao encontro das expectativas.

No que diz respeito aos resultados obtidos, as classes de SKU que foram introduzidas na categoria final A e que, por isso, devem ser mais alvo de atenção do que as restantes quando for iniciado o desenvolvimento das estratégias de gestão e controlo de inventário, são: Componentes elétricos Memmert; Acessórios Thermogenesis; Equipamento de refrigeração; Acessórios câmaras climáticas; Componentes universais Memmert; Material de incubação; Peças frigoríficos; Acessórios congelação; Acessórios Memmert (>dimensões); Equipamentos IT.

Das trinta e duas classes de SKU sujeitas à classificação são as dez que integram a categoria final A cujos resultados obtidos devem ser minuciosamente escrutinados. Por exemplo, as únicas quatro classes que foram classificadas como A segundo o modelo ABC tradicional e que, pelo facto do critério mais importante para a organização ser o volume de vendas gerado, integrem

também a categoria final A, são talvez as que mais impacto global causam à organização quando inexistentes em inventário e, simultaneamente, solicitadas por um cliente.

Quando os resultados baseados no modelo multicritério foram apresentados, os peritos ficaram surpreendidos pois não esperavam que determinados SKU, mesmo desprovidas de um elevado valor comercial quando comparadas com outras, fossem integradas na classe A final quando considerados os outros dois critérios. Não obstante, pela solidez do modelo e consenso entre todos os intervenientes, o modelo foi validado e foi reconhecida a sua importância como ponto de partida para o desenvolvimento de novas políticas de controlo e gestão de inventário e revisão crítica das já existentes.

Apesar do cenário complexo experienciado na organização, tendo em conta a panóplia vasta de artigos de inventário com que lida habitualmente e todas as características logísticas e de abastecimento associadas, tais como oscilações de procura, fornecedores existentes e aptos, tempos de aprovisionamento, canais de distribuição, é evidente que um sistema de classificação baseado em múltiplos critérios surge como uma ferramenta crucial para as organizações contemporâneas. Por um lado, de uma perspetiva mais particular, este modelo contribuirá de forma contínua para a otimização das operações e atividades levadas a cabo pela empresa A, na medida em que pode ir sempre sendo atualizado consoante as necessidades. Por outro lado, e considerando as limitações em termos de gestão de stock e problemas que se verificam nas respetivas encomendas, a organização poderá servir-se deste modelo para definir estratégias de controlo e gestão de inventário, sendo que as dez classes pertencentes à categoria final A devem ser monitorizadas e controladas recorrentemente.

Para estas, níveis mínimos de stock devem ser mantidos e constantemente revistos, em função da quantidade média encomendada, e pontos periódicos de re-encomenda definidos tendo em conta a variabilidade da procura experienciada por cada SKU. Para as classes inseridas na categoria final A, devem ser tidos também em conta os vários parâmetros considerados no modelo de classificação multicritério e não só os resultados finais. Isto é, SKU que, por exemplo, só sejam fornecidas por uma única entidade devem ser monitorizadas com uma atenção redobrada. SKU cujos tempos de aprovisionamento possam ser muito longos ou variar substancialmente devem ser reavaliadas quando se aborda o tema do *timing* da encomenda ao fornecedor. Adicionalmente, classes classificadas como B no modelo multicritério, mas que apresentem pontuações elevadas, também devem ser acompanhadas mais de perto.

Por outro lado, para produtos da categoria final C, dado os seus valores reduzidos de venda e baixo risco de abastecimento em termos de criticidade, concordou-se que a complexidade que advém da sua gestão, aquisição e controlo deve diminuir para que sobre mais recursos alocados a artigos que efetivamente sejam decisivos para a qualidade do serviço prestado pela empresa.

O objetivo futuro da organização estudada prende-se com o desenvolvimento de sistemas de controlo e gestão de inventário que facultem informação fidedigna para determinar quando encomendar uma certa SKU, que quantidade encomendar, que nível de stock mínimo e máximo

deve ser estipulado. Em suma, existir uma plataforma que possibilite a manutenção correta do inventário de peças de substituição.

Para o desenvolvimento da presente dissertação de mestrado, a maior dificuldade enfrentada foi o grau de desorganização, em termos de gestão de stock de materiais, verificado na empresa A e a necessidade de serem considerados múltiplos critérios para a construção do modelo de classificação. Nesse sentido, e tendo em conta a complexidade da presente temática, seria bastante vantajoso para a organização expandir o número de critérios de forma a que outros parâmetros sejam tidos em conta.

Por fim, para esse efeito, sugere-se como trabalho futuro a reestruturação do sistema de classificação criado recorrendo a modelos computacionais que tornem o problema multicritério menos complexo, uma vez que teriam de ser considerados outros critérios.

Adicionalmente, e uma vez que os armazéns centrais da empresa A necessitam de reestruturações físicas e organizacionais, o modelo criado poderia servir como base para este processo se fossem considerados outros parâmetros como rotatividade de inventário, dimensões e peso dos materiais, quantidade encomendada por pedido. Assim, ser possível definir regiões físicas para os SKU serem armazenados em função de critérios a definir.

Em suma, foi consensual a aplicabilidade do modelo de classificação multicritério e a qualidade dos resultados obtidos, sendo que as principais conclusões da presente dissertação poderão vir a ser implementadas na organização em prol da otimização das suas atividades e melhoria dos processos de gestão de stock.

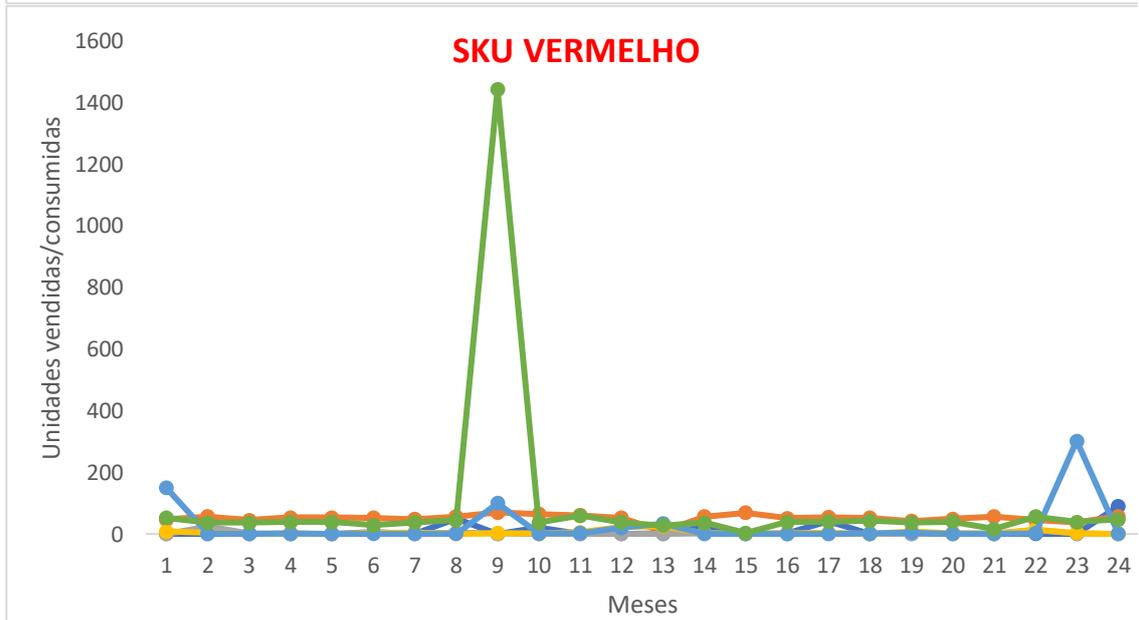
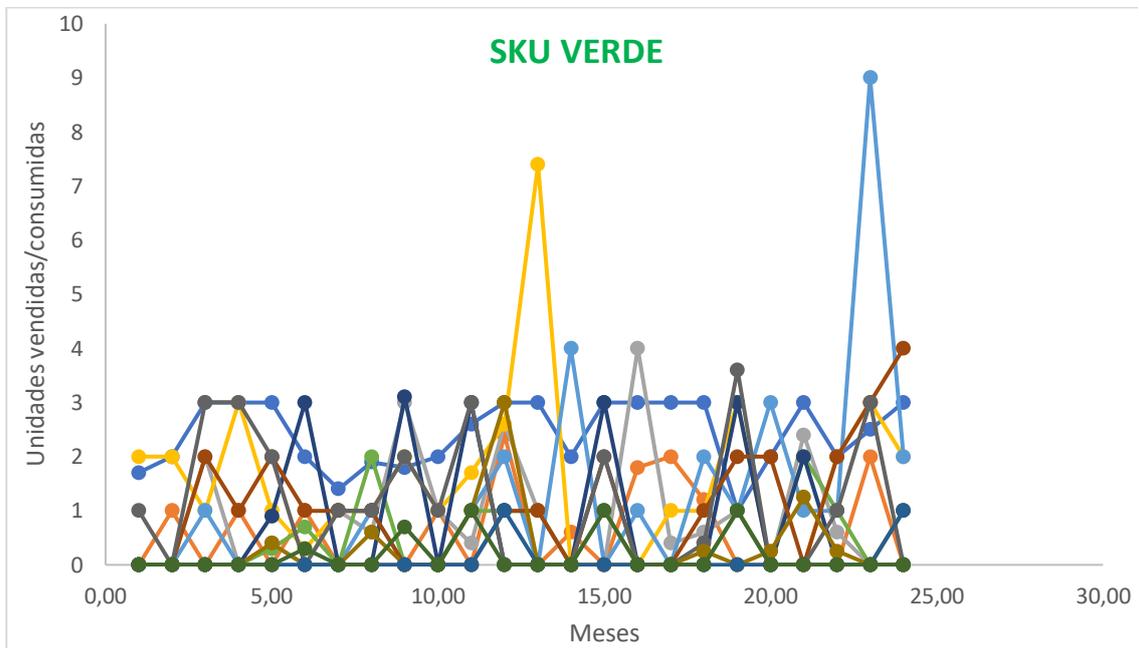
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

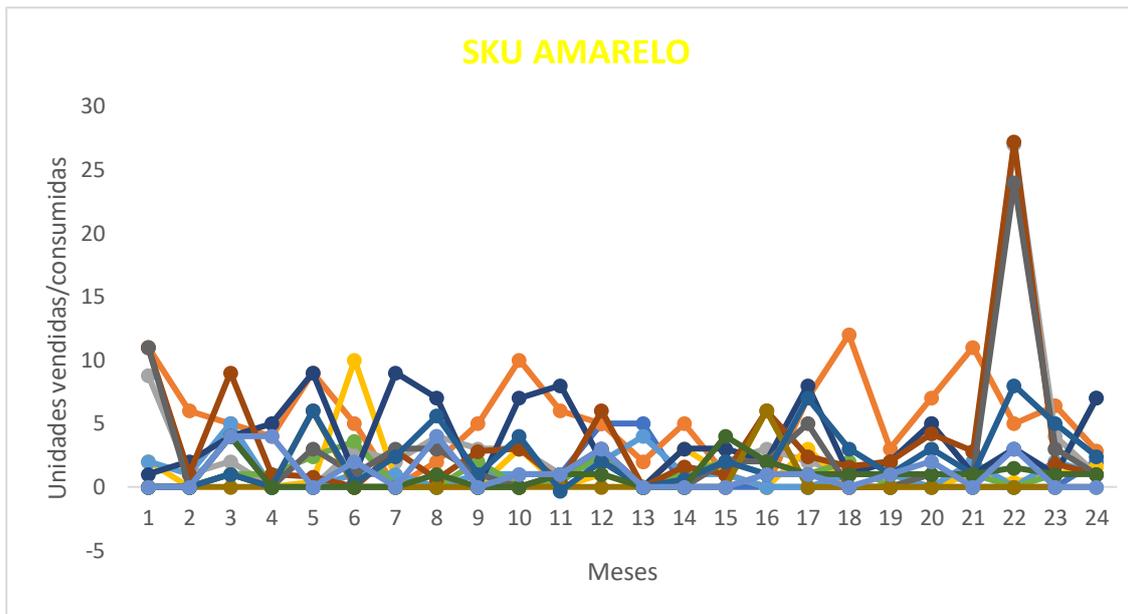
- Bacchetti, Andrea, Francesca Plebani, and Nicola Sacconi. 2013. "Empirically-Driven Hierarchical Classification of Stock Keeping Units." *International Journal of Production Economics* 143: 263–74.
- Bacchetti, Andrea, and Nicola Sacanni. 2012. "Spare Parts Classification and Demand Forecasting for Stock Control: Investigating the Gap between Research and Practise." *Omega* 40(6): 722–37.
- Balaji, K., and Senthil Kumar. 2014. "Multicriteria Inventory ABC Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry." *Procedia CIRP* 17: 463–68.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.044>.
- Biedermann, Hubert. 2008. *Ersatzteil Management: Effiziente Ersatzteillogistik Für Industrieunternehmen*.  
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Ersatzteilmanagement#2>.
- Bošnjaković, Mladen. 2010. "Multicriteria Inventory Model for Spare Parts." *Tehnicki Vjesnik* 17(4): 499–504.
- Botter, René, and Leonard Fortuin. 2000. "Stocking Strategy for Service Parts - A Case Study." *International Journal of Operations & Production Management* 20(6): 656–74.
- Braglia, Marcello, Andrea Grassi, and Roberto Montanari. 2004. "Multi-Attribute Classification Method for Spare Parts Inventory Management." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 10(1): 55–65.
- Cakir, Ozan, and Mustafa Canbolat. 2008. "A Web-Based Decision Support System for Multi-Criteria Inventory Classification Using Fuzzy AHP Methodology." *Expert Systems with Applications* 35(3): 1367–78.
- Cavaliere, Sergio, Marco Garetti, Marco Macchi, and Roberto Pinto. 2008. "A Decision-Making Framework for Managing Maintenance Spare Parts." *Production Planning & Control* 19(4): 379–96.
- Çelebi, Dilay, Demet Bayraktar, and D. Selcen Ö Aykaç. 2008. "Multi Criteria Classification for Spare Parts Inventory." *SSRN Electronic Journal* 2: 1780–87.
- Chen, Ye, Kevin W. Li, Marc Kilgour, and Keith W. Hipel. 2008. "A Case-Based Distance Model for Multiple Criteria ABC Analysis." *Computers and Operations Research* 35(3): 776–96.
- Chu, Ching-Wu, and Gin-Shuh Liang. 2008. "Controlling Inventory by Combining ABC Analysis and Fuzzy Classification." *Computers & Industrial Engineering* 55(4): 841–51.
- Cox, James F., and John H. Blackstone. 2008. *APICS Dictionary. 12th Edition*.
- D'Alessandro, Anthony J., and Alok Baveja. 2000. "Divide and Conquer: Rohm and Haas' Response to a Changing Specialty Chemicals Market." *Interfaces* 30(6): 1–16.
- Dekker, R., M.J. Kleijn, and P.J. de Rooij. 1998. "A Spare Parts Stocking Policy Based on Equipment Criticality." *International Journal of Production Economics* 56–57: 69–77.
- Duchessi, Peter, Giri Kumar Tayi, and Joshua B. Levy. 1988. "A Conceptual Approach for Managing of Spare Parts." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 18(5): 8–15.
- Eaves, A H C, and B G Kingsman. 2004. "Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare Parts." *Journal of the Operational Research Society* 55(4): 431–37.
- Flores, Benito E., and D. Clay Whybark. 1985. "Multiple Criteria ABC Analysis." *International Journal of Operations & Production Management* 6(3): 38–44.
- Flores, Benito E, David L Olson, and V K Dorai. 1992. "MANAGEMENT INVENTORY OF

- MULTICRITERIA CLASSIFICATION." *Mathematical and Computer Modelling* 16(12): 71–82.
- Gajpal, Prem Prakash, L. S. Ganesh, and Chandrasekharan Rajendran. 1994. "Criticality Analysis of Spare Parts Using the Analytic Hierarchy Process." *International Journal of Production Economics* 35(1–3): 293–97.
- Gallagher, Tim, Mark D Mitchke, and Matthew C Rogers. 2005. "Profiting from Spare Parts." *The McKinsey Quarterly* 2(2): 1–4.  
[http://www.werc.org/assets/1/workflow\\_staging/Publications/666.PDF](http://www.werc.org/assets/1/workflow_staging/Publications/666.PDF).
- Hatefi, S. M., S. A. Torabi, and P. Bagheri. 2013. "Multi-Criteria ABC Inventory Classification with Mixed Quantitative and Qualitative Criteria." *International Journal of Production Research* 52(3): 776–86.
- Hu, Qiwei, John E. Boylan, Huijing Chen, and Ashraf Labib. 2017. "OR in Spare Parts Management: A Review." *European Journal of Operational Research* 266(2): 395–414.
- Huiskonen, Janne. 2001. "Maintenance Spare Parts Logistics: Special Characteristics and Strategic Choices." *International Journal of Production Economics* 71(1–3): 125–33.
- Kampen, Tim van, Renzo Akkerman, and Dirk Donk. 2012. "SKU Classification: A Literature Review and Conceptual Framework." *International Journal of Operations & Production Management* 32(7): 850–76.
- Knod, Edward M., and Richard J. Schonberger. 2001. *Operations Management: Meeting Customer Demands. 7th Edition*.
- Lanza, G., and B. Behmann. 2011. "Advanced Steps to Optimize the Serviceability. Advances in Production Management Systems." In *Leveraging Technology for a Sustainable World - Proceedings of the 19th CIRP Conference on Life Cycle Engineering*,.
- Liu, Qing, and Dap Huang. 2006. "Classifying Abc Inventory with Multicriteria Using a Data Envelopment Analysis Approach." In *Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*,.
- Molenaers, An, Herman Baets, Liliane Pintelon, and Geert Waeyenbergh. 2011. "Criticality Classification of Spare Parts: A Case Study." *International Journal of Production Economics* 140(2): 570–78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.08.013>.
- Naylor, John. 2002. *Introduction of Operations Management 2nd Edition*.
- Ng, Wan Lung. 2007. "A Simple Classifier for Multiple Criteria ABC Analysis." *European Journal of Operational Research* 177(1): 344–53.
- Partovi, Fariborz Y., and Murugan Anandarajan. 2002. "Classifying Inventory Using an Artificial Neural Network Approach." *Computers and Industrial Engineering* 41(4): 389–404.
- Partovi, Fariborz Y., and Jonathan Burton. 1993. "Using the Analytic Hierarchy Process for ABC Analysis." *International Journal of Operations & Production Management* 13(9): 29–44.
- Petrovic, D., and R. Petrovic. 1992. "Further Development in an Expert System for Advising on Stocks of Spare Parts." *International Journal of Production Economics* 24(3): 291–300.
- Pintelon, Liliane, and Alejandro Parodi-Herz. 2008. "Une Procédure de Classification Des Pièces de Rechange." *Complex System Maintenance Handbook*: 21–48.
- Ramanathan, Ramakrishnan. 2006. "ABC Inventory Classification with Multiple-Criteria Using Weighted Linear Optimization." *Computers and Operations Research* 33(3): 695–700.
- Rezaei, Jafar, and Shad Dowlatshahi. 2010. "A Rule-Based Multi-Criteria Approach to Inventory Classification." *International Journal of Production Research* 48(23): 7107–26.
- Roda, Irene, Marco Macchi, Luca Fumagalli, and Pablo Viveros. 2012. "A Review of Multi-Criteria Classification of Spare Parts: From Literature Analysis to Industrial Evidences." *Journal of Manufacturing Technology Management* 25(4): 528–49.

- Roda, Irene, Marco Macchi, Luca Fumagalli, and Pablo Viveros. 2014. "A Review of Multi-Criteria Classification of Spare Parts. From Literature Analysis to Industrial Evidences." *Journal of Manufacturing Technology Management* 25(4): 528–49.
- Saaty, Thomas L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Stock, James R., and Douglas M. Lambert. 2001. *Strategic Logistics Management. 4th Edition*.
- Syntetos, A. A., M. Keyes, and Mohamed Zied Babai. 2009. "Demand Categorization in a European Spare Parts Logistics Network." *International Journal of Operations & Production Management* 29(3): 292–316.
- Syntetos, M, John Boylan, and JD Croston. 2005. "On the Categorization of Demand Patterns." *Journal of the Operational Research Society* 56(5): 495–503.
- Tanwari, Anwaruddin, Abdul Lakhari, and Ghulam Shaikh. 2000. "ABC Analysis as a Inventory Control Technique." [http://www.goiit.com/upload/2009/2/22/e4fac76b66664f7f346c3aaed9feb829\\_1302799.pdf](http://www.goiit.com/upload/2009/2/22/e4fac76b66664f7f346c3aaed9feb829_1302799.pdf)
- Teunter, Ruud H., M. Zied Babai, and Aris A. Syntetos. 2010. "ABC Classification Service Levels and Inventory Costs." *Production and Operations Management* 19(3): 343–52.
- Thomas L. Saaty Katz. 2008. "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process." *International Journal Of Services Sciences* 1(1): 83–98.
- Tsai, Chi-Yang, and Szu-Wei Yeh. 2008. "A Multiple Objective Particle Swarm Optimization Approach for Inventory Classification." *International Journal of Production Economics* 114(2): 656–66.
- Vitasek, By Kate L, Karl B Manrodt, and Mark Kelly. 2003. "Opportunity Evolution Relationship." *Supply Chain Management Review* 1(3): 58–64. <https://web.fe.up.pt/~ee00190/relatorios/mts3.pdf>.
- Williams, Terry. 1984. "Stock Control with Sporadic and Slow-Moving Demand." *Journal of the Operational Research Society* 35(10): 939–48.
- Zheng, Guozhong, Neng Zhu, Zhe Tian, and Ying Chen. 2012. "Application of a Trapezoidal Fuzzy AHP Method for Work Safety Evaluation and Early Warning Rating of Hot and Humid Environments." *Safety Science* 50(2): 228–39.
- Zhou, Peng, and Liwei Fan. 2007. "A Note on Multi-Criteria ABC Inventory Classification Using Weighted Linear Optimization." *European Journal of Operational Research* 182(3): 1488–91.

# ANEXO 1





Gráficos da variação da procura em função do tempo (período de estudo = 24 meses)

Tabela 23 - Cada cor representa os SKU que estão em cada um dos três gráficos.

1	17
2	18
3	19
4	20
5	21
6	22
7	23
8	24
9	25
10	26
11	27
12	28
13	29
14	30
15	31
16	32