



NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL

MATILDE DE SOUSA E MENESES DE
VASCONCELLOS E SÁ
Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

IMPLEMENTAÇÃO DE UM *ADVANCED
PLANNING SYSTEM* PARA ALOCAÇÃO DE
COMPONENTES SEMICONDUTORES NO
CONTEXTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL



IMPLEMENTAÇÃO DE UM *ADVANCED PLANNING SYSTEM* PARA ALOCAÇÃO DE COMPONENTES SEMICONDUTORES NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

MATILDE DE SOUSA E MENESES DE VASCONCELLOS E SÁ

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Inês de Abreu Ferreira

Professora Adjunta Convidada, Escola Superior de Ciências Empresariais,
Instituto Politécnico de Setúbal

Coorientadora: Helena Maria Lourenço Carvalho Remigio

Professora Associada, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos

Professora Associada da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Arguentes: Doutora Graça Miranda Silva

Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Economia
e Gestão da Universidade de Lisboa

Orientador: Doutora Inês de Abreu Ferreira

Professora Adjunta do Instituto Politécnico de Setúbal

Implementação de um *Advanced Planning System* para alocação de componentes semicondutores no contexto da indústria automóvel

Copyright © Matilde Vasconcellos e Sá, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Este documento foi criado com o processador de texto Microsoft Word e o *template* NOVAtesis Word.

Dedico esta dissertação aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar a minha sincera gratidão à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa enquanto instituição e aos seus docentes, que me proporcionaram uma experiência enriquecedora.

Agradeço à minha orientadora, Professora Inês Ferreira, por ter agarrado este desafio de me ter como sua primeira orientanda, e à professora Helena Carvalho, coorientadora, por ter tido paciência de recomeçar vezes sem conta e por me ter apresentado a Professora Inês. Um enorme obrigada!

Estou também agradecida à Empresa de Acolhimento e a todos os colegas com os quais trabalhei na área de *Supply Chain*, que me introduziram aos processos da empresa e me proporcionaram o meu primeiro contacto profissional, especialmente ao Bruno Costa e à Cláudia Candeias que facilitaram e apoiaram a realização da dissertação em paralelo com o estágio.

Não posso deixar de agradecer aos meus pais, que me encorajam quando me veem desacreditar em mim e por me proporcionaram a melhor educação possível. Ao meu pai louvo os seus sábios conselhos e capacidade de me acalmar e à minha mãe, que, na mesma situação que eu, trabalhadora-estudante, me serviu de exemplo.

Agradeço do fundo do coração a todos os meus incríveis amigos e família, os quais não vou enunciar para que não falte nenhum.

Finalmente, queria salientar o apoio do desdobrável Fred, Gui, Carlos, que me ajuda a resolver os problemas, que eu própria invento, com a sua paciência infinita para mim.

Sem estas pessoas esta dissertação não seria possível. Obrigada, obrigada, obrigada!

RESUMO

Os semicondutores são componentes essenciais na indústria tecnológica, assim, uma disrupção do seu abastecimento tem a capacidade de impactar a economia mundial. Neste sentido, as empresas que utilizam semicondutores como matéria-prima precisam de otimizar o seu processo de alocação, isto é, utilização dos componentes disponíveis em situações em que a procura excede a oferta.

Esta dissertação foca um estudo de caso desenvolvido numa empresa produtora de componentes eletrónicos para fornecimento da indústria automóvel. Com o intuito de apoiar a sua gestão de informação e, conseqüentemente, o seu processo de alocação, a empresa decidiu implementar um *Advanced Planning System* à sua gestão da cadeia de abastecimento.

No âmbito de um estágio profissional, foi possível acompanhar a implementação do *software* e recolher dados, a partir dos quais se analisou a sua implementação e passagem de um Cenário *AS-IS* (processo de alocação manual) para um Cenário *TO-BE* (processo de alocação automatizado).

Conclui-se que a implementação do *software* permite eliminar tarefas sem valor acrescentado e aumentar a visibilidade e conectividade dos dados. O apoio às decisões de maior complexidade é igualmente assegurado, através da comparação de diferentes opções de alocação. Apesar de não ter sido possível acompanhar a implementação do *software* até à sua conclusão, propõem-se KPIs para a comparação dos Cenários *AS-IS* e *TO-BE*.

Palavras chave: gestão da cadeia de abastecimento, *Advanced Planning System*, alocação de componentes, semicondutores

ABSTRACT

Semiconductors are essential components for the technology industry. Thus, a disruption in its supply has the capacity to impact the world economy. Moreover, companies that use semiconductors as raw materials need to optimize their allocation process, i.e. the use of available components in situations where demand exceeds supply.

This dissertation focuses on a case study carried out in a company that produces electronic components to supply to automotive manufacturers. In order to support its information management and, consequently, its allocation process, the company decided to implement an Advanced Planning System.

As part of a professional internship, it was possible to monitor the implementation of the software and collect data, used to analyse its implementation and transition from a Allocation Scenario AS-IS (manual) to a Scenario TO-BE (automated).

It is concluded that the implementation of the software makes it possible to eliminate non-value-added tasks and increase data visibility and connectivity. Support for complex decisions is also ensured by comparing different allocation options. Although it was not possible to monitor the implementation of the software until its completion, KPIs are proposed for comparing the AS-IS and TO-BE Scenarios.

Keywords: supply chain management, Advanced Planning System, components allocation, semiconductors

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização.....	1
1.2	Questões e objetivos de investigação.....	4
1.3	Abordagem metodológica.....	5
1.4	Estrutura da dissertação.....	6
2	REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1	Gestão da Cadeia de Abastecimento.....	9
2.2	Risco.....	12
2.2.1	Fontes de Risco na indústria automóvel.....	13
2.2.2	Gestão de risco nas cadeias de abastecimento.....	14
2.2.3	Melhoria contínua.....	16
2.3	Dados e Sistemas de Apoio à Gestão da Cadeia de Abastecimento.....	19
2.3.1	Qualidade dos dados.....	19
2.3.2	Decisões.....	21
2.3.3	Ferramentas de Apoio à Gestão da Cadeia de Abastecimento e Indústria 4.0....	22
2.3.4	<i>Advanced Planning Systems</i>	26
2.3.5	Exemplos de <i>Advanced Planning Systems</i>	31
3	ESTUDO DE CASO	33
3.1	Metodologia do estudo de caso.....	33
3.1.1	Etapas abordagem metodológica.....	34
3.1.2	Recolha de dados.....	35

3.1.3	Fiabilidade e validade do estudo de caso.....	37
3.2	Enquadramento.....	37
3.2.1	A indústria automóvel.....	37
3.2.2	Empresa de Acolhimento	39
3.2.3	Cenário <i>AS-IS</i>	39
3.2.4	Fornecedores críticos.....	40
3.2.5	Ficheiro <i>RunOut</i>	41
3.3	<i>Framework</i> para suporte da transição de cenários.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1	Fase de Planeamento	47
4.1.1	Motivações para a implementação do <i>Software X</i>	47
4.1.2	Funcionalidades do <i>Software X</i>	49
4.1.3	Pontos Críticos da Fase de Planeamento.....	50
4.2	Fase de Execução.....	51
4.2.1	Cenário Intermédio	51
4.2.2	Pontos Críticos da Fase de Execução	56
4.3	Fase de Verificação.....	56
4.3.1	Pontos Críticos da Fase de Verificação	57
4.4	Fase de Atuação.....	57
4.4.1	Cenário <i>TO-BE</i> e comparação com Cenário <i>AS-IS</i>	58
4.4.2	Pontos Críticos da Fase de Atuação	59
4.5	Alocação de semicondutores com o <i>Software X</i>	59
5	CONCLUSÃO.....	63
5.1	Conclusão.....	63
5.2	Limitações e trabalhos futuros	65
	Bibliografia.....	67
A	ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Distribuição da procura de semicondutores por indústria (2018)	1
Figura 1.2 - Quota de mercado das maiores empresas de semicondutores entre os anos de 2013 e 2022	2
Figura 1.3 - Representação da Estrutura da Dissertação.....	7
Figura 2.1 - <i>Framework</i> de uma Cadeia de Abastecimento resiliente	18
Figura 2.2 - Analogia entre processamento de matéria-prima e dados	19
Figura 2.3 - De dados à sabedoria	20
Figura 2.4 - Tipos de decisões relativas às cadeias de abastecimento.....	21
Figura 2.5 - Exemplos de indicadores para comparação de cenários	29
Figura 3.1 - Esquema Estudo de Caso	35
Figura 3.2 - Representação do Processo de alocação de componentes	40
Figura 3.3 - Exemplo de uma entrada num ficheiro <i>RunOut</i>	42
Figura 3.4 - <i>Framework</i> proposta para análise do processo de implementação do <i>Software X</i> . ..	44
Figura A.1 - Exemplo de um problema de alocação	82
Figura A.2 - Opção de Alocação 1 - Adiantamento de um fornecimento	83
Figura A.3 - Opção de Alocação 2 - Aumento da quantidade prometida	84
Figura A.4 - Opção de Alocação 3 - Redistribuição de quantidades fornecidas	84
Figura A.5 - Opção de Alocação 4 - Transferência interna do componente.....	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Evolução do conceito de Gestão da Cadeia de Abastecimento	11
Tabela 2.2 - Síntese dos <i>Key Performance Indicators</i> abordados.....	30
Tabela 2.3 - Soluções oferecidos pelo Kinaxis RapidResponse e B por indústria.....	32
Tabela 3.1 - Fontes primárias de dados	36
Tabela 3.2 - Fontes secundárias de dados	36
Tabela 3.3 - Técnicas utilizadas para garantir fiabilidade e validade do estudo de caso.....	37
Tabela 4.1 - Pontos Críticos Fase de Planeamento.....	51
Tabela 4.2 - Procura semanal por Cliente.....	53
Tabela 4.3 - Fornecimento Previsto	53
Tabela 4.4 - Tabela de Controlo (<i>Material Margin</i>).....	55
Tabela 4.5 - Classificação opções de alocação <i>Software X</i>	55
Tabela 4.6 - Pontos Críticos Fase de Execução	56
Tabela 4.7 - Pontos Críticos Fase de Verificação	57
Tabela 4.8 - Comparação Cenários <i>AS-IS</i> e <i>TO-BE</i>	58
Tabela 4.9 - Pontos Críticos Fase de Atuação	59
Tabela 4.10 - Pontos Críticos cada Fase	60
Tabela 4.11 - Resultados da Aplicação da <i>framework</i> desenvolvida ao processo de alocação de componentes	61

SIGLAS

APS	<i>Advanced Planning System</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i>
CA	Cadeia de Abastecimento
CPD	<i>Customer Past Due</i>
EA	Empresa de Acolhimento
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GCA	Gestão da Cadeia de Abastecimento
IoT	<i>Internet of Things</i>
IT	<i>Information Technology</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PL	<i>Parts Loss</i>
USD	Dólar dos Estados Unidos

INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo desta dissertação consiste na introdução do trabalho desenvolvido, sendo composto por uma contextualização teórica, pela justificação da relevância do tema e formulação do problema em estudo, terminando com a descrição da estrutura da dissertação.

1.1 Contextualização

Os semicondutores formam minúsculos chips de silício que podem conter até milhões de transístores e por isso são fundamentais para os produtos tecnológicos. São componentes de computadores, carros, telemóveis, entre outros, e por este motivo têm impacto na economia mundial (Mohammad et al., 2022). A indústria dos semicondutores sofre inovações muito frequentemente quer nos produtos, quer nos processos, pelo que o ciclo de vida dos produtos é muito curto e assim a sua gestão é mais complexa, quando comparada com outras indústrias (Rho et al., 2015).

A distribuição da procura de semicondutores por setores da indústria encontra-se representada na Figura 1.1.

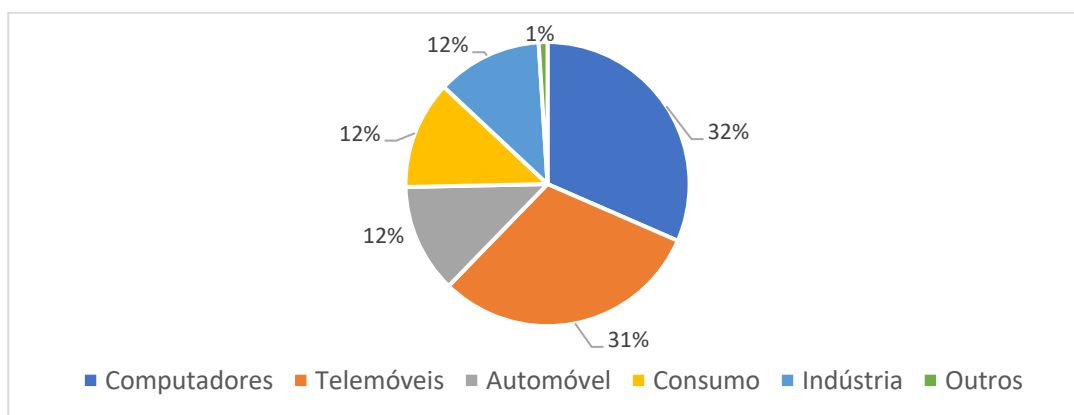


Figura 1.1 - Distribuição da procura de semicondutores por indústria (2018) (Adaptado de Ravi, 2019)

Os fabricantes de computadores e telemóveis têm, em conjunto, uma quota de mercado correspondente a 63%. Este facto cria um desequilíbrio no poder de mercado, que enfraquece a capacidade de negociação de qualquer uma das outras indústrias.

Com a sucessiva digitalização dos processos, é importante compreender a tendência da procura de semicondutores. Em 2021, as vendas aumentaram 20%, i.e. 600 mil milhões de Dólares dos Estados Unidos (USD), e prevê-se que até 2030 ocorra um aumento entre 6 e 8% anual, esperando-se que esta indústria alcance o bilião de USD, maioritariamente devido a três indústrias: computadores e armazenamento de dados, comunicação *wireless* e veículos elétricos (Burkacky et al., 2022). Na Figura 1.2 encontra-se representada a quota de mercado das maiores empresas produtoras de semicondutores entre 2013 e 2022. A Samsung tem a maior quota de mercado (10,9%), tendo ultrapassado a Intel (9,7%), que ocupa o segundo lugar, desde 2017.

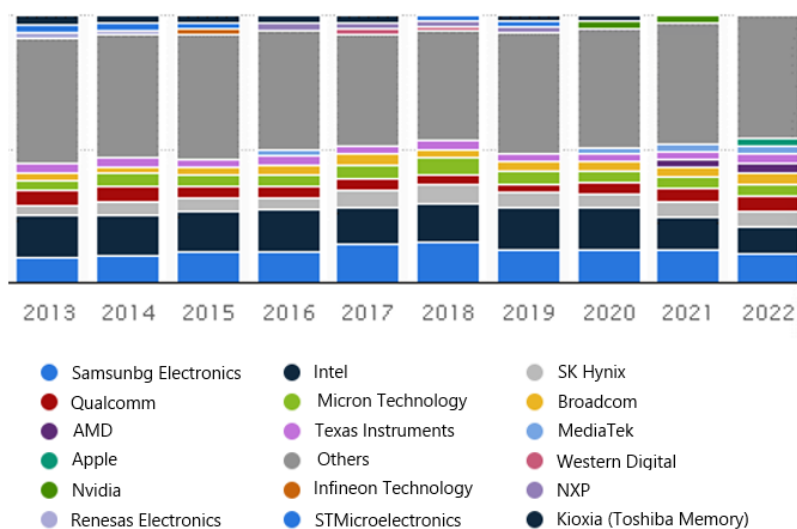


Figura 1.2 - Quota de mercado das maiores empresas de semicondutores entre os anos de 2013 e 2022
(Adaptado de Statista, 2022)

Em 2020, iniciou-se uma crise inesperada de semicondutores. Apesar de se apontar a pandemia Covid-19 como a justificação para esta crise, a indústria dos semicondutores sempre foi extremamente vulnerável. Só na indústria automóvel, esta disrupção gerou a perda de 61 mil milhões de USD em vendas (Mohammad et al., 2022).

Segundo Mohammad et al. (2022), as razões que conduziram à crise dos semicondutores em 2020 podem dividir-se em três grupos: disrupções causadas por Covid-19, complexidade da cadeia de abastecimento (CA) dos semicondutores e problemas geopolíticos.

O primeiro grupo, disrupções causadas por Covid-19, divide-se ainda em três fatores: procura, abastecimento e mão-de-obra. Por um lado, a procura de tecnologia aumentou, devido à necessidade de comunicar, trabalhar ou lazer remotos, durante a quarentena obrigatória. Por outro lado, viveu-se uma redução no consumo devido à incerteza vivida e

redução dos rendimentos. O balanço geral acabou por ser de aumento. Por sua vez, as fábricas de semicondutores foram igualmente obrigadas a parar a sua produção (Peters, 2021) e a transposição de fronteiras foi proibida, pelo que os envios foram adiados. Relativamente à mão-de-obra, para além da necessidade de *hardware* para exercer remotamente o trabalho que exerciam *in loco*, a maioria das pessoas viu a sua moral bastante afetada. Apesar disto, criou-se uma flexibilidade de trabalho, que acabou por permanecer nalguns casos (Accenture, 2020).

A complexidade da gestão da cadeia de abastecimento (GCA) dos semicondutores antecede a pandemia, tendo-se agravado durante a mesma. A produção de semicondutores é desde logo muito complexa, o processo pode ir até 1 400 passos, o seu tempo de ciclo é longo e variável (pode ir até 26 semanas, dependendo da complexidade) (Sun e Rose, 2015) e a escala dos pequenos chips exige equipamentos especializados e precisos, cujos valores de aquisição podem chegar aos 100 milhões de USD (Mönch et al., 2018). Para além disto, a dispersão geográfica dos vários intervenientes da CA dos semicondutores, apesar de tirar proveito das economias de escala, está sujeita dois tipos de vulnerabilidades: propagação das disrupções e tensões geopolíticas (Mohammad et al., 2022).

Por último, as tensões geopolíticas têm-se vindo a agravar nos últimos anos. O Japão impôs restrições de exportação à Coreia do Sul em julho de 2019 e, sendo o Japão um dos principais fornecedores de químicos necessário para a produção de semicondutores, a Coreia viu-se numa situação sensível (Ravi, 2021). O frequente atrito entre Estados Unidos e China também se fazem sentir na indústria dos semicondutores. Em setembro 2020, os Estados Unidos da América impuseram restrições à exportação chinesa de semicondutores. Os conflitos e tensões internacionais geram incerteza e podem implicar redimensionar a CA na sua totalidade a qualquer instante ou ainda a perda significativa de lucro, agravando por isso a complexidade da GCA (Mohammad et al., 2022).

Pelas razões anteriormente referidas, destaca-se que a indústria dos semicondutores, assim como as indústrias que dela dependem, como é o caso da indústria automóvel, cada vez mais eletrificada, necessitam de estratégias para a gestão destes componentes (Fu et al., 2023). Face a isto, existem estudos que destacam a digitalização da GCA, em particular, o recurso a tecnologias da Indústria 4.0, como uma das estratégias possíveis para otimizar a gestão dos componentes semicondutores (Mohammad et al., 2022). Mohammad et al. (2022) sugere a utilização de *Advanced Planning Systems* (APS) (em português, Sistemas Avançados de Planeamento) (Mousavi et al., 2023).

A rotura de um componente ocorre quando a sua procura excedente a oferta. Uma rotura pode resultar no comprometimento da produção e conseqüente incumprimento dos prazos estipulados com os clientes. Para atenuar as conseqüências das roturas criam-se e comparam-se diferentes opções de alocação dos componentes às fábricas, clientes ou

produtos. A seleção de entre as opções de alocação é de extrema complexidade pelo que é necessário aderecá-la cautelosamente e ter em conta as vantagens e desvantagens de cada opção.

Existe já um estudo acerca do desenvolvimento e da incorporação de uma solução num APS que vise apoiar os responsáveis pela alocação de componentes semicondutores, mas este é desenvolvido do ponto de vista da empresa fornecedora de semicondutores (Mousavi et al., 2023). Assim sendo, não existem estudos do ponto de vista do comprador de componentes semicondutores, enquanto matéria-prima, e da sua alocação para posterior processo de transformação.

Na sua revisão de literatura, Abdirad e Krishnan (2021) identificaram a necessidade de se desenvolverem estudos que demonstrem o impacto da Indústria 4.0 nas CA, a partir da comparação antes e depois da sua implementação e nos seus aspetos técnicos. Stüve et al. (2022) afirmam também que existem poucos estudos que documentem a implementação de APS a empresas específicas.

De acordo com o acima referido, é importante a investigação acerca do processo de alocação de componentes semicondutores do ponto de vista dos seus consumidores e, mais concretamente, da relação deste processo com ferramentas da Indústria 4.0, que visem torná-lo menos complexo. É também crítico que se compare os efeitos da implementação de APS a partir da comparação dos cenários anterior e posterior a essa implementação.

1.2 Questões e objetivos de investigação

A partir das lacunas de investigação acima identificadas, surge a motivação para a realização desta dissertação: comparar os cenários antes e após a implementação de um APS e, identificar motivações para esta mudança, bem como os seus pontos críticos. Através do desenvolvimento de um estudo de caso relacionado com o processo de alocação de semicondutores numa empresa fornecedora de primeiro nível da indústria automóvel, pretende-se responder às seguintes questões de investigação:

1) Quais as motivações e barreiras da aquisição de um APS para a gestão de matéria-prima (semicondutores) no contexto do setor automóvel?

2) Como assegurar o sucesso da passagem de um Cenário manual (*AS-IS*) de alocação de componentes semicondutores para um Cenário automatizado (*TO-BE*), com recurso a um APS?

Os objetivos desta dissertação são, a partir da caracterização dos processos atuais (Cenário *AS-IS*) e dos processos automatizados (Cenário *TO-BE*), recorrendo a um APS:

- Fazer o levantamento das motivações que levaram à transição de cenários e das barreiras sentidas durante a transição de cenários;
- Descrever as fases que suportam essa transição e retirar, de cada uma delas, os pontos críticos para o sucesso da implementação do APS;
- Comparar os dois cenários, anterior (*AS-IS*) e posterior (*TO-BE*) à implementação do *software* APS.

Espera-se que, deste modo, se possa apoiar a implementação de um *software* de apoio à GCA em condições semelhantes numa outra empresa ou para outro grupo de componentes.

1.3 Abordagem metodológica

Para desenvolver esta dissertação recorreu-se a uma abordagem metodológica composta por três fases: revisão de literatura, estudo de caso e, finalmente, análises e conclusões.

A revisão de literatura permitiu compreender e identificar que temas já foram explorados e reconhecer as lacunas de investigação. Para além disto permitiu definir os conceitos utilizados e fundamentar a sua utilização. Ainda na revisão de literatura, foi selecionada uma *framework* (Fu et al., 2023) que foi posteriormente adaptada ao problema em análise e que permitiu analisar os dados recolhidos, na segunda fase da abordagem metodológica. Esta *framework* foi utilizada para descrever e estruturar a passagem do Cenário *AS-IS* (manual) de alocação de componentes semicondutores para o Cenário *TO-BE* (automatizado).

Para a segunda fase, selecionou-se a metodologia de estudo de caso, com o objetivo de estudar o problema em análise. Esta dissertação foi realizada no âmbito de um estágio profissional na empresa de acolhimento (EA) e foi nesse contexto que se desenvolveu o estudo de caso. O nome da EA não será revelado por questões de confidencialidade e privacidade.

A EA opera na área de produção e fornecimento de componentes eletrónicos e elétricos para a indústria automóvel, como *clusters*, ecrãs, rádios, etc. Como tal, faz parte das indústrias afetadas pela escassez de semicondutores e, conseqüentemente, tem de gerir da forma mais eficiente os seus recursos, que são muitas vezes escassos e insuficientes para satisfazer a procura do cliente no período definido. Por este motivo, a EA necessita de otimizar o seu processo de alocação que assume essencialmente dois objetivos: atenuar as conseqüências da rotura e, sobretudo, evitar que a rotura aconteça, com ações preventivas.

A EA optou pela implementação de um APS. O estágio profissional permitiu seguir de perto a implementação do APS e participar em diversas atividades relacionadas, como

reuniões, correção de dados e validações e assim recolher dados, quer de fontes primárias, quer secundárias.

Finalmente, na terceira fase, após todos os dados necessários terem sido recolhidos, procedeu-se à sua análise, com recurso à *framework* previamente mencionada. A partir desta análise e da sua validação por parte de profissionais da EA, foi possível tirar conclusões acerca das motivações para a implementação do APS, dos pontos críticos para o seu sucesso e das principais diferenças entre os Cenários *AS-IS* e *TO-BE*.

1.4 Estrutura da dissertação

Este trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro e presente capítulo serve para contextualizar o leitor e expor a relevância do tema.

O segundo capítulo, relativo à revisão de literatura, define e explora a literatura nos principais tópicos abordados ao longo da dissertação.

No terceiro capítulo é descrito o contexto do estudo de caso e apresentada a *framework* utilizada para análise e estruturação dos dados.

No capítulo 4 são apresentadas as motivações para a implementação do APS ao contexto do problema e descreve-se cada uma das fases que a compõem, salientando os seus pontos críticos, salientando ainda as barreiras encontradas.

Finalmente, no quinto capítulo são retiradas conclusões relativamente aos capítulos anteriores, identificadas as limitações impostas na realização do estudo de caso e ainda propostos futuros trabalhos.

Na Figura 1.3 pode encontrar-se uma representação da estrutura desta dissertação e dos principais conteúdos de cada capítulo.

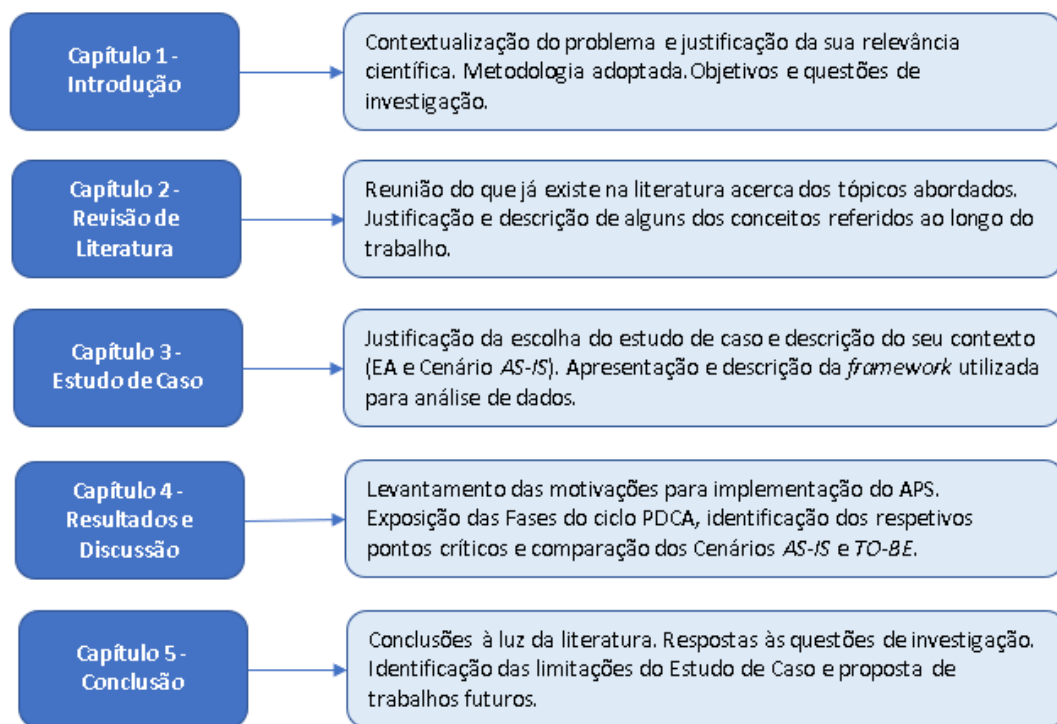


Figura 1.3 - Representação da Estrutura da Dissertação

REVISÃO DA LITERATURA

Neste segundo capítulo são definidos e aprofundados conceitos que justificam e apoiam o desenvolvimento do presente estudo, considerando base de dados científicas, e recorrendo a livros, artigos científicos e *websites*. Os principais conceitos prendem-se com a GCA, especificamente no caso da indústria automóvel, com a identificação e estratégias de mitigação dos principais riscos desta indústria, nomeadamente através do recurso a *softwares*.

2.1 Gestão da Cadeia de Abastecimento

Uma CA é um sistema que organiza recursos, informações e processos, com o intuito de manter a harmonia da sua empresa. A CA cobre fábricas e transporte, passa pela aquisição de matéria-prima, pela sua transformação e envio de produtos finais até aos clientes (Fanti et al., 2012). Esta deve ser capaz de entregar o produto certo, ao cliente certo, no momento certo e ao custo certo (Masi e Pero, 2023).

Os diversos intervenientes da CA, fornecedores, transportadores, armazéns, produtores, retalhistas, clientes, estão todos direta ou indiretamente relacionados e são interdependentes. O principal objetivo é maximizar o excedente, obtido através da subtração do custo de satisfazer os requisitos do cliente ao valor que este atribui ao produto final (Eq. 1.1) (Chopra e Meindl, 2013).

$$\text{Excedente CA} = \text{Valor cliente} - \text{Custo CA} \quad \text{Eq. 1.1.}$$

De acordo com Chopra e Meindl (2013) existem seis fatores que condicionam a performance de uma CA:

1. Instalações: localizações físicas onde os produtos são armazenados, montados e fabricados. Os dois tipos principais de instalações são fábricas e armazéns. É necessário decidir a sua função, localização, capacidade e flexibilidade;

2. Inventário: é qualquer bem, desde matéria-prima a produtos finais. A forma como é realizado a sua gestão é extremamente determinante para o sucesso de uma empresa;
3. Transporte: permite a movimentação de bens por toda a CA. Divide-se em ferroviário, rodoviário, aéreo e marítimo e cada transporte entre dois pontos pode usar um destes ou uma combinação entre eles. A seleção adequada do transporte garante o cumprimento dos prazos e a segurança dos bens, pelo que é fundamental para a fluidez das transações;
4. Informação: consiste na análise de dados em relação a todos os outros fatores. A informação é potencialmente o fator que mais afeta a performance de uma CA, porque permite analisar (o passado), compreender (o presente) e prever (o futuro). A boa gestão da informação possibilita a resposta atempada e acertada dos requisitos dos clientes;
5. Fornecimento (*sourcing*): decisão sobre o que fabricar, gerir e transportar internamente e o que delegar a terceiros;
6. *Pricing*: decisão do preço solicitado pelos bens/serviços. Insere-se na estratégia de *marketing* e tem efeitos sobre o comportamento do cliente. Ao comprar, o cliente atribui ao produto um valor igual ou superior ao preço solicitado.

Uma CA é dinâmica e por ela fluem constantemente informação, bens e dinheiro a partir de trocas entre os diferentes intervenientes (Chopra e Meindl, 2013). A competição migrou do nível individual entre entidades de várias CA para o nível global, isto é, cada CA compete no seu todo contra outras CA (Li et al., 2022).

O foco e organização da GCA foram sendo alterados ao longo do tempo, durante a segunda metade do século XX a GCA evoluiu no sentido de coordenação e integração de atividades. Na Tabela 2.1 apresentam-se as cinco fases da sua evolução.

Vários acontecimentos históricos marcaram e desencadearam o surgimento e desenvolvimento da GCA, entre eles a revolução industrial (Arredondo e Alfaro Tanco, 2021), tendo sido o termo “logística” difundido a partir do termo militar (Rutner et al., 2012). A primeira fase da GCA centra-se na gestão física dos objetos, na sua movimentação e armazenamento, o foco é puramente operativo e não há integração entre as várias áreas da CA. Na década de 70, a atenção migra para a otimização dos custos e ao foco no cliente e na sua satisfação.

Tabela 2.1 - Evolução do conceito de Gestão da Cadeia de Abastecimento (Adaptado de Onkal, 2011)

	Até 1970 Fase 1	1970-80 Fase 2	1980-90 Fase 3	1990-99 Fase 4	2000- Fase 5
Denominação da Fase	Armazenamento e Transporte	Custo total da gestão	Gestão Logística Integrada	Gestão da CA	Gestão Lean da CA
Foco da Gestão	Eficiência na performance das operações	Otimização do custo de operações e apoio ao cliente	Planeamento Logístico Tático/ Estratégico	CA estratégica, evolução dos canais, traçar de objetivos	Internet, Sincronização GCA, comércio e <i>marketing</i> eletrónicos
Design da Organização	Funções descentralizadas	Centralização das funções	Integração das funções logísticas	Parcerias, Organização virtual, evolução de mercado	Rede de canais, recurso informático, Agilidade, Escalabilidade

Vários acontecimentos históricos marcaram e desencadearam o surgimento e desenvolvimento da GCA, entre eles a revolução industrial (Arredondo e Alfaro Tanco, 2021), tendo sido o termo “logística” difundido a partir do termo militar (Rutner et al., 2012). A primeira fase da GCA centra-se na gestão física dos objetos, na sua movimentação e armazenamento, o foco é puramente operativo e não há integração entre as várias áreas da CA. Na década de 70, a atenção migra para a otimização dos custos e ao foco no cliente e na sua satisfação.

Na década seguinte, ocorre a integração logística e a coordenação entre as diversas áreas de CA, acompanhada de um avanço tecnológico nos sistemas dos transportes e instituições financeiras, o que proporciona um melhor planeamento estratégico e tático (perspetivas para um maior horizonte temporal) (Onkal, 2011).

Na quarta fase, durante os anos 90 do século XX, a dimensão estratégica da GCA tornou-se prioritária, assim como a criação de parcerias entre vários estágios da CA como resposta ao aumento da competitividade, permitindo um alcance a mercados globais, contribuindo para o conceito de GCA como hoje o conhecemos. Ainda neste período, se difundiram estratégias de marketing com intuito de captar e reter clientes (Lambert, 2010).

Finalmente, com o início do século XXI, iniciou-se também a era da globalização, marcada pela introdução da internet como ferramenta de comunicação, de apoio à gestão e de sincronização de todas as atividades da CA, buscando alcançar a sua fluidez, isto é, não reter os bens num local por tempo superior ao necessário, ou seja, os *timings* das transações serem o melhor planeados possível. A internet permite ainda o desenvolvimento do

comércio digital e a aplicação de Ferramentas *Lean* aumenta a eficiência e diminui os desperdícios (Daud e Zailani, 2011).

Atualmente, devido às diversas responsabilidades de uma firma, técnicas e sociais, surge o paradigma LARG (Carvalho et al., 2011). Este paradigma combina quatro outros: *Lean*, *Agile*, *Resilient* e *Green* (Sahu et al., 2022). A partir desta sinergia pretende-se atingir em simultâneo a redução do desperdício, a resposta à procura dos clientes, a resiliência às disrupções e ainda a sustentabilidade ambiental (Masi e Pero, 2023).

Segundo MacCarthy et al. (2016), existem seis fatores que influenciam a evolução das CA já estabelecidas: tecnologia e inovação, economia, mercados e competição, política e regularização, fornecimento e contratação, estratégia da CA e reengenharia.

De acordo com (Fawcett e Magnan, 2002), GCA deve ser feita a três níveis de complexidade:

- No primeiro nível, mais simples, a GCA deverá garantir a qualidade da informação e a velocidade da sua partilha entre os intervenientes da CA;
- No segundo nível, reconhecer o conjunto de elementos fundamentais para que se alcancem os objetivos definidos: sistemas de informação interligados, processos coerentes dentro da organização, gestores com experiência abrangente;
- O terceiro nível, mais complexo, baseia-se nos anteriores, no entanto a sua orientação é cultural e foca-se na tomada de decisões. Passa igualmente pela criação de relações internas e externas e da promoção de espírito de equipa. Duas competências são fundamentais para o sucesso deste nível avançado de GCA: a conceção e a integração da CA.

Esta dissertação foca-se no primeiro e no segundo níveis de GCA, uma vez que explora a implementação de um software que gere e cria informação, de modo a garantir a sua qualidade e disponibilidade. As motivações para a aquisição do APS remetem para o terceiro nível. Estes níveis relacionam-se com os tipos de decisões: operacionais, táticas e estratégicas.

2.2 Risco

Para Peck (2006) o risco associado às CA é qualquer coisa que impeça ou comprometa informação, material ou produtos de fluir desde o fornecedor original até à entrega do produto acabado ao seu consumidor final. Assim, quando estes riscos resultam em eventos que efetivamente ocorrem, dão origem a disrupções, que podem variar na sua duração, frequência, e impacto (Vieira et al., 2023).

Heckmann et al. (2015, p. 125) definem a vulnerabilidade de uma CA como "*a medida na qual a cadeia de abastecimento está suscetível a um evento de risco*". Deste modo, relacionando ambas definições, uma CA é tanto mais resiliente quanto menor for a sua vulnerabilidade ao risco.

Enquanto que a robustez de uma CA remete para a sua capacidade manter o seu planeamento após uma disrupção (Simchi-Levi et al., 2018), a resiliência mede a capacidade da CA recuperar a sua performance tendo sido afetada pelos efeitos de uma disrupção (Hosseini et al., 2019). A robustez está intimamente relacionada com a resiliência, uma vez que a melhoria de uma promove a da outra (Wong et al., 2020).

Apesar de as designarem de forma diferente, Fu et al. (2023) e Vieira et al. (2023) concordam na segmentação dos riscos em duas categorias:

- Externos ou Macro: riscos provenientes de fora da CA (por exemplo, catástrofe natural, ataque terrorista, decisão política);
- Internos ou Micro: riscos associados aos intervenientes da CA. (por exemplo, atrasos no fornecimento, partilha de informação).

Existe risco associado às CA uma vez que não se conhece e se prevê todas ações e reações dos outros intervenientes. Uma gestão eficiente é fundamental para garantir a fluidez da CA e evitar a escassez de algum componente que comprometa a produção e consequentemente a entrega atempada das encomendas dos clientes (Chopra e Meindl, 2013).

2.2.1 Fontes de Risco na indústria automóvel

Segundo Çıkmak e Ungan (2022), as principais fontes de risco para a indústria automóvel são:

- Globalização;
- Curto ciclo de vida dos produtos;
- Especificações de produto;
- Subcontratação (*Outsourcing*);
- Número reduzido de fornecedores;
- Foco na eficiência;
- Fatores económicos e políticos.

A globalização permite agilizar as economias dos vários envolvidos, promove a multiculturalidade das civilizações e as suas relações e possibilita a criação de economias

de escala. Contudo tem como contrapartida o aumento do risco associado à fluidez das CA, devido à necessidade de transpor fronteiras, à dependência de fornecedores e transportadores, políticas externas, entre outros. A globalização aumentou tanto as oportunidades como o risco, mas segundo Ballou (2007), foi o maior potenciador para a economia.

Chopra e Meindl (2013) identificaram os riscos associados à globalização e os seus respetivos rácios de impacto nas CA. Alguns destes são desastres naturais, volatilidade dos preços de combustível, performance de parceiros (internacionais) e capacidade/complexidade da logística (Chopra e Meindl, 2013). Apesar disto, o facto de se recorrer a redes globais de abastecimento pode aumentar o risco ao qual se incorre, no entanto, esse risco está dividido entre fornecedores, fábricas, países, continentes. Isto significa que se um falhar, existem outros que garantam a fluidez da CA, mesmo que com menos capacidade.

Vários casos do conhecimento público têm vindo a provar a vulnerabilidade destas redes. O maremoto que devastou o Japão em 2011 e afetou severamente várias indústrias mundiais, como a dos *wafers* de silício (Pariazar e Sir, 2018) e as fábricas da Toyota (Goldbeck et al., 2020). Na ordem dos desastres causados por ações humanas, o derrame de óleo que causou uma enorme explosão em 2010 no Golfo do México, que contaminou o oceano em seu redor, impedindo a atividade piscatória e o turismo balnear, e que afetou a posição da BP perante a sua concorrência no mercado das petrolíferas (Ramezankhani et al., 2018).

No início de 2020, propagou-se uma pandemia com efeitos devastadores para as CA, como a paragem da produção e o impedimento de transposição de fronteiras. Os efeitos desta disrupção foram particularmente graves sobretudo devido às seguintes causas: à sua longa e incerta duração e ao efeito cascata (sequencial) (Ivanov, 2020). O surto Covid-19 veio testar quer a robustez e quer a resiliência das CA de diversas indústrias (El Baz e Ruel, 2021).

O severo impacto do Covid-19 na economia global fomentou o desenvolvimento e investigação sobre a diversas estratégias de mitigação de risco e a sua pertinência (Yang et al., 2021).

2.2.2 Gestão de risco nas cadeias de abastecimento

Apesar do risco ser inerente às CA existem diversas estratégias que permitem reduzir a sua probabilidade de ocorrência ou atenuar os efeitos nefastos em caso de ocorrência. A gestão de risco nas CA inclui a utilização de ferramentas, técnicas e estratégias

para que seja possível identificar, avaliar, monitorizar e mitigar os riscos (Fan e Stevenson, 2018).

Geralmente, a abordagem utilizada à gestão do risco nas CA é composta por quatro etapas: identificação, avaliação, mitigação e, finalmente, monitorização (Çikmak e Ungan, 2022).

As metodologias *Lean e Agile* começam a ser aplicadas à GCA nos anos 1990s (Masi e Pero, 2023). Naylor et al. (1999) define *Agile* como a utilização de conhecimento de mercado para explorar oportunidades lucrativas num mercado volátil. A metodologia *Lean* é focada no desenvolvimento de um fluxo de valor, eliminando todos os desperdícios materiais e temporais, e nivelando o planeamento de produção (Naylor et al., 1999).

No século XXI, à medida que as estratégias e organização de empresas se vão adaptando à crescente pressão competitiva, conduziu-se um estudo que concluiu que as empresas com melhor desempenho são aquelas capazes de desenvolver cadeias de abastecimento ágeis (*Agile*), adaptáveis (*Adaptability*) e alinhadas (*Alignment*) (*Triple-A*) (Madhani, 2017).

Os métodos de produção *Agile* surgem por necessidade em casos nos quais o volume de produção é baixo, ou durante um curto espaço temporal e o leque de produtos é vasto (Dotoli et al., 2006). No caso de indústrias tecnológicas, que estão em constante processo de inovação, como a indústria eletrónica, é uma metodologia a utilizar já que permite rápida reação e flexibilidade.

A descentralização da gestão é proposta por alguns autores, tendo as seguintes vantagens associadas, e é considerada a mais vantajosa nalgumas situações (Binetti et al., 2013):

- Resolução imediata dos problemas, sem necessidade de recorrer à gestão de topo;
- Especialização de cada agente;
- Maior flexibilidade (isto é, possibilidade de adaptação a cada situação).

Contudo, não é uma solução em todos os casos melhor que a centralização. Depende do contexto e apresenta igualmente desvantagens como a falta de coerência na gestão da empresa e alinhamento dos objetivos.

Para contrariar os riscos que advêm da globalização, identificados anteriormente, surge um processo contrário. Este processo consiste no recurso a fornecedores locais e é promovido por vários governos como o chinês e norte-americano, que já investiram milhões de USD em investigação e instalações para produção de semicondutores (Joseph, 2021).

Algumas recomendações para as empresas lidarem e reduzirem a vulnerabilidade ao risco da escassez de componentes semicondutores será a produção interna de componentes

cruciais, como fizeram a Tesla e a Apple em 2020, produzindo os seus próprios chips semicondutores (Mohammad et al., 2022), no entanto, não é eficiente chegar ao extremo da autossuficiência (Ravi, 2021).

O investimento na expansão da capacidade é muito dispendioso e pode levar anos até ser concluído. Segundo Mohammad et al. (2022) o recurso a Inteligência Artificial (IA) poderá ser uma solução favorável à redução do tempo de produção.

O modelo de gestão *Just in Time* provou não ser o mais eficaz. Verificou-se que a escassez da quantidade correspondente a 30 USD de semicondutores poderá resultar na paragem de uma linha de produção da indústria automóvel, resultando num prejuízo de até 30 000 USD. Por este motivo recomenda-se a criação de *stocks* de segurança (Bowman, 2021).

A IoT tem-se provado uma solução possível para a crise dos semicondutores. As disrupções podem ser previstas e analisadas em tempo real e, deste modo, tratadas em conformidade, aumentando a resiliência e eficiência da CA, devido ao aumento de visibilidade (Mohammad et al., 2022) e à partilha de informação em tempo real pelos intervenientes da CA (Yang et al., 2021).

Os produtores passam a apoiar as suas decisões coletando dados e inserindo-os em aplicações capazes de prever a procura, planear a produção e gerir inventário (Black, 2021).

A Dell é um exemplo de sucesso, apoiando-se na criação de cenários foi capaz de tomar decisões que facilitaram a gestão da CA durante a escassez de semicondutores. Como a Dell, mais empresas estão a recorrer a IoT para melhorar a agilidade das suas CA (Zimmerman, 2021).

A gestão dos dados é outro foco fundamental para a diminuição do risco, uma vez que são os dados que permitem caracterizar os cenários da CA, compará-los e prever situações e alimentam ainda os *softwares* de apoio à GCA. Apesar de já existirem diversos estudos no âmbito da Indústria 4.0, raramente se focam no seu papel na GCA (Abdirad e Krishnan, 2021).

2.2.3 Melhoria contínua

A Melhoria Contínua foca-se na qualidade dos processos e produtos e é aplicada, ininterruptamente, através de ações que visam aperfeiçoá-los e garantir o valor esperado pelos clientes. As empresas recorrem à Melhoria Contínua com o objetivo de assegurar a sua vantagem competitiva (Hyland et al., 2003), seja pela qualidade, seja pela minimização dos seus custos.

Existem diversas ferramentas de Melhoria Contínua que podem ser aplicadas aos processos de uma CA de modo a evidenciar as suas falhas e as respetivas origens para que estas sejam extintas ou, pelo menos, atenuadas.

O ciclo *Plan, Do, Check, Act* ou Planear-Executar-Verificar-Atuar (PDCA) (ou ciclo da Deming) é uma ferramenta de melhoria contínua que se divide em quatro fases que visam assegurar que um problema é corretamente identificado, implementado, avaliado e interpretado. É uma ferramenta que permite apoiar a integração de mudanças por etapas, conduzindo assim à evolução das empresas (Silva et al., 2017).

Cada letra de PDCA corresponde a uma das quatro fases do ciclo: Planear (*Plan*), Executar (*Do*), Verificar (*Check*), Atuar (*Act*). A primeira e terceira são fases de reflexão e análise, enquanto a segunda e quarta são fases de ação e de incorporação de mudanças nos processos.

Na fase de planeamento devem estabelecer-se objetivos estratégicos com o intuito de melhorar os processos e ainda definir-se modelos de decisão alinhados com esses. São igualmente definidas as métricas sobre as quais se irá medir a performance (Fu et al., 2023).

A seguinte fase destina-se a executar o planeado anteriormente. Através da definida GCA, aplicam-se os mecanismos desenvolvidos para atenuar as consequências do risco e da imprevisibilidade. Devem ser mecanismo flexíveis para permitir a adaptação a qualquer cenário no curto prazo (Fu et al., 2023).

A fase de verificação destina-se ao controlo da concretização dos objetivos definidos, dos indicadores de performance e dos processos definidos para os alcançar. O que se pretende nesta fase é identificar precocemente algum desvio na performance da CA (Fu et al., 2023).

Finalmente, na fase de atuação pretende-se melhorar o plano definido anteriormente e atingir os objetivos traçados. Através de *benchmarking*, quer interno, quer externo, devem identificar-se pontes de franqueza e consequentes planos de melhoria (Fu et al., 2023).

No âmbito da melhoria continua na previsão da procura, Fu et al. (2023) desenvolveram uma *framework* (Figura 2.1) que integra uma CA inteligente e resiliente num ciclo PDCA. O objetivo da *framework* proposta é integrar as tecnologias de *software* e *hardware* com a supervisão de peritos na matéria, estabelecer a cooperação entre o Homem e o sistema e apoiar os processos de tomada de decisão para melhorar a qualidade das decisões. Deste modo, a aplicação da *framework* a determinado contexto implica a passagem pelas quatro fases. Na fase de planeamento devem identificar-se os pontos de melhoria e definir-se objetivos, na fase de execução deve passar-se para um nível mais operacional e pôr em prática o que foi definido anteriormente, na fase seguinte, de verificação, deve ser feito o controlo das melhorias aos processos sobre a sua eficácia, e finalmente, para

completar o ciclo, na fase de atuação deve ajustar-se o plano, se necessário, e realizar uma comparação com o estágio inicial.

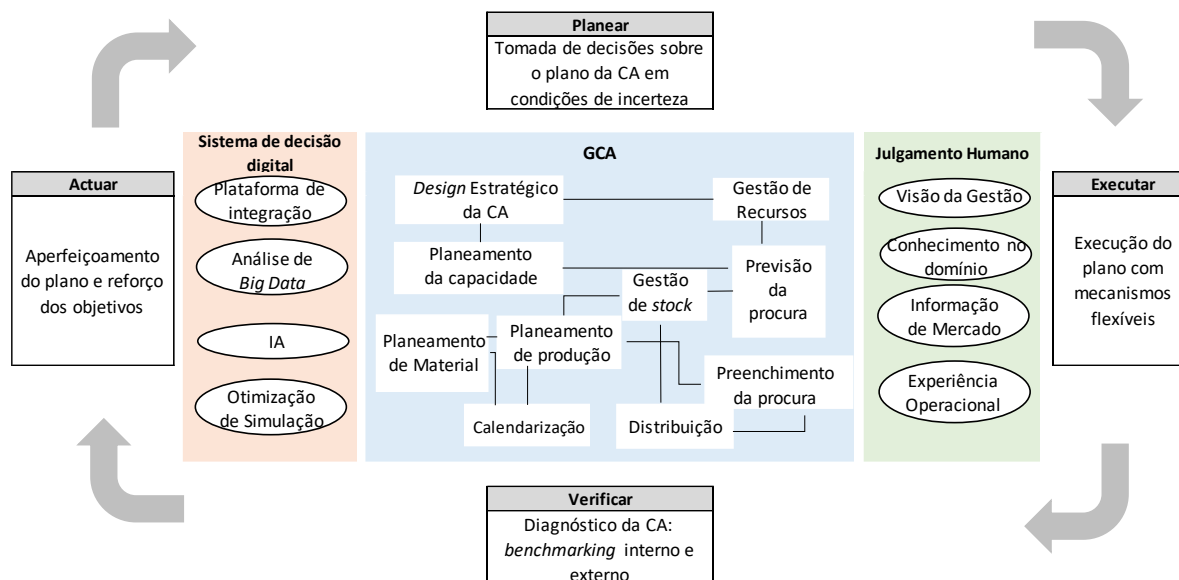


Figura 2.1 - Framework de uma Cadeia de Abastecimento resiliente (Adaptado de Fu et al., 2023)

Esta *framework* irá ser adaptada e utilizada no estudo de caso para apoiar a transição entre cenários AS-IS e TO-BE.

Calicchio Berardi e Peregrino De Brito (2021) defendem que a melhoria contínua é importante para a construção de normas para a Gestão sustentável das CA. Com a crescente procura por sinergias que aumentem a eficiência e tornem as CA mais sustentáveis, tem-se vindo a implementar processos como a economia circular, cujo desenvolvimento ocorre em duas fases: transição e melhoria contínua (Calicchio Berardi e Peregrino De Brito, 2021).

Em 2020, a Coyote Logistics implementou 132 projetos de Melhoria Contínua de CA em empresas, permitindo-lhes poupar 120 horas semanas em tarefas redundantes. Segundo Steffes (2020), as seis etapas da Melhoria Contínua são:

- Avaliação da situação atual;
- Identificação dos principais problemas;
- Estabelecimento de objetivos;
- Desenvolvimento de estratégias;
- Medição da eficiência;
- Celebração do sucesso.

A aplicação única de ferramentas da qualidade pode aprimorar os processos, no entanto, para que atinjam a excelência é um desafio mais complexo, exigindo consistência ao longo do tempo (Powell e Coughlan, 2020).

2.3 Dados e Sistemas de Apoio à Gestão da Cadeia de Abastecimento

Os dados são *inputs* extremamente valiosos para as empresas, pois permitem compreender o passado, representar o presente e prever o futuro. Como tal, são recolhidos e armazenados e podem ser posteriormente trabalhados. Na literatura, é feita uma analogia entre o processamento de dados e a produção de bens, representada na

Figura 2.2.

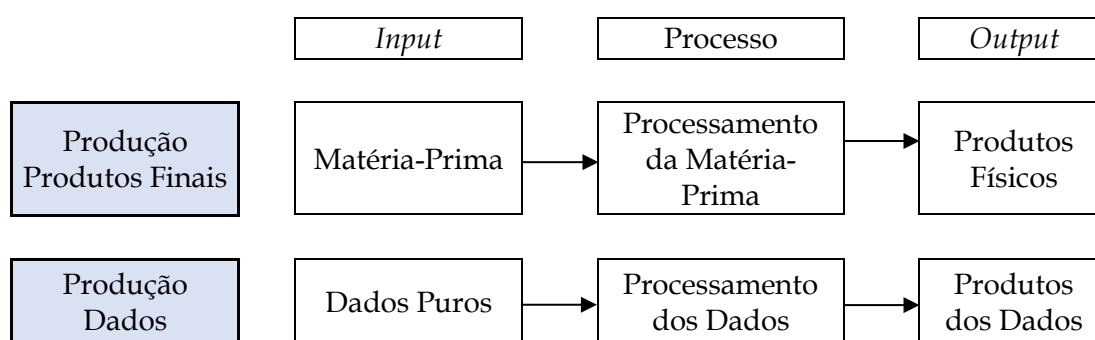


Figura 2.2 - Analogia entre processamento de matéria-prima e dados (Adaptado de Hazen et al., 2014)

Os dois processos representados na

Figura 2.2 (produção de produtos finais e tratamento de dados) podem ser comparados uma vez que, a partir de um *input* (matéria-prima e dados, respetivamente) se poderá gerar valor submetendo-os a um processo.

Um ponto que os distingue é a permanência dos *inputs* no sistema. Enquanto na produção a matéria-prima entra no processo e esgota-se à saída, no processamento dos dados a sua permanência na base de dados pode ser tão longa quanto se queira. Imagine-se que um lote de má qualidade de matéria-prima entra para produção, ao sair, o produto final será defeituoso, mas será a única perda. O facto dos dados, ao serem usados, permanecerem no sistema, no caso de serem de má qualidade poderão produzir consequências nefastas não sendo identificados e removidos, pois podem afetar todos os processos futuros. Para além disto, outra distinção entre os processos é a dificuldade relativa de medir a qualidade dos dados (Hazen et al., 2014).

2.3.1 Qualidade dos dados

A aquisição e o armazenamento dos dados são relevantes se estes representarem a realidade e se tiverem elevada qualidade.

A qualidade dos dados é subjetiva e pode ser medida segundo uma série de dimensões, dependendo da situação e da utilização a ser dada aos dados. Quatro dimensões são consistentemente usadas para descrever a qualidade dos dados (Ballou e Pazer, 1985; Blake e Mangiameli, 2008; Haug et al., 2013; Zhang et al., 2021):

- Exatidão é definida com base na diferença entre o dado medido ou recolhido e o valor real, considerado o correto;
- Atualidade é a medida na qual a sua validade vigora no tempo, isto depende da frequência com que se renovam;
- Consistência refere-se à apresentação dos dados em termos de formato e estrutura. É uma dimensão relevante para a sua interpretação, comparação e agregação com outros dados semelhantes;
- *Completeness* ou totalidade dos dados necessários ou ao preenchimento de todos os valores que os compõem.

O primeiro passo para a melhoria da qualidade dos dados será reconhecer a sua importância para a GCA, promovendo ações de monitorização e controlo logo no momento de aquisição. Dados com maior qualidade promovem decisões mais adequadas (Hazen et al., 2014).

A verdadeira importância dos dados prende-se com as informações e previsões que deles se podem retirar. Ao identificar as relações entre os dados podemos obter informação que, ao ser compreendida e identificando padrões, permite-nos adquirir conhecimento. Este conhecimento relacionado com outros conhecimentos e com a experiência se pode tornar em sabedoria (Cooper, 2017) (Figura 2.3).

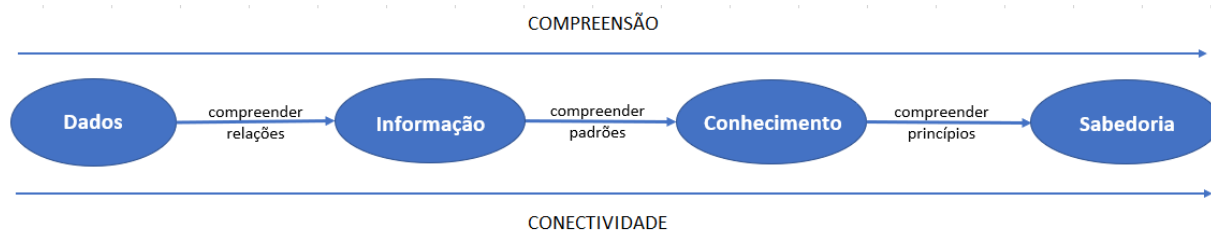


Figura 2.3 - De dados à sabedoria (Adaptado de Cooper, 2017)

A informação é relevante se for exata, se estiver disponível sem atraso (ainda em tempo útil de tomar decisões com base nela) e se for utilizável, ou seja, que se faça a distinção entre a útil e não, que no segundo caso é desnecessária de ser recolhida. Por último a informação deve ser partilhada entre todos os intervenientes de uma CA. Estas são algumas das recomendações de Chopra e Meindl (2013).

Sendo a gestão da informação um dos seis fatores que condicionam a performance da CA e sendo esta constantemente permutada entre os seus intervenientes, podemos concluir que tem um papel chave na criação de valor. A informação assume essa importância uma vez que as decisões se baseiam nela e na sua interpretação. Com o aumento de informação disponível e dos fatores a ter em conta, a complexidade das decisões tem vindo a aumentar e torna-se excessiva para a capacidade humana (Migalska e Pawlus, 2020), pelo que se recorre a ferramentas informáticas.

2.3.2 Decisões

As decisões acerca de uma CA podem ser divididas em três tipos: estratégicas, táticas ou de planeamento e operacionais (Fadhil Al-Maliki e Habibnejad Korayem, 2023), consoante a frequência com que são tomadas e o horizonte temporal sobre o qual se focam (Figura 2.4).

As decisões estratégicas, focadas no longo prazo, tendem a considerar múltiplos fatores, a incerteza e a mudança de contexto. Este é o tipo de decisões que exige mais investimento e cujos resultados são mais morosos (Chopra e Meindl, 2013). Uma vez que são pouco frequentes ou mesmo únicas, as decisões estratégicas não são estruturadas (Alexander et al., 2014).

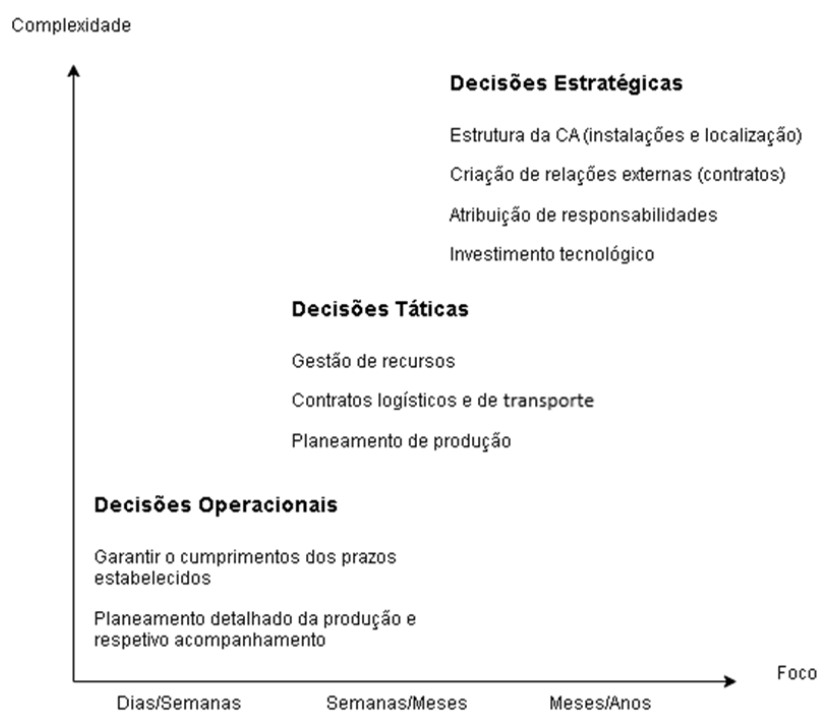


Figura 2.4 - Tipos de decisões relativas às cadeias de abastecimento

As decisões táticas ou de planeamento têm como objetivos principais a gestão dos recursos, i.e. identificar as necessidades (mão-de-obra, matéria-prima, transporte e instalações) e definir as políticas de inventário e a estratégia de *marketing* (Chopra e Meindl, 2013). Em alinhamento com as decisões estratégicas previamente definidas, a produção é planeada para os meses seguintes (Awudu e Zhang, 2012).

A incerteza no médio prazo prende-se com a procura e com a concorrência. Para a adaptação a esta incerteza é deixada alguma flexibilidade nas decisões estratégicas (Chopra e Meindl, 2013).

Resultado da fase de planeamento, definem-se as operações a curto-prazo. As decisões operacionais são tomadas no horizonte semanal ou diário, são repetitivas, mais simples e podem ser estruturadas, possibilitando um certo grau de automatização (Awudu e Zhang, 2012). O objetivo das empresas neste período é gerir as encomendas dos clientes da melhor forma possível, alocando stock, produção, transporte e ordens de reabastecimento e gerindo prazos. Uma vez que a incerteza neste período é menor, o foco migra para a performance (Chopra e Meindl, 2013).

Os resultados de um estudo produzido pela *Supply Chain Resource Cooperative* sugerem que a latência da decisão (o período entre a aquisição dos dados e a sua utilização) é significativamente afetada pela falta de qualidade dos dados (Handfield et al., 2020). A utilização de dados sem qualidade provou ter consequências nefastas para as decisões empresariais e provocar perdas tanto tangíveis como intangíveis (Warth et al., 2011).

Baseando-se em 30 peritos, Krægpøth et al., (2017) afirma que as duas maiores barreiras ao sucesso das CA são a imprecisão da previsão e a complexidade de tomar decisões. Por este motivo vários autores têm realçado a necessidade de ferramentas de apoio à decisão (Vieira et al., 2023).

2.3.3 Ferramentas de Apoio à Gestão da Cadeia de Abastecimento e Indústria 4.0

O *design*, o planeamento e as operações de uma CA têm um papel fundamental no sucesso ou fracasso de uma empresa. Para que se mantenha competitivo, CA devem adaptar-se às alterações tecnológicas e às expectativas dos clientes (Chopra e Meindl, 2013).

Com a sucessiva e constante “digitalização” dos processos, os dados disponíveis são organizados, armazenados e processados e podem ser usados para a compreensão integral dos processos e para a quantificação e caracterização do desempenho dos processos. A integração de recursos que permitem a monitorização da CA e interligação entre os processos deve-se à IoT, conceito referente à rede de objetos físicos capaz de reunir e transmitir dados (Yu et al., 2016).

A indústria 4.0 é um conceito que foca a incorporação de soluções digitais, automação de sistemas e processos e partilha de informação. Os principais objetivos passam por aumentar a eficiência, reduzir o *Lead Time* (Abdirad e Krishnan, 2021) e ainda partilhar dados com transparência (*blockchain*) (Rizwan et al., 2022).

As CA eletrónicas integradas (*Integrated e-Commerce Supply Chain*) podem ser definidas como redes de fluxos de materiais integradas em redes de informação de comércio eletrónico (*e-commerce*). Estas são compostas por fornecimento de matéria-prima, fornecimento intermédio, produção, distribuição, retalho, clientes e reciclagem ou desmantelamento (Dotoli et al., 2006) e permitem aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta das empresas (Cai et al., 2009).

A informação é um fator chave da CA pois serve de conector entre todos os intervenientes, permitindo que se integrem e coordenem. As *Information Technologies* (IT) englobam tanto *hardware*, *softwares*, como os profissionais que ao longo da CA recolhem e trabalham os dados e dão apoio relacionado com tecnologia.

Como Chopra e Meindl (2013, p. 488) afirmam “*IT são os olhos e ouvidos (e por vezes de cérebro) da GCA, capturando e analisando a informação necessária para tomar boas decisões.*”, ou seja, a aquisição de dados e o seu processamento, para o fundamento de decisões, depende de recursos informáticos e dos profissionais que lidam com eles.

O objetivo da utilização de *Business Intelligence* é aumentar a sucesso e rentabilidade de uma empresa a partir de decisões acertadas (Işık et al., 2013). Um estudo acerca da sua implementação de baseado num questionário realizado a 200 gestores de empresas industriais, aconselha a que o seu foco seja sobretudo da compreensão do tipo de decisão a ser tomada (operacional, tática ou estratégica) e na qualidade dos dados, pois esses são os fatores que mais condicionam a eficácia destes *softwares* (Bao et al., 2023).

Existem atualmente diversos *softwares* de apoio às CA e à sua gestão. Em 2020, Excel foi a primeira escolha de 65% dos profissionais cujas tarefas incluíam a limpeza, organização e interpretação dos dados, menos 20% que no ano anterior (Handfield et al., 2020). Esta ferramenta está a ser superada atualmente por outras mais sofisticadas na apresentação e representação de dados, como o PowerBI (Handfield et al., 2020).

Para comunicação entre empresas e respetivos fornecedores, recorre-se a *Electronic Data Interchange*, que permite fazer encomendas instantaneamente (Nobil e Gharaei, 2021). A sua introdução no mercado ocorreu entre os anos 60 e 70, tendo sido pioneira a indústria automóvel (Turner e Williams, 2005), embora acarretasse um grande investimento na altura.

Para a visibilidade global, e em tempo real, da informação ao longo da CA, as empresas usam sistemas de *Enterprise Resource Planning* (ERP) que permitem às CA

organizar os seus dados, aumentar a qualidade das suas operações e melhorar o planeamento e utilização dos recursos disponíveis. Segundo a revista CIO, em 2022 os maiores fornecedores de sistemas ERP foram a Oracle, seguida da SAP e em terceiro a Microsoft (Weinberg, 2022). Os dados do ERP, por serem bastante representativos da CA, alimentam frequentemente outros *softwares*. Um estudo propõe a automação da recolha de dados para desenvolvimento de um *Value Stream Mapping* a partir do ERP permitindo assim reduzir o tempo despendido na recolha de dados, que é uma tarefa sem valor acrescentado (Wollert e Behrend, 2022).

Enquanto os sistemas ERP mostram a informação organizada e descrevem o estado atual de uma CA, os *softwares* de GCA utilizam a informação gerada pelos ERP para apoiar analiticamente as decisões a tomar (Chopra e Meindl, 2013), geralmente com recurso a inteligência artificial (Pournader et al., 2021).

Existem soluções tecnológicas que usadas para facilitar processos específicos. Na gestão de inventário, desenvolveu-se a identificação por frequência rádio (*Radio Frequency Identification*) onde uma etiqueta que ao passar por um leitor específico descreve os bens e a sua quantidade dentro de uma palete, acelerando os processos de receção de mercadorias, de *picking* e de atualização de inventário (Gabsi et al., 2021). Outro exemplo são as *Advanced Ship Notices*, que são enviadas pelos fornecedores quando um abastecimento é expedido com informação relevante (o código do transportador, os dias de trânsito, a previsão de chegada, etc.) (Nobil e Gharaei, 2021).

Sistemas inteligentes e adaptativos facilitam a comunicação entre os intervenientes das redes de abastecimento e permitem lidar com sistemas dinâmicos e com a incerteza da procura e falhas de fornecimento (Stadtler, 2005).

As soluções nem sempre são extremamente complexas. Fanti et al. (2012), por exemplo, propõem o recurso a árvores de decisão para alocação de tarefas pelos diversos intervenientes com base na minimização de custos. Para otimizar a CA, mais concretamente a redução dos custos de transporte e planeamento, pode recorrer-se a ferramentas acessíveis como Microsoft Excel e Python, sobretudo se o problema puder ser descrito em restrições e funções objetivo, ou seja, se for um problema linear (Camacho et al., 2022). Várias vezes recorre-se à linearidade por ser mais simples (Dai et al., 2023).

Chopra e Meindl (2013) previram três tendências para a evolução de IT. A primeira consiste no crescimento da adoção de *softwares* como um serviço (em inglês *Software as a Service*). Estes consistem em *softwares* pertencentes, fornecidos e geridos remotamente, como é o caso dos produtos da SAP, Oracle e Microsoft. Em segundo lugar, prevê-se o uso de informação em tempo real, para apoio de decisões do dia-a-dia, em vez de somente utilizar informação histórica, geralmente usada por níveis hierárquicos superiores, para

suportar decisões estratégicas e de planeamento. Por fim, aliada ao recurso de informação em tempo real, a terceira tendência prevista foi a tecnologia móvel, facilitando a comunicação nas redes de abastecimento internacionais.

A implementação de um *software* deve ser realizada nos seguintes cinco passos, segundo Chopra e Meindl (2013):

1. Selecionar um sistema *IT* que trate os indicadores de performance chave para a empresa;
2. Implementar o *software* gradualmente e ir medido o valor gerado;
3. Alinhar o nível de sofisticação de acordo com o necessário;
4. Utilizar o sistema para apoiar decisões, não para as tomar;
5. Ter em consideração o futuro.

Vários estudos sublinham, com o aumento da IoT e da digitalização dos processos, que a transparência e segurança dos dados são cruciais para a redução do risco que enfrentam as CA (Sunmola e Burgess, 2023). Dito isto, o potencial da tecnologia de *blockchain* é imenso quando se reflete sobre o aumento na confiança ao partilhar e aceder a dados, resultando na maior satisfação dos clientes (Rizwan et al., 2022).

Pournader et al. (2021) segmentaram o papel da inteligência artificial no apoio à GCA em três categorias:

- Sensores e Interação: Visão (reconhecimento visual), reconhecimento de discurso (discurso para texto e vice-versa) e processamento de linguagem (e.g. tradução);
- Aprendizagem automática: *Machine Learning* (supervisionada e não);
- Apoio à decisão: Simulação e modelação, otimização, planeamento e calendarização, sistemas de peritagem.

Pournader et al. (2021) afirmam ainda que há ainda muito espaço para desenvolver soluções em qualquer uma das três áreas.

A nível de risco na utilização de sistema IT podem ser identificadas duas categorias. A primeira tem que ver com a instalação de novos *softwares*. Esta divide-se ainda em problemas operacionais e técnicos. Os problemas operacionais incidem sobre a dificuldade na adaptação dos funcionários da empresa em questão, que se veem obrigados a alterar as suas rotinas e aprender novos métodos. Relativamente aos riscos técnicos, a integração total e correta dos dados é fundamental. Quando esta não ocorre devidamente, o novo *software* pode ter uma performance inferior ao que foi substituir. A segunda categoria assenta na

dependência do *software* para execução dos processos. Se algo falhar, desde a ligação à *internet*, o carregamento dos dados ou o sistema em si, as suas funções não são cumpridas. Algo que não acontecia com métodos mais rudimentares. O recurso a tecnologia pode ser mais eficiente, mas aumenta o risco incorrido (Chopra e Meindl, 2013).

Várias práticas são recomendadas para reduzir a vulnerabilidade das CA a estes riscos, a começar por uma instalação incremental dos *softwares*, ou seja, uma adoção gradual, no lugar de alterar drasticamente o modo de operar, ou ainda, durante o período de adaptação, utilizar simultaneamente os *softwares* antigo e novo, para salvaguardar o caso do mais recém-adquirido falhar. Outra boa prática é implementar no *software* somente a complexidade necessária, não adicionar competências dispensáveis para não dificultar a sua utilização. É relevante realizar *back-ups* de dados frequente e automaticamente (Chopra e Meindl, 2013).

Estes *softwares* são extremamente úteis para reduzir a complexidade da consideração de um número elevado de fatores e de incerteza, no entanto não substituem a experiência humana e capacidade de análise de um perito. Segundo Fu et al. (2023), para responder à incerteza e para se inovar as CA, deve combinar-se inteligência artificial, IoT, *Big Data* e *blockchain* com o conhecimento de todos os intervenientes na CA para apoiar as suas decisões.

Como referido anteriormente, existe a necessidade de se explorar a adoção da Indústria 4.0 na GCA e do risco (Abdirad e Krishnan, 2021). Como tal, irá descrever-se o tipo de *software* específico que irá ser implementado no caso de estudo: *Advanced Planning Systems*.

2.3.4 *Advanced Planning Systems*

Como consequência do aumento da complexidade das decisões e do desenvolvimento tecnológico, surgem ferramentas informáticas capazes de caracterizar simultaneamente diversos cenários, segundo os fatores que se julgue relevantes, em cada caso, facilitando e apoiando os decisores, incapazes de lidar com tamanha complexidade. Estas ferramentas denominam-se *Advanced Planning Systems* e derivam de *softwares* de GCA.

Frequentemente os APS são vistos como extensões dos sistemas ERP, não substitutos, visto que extraem a informação deles, processam-na e devolvem resultados automáticos, os melhores possíveis, dadas as condições. Tratam-se, basicamente, da ponte entre a complexidade da CA e as decisões operativas. Os APS são de natureza multidisciplinar, uma vez que podem integrar conhecimentos em diversas áreas, como a modelação matemática, as tecnologias de informação e os sistemas de planeamento, etc. (Vieira et al., 2021).

A literatura acerca da implementação de APS e análise do seu impacto nas CA não é vasta (Abdirad e Krishnan, 2021; Stüve et al., 2022). Ainda assim existem alguns estudos neste âmbito, como o de uma empresa brasileira de produtos lácteos que implementou um APS com foco no planeamento operacional e verificou o aumento da exatidão no planeamento, melhor controlo sobre o nível de *stock*, redução nos custos com o transporte e a oportunidade de analisar diferentes cenários (Zago e Mesquita, 2015).

Mousavi et al. (2023) desenvolveram uma ferramenta para ser incorporada num APS com o intuito de apoiar os profissionais encarregues de fazer a alocação de componentes semicondutores quando a procura é superior à oferta, ou seja, em situações de rotura, para melhorar o serviço ao cliente e averiguar situações de incerteza. Quando esta ferramenta foi testada num estudo de caso demonstrou facilitar a tomada de decisão, reduzindo o número de erros humanos e melhorando a qualidade dos planos de alocação.

A Dell também é outro exemplo de empresa que recorreu à criação de cenários para agilizar a tomada de decisões relativas à sua CA durante a escassez de semicondutores e que teve sucesso nessa prática (Zimmerman, 2021).

Vieira et al. (2021) identificaram as principais dificuldades aquando da implementação e utilização de APS em empresas:

- Falta de treino e conhecimento dos utilizadores;
- Falta de apoio por parte da empresa fornecedora do *software*;
- Pouca exatidão dos dados;
- Dependência humana (tomada de decisões, *inputs*).

Uma parte relevante dos APS é a possibilidade de se criar cenários. Schoemaker (1993) definiu a construção de cenários como descrições de futuros fundamentalmente diferentes que caracterizem o intervalo dentro do qual o futuro da situação atual poderá convergir, não necessariamente para prever ou definir distribuições de probabilidade, mas para delimitação e melhor compreensão das incertezas futuras.

Segundo Phadnis e Joglekar (2021), os cenários são usados pelas empresas para apoiar decisões sobre possíveis configurações das CA quando o futuro ambiente se apresenta incerto.

Para a criação de cenários numa CA é necessário identificar e gerir as fontes de incerteza. Essas fontes correspondem a (van der Vorst e Beulens, 2002):

- Características inerentes ao sistema causadoras de flutuações estocásticas, ou seja, inesperadas/aleatórias, tais como variação na procura, produção e fornecimento;
- A configuração do sistema, em termos de flexibilidade, definição de objetivos, seleção de sistemas de gestão de informação, etc.;
- Fenómenos exógenos que afetam o sistema, como flutuações de mercados, concorrência, tecnologia, política, saúde pública, catástrofes naturais, etc.

Enquanto o primeiro e o terceiro pontos são exógenos às empresas, a configuração da CA pode ser redefinida de modo a criar robustez e resiliência para que estejam menos expostas às disrupções.

Geralmente os cenários criados devem representar vários pontos no espectro de possibilidades, de modo que se possa estimar os seus limites, isto é, o pior e melhor cenários.

A criação de cenários só é relevante se os podermos caracterizar e comparar no tempo e em relação a outros cenários. Para tal recorreremos a *Key Performance Indicators (KPIs)* ou indicadores de desempenho. KPIs são métricas quantitativas que avaliam a performance da empresa numa característica específica e assim permitem identificar possíveis falhas e pontos de atuação (Cai et al., 2009; Chae, 2009). Estes devem ser possíveis de medir ao longo do tempo para compreender a tendência da performance.

Uma empresa deve procurar atingir o equilíbrio entre custo e benefício. Para tal tem a capacidade de fazer variar diversos fatores que afetam a sua performance, entre eles: instalações, inventário, transporte, informação, fornecimento e *pricing* (Figura 2.5) (Chopra e Meindl, 2013, pp. 41-42).

Em relação ao *stock*, uma política de gestão adequada do mesmo é crucial para garantir a resposta atempada das encomendas dos clientes e ainda diminuir o risco de obsolescência, que corresponde a capital estagnado e custos relacionados. O *stock* pode ser medido em unidades, em tempo (dias até à rotura, consoante a procura) (Eq. 2.1.) e valor financeiro (Eq. 2.2.) (Chae, 2009).

$$\text{Dias de stock} = \frac{\text{Stock existente [unidades]}}{\text{Procura média } \left[\frac{\text{unidades}}{\text{dia}} \right]} \quad \text{Eq. 2.1.}$$

$$\begin{aligned} \text{Valor financeiro} &= \text{Stock existente [unidades]} \\ & * \text{Valor unitário } \left[\frac{\text{unidade monetária}}{\text{unidade}} \right] \end{aligned} \quad \text{Eq. 2.2.}$$

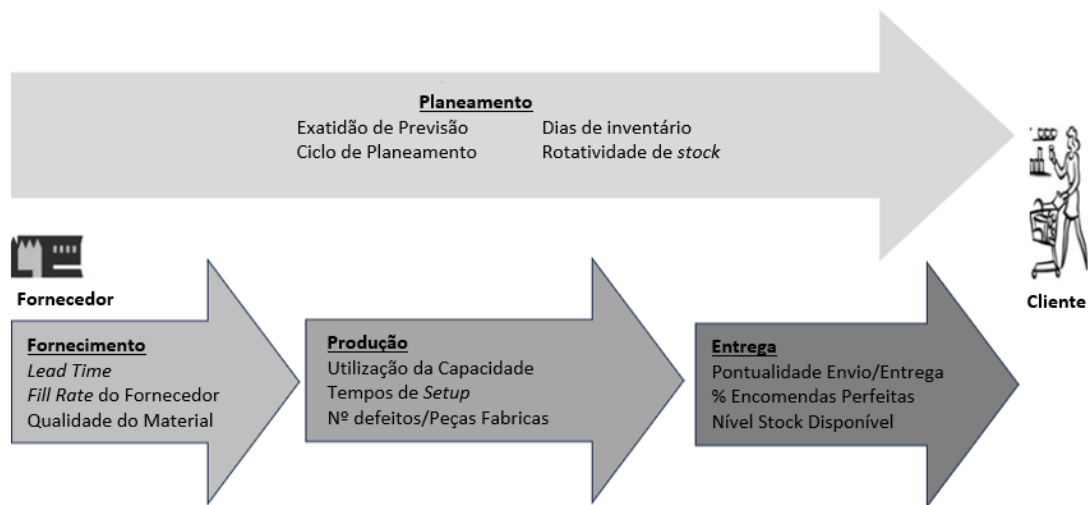


Figura 2.5 - Exemplos de indicadores para comparação de cenários (Adaptado de Chae, 2009)

De forma a salientar os componentes cujo nível de stock se encontra abaixo do desejado usa-se o KPIs *Parts Loss* (PL). Este quantifica o número de componentes que requerem atenção urgente devido à aproximação da rotura de *stock*. Existem três categorias de PL que se dividem segundo a sua urgência: PL0, PL2 e PL5 com, respetivamente, 0 dias, entre 0 e 2 dias e entre 2 e 5 dias de *stock*. Estes valores são estimados com base na divisão entre a quantidade de *stock* existente e a necessidade média diária do componente.

A *Fill Rate* também designado por *On Time to Commit* ou, em português, taxa de preenchimento, corresponde à percentagem de procura satisfeita no prazo definido juntamente com o cliente a partir de inventário (Chae, 2009). Este valor deverá ser maximizado em prol de uma boa reputação e criação de confiança do cliente para com a empresa. *Demand Backlog* ou *Customer Past Due* (CPD) quantifica o atraso para com os clientes, geralmente em número de peças, ou seja, avalia o contrário da *Fill Rate* (Lindahl et al., 2023).

Enquanto isso, uma métrica que avalia a produção é a *Master Production Scheduled % by Date* ou *Production service level* (Chopra e Meindl, 2013). Esta corresponde a percentagem de produção que cumpre os prazos estabelecidos pelas fábricas, independentemente do seu envio para o cliente.

A avaliação dos fornecedores é uma prática que poderá ser bastante útil internamente para decisão de renovar, ou não, contratos de fornecimento (Chopra e Meindl, 2013). Para uma avaliação comparativa e ao longo do tempo pode recorrer-se a *Supplier Report Card* nos quais são avaliadas diversas métricas, tais como o preenchimento adequado das *Advanced Ship Notices*, a pontualidade, a qualidade, entre outras. A consistência no preenchimento

destes *Supplier Report Cards* permitirá avaliar e ordenar os fornecedores podendo apoiar decisões futuras quanto ao fornecimento (Chae, 2009).

A nível financeiro, geralmente, medem-se as receitas (*revenue*). As receitas medem a diferença entre o custo de aquisição dos componentes e de produção e o preço ao qual são vendidos os produtos finais (Chopra e Meindl, 2013).

Uma síntese dos KPIS anteriormente descritos encontram-se na Tabela 2.2.

Podem usar-se KPIs para caracterizar um determinado cenário e até para o comparar com outro, no entanto, para se selecionar o mais adequado de entre os cenários possíveis, recorre-se à normalização dos KPIs e à respetiva atribuição de pesos a cada métrica (Leitao et al., 2015).

Neste sentido, segundo Cai et al. (2009), deve selecionar-se de entre os KPI, os mais relevantes, e a cada um desses, atribuir um peso, que corresponda ao quanto se deseja que a métrica pese na decisão final. É importante que estes pesos estejam bem definidos consoante os objetivos e prioridades da empresa, pois a sua alteração poderá resultar em diferentes soluções ótimas.

Tabela 2.2 - Síntese dos *Key Performance Indicators* abordados

KPI	Descrição	Unidade	Objetivo
Stock	N.º de unidades de determinada peça ou produto, incompleto ou finalizado	Unidades	Depende gestão
	Valor financeiro equivalente à quantidade armazenada	Unidade Monetária	Depende gestão
	Tempo de cobertura da quantidade armazenada segundo a procura prevista	Unidade Temporal	Depende gestão
<i>Fill Rate</i>	Percentagem da procura do cliente satisfeita no prazo estabelecido	Percentagem ou Taxa	Maximizar
<i>Customer Past Due</i>	Quantidade/Valor em atraso para com o cliente	Unidades ou Unidade Monetária	Minimizar
<i>Master Production Scheduled % by Date</i>	Percentagem em atraso para com o plano de produção	Percentagem	Minimizar
<i>Receitas</i>	Diferença entre custo total de produção e preço de venda	Unidade Monetária	Maximizar

Estes KPIs representam em parte uma CA e a sua situação atual, mas é necessário que sejam medidas ao longo do tempo para que seja entendida a tendência da performance.

Devido à complexidade de determinadas indústrias e da sua GCA torna-se fundamental reduzir a dificuldade da tomada de decisões e da gestão de informação e do risco, por isso existe uma tendência para a adoção de *softwares* de apoio à GCA, como os

APS. No entanto, existem escassos artigos acerca da sua implementação e do seu efeito (Abdirad e Krishnan, 2021; Stüve et al., 2022).

2.3.5 Exemplos de *Advanced Planning Systems*

Dois exemplos de APS para apoio à GCA serão descritos e comparadas as suas funcionalidades e abrangência. Ambos os *softwares* pretendem apoiar a gestão quer do risco, quer da imprevisibilidade.

O primeiro, denominado Kinaxis RapidResponse, trata-se de um *Software as a Service* (em português *Software* como um serviço) que oferece um único serviço, adaptado a cada cliente e à sua área de atividade. Este *software* funciona como um APS para apoiar as decisões complexas inerentes à gestão eficiente da CA. Este *software* apresenta-se como a primeira plataforma de planeamento concorrente. Esta permite interligar aplicações e oferece as soluções customizadas consoante as especificações de cada indústria, para facilitar a GCA e dos riscos inerentes (Kinaxis, 2023).

O Logility, para responder à digitalização da economia, oferece uma solução de apoio às CA inovadora e intuitiva. Esta solução tira partido da inteligência artificial e da aprendizagem automática, de modo a detetar, analisar e atualizar continuamente as atividades da CA das empresas nas quais presta o seu serviço, assegurando o seu melhor desempenho. Este *software* foca-se nos produtos, procura, *stock*, fornecimento, alocação, gestão de dados e da otimização da estrutura da CA (Logility, 2024).

A partir dos *websites* das duas empresas fornecedores de *Software as a Service*, apresenta-se, na Tabela 2.3, as diferentes soluções que oferecem para os principais desafios de cada indústria (Kinaxis, 2023; Logility, 2024).

As soluções mais vantajosas oferecidas pelo Kinaxis RapidResponse são a visibilidade de "ponta a ponta" da CA, isto é, do seu fornecimento, produção e envio para clientes, permitindo compreender o efeito de uma alteração a montante e a jusante desta, o recurso à simulação e comparação de opções de planeamento alternativos, a integração de diferentes bases de dados ou *softwares*, numa só, para que a informação esteja reunida num só local e, conseqüentemente, seja mais facilmente consultada, processada e utilizada. Este *software* automatiza ainda várias tarefas que anteriormente seriam feitas manualmente, permitindo aos profissionais mais tempo para analisar a informação e tomar decisões mais bem fundamentas.

Similarmente ao Kinaxis RapidResponse, o Logility oferece soluções de automatização e análises de vários parâmetros da CA, como o fornecimento, nível de *stock* e procura (inclusive a sua previsão). Outras funcionalidades do Logility são o

acompanhamento do ciclo de vida dos produtos, inclusive de peças de serviço e a aposta em inteligência artificial.

Tabela 2.3 - Soluções oferecidos pelo Kinaxis RapidResponse e Logility por indústria

Área de Atividade	Principais Desafios	Kinaxis RapidResponse	Logility
Aeroespacial e defesa	Complexidade, desnivelamento produção, partilha informação	Facilita planeamento, gestão da complexidade, integração de diversos <i>softwares</i> e partilha de informação por todos os intervenientes. Calcula recursos necessários consoante a procura e oferta em tempo real	Não Aplicável
Automóvel	Instabilidade legislativa, tecnológica, especificações dos clientes	Visibilidade global CA e previsão efeitos a montante e jusante, de uma alteração. Criação e comparação de opções	Análises de hipóteses e consequências. Gestão de prioridades. Foco em peças de serviço.
Retail	Imprevisibilidade da procura, preços dinâmicos, perecibilidade, complexidade de canais de venda	Visibilidade global CA, alertas automáticos, previsões de procura com base em aprendizagem automática	Utiliza inteligência artificial para prever procura com precisão. Comparar opções fornecimento e de transporte.
High-tech e eletrónica	Produtos com ciclo de vida curto, estrutura de negócio em constante renovação	Gestão do risco a partir da simulação e comparação de opções. Previsão de necessidades de recursos. Integração de informação de vários <i>softwares</i> num só. Simulação de ciclo de vida e integração e passagem de dados entre de uma versão de um produto para a sua mais recente.	Visibilidade em tempo real da procura e do nível de <i>stock</i> . Simulação das restrições operacionais da CA e nivelamento a produção. Introdução rápida de novos produtos e gestão de todo o seu ciclo de vida.
Indústria	Automação, digitalização dos processos, complexidade produção por encomenda	Controlo remoto das configurações dos equipamentos. Planeamento e execução concorrentes. Modelos de previsão de oferta e procura. Visualização global da CA	Análise avançada e automatização, aposta na resiliência e agilidade. Análise de hipóteses. Medir, monitorizar e envio de alertas sobre principais problemas da CA.
Saúde	Perecibilidade dos produtos, importância da disponibilidade e sazonalidade	Recursos a criação de opções consoante promoções e lançamentos. Monitorização prazos de validade com alertas automáticos. Foco pormenorizado até ao lote	Visibilidade em tempo real de procura e nível de <i>stock</i> , ferramentas de análise avançadas, com recurso à simulação. Planeamento alinhado com o ciclo de vida dos produtos.

ESTUDO DE CASO

Para a realização desta dissertação adotou-se a metodologia do estudo de caso. O estudo de caso permite explorar o que é mais essencial e característico na investigação, contribuindo para uma melhor compreensão global da situação ou fenómeno em questão (Voss et al., 2002).

Este capítulo inicia-se com a justificação sobre a decisão de adotar esta metodologia e, em seguida, é dado um contexto acerca da EA e do processo objetos deste estudo de caso. A *framework*, anteriormente apresentada na subsecção 2.2.3 é adaptada e apresentada, para posteriormente ser utilizada para análise de dados.

3.1 Metodologia do estudo de caso

Segundo Voss et al. (2002), os estudos de caso são métodos de investigação relevantes para fazer face à crescente frequência de alterações tecnológicas e surgimento de inovadores modelos de gestão, sobretudo no campo da gestão de operações, no qual é crucial o contacto com problemas reais. Yin (2009) afirma ainda que a recolha de dados a partir de diversas fontes aumenta a validade das conclusões retiradas.

Yin (1994) garante que a utilização do estudo de caso é reconhecida como sendo particularmente útil para examinar as questões de "como", que é o caso da segunda questão de investigação à qual se pretende responder com este trabalho.

Tendo sido identificada a lacuna de investigação relativa à escassez de estudos acerca da implementação de APS (designado por *Software X*) no contexto de apoio à GCA e uma vez que é relevante tratar os problemas no seu contexto real, foi desenvolvido um estudo de caso neste sentido.

Considerando que esta dissertação foi realizada no âmbito de um estágio profissional integrado numa empresa internacional, designada neste estudo por EA, o estudo de caso foi conduzido neste contexto. O trabalho desenvolvido focou-se na problemática da alocação de componentes, analisando-se o processo atualmente utilizado pelos profissionais responsáveis por esta tarefa, que serão designados por Alocadores.

O estágio profissional ocorreu entre janeiro de 2023 e janeiro do ano seguinte. As tarefas principais assumidas foram a identificação de incoerências em *Master Data*, alerta dos responsáveis pela sua correção e formação de profissionais sobre as tarefas realizadas para a identificação das incoerências. Paralelamente foram realizados diversos relatórios com a tendência de diversos KPIs de cada fábrica e reunião para discussão dos casos críticos. Foram ainda realizadas tarefas de apoio à implementação do *Software X*, nomeadamente a validação dos dados inseridos no sistema contra os dados originais e o desenvolvimento de um guião para apoio aos futuros utilizadores.

O objetivo deste estudo de caso será fazer o levantamento das principais motivações que levaram a EA a procurar um *software* para apoiar a sua GCA e ainda dos pontos críticos para o sucesso desta implementação. Para além disto, pretende-se comparar os Cenários *AS-IS* e *TO-BE*, antes e após a implementação do APS, respetivamente.

3.1.1 Etapas abordagem metodológica

Através do desenvolvimento deste estudo de caso, pretende-se analisar a transição entre dois Cenários: o Cenário atual (*AS-IS*), no qual a alocação de componentes semicondutores é realizada manualmente, e o Cenário futuro (*TO-BE*) no qual a alocação é feita automaticamente utilizando o *Software X*. Para tal, adaptou-se a *framework* desenvolvida por Fu et al. (2023) (Figura 2.1 presente em 2.2.3) que permite estruturar esta implementação.

A estudo de caso seguiu duas etapas principais:

Etapa 1), que corresponde ao enquadramento e tem como objetivo descrever o estudo de caso, caracterizando a empresa e o problema e descrevendo a metodologia utilizada atualmente para a alocação de semicondutores (Cenário *AS-IS*);

Etapa 2) correspondente à adaptação e aplicação da *framework* desenvolvida por Fu et al. (2023) para analisar e estruturar da implementação do APS através da caracterização do Cenário *AS-IS* para o Cenário *TO-BE*, salientado os pontos críticos de cada Fase do ciclo PDCA. Nesta etapa pretendeu-se também identificar as motivações para a melhoria do Cenário *AS-IS* e compará-lo com o Cenário *TO-BE*, salientando ainda as barreiras encontradas durante a implementação do *Software X*.

A Figura 3.1 representa o desenvolvimento do estudo de caso nas duas principais etapas.

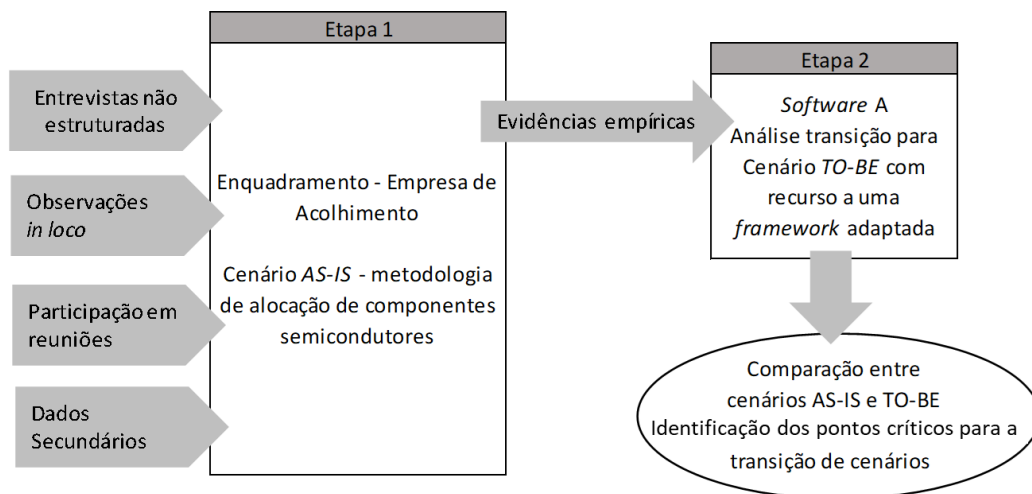


Figura 3.1 - Esquema Estudo de Caso

3.1.2 Recolha de dados

Para recolha de dados, foram utilizados dados primários e dados secundários. Enquanto os dados primários são recolhidos diretamente na fonte, os dados secundários são dados previamente recolhidos e trabalhados. As principais fontes de dados primárias e secundárias utilizadas no Estudo de Caso encontram-se descritas nas Tabela 3.1 e Tabela 3.2, respetivamente.

Os dados primários foram recolhidos através de:

- Entrevistas não estruturadas, que permitiram recolher dados a partir do conhecimento de cada profissional consoante a suas experiência e funções;
- Participação em reuniões, de forma a ser inserida no contexto dos problemas e no desenvolvimento de soluções para os mesmos;
- Observações *in loco*, com o objetivo de complementar e completar a informação adquirida.

Relativamente aos dados secundários, foram consultados documentos internos, entre eles apresentações para clientes da empresa, exemplos de ficheiros de *RunOut* e ainda a *blueprint* do projeto de implementação do *Software X* (Tabela 3.2).

Tabela 3.1 - Fontes primárias de dados

Etapa	Objetivos	Fontes	Profissional		Número de Ocorrências
			Cargo	Anos de Experiência	
1	Identificar as Motivações da EA para a aquisição do <i>Software X</i>	Observações <i>in loco</i>	Não aplicável		
		Entrevista não estruturada	Analista Sénior	7	1
	Identificar as condições para categorização de fornecedores críticos	Observações <i>in loco</i>	Não aplicável		
		Entrevista não estruturada	Analista Sénior	9	1
	Compreender e descrever o Cenário <i>AS-IS</i> , dos seus <i>inputs</i> , subprocessos e <i>outputs</i>	Entrevista não estruturada	Analista	2	1
		Entrevista não estruturada	Analista Sénior	9	3
Entrevista não estruturada		Manager	25	1	
2	Compreender e descrever o Cenário <i>TO-BE</i> (com recurso ao <i>Software X</i>)	Entrevista não estruturada	Analista Sénior	7	3
		Participação em reuniões	Não aplicável		3
	Aplicar a <i>framework</i> ao estudo de caso, descrever os resultados e interpretá-los	Observações <i>in loco</i>	Não aplicável		
		Entrevista não estruturada	Analista Sénior	7	2
		Entrevista não estruturada	Manager	25	1
	Selecionar KPIs para comparar os Cenários <i>AS-IS</i> e <i>TO-BE</i>	Entrevista não estruturada	Analista Sénior	7	1

Tabela 3.2 - Fontes secundárias de dados

Etapa	Objetivo	Fonte
1	Caracterizar a EA	Apresentações internas
	Identificar as funcionalidades cor do <i>Software X</i> e B nas várias indústrias abrangidas	Sites de ambos os <i>softwares</i>
	Descrever o Cenário de alocação <i>AS-IS</i> , dos seus <i>inputs</i> , subprocessos e <i>outputs</i>	Documentação interna
2	Descrever o Cenário de alocação <i>TO-BE</i> (com recurso ao <i>Software X</i>)	Documentação interna
	Descrever a <i>framework</i> e os respetivos objetivos	Documentação interna

3.1.3 Fiabilidade e validade do estudo de caso

Durante a condução do estudo de caso, foram utilizadas técnicas para garantir quer a sua fiabilidade, quer a sua validade, tal como sugerem Voss et al. (2002). Na Tabela 3.3 podem encontrar-se as quatro dimensões da fiabilidade e validade, as suas definições e as técnicas utilizadas, assim como os momentos nas quais foram utilizadas.

Tabela 3.3 - Técnicas utilizadas para garantir fiabilidade e validade do estudo de caso

Medida	Definição (Voss et al., 2002)	Técnica Utilizada	Momento da pesquisa em que ocorre
Validade de Construto	Dimensão em que estabelecemos medidas operacionais corretas para os conceitos a ser estudados.	Utilização de Múltiplas fontes de evidências (fontes primárias e secundárias) Validação dos dados com as entidades-chave	Recolha de dados Análise de dados
Validade Externa	Remete para se as conclusões de um estudo podem ser generalizadas para além do estudo de caso em questão.	Foi conduzido unicamente um estudo de caso.	Não Aplicável
Validade Interna	Grau no qual se pode estabelecer uma relação causal, em que se demonstra que certas condições conduzem a outras condições, distinguindo-as das relações falaciosas.	As descobertas e conclusões do estudo de caso foram apresentadas e validadas junto das entidades da EA participantes no estudo.	Análise de dados
Fiabilidade	Medida na qual as operações de um estudo podem ser repetidas, obtendo-se os mesmos resultados.	Recurso à <i>framework</i> de Fu et al. (2023) para estruturação e análise dos dados recolhidos	Análise de dados

3.2 Enquadramento

3.2.1 A indústria automóvel

A indústria automóvel é vanguardista na inovação e tecnologia (Turner e Williams, 2005). Hoje em dia os automóveis equiparam-se a "computadores sobre rodas", estima-se que a eletrónica de um carro corresponda a 40% do seu valor (Nicholas et al., 2021). A *Internet of Things* (IoT) permite a conectividade entre o Homem e os objetos, conferindo à experiência de guiar conforto, segurança e entretenimento (Rahim et al., 2021).

A indústria automóvel, pelas suas características incorre em desafios particulares, destacando-se os principais (Turner e Williams, 2005):

- A complexidade do produto - cada carro tem as suas especificações (cor, motor, funcionalidades);
- A complexidade da rede de abastecimento - múltiplas localizações, desde produção até aos revendedores;
- Comportamento do consumidor - compromisso nas especificações e disposição para esperar por um carro fabricado por encomenda;
- Instabilidade da procura - depende dos mercados e tem efeitos no planeamento de produção;
- "Envelhecimento" do stock - necessários grandes descontos para tornar apelativo.

No início da década de 1990, *Original Equipment Manufacturers* (OEM) como a BMW, VW e GM introduziram os centros de distribuição na estrutura das suas CA. Estas são localizações intermédias entre o produtor e o destino final do produto e permitem reduzir os stocks em várias localizações e otimizar os transportes e timing (Turner e Williams, 2005).

A personalização dos automóveis impossibilita a sua produção em massa. A solução adotada pelos OEM é, geralmente, o *postponement*, realizando a parte final da produção o mais tarde quanto possível (Soto-Ferrari et al., 2023). A introdução das especificidades requeridas pelo cliente posterior à produção do veículo é impraticável para certas características, como a cor do automóvel ou potência do motor, mas não o é para algumas funcionalidades de entretenimento (Turner e Williams, 2005). Os centros de distribuição poderão ser os locais nos quais essas características são introduzidas no automóvel.

Tradicionalmente, na indústria automóvel utiliza-se *Just in Time* como sistema de produção, só produzindo aquilo que é solicitado pelos clientes, ou seja, com uma antecedência de previsão de semanas ou meses (Mohammad et al., 2022).

Devido à instabilidade sentida pela escassez de semicondutores durante a pandemia, e ainda sentida, as empresas utilizam ferramentas *Lean*, sendo um dos maiores benefícios relacionado com a redução nível de *stock* (Nicolas et al., 2021). A resposta à escassez difere de fabricante para fabricante, no entanto, em 2021, diversos OEM, como a Tesla, a BMW e a Porsche, viram-se obrigados a descartar algumas das funcionalidades que requeriam chips semicondutores, e que as distinguíam dos restantes produtores, como os bancos aquecidos ou ecrãs (Gastelu e Business, 2021).

3.2.2 Empresa de Acolhimento

A EA é uma empresa de referência especializada no desenvolvimento, produção e fornecimento de primeiro nível (*first tier supplier*) de componentes eletrônicos e elétricos para a indústria automóvel.

A sua missão é proporcionar uma experiência mais agradável, conectada e segura ao condutor, oferecendo um portefólio de produtos alinhado com as tendências tecnológicas da indústria automóvel:

- Sistemas de Gestão de Bateria (*Battery Management Systems (BMS)*);
- Painéis de instrumentos (*Clusters*);
- *Infotainment* (Entretenimento Informativo);
- *Displays*;
- Controlos de *Cockpit*;
- *Advanced Driver Assistance Systems*.

Atualmente a EA está presente em mais de 10 países. No ano de 2022 atingiu um volume de vendas superior a 3 000 milhões de USD.

A EA é fornecedora de alguns dos fabricantes automóveis (OEM) mais proeminentes, tais como a Ford Motor Company, General Motors, Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance, entre outras.

3.2.3 Cenário AS-IS

A alocação de componentes é uma tarefa necessária para evitar o desequilíbrio de *stock* entre as diversas fábricas da EA e sobretudo para impedir que alguma fábrica entre em rotura. A EA tem profissionais dedicados à alocação de componentes que reúnem semanalmente e negociam com os fornecedores e fábricas para garantir a fluidez da produção e, se necessário, realocam componentes de uma fábrica ou a partir dos fornecedores (críticos) diretamente para outra fábrica.

Com base na procura do cliente enviada por *Electronic Data Interchange* e em previsões da procura calculadas pela equipa de comerciais da EA, calculam-se as necessidades de cada componente de acordo com a *BOM (Bill of Materials)* e com o nível de *stock* dos componentes ainda disponível. Depois de solicitar essas necessidades de componentes aos seus fornecedores, estes enviam à EA um documento com as denominadas quantidades prometidas, documento esse que é posteriormente partilhado com o Alocador responsável por gerir o fornecedor em questão. As quantidades prometidas consistem numa lista (em Excel) com os componentes que cada fornecedor se compromete a enviar e os respetivos

detalhes desse envio. Geralmente a frequência de envio é semanal e que contém, pelo menos, a seguinte informação:

- Descrição do componente;
- Quantidade;
- Localização de entrega;
- A data do pedido;
- A data solicitada para envio;
- A data prevista de envio.

O horizonte temporal do ficheiro de quantidades prometidas depende de fornecedor, mas é habitual que compreenda pelo menos o ano corrente.

É com base nestes ficheiros que os Alocadores desenvolvem as suas análises e identificam possíveis roturas, as quais tentam resolver ou atenuar.

O processo de alocação *AS-IS* e os seus intervenientes encontra-se representado na Figura 3.2.

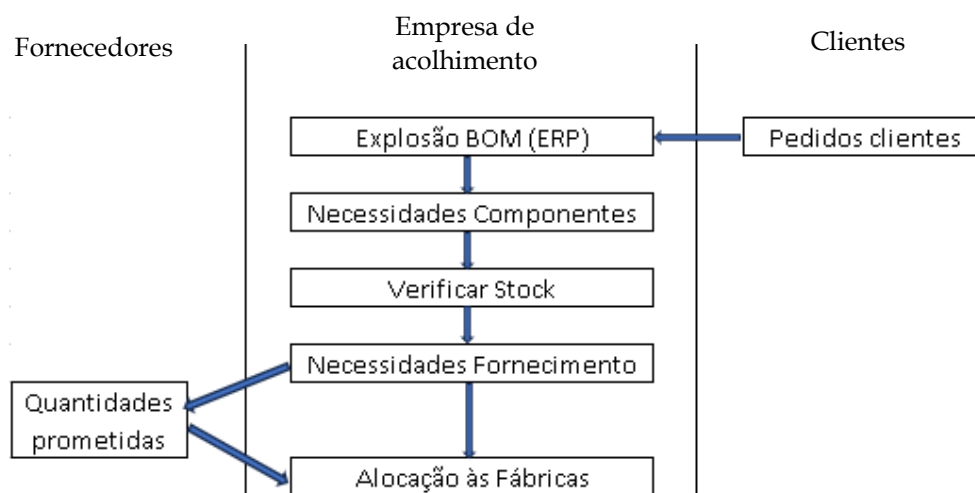


Figura 3.2 - Representação do Processo de alocação de componentes

3.2.4 Fornecedores críticos

Os fornecedores críticos são um grupo de fornecedores definidos pela EA que requerem especial atenção por parte destes. Cada membro da equipa de alocação está encarregue de um grupo de fornecedores e da gestão dos componentes (*Purchased Parts*) por eles fornecidos.

São maioritariamente fornecedores de semicondutores, embora alguns também forneçam condensadores, resistências e microcontroladores. A dependência da EA destes fornecedores deve-se ao facto de não haver substitutos para os componentes em causa por um ou vários dos seguintes motivos: alocação de quantidade insuficiente de componentes

para a EA, a oferta alternativa não ter qualidade acreditada pelos OEM e o *design* dos produtos da EA ser concebido exclusivamente para determinados componentes, muito específicos.

Com a crise de semicondutores que ocorre desde 2020, devido ao extenso *Lead Time* e à menor dimensão de certos clientes face aos seus fornecedores, alguns fornecedores de componentes semicondutores impuseram à EA um período *Firm*, isto é, um período de *n* semanas até às quais a procura é "trancada". Ou seja, se o período *Firm* for quatro semanas, 28 dias, a EA apenas poderá alterar encomendas para depois desse período. Deste modo, mesmo que a procura do cliente seja alterada e os recursos necessários para responder ao pedido do cliente sejam superiores ou inferiores, a encomenda mantém-se na quantidade definida previamente. Quatro semanas é o período mais comum para *Firm* (cerca de 80% de fornecedores), embora existam exceções nas quais este período se pode estender até às 78 semanas.

Estes fornecedores fazem parte daqueles que impõem um período *Firm*, ou seja, os requisitos das fábricas (necessidades) têm de ser estabelecidos com uma antecedência previamente definida e não poderão ser alterados posteriormente. Esta condição exige uma maior antecedência no planeamento de produção com base em previsões da procura.

3.2.5 Ficheiro *RunOut*

Os ficheiros de *RunOut* são relatórios realizados semanalmente em *Microsoft Excel* pelos Alocadores. Nos ficheiros de *RunOut* inserem-se as quantidades prometidas, as necessidades atuais consoante o plano de produção e ainda a quantidade de *stock*. Com recurso a um *Script* (código no Excel que permite automatizar alguns processos), a informação neles contida é traduzida para o ficheiro de *RunOut* e a quantidade de *stock* esperado no final da semana é calculada a partir da seguinte equação (Eq. 3.1.):

$$\begin{aligned} \textit{Stock Esperado} \\ &= \textit{Stock inicial} + \textit{Quantidades prometidas} \\ &+ \textit{Quantidade em Trânsito} - \textit{Necessidades} \end{aligned} \quad \text{Eq. 3.1.}$$

Sendo que o stock inicial de uma semana igual ao stock final da semana anterior.

A Figura 3.3 representa um exemplo de uma entrada num Ficheiro *RunOut*. As quantidades prometidas encontram-se na linha "Volume Alocado" e assim que é confirmado o seu envio, passam para a linha imediatamente abaixo "Envios Confirmados (Em trânsito)". Finalmente, quando são recebidas são somados ao "Nível de *stock* total".

Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Procura Total		3050	5700	0	0	2700	6960	7200	6874	6970	6830
Volume Alocado			5000					2500	12500		7500
Envios Confirmados (Em trânsito)	5000										
Nível de stock total	44050	41000	40300	40300	40300	37600	30640	25940	31566	24596	25266

Figura 3.3 - Exemplo de uma entrada num ficheiro *RunOut*

Algumas funcionalidades dos ficheiros de *RunOut* são já automatizadas utilizando *Scripts*, no entanto quer a extração da informação como a sua inserção no ficheiro são manuais, estando, portanto, sujeitas ao erro humano. A preparação do ficheiro e o tempo de o *Script* correr são atividades necessárias, ainda que sem que sem valor acrescentado.

Após a finalização dos cálculos para todos os componentes de um fornecedor e para todas as fábricas que usam esses componentes, o ficheiro está pronto para que se inicie a sua análise.

A análise do ficheiro consiste em verificar que o nível de stock para todos os componentes em todas as fábricas não está em risco de rotura. Para tal existe um campo antes de cada componente no qual é expressa a cobertura que o stock atual garante, em semanas. As situações mais urgentes são aquelas em que se tem 3 semanas ou menos de stock, que se assinalam a vermelho, até 9 semanas são amarelas e mais de 9 marca-se a verde, a partir das 14 semanas coloca-se a verde com um "OK", assinalando que não é prioritário. Recorre-se ainda à cor azul quando existe um componente que possa ser substituído por uma peça alternativa autorizada pelo OEM em questão.

Após se identificarem os casos prioritários, a vermelho, visualiza-se o estado do stock em todas as fábricas nas quais seja utilizado o tal componente.

Cada caso necessita de uma abordagem individualizada na medida em que estas situações possuem diferentes especificidades devido ao contexto no qual se inserem, o que torna a análise dos Alocadores complexa. No entanto podem ser definidas prioridades quanto ao modo de solucionar uma situação na qual a escassez se aproxima (três semanas ou menos de cobertura). A partir de entrevistas não estruturadas a três Alocadores, foi possível definir a seguinte lista de ações:

1. Negociação com fornecedores;
2. Redistribuição de quantidades por diferentes fábricas;
3. Procurar componentes alternativos (do mesmo fornecedor);
4. Procurar componentes alternativos (de outro fornecedor);
5. Recorrer a um distribuidor.

A primeira solução refere-se à procura de uma solução mais viável por parte do fornecedor, ou seja, do adiantamento de algumas peças previstas de ser enviadas futuramente ou aumento da quantidade previamente acordada.

A redistribuição ocorrerá caso não se chegue a nenhum acordo com o fornecedor e consiste na transferência interna de peças entre fábricas. Pode realizar-se com stock que já se encontra na fábrica ou com pedidos feitos aos fornecedores, solicitando que se altere a fábrica destinatária. Geralmente é mais vantajoso o pedido de alteração do destino, uma vez que a realocação de stock incorre no custo adicional de transporte. Geralmente a redistribuição ocorre entre fábricas situadas na mesma região.

As terceira e quarta opções dependem da aprovação interna da engenharia. Estes processos que são geralmente morosos (de duração nunca inferior a um mês), por este motivo estas opções são menos preferenciais.

Por último, devido aos preços de aquisição, poder-se-á recorrer a distribuidores. Estes compram os componentes diretamente aos fornecedores e revendem-nos.

Para facilitar a compreensão deste procedimento, pode encontrar-se anexo um exemplo (Anexo A) de sucessivas decisões de um Alocador perante a identificação da rotura de um componente.

Devido à complexidade das decisões e ao número de fatores a considerar é relevante que se encontrem soluções para apoiar processos como o de alocação de componentes semicondutores, especialmente se existir espaço para automatização e redução de desperdícios. Como Mousavi et al. (2023) afirmam, as funcionalidades dos APS permitem aos Alocadores cessar a execução de tarefas repetitivas e focarem-se na tomada de decisões, e nas outras tarefas que exijam capacidades cognitivas humanas.

3.3 *Framework* para suporte da transição de cenários

O resultado da adaptação da *framework* desenvolvida por Fu et al. (2023), ao contexto da alocação de semicondutores na EA, encontra-se na Figura 3.4. Esta adaptação reflete-se essencialmente nos objetivos de cada fase do ciclo PDCA e nos subprocessos específicos que se relacionam com a alocação. Esta *framework* pretende analisar os dados recolhidos de modo a representar e estruturar a passagem do Cenário *AS-IS* de alocação de componentes semicondutores para um Cenário *TO-BE* no qual se recorre a um APS para melhorar o processo.

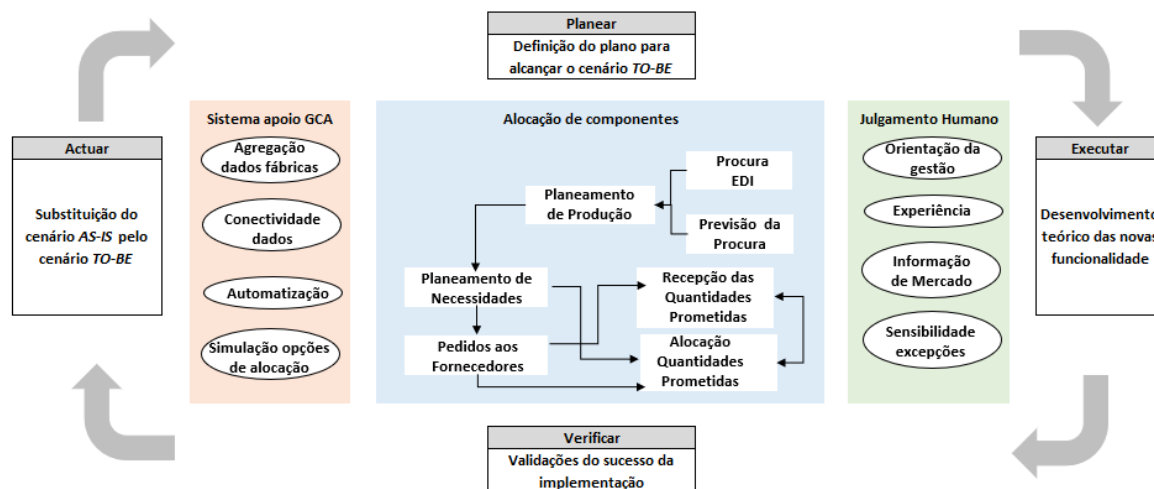


Figura 3.4 - Framework proposta para análise do processo de implementação do *Software X*

Na Fase de Planeamento irão definir-se, a partir dos pontos a melhorar no Cenário *AS-IS*, previamente identificados, objetivos estratégicos e o plano de ação para os alcançar. Para além disso irão ser identificadas as motivações para a mudança de Cenário e selecionados KPIs que se considerem relevantes para avaliar a performance da CA ao longo do tempo.

Durante a Fase de Execução irá pôr-se em prática o plano definido e serão desenvolvidas as funcionalidades do Cenário intermédio. O Cenário intermédio trata-se de um Cenário *TO-BE* provisório, isto é, apesar de já integrar várias das funcionalidades do Cenário *TO-BE*, irá ainda sofrer alterações e validações até alcançar o Cenário *TO-BE* definitivo.

Posteriormente, durante a Fase de Verificação serão realizadas validações aos dados e funcionalidades desse Cenário intermédio, identificando e corrigindo qualquer falha encontrada. Para tal, irão utilizar-se dados reais, simular-se situações reais e validar-se os seus resultados. Após a conclusão de todas as correções, o resultado desta fase será o Cenário *TO-BE*, definitivo.

Para fechar o ciclo, na Fase de Atuação a implementação ficará concluída e poder-se-á alcançar o *Go-live*. Após o período de adaptação dos Alocadores, poder-se-á comparar ambos os Cenários *AS-IS* e *TO-BE*, no sentido de entender se os objetivos foram cumpridos. Uma vez que na conclusão do estágio as validações se encontravam a meio, esta fase não foi alcançada.

A seleção da *framework* proposta por Fu et al. (2023) e descrita na subsecção 2.2.3, para adaptação ao problema em questão e à EA deveu-se à sua simplicidade, utilidade e à semelhança dos objetivos da EA com os propostos por Fu et al. (2023) na implementação de *softwares* para apoio à GCA. Esses objetivos são:

- Estabelecer cooperação entre os peritos e o *software*;
- Transformar dados em conhecimento prático;
- Otimizar fluxos (informação, material e valor);
- Tomar decisões mais rápidas e com resultados de maior qualidade.

O que se espera obter com a aplicação desta *framework* é a identificação dos pontos críticos, isto é, dos pontos importantes a ter em consideração na transição entre Cenários *AS-IS* e *TO-BE*, para que esta seja consistente com os seus objetivos. A partir da identificação destes pontos poder-se-á apoiar a transições semelhantes noutras empresas, para outros processos, ou noutros momentos. No final de cada fase poder-se-á então encontrar uma tabela com os pontos críticos dessa mesma fase.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo as quatro fases do ciclo PDCA, que compõem a implementação do *software* selecionado e estão representadas na *framework*, da Figura 3.4 da secção 3.3, são descritas e os pontos críticos de cada uma delas são salientados.

Importa destacar que, apesar de não se ter alcançado a fase de Atuação, da qual resultaria o Cenário *TO-BE*, é realizada uma comparação qualitativa dos dois Cenários *AS-IS* e *TO-BE*.

4.1 Fase de Planeamento

O ciclo PDCA inicia-se pela Fase de Planeamento. Para compreender esta Fase, é importante conhecer as motivações da EA para a aquisição do *Software X* pois é a partir delas que se identificam os pontos a melhorar e os objetivos da implementação. Estas foram identificadas a partir de entrevistas não estruturadas com profissionais do EA e a partir de observações *in loco*.

Neste estudo de caso o foco será no *Software X*, uma vez que foi o *software* selecionado pela EA. A implementação do *Software X* divide-se em dois momentos. A primeira fase de implementação (Fase I) irá permitir aos colaboradores que se adaptem à utilização deste *software*, que se identifiquem falhas na sua programação ou que se encontrem melhorias a ser integradas no *Software X* na Fase II. Neste momento a Fase I encontra-se ainda em curso. Primeiramente pretendia-se que estivesse concluída em setembro de 2023, no entanto, devido a imprevistos e ao facto de alguns profissionais terem abandonado o projeto, a sua conclusão é agora estimada para o início do ano de 2024.

Apesar de na literatura se denominar por cenários as diversas opções desenvolvidas nos APS, no presente caso de estudo iremos denominá-los por opções de alocação, para que estes não se confundam com os Cenários *AS-IS* e *TO-BE*.

4.1.1 Motivações para a implementação do *Software X*

Os semicondutores são uma das matérias-primas cruciais para a produção de componentes elétricos e eletrónicos, neste caso para ser incorporados em automóveis. O seu

Lead Time pode ir até seis meses, por este motivo a EA tem de garantir que as previsões de necessidades são calculadas e negociadas com os seus fornecedores para garantir o cumprimento dos pedidos dos clientes.

Devido à imposição do período *Firm* por parte dos fornecedores críticos a GCA tornou-se mais complexa. Isto acontece uma vez que os pedidos aos fornecedores são fixos no período *Firm*, obrigando a EA a planear a sua produção com uma maior antecedência, independentemente das flutuações na procura.

Para além disto, a quota do mercado dos semicondutores correspondente à indústria automóvel é cerca de 12% que, comparada com as dos computadores e comunicação, que correspondem a 32 e 31% respetivamente, é bastante inferior. Desde modo, o poder de negociação da EA com os seus fornecedores de componentes semicondutores é inferior a estas duas indústrias, e em caso de crise, como a vivida desde 2020, gera uma desvantagem, que agravou a escassez de componentes nas fábricas da EA.

Outro fator que dificulta a gestão de diversas fábricas a nível mundial é a dispersão dos dados, isto é, cada fábrica tem o seu próprio ERP. A visão agregada dos dados facilita a sua compreensão e consulta.

Por todas as razões anteriormente enunciadas a EA investiu na implementação do *Software X* para automatização de tarefas que se realizavam manualmente, para integração da informação dispersa e conseqüentemente para uma GCA mais eficiente, tendo como um dos seus focos o de melhorar o processo de alocação de componentes. Uma vez que esta é uma das tarefas essenciais para a fluidez da CA selecionou-se este processo como foco deste estudo de caso.

Os principais pontos a melhorar/motivações no atual processo de alocação (Cenário *AS-IS*) são o tempo despendido pelos Alocadores em tarefas de valor não acrescentado, à complexidade das decisões a tomar e a procura por identificar precocemente a origem de roturas. Os objetivos traçados foram aumentar a eficiência deste processo, tomar uma atitude preventiva perante a rotura e combater o risco.

Em síntese, as principais motivações anteriormente descritas para a implementação do *Software X* são:

- Imposição de período *Firm* pelos fornecedores;
- Reduzida quota, e conseqüentemente poder, da indústria automóvel no mercado dos semicondutores;
- Dispersão da informação pelos ERP das fábricas;
- Ineficiência do Cenários *AS-IS*, manual;
- Melhoria do nível de serviço (evitar roturas de *stock*);
- Complexidade decisões dos Alocadores.

4.1.2 Funcionalidades do *Software X*

O *Software X* apresenta uma série de funcionalidades já incorporadas e outras, flexíveis para adaptar a cada empresa. Este *software* oferece uma análise equivalente à efetuada nos ficheiros de *RunOut*, que realiza de modo automático com os dados extraído dos ERP. Outra funcionalidade do *Software X* que contribui para a definição dos planos de alocação é a atribuição de prioridades à procura do cliente, influenciando, deste modo, o planeamento da produção, e conseqüentemente da data de necessidade dos componentes pelas fábricas.

Em relação aos dados, que outrora se encontravam dispersos no ERP de cada fábrica, estes podem ser todos normalizados e agregados num só sistema, facilitando a sua compreensão e utilização. A qualidade dos mesmos pode ser assegurada com alertas, isto é, no caso da identificação de uma inconsistência, esta é salientada com o envio de uma notificação aos responsáveis pela sua correção.

A consulta dos dados e a conexão entre eles poderá tornar-se mais fluída, a partir de *links* e de análises automáticas quanto ao fornecimento, produção e avaliações de performance. A partir de um Produto Final, por exemplo, é possível consultar a lista dos seus componentes e dos respetivos detalhes, como o nível de *stock* ou data prevista da chegada da próxima encomenda. Isto permite compreender que componente ou componentes estão a causar esse atraso. O próprio sistema faz recomendações e permite ainda identificar, caso haja, componentes alternativos.

A análise inversa também é possível. Por exemplo, se ocorrer algum imprevisto e se verificar que determinado componente irá chegar com atraso, é possível listar todos os produtos finais que serão impactados por esse atraso.

É ainda possível a criação de opções de alocação para posterior comparação entre elas. Desenvolvem-se então diversas opções de alocação alternativas e podem simular-se as respetivas conseqüências a diversos níveis (*stock*, cumprimento dos prazos de produção, rotura...).

Uma das flexibilidades exploradas pela EA foi a seleção de regras de alocação automáticas: *Fair Share* e *Material Margin*, que irão ser descritas em detalhe, na fase de Execução. Outras flexibilidades fornecidas pelo *Software X* e acordadas com a EA numa etapa inicial do projeto foram os termos utilizados para cada conceito e os KPIs que possibilitam a comparação entre opções de alocação. Os KPIs selecionados são a Quantidade de *stock* final, o Valor de *stock* final, *Fill Rate*, *Material Margin* e *Master Production Scheduled % by Date*, uma vez que são quantificadores dos valores da EA. A identificação da melhor opção de alocação é calculada com base na normalização de cada KPIs e na atribuição de um peso a cada um deles.

Também ainda durante a fase de Planeamento foram selecionados, e validados numa entrevista não estruturada, KPIs para medir a performance da CA e poder comparar o Cenário *AS-IS* com o Cenário *TO-BE* após a sua implementação. Estes foram: o CPD, que expressa em unidades o atraso para com os clientes, a *Fill Rate* que mede a percentagem de encomendas que são enviadas a tempo para os clientes e finalmente PL5, que quantifica o número de componentes com menos de cinco dias de *stock*.

Para garantir que a implementação do *Software X* ocorre eficazmente foi definido um plano de ação, em paralelo às quatro fases do ciclo PDCA, composto por cinco etapas:

1.^a Etapa - Compreensão da sua necessidade e delineamento dos objetivos (Fase de Planeamento);

2.^a Etapa - Desenvolvimento teórico/conceptual do Cenário *TO-BE* (Fase de Planeamento e Fase de Execução);

3.^a Etapa - Desenvolvimento de Cenário(s) intermédio(s) (Fase de Verificação);

4.^a Etapa - Validações (Fase de Verificação);

5.^a Etapa - *Go live* Cenário *TO-BE* (Fase de Atuação).

A delimitação de cada Fase do ciclo PDCA, é fluída. Isto é, podem acontecer iterações: começar-se a Fase seguinte e regressar-se à anterior, se surgir a necessidade de incorporar alguma alteração.

4.1.3 Pontos Críticos da Fase de Planeamento

Assim, partindo do levantamento das motivações, foram então definidos objetivos estratégicos a alcançar com a implementação do *Software X*, que correspondem a:

- Melhorar a acessibilidade aos dados e a sua conectividade;
- Automatizar tarefas (entre elas alocação);
- Criar e comparar opções de alocação;
- Selecionar KPIs relevantes para avaliar a performance da CA;
- Identificar prematuramente roturas;
- Identificar as causas das roturas;
- Apoiar os decisores.

Na Tabela 4.1 podem ser encontrados os pontos críticos da Fase de Planeamento, de modo geral, com base no estudo de caso em análise.

Tabela 4.1 - Pontos Críticos Fase de Planeamento

PLANEAR	
Pontos Críticos	Descrição
Definição dos objetivos estratégicos	Tarefas automatizadas Consideração de mais fatores aquando da alocação (Financeiros e <i>Fill Rate</i>) Criação e comparação de opções de alocação Identificação precoce de roturas Normalização, aumento da qualidade e conectividade dos dados Definição dos KPIs relevantes
Definição do Plano de ação	Identificação das Necessidades e Objetivos Desenvolvimento teórico do Cenário <i>TO-BE</i> Desenvolvimento de Cenários intermédios (iterativos) Validações (dados e funcionalidade) <i>Go live</i> - Cenário <i>TO-BE</i> (comparação Cenários)

4.2 Fase de Execução

Da Fase de Execução deve resultar o Cenário intermédio, já com recurso ao *Software X*. O Cenário intermédio de alocação de componentes resulta de reuniões entre a equipa do *Software X* que apoia a implementação do seu serviço e uma equipa multidisciplinar da EA que está familiarizada com os seus processos (entre eles o de alocação) composta por profissionais de Master Data, IT e analistas da CA. O Cenário intermédio trata-se de um rascunho do Cenário *TO-BE* que, iteração a iteração, se deverá ir sucessivamente aproximando do resultado pretendido incorporando funcionalidades que respondam aos pontos a melhorar previamente identificados.

4.2.1 Cenário Intermédio

A partir da procura de produtos finais dos clientes e da BOM, a informação das necessidades (quantidade a encomendar e data de necessidade) de cada componente é calculada no ERP de cada fábrica e os pedidos são enviados para os fornecedores. Estes dados são extraídos diretamente para o *Software X*.

Cada fornecedor envia semanalmente ficheiros com as quantidades prometidas à EA de acordo com as encomendas e com a sua disponibilidade. Para facilitar a inserção dos dados contidos nestes ficheiros no *Software X*, foi desenvolvida a *Promises Tool*, uma ferramenta que interpreta os ficheiros de cada fornecedor, uma vez que fornecedor varia o formato do ficheiro.

Com base nos dados anteriormente sintetizada, a análise equivalente á realizada nos ficheiros de *RunOut* é feita automaticamente. O resultado desta análise é a identificação dos componentes para os quais há rotura e ainda do momento, fábrica, número de peças e produtos finais afetados.

Cada quantidade prometida de um fornecedor insere-se numa de duas categorias: sob alocação (*SCommit*) ou não (*SComment_Ignore*). Aquelas que não se encontram sob alocação são atribuídas diretamente a uma fábrica e consideradas no nível de *stock* do dia no qual é esperada a sua receção. As restantes são submetidas ao processo de alocação. Uma vez enviadas, as encomendam passam de ser consideradas quantidades prometidas para quantidades em trânsito.

A cada encomenda de cliente é atribuída uma prioridade. A prioridade é atribuída automaticamente a cada encomenda de acordo com o modo como é recebida ou calculada, mas pode ser alterada manualmente.

- Prioridade **Alta** (*High*): pedido recebido por Ordens de Venda (*Sales Orders*);
- Prioridade **Média** (*Medium*): previsão da procura estimada internamente pela equipa comercial da EA;
- Prioridade **Baixa** ou **Stock de Segurança** (*Safety Stock*): nível mais baixo de prioridade.

A priorização da procura dos produtos finais estende-se aos seus componentes. Estas categorias permitem que a alocação dos componentes seja feita consoante as prioridades predefinidas. Isto é, favorecendo determinado cliente, ou produto, em detrimento dos outros, pontualmente ou durante um certo período temporal.

A introdução das prioridades atribuídas à procura dos clientes permite que se recorra a criação automática de opções de alocação segundo as regras de alocação predefinidas. O objetivo da regra de *Fair Share* é distribuir proporcionalmente as quantidades prometidas entre as fábricas de modo a evitar a rotura de *stock*, ou atenuar as consequências da rotura de *stock*. A regra *Material Margin* tem como objetivo maximizar a receita total. Finalmente, ao recorrer-se à regra de priorização de um Cliente/Produto o objetivo será favorecê-lo e garantir a sua satisfação/produção anteriormente a todos os outros clientes/produtos.

O *Fair Share* é a regra utilizada por defeito para a EA. Quando uma encomenda com a categoria *SCommit* é enviada à EA, se alguma, ou várias das fábricas estiverem em rotura nesse componente a encomenda será distribuída entre elas de forma proporcional (respeitando o tamanho dos lotes), de modo a nivelar as consequências da rotura no nível de *stock* pelas fábricas.

Por forma a facilitar a compreensão da regra *Fair Share*, seguidamente é apresentado um exemplo no qual há necessidade de um componente, PP1, para satisfazer a procura de diversos clientes, com diferentes prioridades. A quantidade necessária desse componente é inferior à quantidade de *stock* disponível, deste modo será necessário realizar a alocação a cada pedido de cliente.

Exemplo *Fair Share*

A procura é agrupada em períodos temporais e por Cliente (OEM) (neste caso semanalmente), como apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Procura semanal por Cliente

Componente	Cliente	Fábrica	Semana de Procura	Quantidade	Prioridade
PP1	OEM1	A	Semana 1	100	High_1
PP1	OEM2	B	Semana 1	200	High_1
PP1	OEM3	C	Semana 2	100	High_1
PP1	OEM4	D	Semana 2	100	High_1
PP1	OEM5	E	Semana 2	200	High_2

Na Tabela 4.3 encontra-se o fornecimento previsto para cada semana (recebido nos ficheiros das quantidades prometidas). Este fornecimento é insuficiente para a procura existente, desde modo têm de ser submetido ao processo de alocação, tendo em conta as prioridades da procura.

Tabela 4.3 - Fornecimento Previsto

Componente	Fornecedor	Data Fornecimento	Quantidade
PP1	Fornecedor1	Semana 1	150
PP1	Fornecedor1	Semana 2	300

O fornecimento na Semana 1 é então distribuído pelos OEMs 1 e 2. O fornecimento da Semana 1 é utilizado primeiramente para satisfazer a procura em atraso da Semana 1 e o remanescente é alocados aos OEMs 3, 4 e 5, segundo a sua prioridade.

A regra aplicada automaticamente pelo *Software X* resultará na seguinte alocação:

Semana 1

Procura Total

- **High_1**: 300

Fornecimento Total

- 150

Fábrica A - Rácio: $100/300 = 33\%$

33% de 150 = 50

Fábrica B - Rácio: $200/300 = 67\%$

67% de 150 = 100

50 componentes são alocados atempadamente à Fábrica A e 100 à Fábrica B, ficando 50 e 100 componentes em atraso, respetivamente.

Semana 2

Procura Total

- **Atraso High_1**: 150

- **High_1**: 200

- **High_2**: 200

Fornecimento Total

- 300

Os 50 e 100 componentes em atraso para com as Fábricas A e B, respetivamente, são alocados prioritariamente, restando 150 componentes para alocar à procura da Semana 2.

Fábrica C - Rácio: $100/200 = 50\%$

50% de 150 = 75

Fábrica D - Rácio: $100/200 = 50\%$

50% de 150 = 75

75 componentes são alocados atempadamente tanto à Fábrica C como à Fábrica D, restando 25 para satisfazer e ainda toda a procura da Fábrica E.

Semana 3

Nesta Semana 3, aloca-se prioritariamente as 50 unidades em falta às fábricas C e D. Em seguida, por estarem em atraso também, o fornecimento é utilizado para preencher as necessidades da Fábrica E e, posteriormente, aloca-se o remanescente das necessidades da Semana 3.

Material Margin

As regras *Material Margin* e priorização (Cliente/Produto) só diferem da regra *Fair Share* ao redefinirem as prioridades anteriormente ao processo. Uma vez redefinidas as prioridades, o *Fair Share* é aplicado como descrito anteriormente.

A regra *Material Margin* reorganiza as encomendas às quais foi atribuída a prioridade Alta em quatro subcategorias consoante a margem financeira de cada encomenda.

Os passos para a atribuição de prioridades segundo *Material Margin* são os seguintes:

1) Calcula-se a Margem Material (*Material Margin*) para cada encomenda a partir da

Eq. 4.1.:

Margem Material

Eq. 4.1.

$$= \text{Procura Independente} * \text{Preço Unitário} - \text{Custo Material}$$

2) Calcula-se os intervalos segundo a Tabela de Controlo (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Tabela de Controlo (*Material Margin*)

Valor	Prioridade	Acumulado de Margem Material Mensal / Margem Material Total Mensal (%)
High_0	1	Combinações Componente-Fábrica-Cliente que contribuem para os primeiros 50% de Margem Material Total Mensal
High_1	2	Combinações Componente-Fábrica-Cliente que contribuem para os seguintes 25% de Margem Material Total Mensal
High_2	3	Combinações Componente-Fábrica-Cliente que contribuem para os últimos 25% de Margem Material Total Mensal
High_3	4	Combinações Componente-Fábrica-Cliente que não contribuem para a Margem Material Total Mensal ou contribuem negativamente

3) Atribui-se a cada encomenda o nível de prioridade que lhes corresponde, isto é, *High_0*, *High_1*, *High_2*, *High_3*, Média ou Baixa.

4) Transmite-se as prioridades atribuídas às encomendas aos componentes respetivos (explosão da *BOM*).

5) Aplica-se o *Fair Share* a cada nível de prioridade.

6) Cria-se uma opção de alocação.

A regra de priorização atribui ao OEM ou ao produto desejado(s) a prioridade *High_0*, equivalentemente à categoria mais elevada da regra *Material Margin*.

As opções de alocação são criadas no *Software X* para que se compreenda as suas consequências e se possa selecionar a opção mais conveniente consoante os objetivos e o contexto do problema. Para ponderar a seleção, a equipa de profissionais da EA que desenhou as funcionalidades definiu cinco métricas que se podem ter em conta no *Software X* (apresentadas na Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Classificação opções de alocação *Software X*

KPIs	Unidade de Medida	Objetivo
Receitas	USD	Maximizar
On Time to Commit (Fill Rate)	%	Maximizar
Ending Inventory Quantity	Unidades	Minimizar
Ending Inventory Value	USD	Minimizar
MPS Attainment % by Date	%	Maximizar

Após serem calculados para todas as opções de alocação consideradas, os KPIs sofrem uma normalização. O resultado da comparação entre as opções dependerá do peso atribuído a cada KPI. Este método de comparação permite apoiar as decisões a tomar, mas não substitui os decisores, que são capazes de analisar a situação e são sensíveis ao seu contexto.

O conjunto de opções desenvolvidas compõem um leque de alternativas para fazer face às situações de rotura previamente identificadas.

4.2.2 Pontos Críticos da Fase de Execução

Da Fase de Execução, consideram-se dois pontos críticos, apresentados na Tabela 4.6.

O primeiro é a descrição do Cenário Intermédio e das suas funcionalidades, desenhadas de modo a responder aos riscos específicos do setor e da empresa em questão.

O segundo prende-se com a definição dos novos conceitos introduzidos com o *Software X* (ou outro APS), entre eles: Regras de alocação, opções de alocação e respetiva comparação, prioridades de procura. É importante que estes fiquem bem definidos e documentados para que o conhecimento fique retido na empresa e para facilitar a navegação no *software* por parte de novos utilizadores.

Tabela 4.6 - Pontos Críticos Fase de Execução

EXECUTAR	
Pontos críticos	Descrição
Definição do Cenário Intermédio	Adaptação das funcionalidades do APS às necessidades da empresa
Introdução de novos conceitos	Prioridades atribuídas à Procura do Cliente Regras de alocação Criação e Comparação de opções de alocação

4.3 Fase de Verificação

A Fase de Verificação ocorre posteriormente à execução uma vez que se prende com a validação do seu bom funcionamento e da identificação de erros ou pontos de melhoria. Tem igualmente o propósito de averiguar que os objetivos traçados durante a Fase de Planeamento estão a ser cumpridos e que os métodos para o alcançar são eficazes. Esta fase é importante porque garante a qualidade da implementação e permite aos profissionais irem-se acostumando ao *software*.

Após a conclusão do Desenvolvimento teórico do Cenário *TO-BE*, os dados são extraídos do ERP e inseridos no *Software X*. A responsabilidade da Fase de Verificação recai sobre a EA, em parte na equipa de IT, espalhada pelo mundo, e a restante na equipa de, em Portugal. São realizadas validações que pretendem salientar os pontos fracos do Cenário intermédio de alocação, para que estes sejam corrigidos, resultando no Cenário *TO-BE*.

Os pontos de validação são relativos quer à exportação dos dados do ERP, quer às funcionalidades do *Software X*. Todos eles são listados e os resultados registados. No caso de um ponto falhar, a razão da falha é colocada numa plataforma para o efeito, com as devidas evidências e a responsabilidade de correção da falha atribuída. Ao concluir a sua correção, o responsável altera o estado do ponto e este passa a estar disponível para revalidação. Este processo continua até todas os pontos estarem validados sem falhas.

Devido a imprevistos na duração do projeto, o estágio terminou durante esta Fase, não tendo sido possível avaliar o seu resultado final. De qualquer forma, é sabido que a Fase de Verificação resultará no Cenário *TO-BE* de alocação de componentes, quando a qualidade do Cenário intermédio estiver conforme as expectativas.

4.3.1 Pontos Críticos da Fase de Verificação

Na Fase de Verificação o que é essencial é identificar todas as falhas na extração e/ou transformação dos dados ou aplicação de funcionalidade que subsistiram até esta Fase e corrigi-las ou redesenhar as suas lógicas.

Os Pontos críticos da Fase de Verificação será então a correção das falhas da fase anterior e, finalmente, o Cenário *TO-BE* (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Pontos Críticos Fase de Verificação

VERIFICAR	
Pontos críticos	Descrição
Correção de todas as falhas	Inconformidades com as expectativas de funcionalidades ou da extração dos dados
Cenário <i>TO-BE</i> de alocação de componentes	Cenário intermédio após todas as validações e correções necessárias

4.4 Fase de Atuação

A Fase de Atuação corresponde à concretização do Cenário *TO-BE*, será então durante esta fase que se irão poder avaliar os seus resultados. No entanto, a duração do estágio não alcançou a Fase de Atuação e o *Go-live* do *Software X*. Ainda assim, existem algumas

expectativas quanto aos seus resultados. Estas incidem sobretudo sobre a velocidade de identificação da origem das roturas e na resposta às mesmas, com a criação e seleção de opções de alocação de componentes. Para além disto, espera-se que seja possível acompanhar a tendência do desempenho da CA ao longo do tempo. A Fase de Atuação compreenderá um período de adaptação ao *software* e à mudança de Cenários.

4.4.1 Cenário *TO-BE* e comparação com Cenário *AS-IS*

O Cenário *TO-BE* será então um Cenário que apresenta todas as funcionalidades descritas na Fase de Execução, ou seja, as do Cenário intermédio, mas tendo passado uma série de testes e validações por parte da equipa informática e dos analistas da CA da EA, durante a Fase de Validação.

De modo geral, comparação entre as funcionalidades dos Cenários *AS-IS* e *TO-BE* encontra-se sintetizada na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Comparação Cenários *AS-IS* e *TO-BE*

	<i>AS-IS</i>	<i>TO-BE</i>
Componentes submetidos a alocação	Componentes fornecidos por fornecedores críticos	Todas as quantidades prometidas da categoria <i>SCommit</i>
Carregamento das necessidades das fábricas	Manual	Automático
Carregamento quantidades prometidas dos fornecedores	Manual	"Semi-manual" (Extração e leitura com a <i>Promises Tool</i>)
Priorização da procura	Visualmente Caso a caso	Introdução das Prioridades
Alocação	Manual, com base em senso-comum e experiência	Automática, com recurso a algoritmos e definição de prioridades
Criação de opções de alocação	Manual	Automática
Comparação entre opções de alocação	Visual	Automática

Após a conclusão da implementação do *Software X*, deverá comparar-se e monitorizar a performance dos resultados dos dois Cenários, *AS-IS* e *TO-BE*, e validar a melhoria na eficiência do processo de alocação de componentes, na sua capacidade de evitar roturas e a respetiva consequência na GCA. Os KPIs propostos para avaliar a CA foram *Fill Rate*, CPD e PL5 e foram validados numa entrevista não estruturada a um profissional da EA. Estes deverão ser medidos e comparados no tempo de modo a identificar-se a tendência da sua evolução e concluir sobre o sucesso, ou não, da implementação do *Software X*.

4.4.2 Pontos Críticos da Fase de Atuação

A Fase de Atuação corresponde ao *Go-Live* do novo *software* e da sua utilização no Cenário *TO-BE*, para automatização da alocação de componentes semicondutores. Este Cenário *TO-BE* será o novo Cenário *AS-IS* em futuros ciclos.

Apesar de não se ter alcançado esta Fase, conhece-se os seus pontos críticos, presentes na Tabela 4.9, que passam por avaliar os resultados do Cenário *TO-BE* e compará-los com os do Cenário *AS-IS*. Apesar destes dados não terem sido recolhidos, mostrou-se relevante medir a *Fill Rate*, o CPD e as PL5, para completar a comparação entre os cenários e verificar o sucesso da transição.

Tabela 4.9 - Pontos Críticos Fase de Atuação

ATUAR	
Pontos críticos	Descrição
Comparação entre Cenários	Comparação entre cada ponto da análise e resolução de roturas
Resultados do Cenário <i>TO-BE</i>	Comparação entre os valores dos KPIs selecionados na Fase de Planeamento para avaliação da performance da CA e verificação do cumprimento dos objetivos traçados

4.5 Alocação de semicondutores com o *Software X*

As motivações para a mudança de cenários que foram recolhidas centram-se na forte competição entre indústrias para aquisição de semicondutores, na dispersão da informação e na complexidade das decisões a tomar por parte dos Alocadores (a partir de processos manuais).

Com a implementação do *Software X* é possível incorporar inúmeras mudanças no processo de alocação de componentes semicondutores no sentido de o automatizar, quer na extração de informação (*inputs* da análise de rotura), quer nas análises de *stock* e rotura (equivalente aos ficheiros de *RunOut*, ainda na conectividade entre os dados das diversas fábricas da EA, que anteriormente se encontravam somente dispersos cada uns nos ERP das respetivas fábricas).

A implementação do APS permite reduzir tarefas sem valor acrescentado, otimizando algumas tarefas essenciais para a gestão de componentes adquiridos aos fornecedores críticos da EA (como a identificação de roturas, anteriormente resultante dos ficheiros de

RunOut). A maior disponibilidade temporal e o novo modo de apresentação dos dados permitem concluir acerca da origem das roturas e atuar sobre elas. Deste modo, o nível de serviço poderá ser aumentado e, conseqüentemente, a reputação e vantagem competitiva da EA.

O estudo de caso desenvolvido durante o estágio profissional na EA permitiu identificar os principais pontos críticos na implementação de um APS para apoio à transição do processo de alocação de componentes semicondutores do seu Cenário *AS-IS* para o Cenário *TO-BE*. Para tal, com recurso à *framework* da Figura 3.4, a transição de cenários foi dividida nas quatro Fases do ciclo PDCA. Na Tabela 4.10, encontram-se os pontos críticos identificados para cada Fase.

Tabela 4.10 - Pontos Críticos cada Fase

Fase	Pontos Críticos
Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> Definição dos objetivos estratégicos Definição do plano de ação
Execução	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento do Cenário Intermédio Definição dos novos conceitos
Validação	<ul style="list-style-type: none"> Validação das funcionalidades e exportação dados Identificação e Correção de todas as falhas
Atuação	<ul style="list-style-type: none"> Comparação dos cenários (funcionalidades e performance) Verificação do cumprimento dos objetivos

Apesar deste estudo se focar nos componentes semicondutores acredita-se que é possível generalizar-se estes pontos críticos para outro tipo de componentes.

Os objetivos da transição, listados na seção 3.3, encontram-se na Tabela 4.11 com as respetivas respostas que o Cenário *TO-BE* promove para ir ao seu encontro. Uma vez que cada vantagem parece responder a mais do que um objetivo, optou-se por listar estas respostas.

A implementação deste APS permite que a EA se previna face a rotura de *stock* de componentes, aproximando-a dos seus objetivos. Esta conclusão é relevante uma vez que, como se provou anteriormente, a gestão de componentes semicondutores é particularmente desafiante.

Tabela 4.11 - Resultados da Aplicação da *framework* desenvolvida ao processo de alocação de componentes

Objetivos Aplicação	Resultados
Estabelecer cooperação entre os peritos e o <i>software</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização de tarefas que eram manuais • Conectividade entre dados (Identificação da origem da rotura) • Possibilidade de simular opções de alocação e prever consequências • Melhores planos de alocação de componentes (mais preventivos de roturas) • Análises de performance da CA • Acessibilidade mais fácil aos dados (agregados e estandardizados) • Possibilidade de interpretar e alterar, se necessário, qualquer solução do <i>software</i>
Transformar dados em conhecimento prático	
Otimizar fluxos (informação, material e valor)	
Tomar decisões mais rápidas e com resultados de maior qualidade	

Estes resultados não são inesperados à luz da literatura. Vários autores afirmam que a integração de IoT nas CA é vantajosa para a gestão de situações de disrupção, como é o caso de roturas de *stock*, uma vez que promove a visibilidade da situação da CA (Mohammad et al., 2022) e a partilha de informação entre os seus diversos intervenientes (Yang et al., 2021), o que vai ao encontro dos resultados obtidos neste estudo de caso. As vantagens da implementação de um APS passam por facilitar a tomada de decisões, melhorar a gestão de dados e assegurar a dificuldade de lidar com o risco, bastante devido à possibilidade de criar cenários (Mousavi et al., 2023; Vieira et al., 2021).

Apesar de existirem alguns autores que são a favor da descentralização da gestão, como Binetti et al. (2013), neste caso acredita-se que a centralização da gestão, através da agregação dos dados dos ERP de todas as fábricas, é útil uma vez que isto poderá promover sinergias e partilha de *stock* e de estratégias e, assim, beneficiar a EA no seu todo.

Chopra e Meindl (2013) identificaram novos riscos quando um processo passa a depender de um *software*, alguns quais são sentidos pela EA. Entre eles estão a adaptação subjacente por parte dos profissionais que passarão a servir-se do *software*, a integração correta dos dados e a dependência da disponibilidade do *software* para que diversas tarefas fiquem feitas. Deste modo, apesar das expectativas depositadas no Cenário *TO-BE* e no seu sucesso, importa salientar que esta ferramenta não só não substitui a intervenção humana, como exige ainda um *know-how* e um período de adaptação. São recomenda-se uma transição gradual entre Cenários. Isto é, a empresa deve ir incorporando de modo faseado este novo *software* até que este se torne suficientemente fiável e deverão ser feitos *back-ups* frequentemente de modo que nenhuma informação seja perdida.

A adaptação dos profissionais leva sempre algum tempo, no entanto o *Software X* é bastante intuitivo e oferece suporte documental e interativo para as suas principais

funcionalidades. A integração correta dos dados foi garantida durante a Fase de Verificação, a partir das inúmeras validações conduzidas. Finalmente, para responder à possível dependência do *Software X*, é possível regressar aos ficheiros de *RunOut*, se e quando for necessário. No entanto só se abandona totalmente o Cenário *AS-IS*, quando o Cenário *TO-BE* oferecer uma fiabilidade elevada.

CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões acerca do trabalho realizado. São igualmente identificadas as limitações relativas ao desenvolvimento desta dissertação, finalmente, sugeridos trabalhos futuros para dar continuidade à problemática abordada nesta dissertação.

5.1 Conclusão

As empresas que utilizam semicondutores como matéria-prima precisam de otimizar a gestão destes recursos nas suas CA. Deste modo, devem recorrer às novas tendências para apoio à GCA, como os APS (Fu et al., 2023). Estes são *softwares* que permitem criar opções de alocação, simular diferentes opções, e assim são capazes de apoiar os decisores e atenuar a complexidade nas indústrias dependentes de semicondutores.

A literatura reconhece a falta de desenvolvimento de estudos que explorem a implementação de APS em contexto empresarial e que verifiquem o impacto da indústria 4.0 nas CA, comparando o antes e o depois, e descrevendo os aspetos técnicos da implementação (Abdirad e Krishnan, 2021). Por este motivo, considerou-se importante o desenvolvimento de um estudo de caso, especialmente numa indústria dinâmica como a da indústria automóvel.

Mousavi et al. (2023) desenvolveram um método para ser incorporada num APS, com o objetivo de otimizar o processo de alocação de semicondutores, do ponto de vista dos seus produtores. No entanto, o ponto de vista do estudo de caso desenvolvido nesta dissertação é o de uma empresa do setor automóvel, consumidora de semicondutores que, quando a procura supera a oferta, necessita de os alocar pelas suas fábricas, produtos e clientes.

A dissertação foi realizada no âmbito de um estágio profissional, sendo por isso a EA o contexto deste estudo de caso. Recolheram-se dados de fontes primárias e completados com dados de fontes secundárias, que foram posteriormente analisados com recurso a uma *framework* (Figura 3.4).

O desenvolvimento de um estudo de caso no contexto de uma empresa fornecedora de componentes eletrônicos para fabricantes automóveis permitiu responder às duas questões de investigação, que eram objetivo desta dissertação.

A resposta à primeira questão de investigação, "Quais as motivações e barreiras da aquisição de um APS para a gestão de matéria-prima (semicondutores) no contexto do setor automóvel?" foi desenvolvida através do levantamento das motivações da EA para a implementação do *Software X* e do acompanhamento da implementação do *Software X*. No entanto esta questão de investigação foi somente parcialmente respondida, uma vez que foi conduzido um único estudo de caso, os seus resultados não podem ser generalizados. Apesar disto, outras empresas que reúnam as mesmas motivações podem possivelmente encontrar neste estudo de caso respostas aos seus desafios face a gestão de componentes semicondutores.

Ao descrever o Cenário *AS-IS* e ao entrevistar dois Alocadores, foi possível concluir que existia potencial para a sua otimização, quer na integração de dados, quer na análise a desenvolver para a identificação de situações de rotura. Assim, aferiu-se que as principais motivações da aquisição de um APS para apoiar a o processo de alocação de componentes semicondutores são:

- a redução de tarefas sem valor acrescentado e automatização de partes do processo;
- a possibilidade de explorar diferentes opções de alocação, considerando mais fatores, e de as comparar a partir dos KPIs definidos (presentes na Tabela 4.5), permitindo apoiar os decisores;
- a conectividade e centralização de todos os dados, anteriormente dispersos.

Quanto às barreiras sentidas aquando da implementação do *Software X*, estas passaram sobretudo pela exportação dos dados para o novo *software*, mas foi garantida a sua identificação e correção durante a fase Verificar. Posteriormente, prevê-se que a adaptação dos Alocadores ao novo método de trabalho será outra barreira a superar, que só será ultrapassada com a experiência.

A implementação do *Software X* não se encontrava concluída quando se terminou a recolha de dados. Uma vez concluída a implementação do *Software X* poder-se-á concluir acerca dos seus resultados na performance da CA, nomeadamente através dos KPIs sugeridos (CPD, *Fill Rate* e PL5). A medição destes KPIs poderá aprimorar a comparação entre os Cenários *AS-IS* e *TO-BE*.

Para responder à segunda questão de investigação, "Como assegurar o sucesso da passagem de um Cenário manual (*AS-IS*) de alocação de componentes semicondutores para

um Cenário automatizado (*TO-BE*), com recurso a um APS?", recorreu-se a um ciclo PDCA, integrado na *framework* (Figura 3.4), que permitiu estruturar e analisar os dados.

Assim definiram-se pontos críticos para o sucesso de transição entre cenários. Para a Fase de Planeamento é fundamental a definição dos objetivos estratégicos e do plano de ação para os atingir. De seguida, na Fase de Execução é desenvolvido um Cenário Intermédio, isto é, um Cenário *TO-BE* ainda provisório e devem definir-se os novos conceitos integrados neste cenário. Passando para a Fase de Verificação, as funcionalidades são testadas a partir de validações e corrigidas todas as falhas, quando identificadas. Finalmente, na Fase de Atuação comparam-se os cenários e verifica-se se os objetivos definidos no início foram atingidos.

A partir dos resultados anteriormente apresentados e da comparação feita entre os Cenários *AS-IS* e *TO-BE*, acredita-se ter provado a relevância da implementação de APS como *softwares* de apoio à GCA uma vez que automatizam processos, permitem a visualização e comparação de diferentes opções, simplificando a tarefa de decisão de profissionais que tenham de considerar inúmeros fatores e incertezas.

Apesar destes resultados serem válidos para componentes semicondutores, acredita-se que pode ser feita uma generalização para outras matérias-primas ou ainda para outras indústrias que utilizem semicondutores como matéria-prima.

Com este estudo acredita ter-se colmatado lacunas de investigação relativas à alocação de componentes nas indústrias transformadores de semicondutores e à implementação de APS e comparação dos cenários anteriores e posteriores à mesma. A GCA apoiada por *softwares* é um tópico com relevância, sobretudo com o desenvolvimento da inteligência artificial, pelo que o desenvolvimento de estudos acerca deste tópico é fundamental para o seu progresso.

5.2 Limitações e trabalhos futuros

O desenvolvimento da presente dissertação enfrentou algumas limitações.

Entre elas está a saída de vários profissionais da EA que dificultou não só a recolha de dados, como a progressão esperada para o projeto, contribuindo assim para o seu atraso. Este facto contribuiu para a limitação principal do estudo de caso: a implementação da *Software X* não estar concluída no período previsto e, deste modo, não ter sido possível recolher dados após a sua implementação estar finalizada. Por este motivo, não se pode concluir acerca da experiência dos Alocadores no Cenário *TO-BE*.

Como consequência do acima referido, não foi possível comparar os Cenários *AS-IS* e *TO-BE* senão qualitativamente, a nível das respetivas funcionalidades. Assim sendo, os

KPIs selecionados para os comparar, apesar de validados, não puderam ser medidos de modo a concluir acerca do efeito do recurso ao *Software X* na performance da CA.

Outra limitação desta dissertação foi o seu foco ser somente num tipo de componentes, os semicondutores, e num processo apenas, o da alocação. Apesar disto acredita-se que é possível fazer uma generalização para outros componentes. Outros processos poderão ser o foco em trabalhos futuros.

Apesar de não ter sido feito um estudo quanto ao efeito da implementação de um APS e do seu efeito na resiliência da CA, julga-se que seria um trabalho com relevância científica (El Baz e Ruel, 2021; Hosseini et al., 2019).

Uma vez que a *framework* utilizada para representar e estruturar a transição do Cenário *AS-IS*, para o Cenário *TO-BE* corresponde à aplicação de um ciclo PDCA e esta trata-se de uma ferramenta de melhoria contínua, é implícita a sua continuidade, isto é, a conclusão de um ciclo não significa só o seu fim, mas ainda o começo de um novo ciclo. Desde modo seria interessante voltar a aplicar esta *framework* quando ferramentas ainda mais sofisticadas, com recurso *Machine Learning*, por exemplo, se encontrem disponíveis.

Este estudo de caso cinge-se a um só caso, numa só empresa. Pensa-se que seria relevante um estudo similar que se focasse em mais do que um caso, para que fosse possível a comparação entre os múltiplos casos de estudo e ainda garantir a fiabilidade da metodologia. Poderia ainda ser interessante averiguar se há um efeito causal das características de cada empresa no sucesso da implementação de APS para gestão de componentes semicondutores.

Finalmente, não tendo sido possível recolher dados que permitissem comparar quantitativamente os dois Cenários *AS-IS* e *TO-BE*, julga-se que seriam relevantes estudos científicos nos quais se explorasse o efeito da implementação de APS quer na performance da CA, quer quanto à sua resiliência, a partir da medição de KPIs, imediatamente após a implementação e ainda o seu efeito no longo prazo. Assim sendo, propõem-se o desenvolvimento de um estudo longitudinal, para permitir acompanhar a implementação da ferramenta e para averiguar a tendência da performance da CA ao longo do tempo.

BIBLIOGRAFIA

- 10 most powerful ERP vendors today* | CIO. (2022). Consultado a 29 Junho, 2023, <https://www.cio.com/article/304902/10-most-powerful-erp-vendors-today.html>
- Automation of the Manufacturing Process Mapping in.pdf*. (2022). Consultado a 11 de Julho, 2023, <https://www.cal-tek.eu/proceedings/i3m/2022/mas/001/pdf.pdf>
- Abdirad, M., & Krishnan, K. (2021). Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *Engineering Management Journal*, 33(3), 187–201. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1783935>
- Alexander, A., Walker, H., & Naim, M. (2014). Decision theory in sustainable supply chain management: A literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(5/6), 504–522. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2014-0007>
- Arredondo, C. R., & Alfaro Tanco, J. A. (2021). Supply Chain Management: Some reflections to improve its influence in business strategy. *Innovar*, 31(81), 7–19. <https://doi.org/10.15446/innovar.v31n81.95568>
- Awudu, I., & Zhang, J. (2012). Uncertainties and sustainability concepts in biofuel supply chain management: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1359–1368. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.10.016>

- Ballou, D. P., & Pazer, H. L. (1985). Modeling Data and Process Quality in Multi-Input, Multi-Output Information Systems. *Management Science*, 31(2), 150–162.
- Ballou, R. H. (2007). The evolution and future of logistics and supply chain management. *European Business Review*, 19(4), 332–348. <https://doi.org/10.1108/09555340710760152>
- Bao, Z., Hashim, K. F., Almagrabi, A. O., & Hashim, H. B. (2023). Business intelligence impact on management accounting development given the role of mediation decision type and environment. *Information Processing and Management*, 60(4). <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2023.103380>
- Ben Naylor, J., Naim, M. M., & Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*, 62(1–2), 107–118. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00223-0)
- Binetti, G., Naso, D., & Turchiano, B. (2013). A decentralized allocation algorithm for distributed supply chains with critical tasks. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(9), 192–197. <https://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00096>
- Blake, R. H., & Mangiameli, P. (2008). *The effects and interactions of data quality and problem complexity on data mining*.
- Burkacky, O., Dragon, J., & Lehmann, N. (2022). *The semiconductor decade: A trillion-dollar industry*.
- Sahu, A. K., Vidyadhar, R. & Cheikhrouhou, N., (2022) – *Lean agile resilience green practices adoption challenges in sustainable agri-food supply*. <https://doi.org/10.1002/bse.3299>
- Camacho, Y. M., Davila, K. J., V. Flores, Y. A., & D. Del Rosario, J. A. (2022). *Linear programming model for the optimization of the biodiesel supply chain in the mindanao island of the philippines*. *Asean Engineering Journal*, 12(1). <https://doi.org/10.11113/aej.v12.16498>

- Cai, J., Liu, X., Xiao, Z., & Liu, J. (2009). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPIS accomplishment. *Decision Support Systems*, 46(2), 512–521. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.09.004>
- Calicchio Berardi, P., & Peregrino De Brito, R. (2021). Supply chain collaboration for a circular economy – From transition to continuous improvement. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129511. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129511>
- Carmakers Face \$61 Billion Sales Hit From Pandemic Chip Shortage*. (2021). Consultado a 2 de Setembro de 2023. *Bloomberg.Com*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-01-27/covid-pandemic-slows-down-chipmakers-causes-car-shortage>
- Carvalho, C., Duarte, S., & Machado, V. C. (2011). Lean, agile, resilient and green: divergencies and synergies. *International Journal Of Lean Six Sigma*. 2, 2, p. 151-179. <https://doi.org/10.1108/20401461111135037>
- Chae, B. K. (2009). Developing key performance indicators for supply chain: An industry perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(6), 422–428. <https://doi.org/10.1108/13598540910995192>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (5th ed). Pearson.
- Çıkmak, S., & Urgan, M. C. (2022). Supply chain risks and mitigation strategies in Turkey automotive industry: Findings from a mixed-method approach. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2060694>
- Cooper, P. (2017). Data, information, kledge and wisdom. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 18(1), 55–56. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2016.10.006>

- Dai, B., Chen, H., Li, Y., Zhang, Y., Wang, X., & Deng, Y. (2023). An alternating direction method of multipliers for optimizing (s, S) policies in a distribution system with joint replenishment volume constraints. *Omega*, 116, 102800. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102800>
- Daud, A., & Zailani, S. (2011). Lean Supply Chain Practices and Performance in the Context of Malaysia. In D. Onkal (Ed.), *Supply Chain Management – Pathways for Research and Practice*. InTech. <https://doi.org/10.5772/15947>
- Dell's digitized supply chain makes demand planning easier during chip shortage.* (2021). Supply Chain Dive. Consultado a 5 de Setembro de 2023, <https://www.supplychaindive.com/news/dell-digital-model-supply-chain-semiconductor-shortage/611203/>
- Dotoli, M., Fanti, M. P., Meloni, C., & Zhou, M. (2006). Design and optimization of integrated E-supply chain for agile and environmentally conscious manufacturing. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 36(1), 62–75. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2005.859189>
- El Baz, J., & Ruel, S. (2021). Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era. *International Journal of Production Economics*, 233, 107972. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107972>
- Elleuch, H., Dafaoui, E., El Mhamedi, A., & Chabchoub, H. (2016). A Quality Function Deployment approach for Production Resilience improvement in Supply Chain: Case of Agrifood Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 125–130. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.173>
- Fadhil Al-Maliki, A., & Habibnejad Korayem, M. (2023). Trajectory optimization of Biped Robots with Maximum Load Carrying Capacities: Iterative Linear Programming

- Approach. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 34(3).
<https://doi.org/10.22068/ijiepr.34.3.2>
- Fan, Y., & Stevenson, M. (2018). A review of supply chain risk management: Definition, theory, and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(3), 205–230. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0043>
- Fanti, M. P., Mangini, A. M., & Ukovich, W. (2012). A Distributed Consensus Algorithm for Task Allocation in Supply Chain Management. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(6), 566–571. <https://doi.org/10.3182/20120523-3-RO-2023.00085>
- Fawcett, S. E., & Magnan, G. M. (2002). The rhetoric and reality of supply chain integration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(5), 339–361. <https://doi.org/10.1108/09600030210436222>
- Fu, W., Jing, S., Liu, Q., & Zhang, H. (2023). Resilient Supply Chain Framework for Semiconductor Distribution and an Empirical Study of Demand Risk Inference. *Sustainability*, 15(9), 7382. <https://doi.org/10.3390/su15097382>
- Gabsi, S., Beroulle, V., Kieffer, Y., Dao, H. M., Kortli, Y., & Hamdi, B. (2021). Survey: Vulnerability analysis of low-cost ecc-based rfid protocols against wireless and side-channel attacks. *Sensors*, 21(17). Scopus. <https://doi.org/10.3390/s21175824>
- Gastelu, G., & Business, F. (2021). *General Motors revoking heated-seat option due to chip shortage*. <https://www.foxbusiness.com/lifestyle/general-motors-removing-heated-seat-option-chip-shortage>
- Goldbeck, N., Angeloudis, P., & Ochieng, W. (2020). Optimal supply chain resilience with consideration of failure propagation and repair logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 133, 101830. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.101830>

- Handfield, R., Yacura, J., Soundararajan, B., & Zhong, A. (2020). *4th Annual Data Quality & Governance Study 2020*.
- Haug, A., Stentoft, A. J., Zachariassen, F., & Schlichter, J. (2013). Master data quality barriers: An empirical investigation. *Industrial Management & Data Systems*, 113(2), 234–249. <https://doi.org/10.1108/02635571311303550>
- Hazen, B. T., Boone, C. A., Ezell, J. D., & Jones-Farmer, L. A. (2014). Data quality for data science, predictive analytics, and big data in supply chain management: An introduction to the problem and suggestions for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 154, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.04.018>
- Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk – Definition, measure and modeling. *Omega*, 52, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>
- Hosseini, S., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 285–307. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.03.001>
- How IoT Can Help Solve the Computer Chip Shortage | SupplyChainBrain*. (2021). Consultado a 5 de Setembro de 2023, <https://www.supplychainbrain.com/blogs/1-think-tank/post/33243-how-iot-can-help-solve-the-computer-chip-shortage>
- How to Start a Continuous Improvement Program: 6 Simple Steps for Your Supply Chain*. (2020). Consultado a 7 de Dezembro de 2023, <https://resources.coyote.com/source/continuous-improvement>
- Hyland, P. W., Soosay, C., & Sloan, T. R. (2003). Continuous improvement and learning in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(4), 316–335. <https://doi.org/10.1108/09600030310478793>

- Işık, Ö., Jones, M. C., & Sidorova, A. (2013). Business intelligence success: The roles of BI capabilities and decision environments. *Information & Management*, 50(1), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.im.2012.12.001>
- Industries. (2024). Logility. Consultado a 25 de Março de 2024. Industries | Logility
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>
- Krægpøth, T., Stentoft, J., & Jensen, J. K. (2017). Dynamic supply chain design: A Delphi study of drivers and barriers. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6846–6856. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1355122>
- Lambert, D. M. (2010). Supply Chain Management – Processes, Partnerships, Performance. In R. Schönberger & R. Elbert (Eds.), *Dimensionen der Logistik* (pp. 553–572). Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6515-8_29
- Leitao, P., Rodrigues, N., & Barbosa, J. (2015). What-if game simulation in agent-based strategic production planners. *2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2015.7301438>
- Li, X., Liu, D., Zhang, Z., Cheng, T., Liu, L., & Yuan, J. (2022). The impact of internal and external green supply chain management activities on performance improvement: Evidence from the automobile industry. *Heliyon*, 8(11), e11486. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11486>
- Lindahl, S. B., Babi, D. K., Gernaey, K. V., & Sin, G. (2023). Integrated capacity and production planning in the pharmaceutical supply chain: Framework and models. *Computers & Chemical Engineering*, 171, 108163. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2023.108163>

- MacCarthy, B. L., Blome, C., Olhager, J., Srari, J. S., & Zhao, X. (2016). Supply chain evolution – theory, concepts and science. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(12), 1696–1718. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2016-0080>
- Madhani, P. (2017). Agile, Adaptable, and Aligned Supply Chain: Enhancing Competitive Advantages.
- Masi, A., & Pero, M. (2023). Integrating Lean, Agile, Resilient and Green Supply Chain Management in Engineer-to-Order Contexts: Insights from Expert Interviews. In E. Alfnes, A. Romsdal, J. O. Strandhagen, G. Von Cieminski, & D. Romero (Eds.), *Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures* (Vol. 691, pp. 112–125). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43670-3_8
- Migalska, A., & Pawlus, W. (2020). Supply Chain optimization to Mitigate Electronic Components Shortage in Manufacturing of Telecommunications Network Equipment. *2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 474–479. <https://doi.org/10.1109/ISIE45063.2020.9152216>
- Mohammad, W., Elomri, A., & Kerbache, L. (2022). The Global Semiconductor Chip Shortage: Causes, Implications, and Potential Remedies. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 476–483. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.439>
- Mönch, L., Chien, C.-F., Dauzère-Pérès, S., Ehm, H., & Fowler, J. W. (2018). Modelling and analysis of semiconductor supply chains. *International Journal of Production Research*, 56(13), 4521–4523. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1464680>
- Mousavi, B. A., Heavey, C., Millauer, C., Tian, Z., & Ehm, H. (2023). Improvement of demand fulfillment in Advanced Planning System through decentralized decision support system. *Journal of Industrial Information Integration*, 100487. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100487>

- Nobil, A., & Gharaei, A. (2021). Facilitating Information Flow of Vendor Managed Inventory via the Integration of Electronic Data Interchange and Advanced Shipping Notice. *Journal of Applied Intelligent Systems and Information Sciences*, Online First. <https://doi.org/10.22034/jaisis.2021.319771.1039>
- Onkal, D. (2011). *Supply Chain Management: Pathways for Research and Practice*. BoD – Books on Demand.
- Pariazar, M., & Sir, M. Y. (2018). A multi-objective approach for supply chain design considering disruptions impacting supply availability and quality. *Computers & Industrial Engineering*, 121, 113–130. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.026>
- Peck, H. (2006). Reconciling supply chain vulnerability, risk and supply chain management. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 9(2), 127–142. <https://doi.org/10.1080/13675560600673578>
- Peters, J. (2021). *The global chip shortage is a nightmare before Christmas*. The Verge. <https://www.theverge.com/22777216/global-chip-supply-chain-shortage-holidays-christmas-shopping>
- Phadnis, S., & Joglekar, N. (2021). Configuring Supply Chain Dyads for Regulatory Disruptions: A Behavioral Study of Scenarios. *Production and Operations Management*, 30(4), 1014–1033. <https://doi.org/10.1111/poms.13290>
- Pournader, M., Ghaderi, H., Hassanzadegan, A., & Fahimnia, B. (2021). Artificial intelligence applications in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 241, 108250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108250>
- Powell, D., & Coughlan, P. (2020). Corporate Lean Programs: Practical Insights and Implications for Learning and Continuous Improvement. *Procedia CIRP*, 93, 820–825. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.072>

- Rahim, Md. A., Rahman, Md. A., Rahman, M. M., Asyhari, A. T., Bhuiyan, Md. Z. A., & Ramasamy, D. (2021). Evolution of IoT-enabled connectivity and applications in automotive industry: A review. *Vehicular Communications*, 27, 100285. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2020.100285>
- Ramezankhani, M. J., Torabi, S. A., & Vahidi, F. (2018). Supply chain performance measurement and evaluation: A mixed sustainability and resilience approach. *Computers & Industrial Engineering*, 126, 531–548. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.054>
- Ravi, S. (2019). *Semiconductor Demand Drivers Increase Across the Board in 2018*. Semiconductor Industry Association. <https://www.semiconductors.org/semiconductor-demand-drivers-increase-across-the-board-in-2018/>
- Ravi, S. (2021). *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era*. Semiconductor Industry Association. <https://www.semiconductors.org/strengthening-the-global-semiconductor-supply-chain-in-an-uncertain-era/>
- Rho, S., Lee, K., & Kim, S. H. (2015). Limited Catch-up in China's Semiconductor Industry: A Sectoral Innovation System Perspective. *Millennial Asia*, 6(2), 147–175. <https://doi.org/10.1177/0976399615590514>
- Rizwan, A., Karras, D. A., Kumar, J., Sánchez-Chero, M., Mogollón Taboada, M. M., & Altamirano, G. C. (2022). An Internet of Things (IoT) Based Block Chain Technology to Enhance the Quality of Supply Chain Management (SCM). *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/9679050>
- Rutner, S. M., Aviles, M., & Cox, S. (2012). Logistics evolution: A comparison of military and commercial logistics thought. *The International Journal of Logistics Management*, 23(1), 96–118. <https://doi.org/10.1108/09574091211226948>

- Schoemaker, P. J. H. (1993). Multiple scenario development: Its conceptual and behavioral foundation. *Strategic Management Journal*, 14(3), 193–213. <https://doi.org/10.1002/smj.4250140304>
- Semiconductor companies market share 2022*. (2022). Statista. Consultado a 5 de Julho, 2023, <https://www.statista.com/statistics/266143/global-market-share-of-leading-semiconductor-vendors/>
- Semiconductor Supply Chain Resiliency | Accenture*. (2021). Consultado a 8 de Agosto de 2023, <https://www.accenture.com/us-en/blogs/high-tech/chip-shortages-impact-for-supply-chain-resiliency>
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Simchi-Levi, D., Wang, H., & Wei, Y. (2018). Increasing Supply Chain Robustness through Process Flexibility and Inventory. *Production and Operations Management*, 27(8), 1476–1491. <https://doi.org/10.1111/poms.12887>
- Soto-Ferrari, M., Bhattacharyya, K., & Schikora, P. (2023). POST-BaLSTM: A Bagged LSTM forecasting ensemble embedded with a postponement framework to target the semiconductor shortage in the automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 185, 109602. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109602>
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning–basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, 163(3), 575–588. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.03.001>
- Stüve, D., Van Der Meer, R., Ali Agha, M. S., & Lütke Entrup, M. (2022). A systematic literature review of modelling approaches and implementation of enabling software for supply

- chain planning in the food industry. *Production & Manufacturing Research*, 10(1), 470–493. <https://doi.org/10.1080/21693277.2022.2091057>
- Sun, C., & Rose, T. (2015). Supply Chain Complexity in the Semiconductor Industry: Assessment from System View and the Impact of Changes. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1210–1215. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.249>
- Sunmola, F., & Burgess, P. (2023). Transparency by Design for Blockchain-Based Supply Chains. *Procedia Computer Science*, 217, 1256–1265. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.324>
- Turner, K., & Williams, G. (2005). Modelling complexity in the automotive industry supply chain. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(4), 447–458. <https://doi.org/10.1108/17410380510594525>
- van der Vorst, J. G. A. J., & Beulens, A. J. M. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(6), 409–430. <https://doi.org/10.1108/09600030210437951>
- Vieira, A. A. C., Figueira, J. R., & Fragoso, R. (2023). A multi-objective simulation-based decision support tool for wine supply chain design and risk management under sustainability goals. *Expert Systems with Applications*, 232, 120757. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120757>
- Vieira, J., Deschamps, F., & Valle, P. D. (2021). Advanced Planning and Scheduling (APS) Systems: A Systematic Literature Review. In L. Newnes, S. Lattanzio, B. R. Moser, J. Stjepandić, & N. Wognum (Eds.), *Advances in Transdisciplinary Engineering*. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ATDE210118>
- Voss, C., Tsikriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 195–219. <https://doi.org/10.1108/01443570210414329>

- Warth, J., Kaiser, G., & Kā, M. (2011). *The impact of data quality and analytical capabilities on planning performance: Insights from the automotive industry*.
- Watch: *Alleviating the Semiconductor Supply Shortage* | SupplyChainBrain. (2021). Consultado a 27 de Agosto de 2023, <https://www.supplychainbrain.com/articles/34006-watch-alleviating-the-semiconductor-supply-shortage>
- Welcome to Kinaxis (2023) Kinaxis. Consultado a 29 Julho de 2023, Supply chain management solutions for your industry | Kinaxis
- When the Chips are Down: Governments Move to Address Shortage. (2021). *Counterpoint Research*. <https://www.counterpointresearch.com/chips-governments-move-address-shortage/>
- Wong, C. W. Y., Lirn, T.-C., Yang, C.-C., & Shang, K.-C. (2020). Supply chain and external conditions under which supply chain resilience pays: An organizational information processing theorization. *International Journal of Production Economics*, 226, 107610. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107610>
- Yang, J., Xie, H., Yu, G., & Liu, M. (2021). Antecedents and consequences of supply chain risk management capabilities: An investigation in the post-coronavirus crisis. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1573–1585. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1856958>
- Yin, R. K. (1994). Discovering the future of the case study method in evaluation research. *Evaluation Practice*, 15(3), 283–290. [https://doi.org/10.1016/0886-1633\(94\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0886-1633(94)90023-X)
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE.
- Yu, Y., Wang, X., Zhong, R. Y., & Huang, G. Q. (2016). E-commerce Logistics in Supply Chain Management: Practice Perspective. *Procedia CIRP*, 52, 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.002>

- Zago, C. F., & Mesquita, M. A. D. (2015). Advanced Planning Systems (APS) for supply chain planning: a case study in dairy industry. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 12(2), 280. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2015.v12.n2.a8>
- Zhang, L., Jeong, D., & Lee, S. (2021). Data Quality Management in the Internet of Things. *Sensors*, 21(17), 5834. <https://doi.org/10.3390/s21175834>

ANEXOS

Exemplo situação de resolução de rotura no Cenário AS-IS

Serve este exemplo para facilitar a compreensão do processo descrito anteriormente.

Imaginemos que um Alocador se depara com a situação presente na Figura A.1, que diz respeito ao componente #51, fornecido pelo Fornecedor M.

Item	Dias de stock	Fábrica	Fornecedor	OEM	Fornecimento/Procura/Stock	Stock Inicial	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38
#51	OK	B	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	OK				Procura Total		3050	5700	0	0	2700	6960	7200	6874	6970	6830
#51	OK				Volume Alocado			5000					2500	12500		7500
#51	OK				Envios Confirmados (Em trânsito)	5000										
#51	OK				Nível de stock total	44050	41000	40300	40300	40300	37600	30640	25940	31566	24596	25266
#51	4	P	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	4				Procura Total		1150	0	0	5000	1150	1500	1800	3440	2000	2000
#51	4				Volume Alocado				2500						2500	
#51	4				Envios Confirmados (Em trânsito)											
#51	4				Nível de stock total	3850	2700	2700	5200	200	-950	-2450	-4250	-7690	-7190	-9190

Figura A.1 - Exemplo de um problema de alocação

A Fábrica B tem pelo menos 14 semanas de *stock* assegurado para o componente #51, o que se pode verificar pelo "OK" na coluna "Dias de Stock". Enquanto isto, a Fábrica P tem apenas cobertura para quatro semanas. Esta situação poderá implicar a paragem de produção e incumprimento de prazos estabelecidos com o Cliente T.

Com o objetivo de aumentar o período de cobertura e impedir o constrangimento da produção na Fábrica P irão ser descritos as seguintes opções de alocação, respeitando a lista de ações prioritárias definida pelos Alocadores em 3.2.5:

- Opção de Alocação 1 - Adiantamento de um fornecimento do Fornecedor M da semana 37 para a 33 na Fábrica P;
- Opção de Alocação 2 - Aumento da quantidade prometida pelo Fornecedor M para semana 31 na Fábrica P;
- Opção de Alocação 3 - Redistribuição do fornecimento da semana 30 inicialmente destinado à Fábrica B para a Fábrica P;
- Opção de Alocação 4 - Transferência interna de *stock* do componente da Fábrica B para a Fábrica P;
- Opção de Alocação 5 - Utilização de um componente alternativo ao componente #51;
- Opção de Alocação 6 - Fornecimento do componente #51 por um distribuidor.

Para facilitar, pintar-se-á a amarelo a/as célula que compõe/compõem as alterações.

Como descrito anteriormente, para evitar a rotura, o Alocador responsável pelo Fornecedor M irá reunir com o Fornecedor M e negociar uma de duas opções: que se antecipe o fornecimento previsto para a semana 37 para a semana 33 (Opção 1), ou que a quantidade fornecida na semana 31 seja superior às 2500 unidades acordadas (Opção 2). A primeira opção, apesar de aumentar a cobertura de *stock* em duas semanas na Fábrica P (de 4 para 6 semanas) não é suficiente para cobrir o período de 14 semanas, período estabelecido como seguro (Figura A.2).

Item	Dias de stock	Fábrica	Fornecedor	OEM	Fornecimento/Procura/Stock	Stock Inicial	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38
#51	OK	B	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	OK				Procura Total		3050	5700	0	0	2700	6960	7200	6874	6970	6830
#51	OK				Volume Alocado			5000					2500	12500		7500
#51	OK				Envios Confirmados (Em trânsito)	5000										
#51	OK				Nível de stock total	44050	41000	40300	40300	40300	37600	30640	25940	31566	24596	25266
#51	6	P	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	6				Procura Total		1150	0	0	5000	1150	1500	1800	3440	2000	2000
#51	6				Volume Alocado				2500		2500				0	
#51	6				Envios Confirmados (Em trânsito)											
#51	6				Nível de stock total	3850	2700	2700	5200	200	1550	50	-1750	-5190	-7190	-9190

Figura A.2- Opção de Alocação 1 - Adiantamento de um fornecimento

Por outro lado, se o Fornecedor M assegurar o envio de uma quantidade superior àquela anteriormente acordada, este componente pode deixar de ser um constrangimento na Fábrica P, como expresso no Opção 2 3 - Opção de Alocação 2 - Aumento da quantidade (Figura A.3).

Item	Dias de stock	Fábrica	Fornecedor	OEM	Fornecimento/Procura/Stock	Stock Inicial	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38
#51	OK	B	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	OK				Procura Total		3050	5700	0	0	2700	6960	7200	6874	6970	6830
#51	OK				Volume Alocado			5000					2500	12500		7500
#51	OK				Envios Confirmados (Em trânsito)	5000										
#51	OK				Nível de stock total	44050	41000	40300	40300	40300	37600	30640	25940	31566	24596	25266
#51	9	P	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	9				Procura Total		1150	0	0	5000	1150	1500	1800	3440	2000	2000
#51	9				Volume Alocado				10500						2500	
#51	9				Envios Confirmados (Em trânsito)											
#51	9				Nível de stock total	3850	2700	2700	13200	8200	7050	5550	3750	310	810	-1190

Figura A.3 - Opção de Alocação 2 - Aumento da quantidade prometida

Não sendo possível acordar nenhuma das duas opções anteriores com o Fornecedor M, o Alocador terá de tentar a ação seguinte (na lista de ações prioritárias). Essa solução é alterar o destino do pedido de 5 000 unidades do componente que destinado à Fábrica B para a Fábrica P (Figura A.4). Complementarmente ou alternativamente, o Alocador poderá solicitar o envio de certa quantidade do *stock* da Fábrica B, desde que não comprometa a sua produção, para a Fábrica P. Por exemplo, na Figura A.5, representa-se o envio de 10 000 peças, da Fábrica B para a P, na semana 33, podendo observar que esta transação solucionaria o constrangimento no horizonte observado. Nas opções 3 e 4 a quantidade total das encomendas foi transferida, mas existe também a hipótese de se enviar só parte da encomenda.

Item	Dias de stock	Fábrica	Fornecedor	OEM	Fornecimento/Procura/Stock	Stock Inicial	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38
#51	OK	B	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	OK				Procura Total		3050	5700	0	0	2700	6960	7200	6874	6970	6830
#51	OK				Volume Alocado			0					2500	12500		7500
#51	OK				Envios Confirmados (Em trânsito)	5000										
#51	OK				Nível de stock total	44050	41000	35300	35300	35300	32600	25640	20940	26566	19596	20266
#51	7	P	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	7				Procura Total		1150	0	0	5000	1150	1500	1800	3440	2000	2000
#51	7				Volume Alocado			5000	2500						2500	
#51	7				Envios Confirmados (Em trânsito)											
#51	7				Nível de stock total	3850	2700	7700	10200	5200	4050	2550	750	-2690	-2190	-4190

Figura A.4 - Opção de Alocação 3 - Redistribuição de quantidades fornecidas

Item	Dias de stock	Fábrica	Fornecedor	OEM	Fornecimento/Procura/Stock	Stock Inicial	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38
#51	OK	B	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	OK				Procura Total		3050	5700	0	0	2700	6960	7200	6874	6970	6830
#51	OK				Volume Alocado			5000			-10000		2500	12500		7500
#51	OK				Envios Confirmados (Em trânsito)	5000										
#51	OK				Nível de stock total	44050	41000	40300	40300	40300	27600	20640	15940	21566	14596	15266
#51	OK	P	M	T	Semana	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
#51	OK				Procura Total		1150	0	0	5000	1150	1500	1800	3440	2000	2000
#51	OK				Volume Alocado				2500		10000				2500	
#51	OK				Envios Confirmados (Em trânsito)											
#51	OK				Nível de stock total	3850	2700	2700	5200	200	9050	7550	5750	2310	2810	810

Figura A.5 - Opção de Alocação 4 - Transferência interna do componente

Depois de explorar todas as opções anteriormente descritas, se o Alocador concluir que nenhuma é possível de concretizar, este terá de procurar componentes alternativos ao componente denominado Item #51 (Opção de Alocação 5). Se já tiverem sido utilizados

componentes alternativos no passado, estes estarão identificados e será suficiente verificar se há *stock* desses componentes. No caso de ser a primeira vez que se procura esta solução, dever-se-á procurar junto dos fornecedores algum componente alternativo e solicitar uma amostra. Ao receber a amostra, terão de ser realizados testes por parte da equipa de engenharia da EA para assegurar que a função e qualidade do componente substituto igualam o substituído. Em caso positivo, poder-se-á realizar a encomenda da quantidade desejada.

Caso contrário, restará apenas uma solução ao Alocador: recorrer a um distribuidor (Opção de Alocação 6). Geralmente o preço da venda de um intermediário é superior ao preço exercido pelo fornecedor diretamente, uma vez que o lucro que os intermediários geram é a margem entre os preços de compra e venda dos componentes.

Com este exemplo pretendeu-se demonstrar as ações que os Alocadores devem seguir, sequencialmente, quando identificada uma situação de rotura.



2024 MATILDE V. SÁ IMPLEMENTAÇÃO DE UM APS PARA ALOCAÇÃO DE COMPONENTES SEMICONDUTORES