



Francisco Valente Sarmiento

Gestão de existências: modelo de revisão contínua em ambiente centralizado e descentralizado

Relatório de Estágio apresentado à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão

Julho de 2018



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FEUC FACULDADE DE ECONOMIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Francisco Valente Sarmiento

Gestão de existências: modelo de revisão contínua em ambiente centralizado e descentralizado

Relatório de Estágio apresentado à Faculdade de Economia da
Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão

Orientador Académico: Professora Doutora Joana Dias
Supervisor Profissional: Dina Andrade

Entidade de Acolhimento: *Visabeira Pro, S.A.*

Coimbra, Julho de 2018

Agradecimentos

Ao terminar mais uma etapa, e por esta representar o fim da minha vida académica, há contributos de natureza diversa que não podem deixar de ser referidos. Por esse facto, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

Começo por agradecer à minha orientadora Professora Doutora Joana Maria Pina Cabral Matos Dias pela disponibilidade demonstrada e por toda a ajuda na elaboração deste mesmo relatório. Agradeço também à minha orientadora Dina Andrade pelo acompanhamento e pela paciência que demonstrou perante as minhas questões ao longo do período de estágio. Aos meus colegas de estágio, em especial à Daniela Almeida, por toda a paciência e simpatia demonstrada.

À família de Gestão, ao Luís Paulo, ao Flávio José, ao Pedro Pintor, ao Ruben Fernandes, ao Pedro Goiana, à Ana Rita Querido e ao Guilherme Oliveira, agradeço-vos pela tolerância e companheirismo que tivemos ao longo destes mais de cinco anos. Mesmo sabendo que iríamos cometer uma loucura, nunca abandonavam e, pior que isso, concordavam sempre pois a “União” é palavra chave.

À família FEUC, ao Pedro Gouveia e ao Tiago Magueta, os presidentes de quase toda a FEUC, agradeço pela amizade, paciência e compreensão pois sei que não é fácil lidar com uma pessoa muito pouco flexível.

Aos meus pais pelo acompanhamento e pelas repreensões que me permitiram ganhar força para terminar as várias etapas académicas dentro do tempo desejável.

À minha irmã, a minha segunda mãe, obrigado pela paciência, pelas repreensões (muitas sem efeito), pelo acompanhamento e pela compreensão.

Muito Obrigado!

Resumo

O presente relatório é resultante do meu estágio enquadrado no plano curricular do Mestrado em Gestão da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Este estágio teve lugar no departamento de logística da empresa Visabeira-Pro-Estudos e Investimentos, S.A., entre o dia 5 de Fevereiro de 2018 e o dia 13 de Junho de 2018.

A gestão de existências procura definir políticas que permitam minimizar os custos totais de existências, tendo também em conta outros aspetos menos tangíveis que se relacionam com o nível de serviço prestado aos clientes. O principal objetivo da gestão de existências é encontrar um equilíbrio ótimo entre vários fatores que conflituem entre si.

Ao longo dos tempos foram desenvolvidos modelos de gestão de existências que tipicamente são divididos entre modelos estocásticos e modelos determinísticos, dependendo se consideram a procura como uma variável estocástica ou como sendo conhecida com total certeza. Também as políticas de gestão de existências de problemas logísticos de multilocalização podem ser divididas entre gestão de existências centralizada e gestão de existências descentralizada.

O presente trabalho inicia-se com uma revisão dos diferentes modelos de gestão de existências descritos na literatura e algumas abordagens no âmbito dos modelos de gestão multilocalização. Seguidamente apresenta-se a entidade de acolhimento, e faz-se uma descrição das tarefas desenvolvidas ao longo do período de estágio nesta entidade. Por fim, através de dados obtidos ao longo do período de estágio, apresenta-se uma aplicação de modelos de gestão de existências nomeadamente o modelo de revisão contínua com incerteza na procura e no *lead-time*. Pretende-se verificar se o tipo de gestão de existências centralizada é economicamente mais vantajosa, analisando cinco produtos com características diferentes.

Palavras-Chave: Gestão de Existências; *Stock* Revisão Contínua; Modelos de Gestão de *stocks*; Multilocalização.

Abstract

The present report is the result of my internship that is part of the curricular program of the Master in Management of the Economics Faculty of the University of Coimbra. This internship took place in the logistic department of *Visabeira – Pro – Estudos e Investimentos SA* between the 5th of February 2018 and the 13th of June 2018.

The stock management seeks to establish policies that allow to minimize the total inventory costs, also having in consideration other less tangible aspects that are related to the level of services provided to the customers. The main goal of inventory management is finding the optimal balance between the various conflicting factors.

Through the course of time, inventory management models have been divided between stochastic and deterministic models, depending on whether they consider the demand as a stochastic variable or as known values. Also, inventory management policies when there are several different locations can be divided between centralized inventory management and decentralized inventory management.

The present work begins with a review of the different inventory management models described in the literature and some approaches in the context of multilocalization. Subsequently the host entity is presented, and a description of the tasks developed along the internship period is made. Finally, an inventory management application considering a continuous review with uncertainty in demand and lead-time is described, using data that was gathered during the internship. The aim is to verify whether centralized inventory management, is economically more advantageous, analyzing five products with different characteristics.

Key-words: Inventory management; Stock; Continuous Revision; Management Inventory Models; Multilocalization.

Lista de Siglas e Abreviaturas

S.A. – Sociedade Anónima

ERP- *Enterprise Resource Planning*

EUA-Estados Unidos da América

WITP- *Warehouse-inventory-transportation problem*

ITP + WP- *Inventory-transportation problem + warehouse problem*

MRP- *Manufacturing Resource Planning*

JIT- *Just in Time*

PALOP- Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa

EBITDA- *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*

PEP- Plano de Estrutura do Projeto

ADOQ- *All-units discount order quantity*

IDOQ- *Incremental discount order quantity*

Lista de Figuras

Figura 1- Completa Descentralização	24
Figura 2- Centralização da negociação e uma descentralização das compras.....	24
Figura 3-Centralização das compras e um armazém central	24
Figura 4-Centralização das compras com uma distribuição de armazéns locais.	25
Figura 5 - Legenda	25

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Nível de existências em reposição instantânea.....	9
Gráfico 2 - Nível de Stock do modelo de reposição instantânea com rutura de stock..	11
Gráfico 3 - Posição e nível do stock no modelo de reposição instantânea sem rutura de stock.....	13

Lista de Tabelas

Tabela 1- Caracterização do produto Braço de Aço, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes	38
Tabela 2 - Caracterização do produto Cabo de Cobre, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes.....	39
Tabela 3 - Caracterização do produto Cabo Torçada, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes	39
<i>Tabela 4 - Caracterização do produto Gancho Roscado, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes</i>	<i>40</i>
Tabela 5 - Caracterização do produto Fita de Aço, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes	41
Tabela 6 - Datatable do Produto "Braço de Aço" referente à primeira hipótese testada	49
Tabela 7- Datatable do Produto "Braço de Aço" referente à segunda hipótese testada	50
Tabela 8 - Datatable do Produto "Cabo de Cobre" referente à primeira hipótese testada.....	51
Tabela 9- Datatable do Produto "Cabo de Cobre" referente à segunda hipótese testada	52
Tabela 10 - Datatable do Produto "Cabo Torçada" referente à primeira hipótese testada.....	53
Tabela 11 - Datatable do Produto "Cabo Torçada" referente à segunda hipótese testada	54

Tabela 12 - Datatable do Produto "Gancho Roscado" referente à primeira hipótese testada	55
Tabela 13 - Datatable do Produto "Gancho Roscado" referente à segunda hipótese testada	56
Tabela 14 - Datatable do Produto "Fita de Aço" referente à primeira hipótese testada	57
Tabela 15 - Datatable do Produto "Fita de Aço" referente à segunda hipótese testada	58

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	vi
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Gráficos	vii
Lista de Tabelas	vii
Introdução	1
1. Revisão Bibliográfica	3
1.1. Modelo de reposição instantânea sem rutura de <i>stock</i>.....	8
1.2. Incorporação do <i>Lead-Time</i>	10
1.3. Modelo de Reposição instantânea com rutura de <i>stock</i>.....	10
1.1.4. Modelo de reposição não instantânea sem rutura de <i>stock</i>	12
1.5. Modelos de incerteza na procura e no <i>lead-time</i>.....	14
1.5.1 Revisão contínua de existências: <i>stock</i> de Segurança	14
1.5.2. Ponto fixo de encomenda com custo de rutura conhecido	16
1.5.3. Revisão periódica ou cíclica: Posição máxima do <i>stock</i>	16
1.5.4. Coordenação de encomendas.....	17
1.6. Revisão contínua versus Revisão Periódica	17
1.7. Abordagens PULL e PUSH	19
1.8. Modelos de gestão de existências multilocalização	21
2. Apresentação da empresa acolhedora.....	29
3. Descrição das Tarefas.....	32
4. Análise Crítica	35
5. Aplicação de um modelo de gestão de <i>stocks</i> a dados reais	37
6. Conclusão	45
Referências Bibliográficas	47
Anexos	49

Introdução

A realização de um estágio curricular constitui uma opção do plano curricular do Mestrado em Gestão da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, cujo principal objetivo é o de promover a inserção dos alunos no mercado de trabalho, facilitando um contato direto entre os estudantes e a vida profissional.

O presente relatório de estágio é resultante do meu estágio curricular realizado na empresa Visabeira-Pro-Estudos e Investimentos, S.A. A Visabeira-Pro-Estudos e Investimentos, S.A é uma empresa do grupo Visabeira, cuja sede é situada em Viseu. O grupo Visabeira conta com mais de seis mil funcionários e opera nos mais variados mercados, estando presente em todos os continentes do mundo. O estágio teve como objetivo adquirir conhecimento sobre a dinâmica profissional e a realidade do mundo empresarial e, principalmente, sobre as suas atividades na área logística da indústria da eletricidade e da indústria do gás.

Neste estágio fui integrado na equipa do departamento logístico, e desempenhei atividades ao nível de gestão stocks, assim como acompanhamento da operação do negócio. Ao longo do decorrer do estágio, resultante do contacto com estas tarefas, foi-me possível perceber a importância para a organização do trabalho ali desenvolvido, pois a quantidade de operações analisadas e o valor associado a estas operações tornam estas tarefas muito relevantes para a organização. Assim sendo, surgiu a possibilidade de aprofundar os meus conhecimentos na área que integrava parte das minhas responsabilidades, a área de inventários, sendo a gestão de stocks o tema escolhido para o essencial do presente relatório.

Ao elaborar a pesquisa de bibliografia foram encontrados alguns modelos para se fazer a análise da política de gestão de *stocks* numa empresa. Dos modelos abordados foi adaptado o modelo que melhor se ajusta às características dos produtos e das empresas com que trabalhei ao longo do período de estágio.

O presente relatório divide-se em três secções essenciais. Na primeira secção irei apresentar alguma literatura referente aos modelos de gestão de existências e as políticas multilocalização. Seguidamente, no segundo capítulo, irei retratar a entidade

de acolhimento, explicar as tarefas desenvolvidas no estágio e, também, apresentar uma análise crítica da minha experiência vivenciada na entidade acolhedora. Na última secção formularei um estudo de caso, adotando um modelo de gestão de stocks e analisando a solução economicamente mais vantajosa colocando duas hipóteses em confronto, primeiro considerando apenas a existência de um armazém e a segunda hipótese considerando a existência de dois ou mais armazéns.

1. Revisão Bibliográfica

A gestão de existências é uma atividade essencial em qualquer organização e em qualquer setor de atividade. Existências são todas as matérias primas, matérias subsidiárias, mercadorias, produtos em vias de fabrico (semi-acabados) ou produtos acabados, que uma empresa detém em estado incompleto com expectável venda futura, uso ou transformação (Tersine, 1994). O controlo do movimento de materiais dos fornecedores até ao cliente ou ao consumidor é uma atividade essencial, pelo que o investimento em existências e, principalmente, na sua gestão, é muito significativo em qualquer empresa. As existências são também, usualmente, denominadas por *stock*, usando-se ao longo deste trabalho ambas as designações com significado equivalente.

A gestão de existências procura definir políticas que permitam minimizar os custos totais de existências, tendo também em conta outros aspetos menos tangíveis.

O principal objetivo da gestão de existências é encontrar um equilíbrio ótimo entre vários fatores que conflituam entre si. O primeiro fator que menciono é a manutenção do nível de existências o mais baixo possível, por forma a reduzir os custos de posse. O segundo fator que menciono é o aproveitamento de economias de escala nos lotes a encomendar, obtendo vantagens económicas tangíveis. Por fim, o último fator conflituante que menciono é a melhoria do serviço prestado aos clientes, colocando o nível de serviço ao cliente o mais elevado possível (Gomes & Lisboa, 2008). O nível de serviço é uma métrica (normalmente calculada como uma probabilidade) que pretende quantificar de que forma se está ou não a ser capaz de garantir que um determinado bem está disponível quando e na quantidade que o cliente quer (Costa, Dias, & Godinho, 2010). A manutenção de existências é muito importante para precaver e blindar a organização da incerteza inerente ao comportamento humano, quer do lado da procura (clientes), quer do lado da oferta (fornecedores) (Gomes & Lisboa, 2008).

No entanto, para além dos custos a suportar pela empresa, a manutenção de grandes níveis de existências pode ter efeitos pouco desejáveis para a mesma. Uma quantidade muito grande de existências acumuladas aumenta a probabilidade de

perda de qualidade dessas mesmas existências, quer por obsolescência, quer por danos criados pelo passar do tempo. É também provável que reduza a eficiência da gestão de existências efetuada, pois está sempre a contar-se que exista uma elevada quantidade de existências, não se sentindo necessidade de considerar e gerir o risco de custos de rutura para a empresa.

A manutenção das existências nos níveis mais baixos possíveis são uma vantagem competitiva para as organizações, principalmente a nível financeiro, pois aumenta a liquidez das mesmas. No entanto, diminui a capacidade da organização lidar com a imprevisibilidade, havendo uma permuta entre o custo de oportunidade do capital e a imprevisibilidade dos *stocks*.

A redução dos custos associados à gestão de existências é fundamental para a otimização da estrutura financeira de uma organização. Os custos associados à gestão de existências são, segundo (Costa, Dias, & Godinho, 2010), os seguintes:

- Custo de posse;
- Custo de encomendar;
- Custo de escassez ou de rutura.

Nos **custos de posse** são considerados o custo de oportunidade de capital e também custos associados à manutenção e conservação dos materiais em *stock*. O custo de compra e não-venda dos produtos é o principal fator ponderador para o cálculo deste valor.

Os **custos de encomendar** são custos fixos associados ao aprovisionamento, independentes da quantidade que se encomenda ou se recebe. Na ótica da produção, estes custos estão geralmente coligados a custos de preparação e a possíveis custos de aprendizagem.

Um item é solicitado por um cliente e, caso este item não possa ser entregue no prazo estabelecido, estamos a suportar **custos de rutura** associados a este tipo de produto.

Os **custos de rutura** podem ser custos tangíveis, tais como custos administrativos, e/ou custos intangíveis relacionados com o deterioramento da relação

com os clientes, sendo este último custo mais sentido a médio/longo prazo e mais difícil de quantificar.

Em caso de rutura, existem duas situações distintas: ou o cliente espera pela entrega do item que solicitou, criando uma *backorder*, ou o cliente não espera, procurando o produto noutra fornecedor ou procurando um produto substituto para o item.

Os custos intangíveis associados aos custos de rutura são os mais complexos de sanar pois têm um impacto muito elevado na relação com os clientes sendo muito difícil ressarcir o cliente desse dano.

Segundo (Costa, Dias, & Godinho, 2010) existem duas decisões a tomar numa política de aprovisionamento, a quantidade a encomendar e o período em que se faz essa mesma encomenda. Estas decisões devem ter como base três questões essenciais: as quantidades existentes em *stock*, a procura estimada ou antecipada e, muito importante, os diferentes tipos de custos relevantes.

Uma política de aprovisionamento pretende encontrar soluções que minimizem o custo total e que garantam a satisfação do cliente. Não se pode cingir ao que existe em *stock* físico, é fundamental considerar o *stock* em trânsito e os pedidos de clientes ainda não satisfeitos (*backorders*). O nível de existências é considerado normalmente como o *stock* disponível em armazém, no entanto, dependendo da informação disponível é necessário ter em conta as *backorders* (encomendas ainda não entregues aos clientes).

A utilização de métodos e modelos rigorosos são uma mais valia na gestão de existências, recorrendo mais recentemente à tecnologia de modo a limitar o fator humano e o erro consequente do mesmo.

Um software ERP (*Enterprise Resource Planning*) é uma plataforma que integra todos os dados e transações num só sistema. Uma só plataforma aglomera todos os departamentos facilitando a troca de informação entre toda a organização, o que pode ajudar na gestão de *stocks* de uma organização.

O sistema de gestão de inventários integrado, recorrendo a um ERP, tem um impacto muito importante no melhoramento da gestão de *stocks*. (Nenes,

Panagiotidou, & Tagaras, 2010), apresentam como exemplo a implementação de um sistema de ERP na empresa grega RODA, que gere múltiplos itens em *stock*, e que obteve resultados muito encorajadores (Nenes, Panagiotidou, & Tagaras, 2010). O sistema de gestão de inventário utilizado permitiu racionalizar os seus procedimentos de aquisição e gerir o seu *stock* de uma forma mais sistemática, objetiva e transparente. O *stock* médio diminuiu 8% após um ano de implementação do ERP sem qualquer prejuízo do nível de serviço. Os custos de transporte representavam 7 % dos custos totais e foram reduzidos para 5,2%, após esse mesmo ano de implementação. Os números de pedidos de encomendas não planeadas reduziram 22%, passando de 18 pedidos por mês, em média, para 14, passado o ano de implementação. A satisfação dos clientes, medida numa escala que vai de -2 (mau) a +2 (ótimo), aumentou de uma média de 1,36 para 1,7, após o ano de utilização do ERP (Nenes et al., 2010). Em suma, podemos verificar que com a utilização do sistema de inventários, a empresa estudada, RODA, melhorou todos os parâmetros na gestão dos *stocks*, quer a montante, tendo menores custos, quer a jusante, melhorando a sua relação com os seus clientes.

A gestão de existências é um problema diretamente relacionado com a gestão do armazenamento. As principais funções do armazenamento são a receção, o controlo da qualidade, a separação, classificação, embalagem e expedição. Para realizar essas funções, é essencial tomar decisões de maneira eficaz em relação ao projeto e às operações do armazém. Essas decisões têm um impacto significativo na produtividade e no custo do armazém e afetam outras decisões da cadeia de distribuição, como inventário e transporte (Sainathuni, Parikh, Zhang, & Kong, 2014). O estudo levado a cabo por estes autores foi elaborado com base numa cadeia de fornecimento de vestuário localizada nos EUA. Essa cadeia de fornecimento faz a sua distribuição aos consumidores por meio de canais de retalhistas e comércio eletrónico. O seu armazém, o único da cadeia de distribuição, gere um fluxo de 6500 a 8000 produtos fornecidos por mais de 100 fornecedores nacionais e estrangeiros, além de reabastecer mais de 300 lojas de revendedores. Embora este depósito sirva como um *hub* na cadeia de distribuição, ele opera de maneira reativa, ou seja, os planos de

armazenamento e transporte são determinados à priori e os planos de armazenamento são determinados posteriormente (Sainathuni et al., 2014).

O WITP (*warehouse-inventory-transportation problem*) destina-se a determinar a distribuição ideal de produtos dos fornecedores para as lojas, através de um armazém com o objetivo de minimizar o custo total de distribuição. Um problema de planeamento de distribuição é normalmente definido como a determinação da quantidade e do esquema de remessas de entrada (do fornecedor para o depósito) e remessas de saída (do depósito para as lojas), juntamente com os níveis de existências no armazém e nas lojas. Enquanto que um problema WITP equaciona o armazenamento e o transporte de existências de forma simultânea, um problema ITP + WP (*inventory-transportation problem + warehouse problem*) equaciona primeiramente a questão do transporte do *stock* e posteriormente a questão do armazenamento, de forma sequencial (Sainathuni et al., 2014). O plano ideal de WITP (armazenamento e transporte de inventário) resulta num menor custo total de distribuição e numa menor variância de carga de trabalho, em comparação com o plano ideal gerado pela abordagem sequencial de transporte de inventário e problema de armazenamento (ITP + WP). O efeito da força de trabalho do armazém resulta na tendência das remessas de entrada serem consolidadas com menor frequência e o *stock* poder ser reajustado para reduzir o custo total de distribuição (Sainathuni et al., 2014).

A configuração (*layout*) do corredor de armazenamento é relevante na gestão do inventário. Ao considerar o problema de armazenamento e transporte do inventário (WITP) é mais benéfico adotar corredores mais estreitos em detrimento de corredores mais largos. O perigo de bloqueio é tipicamente maior em corredores estreitos, o que aumenta o número necessário de trabalhadores permanentes e/ou temporários, aumentando assim a contribuição do custo do armazém na função objetivo. Consequentemente, menos remessas se consolidam e a carga de trabalho é distribuída mais uniformemente em armazéns de corredor estreito (Sainathuni et al., 2014).

Ao longo da história foram-se desenvolvendo modelos de gestão de *stocks* de modo a balizar o melhor possível o comportamento da gestão ao nível das existências.

Os modelos desenvolvidos podem distinguir-se tendo em conta os pressupostos que assumem. Considerando, por exemplo, o comportamento da procura, há modelos que assumem que a procura é conhecida (modelos determinísticos), enquanto que outros assumem explicitamente a incerteza que lhe está associada, interpretando a procura como uma variável estocástica (modelos estocásticos).

Ir-se-ão agora descrever alguns modelos clássicos de gestão de existências, começando pelos modelos deterministas. Esta descrição segue de perto (Costa, Dias, & Godinho, 2010).

Os modelos deterministas assumem algumas simplificações de modo a fornecer modelos de mais fácil aplicação. A procura e o *lead-time* são assumidos como constantes. No entanto, se a definição do *lead-time* como constante é bem aceite, devido à grande facilidade de transporte e à tecnologia desenvolvida nesta área, o mesmo não sucede com a procura. Considerar que se conhece, com total certeza, a procura é um pressuposto que é considerado irrealista (na maioria dos casos de aplicação). Todavia, os modelos que derivam deste pressuposto são de grande utilidade, pois permitem boas aproximações a casos em que a procura tem uma incerteza muito baixa (Costa, Dias, & Godinho, 2010).

1.1. Modelo de reposição instantânea sem rutura de *stock*

Este modelo de reposição instantânea não tolera ruturas de *stock*, ou seja, não prevê situações em que os pedidos dos clientes não sejam satisfeitos por não existir quantidade suficiente de *stock* para os satisfazer. Os custos de posse e de encomenda são constantes, bem como a procura. Considera-se também que todas mercadorias de um lote encomendado serão entregues ao mesmo tempo. O lote encomendado é entregue precisamente quando o lote anterior se esgotou. O objetivo deste modelo é determinar a quantidade ótima a encomendar que respeite um equilíbrio entre o custo de posse e o custo de encomendar, de forma a minimizar o custo total.

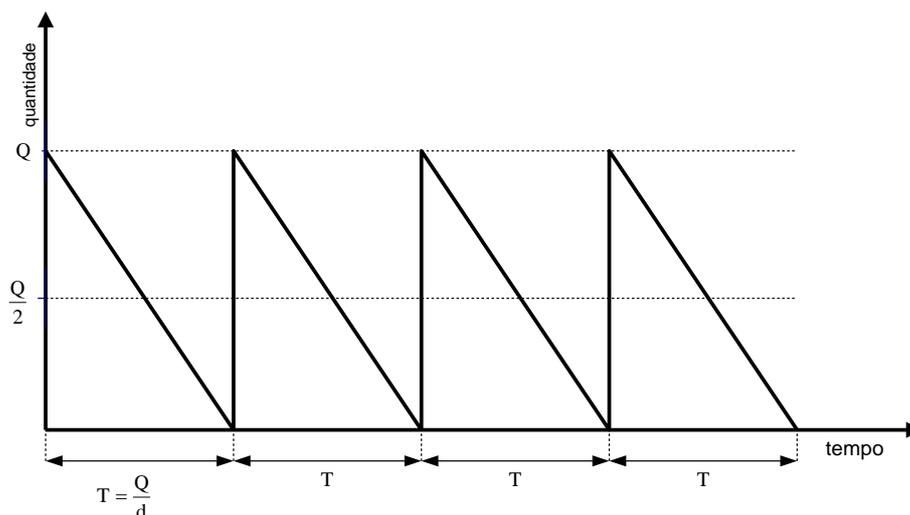


Gráfico 1 - Nível de existências em reposição instantânea

Fonte: (Logística, Costa et al., pág.25, 2010)

O custo de posse é calculado através do custo de posse por unidade (h), quantidade a encomendar (Q) e o intervalo de tempo entre as encomendas (T).
Através da seguinte fórmula:

$$\text{Custo de posse} = h \frac{Q}{2} T$$

O custo anual de compra é calculado recorrendo à multiplicação entre o custo de aquisição (e) e a quantidade a encomendar (Q).

Custo anual total = Custo anual de compra (eQ) + Custo anual de encomendas (A) +
custo anual de posse

$$\text{Custo Total} = A + eQ + h \frac{Q}{2} T$$

O custo mínimo é obtido se se encomendar de cada vez uma quantidade denominada de lote económico (Q^*).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Ad}{h}}$$

E assim o custo mínimo é calculado por:

$$C = \sqrt{2Adh} + ed$$

1.2. Incorporação do *Lead-Time*

O *lead-time* (L) é o período de tempo entre o momento em que é efetuada a encomenda e o momento em que o material é entregue nas instalações da organização. No modelo acima descrito assumiu-se que o *Lead-Time* não existia, ou seja, $L=0$. No entanto, é necessário também estudar como se formula o modelo se $L>0$, ou seja, incorporar a presença de *Lead-Time*.

Se L for constante tem que se encomendar L unidades de tempo antes do nível de *stock* ser zero, a quantidade Q^* .

$R = dL$, posição de *stock* em que se executa a encomenda, ponto fixo de encomenda.

Caso $L>T$, quando se satisfaz uma encomenda existem já m encomendas realizadas que ainda não foram satisfeitas.

$$m = \text{parte inteira de } \frac{L}{T}$$

1.3. Modelo de Reposição instantânea com rutura de *stock*

Este modelo de reposição instantânea tolera ruturas de *stock*, ou seja, permite que alguns produtos sejam entregues após terem sido solicitados. Há um custo inerente à rutura de *stock*, que ocorre sempre que o nível de *stock* é negativo. O custo de rutura de *stock* tem características muito semelhantes às do custo de posse, pois o custo de posse está presente quando o nível de *stock* é positivo, havendo a necessidade de encontrar o equilíbrio entre estes dois custos.

O objetivo deste modelo é determinar o valor da quantidade do lote a encomendar e da fração da procura em que é possível estar em rutura de *stock*, minimizando o custo total.

Na formulação deste modelo são introduzidos novos parâmetros, pelos pressupostos assumidos pelo modelo, nomeadamente o custo de rutura (r), e a fração da procura em que é possível a ocorrência de rutura (x). Será ainda necessário distinguir entre o intervalo de tempo em que há rutura (T_2) e o intervalo de tempo em que não ocorre rutura (T_1), sendo que $T=T_1+T_2$.

Na seguinte representação gráfica visualizamos o nível de *stock* quando se considera reposição instantânea com rutura de *stock*.

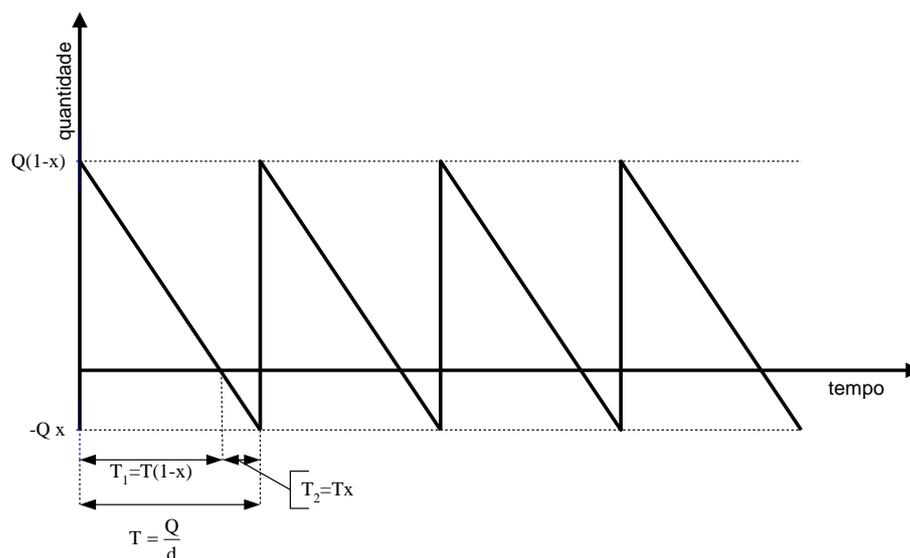


Gráfico 2 - Nível de Stock do modelo de reposição instantânea com rutura de *stock*

Fonte: (Logística (Costa, Dias, & Godinho, 2010), pág. 33, 2010).

Neste modelo o cálculo do nível máximo de *stock* é dado por:

$$\text{Nível máximo de stock} = Q(1-x)$$

O nível de *stock* médio durante $T=T_1+T_2$ é dado por:

$$\frac{Q(1-x)^2}{2}$$

Caso ocorra rutura, o nível médio do *stock* em rutura é dado pela seguinte expressão:

$$\text{Nível médio de stock} = \frac{Qx^2}{2}$$

O objetivo do modelo é obter a quantidade ótima a encomendar (Q) que é calculada através da seguinte equação:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Ad(h+r)}{hr}}$$

Para obter o custo mínimo, temos:

$$C^* = \sqrt{\frac{2Adhr}{h+r}} + ed$$

Em relação ao modelo sem rutura, apenas o custo de rutura é introduzido nesta equação.

1.1.4. Modelo de reposição não instantânea sem rutura de stock

Neste modelo os itens da encomenda não são todos entregues ao mesmo tempo, mas são antes entregues de forma continuada, a um determinado ritmo constante. A entrega é, assim, realizada de forma contínua, mas não toda de uma só vez. Um exemplo de aplicação deste modelo é quando os itens encomendados não se encontram no depósito do fornecedor, mas são fabricados e fornecidos a uma taxa constante, à medida que vão sendo produzidos. A taxa de produção (P) deverá ser mais elevada do que a procura por unidade de tempo ($P > d$).

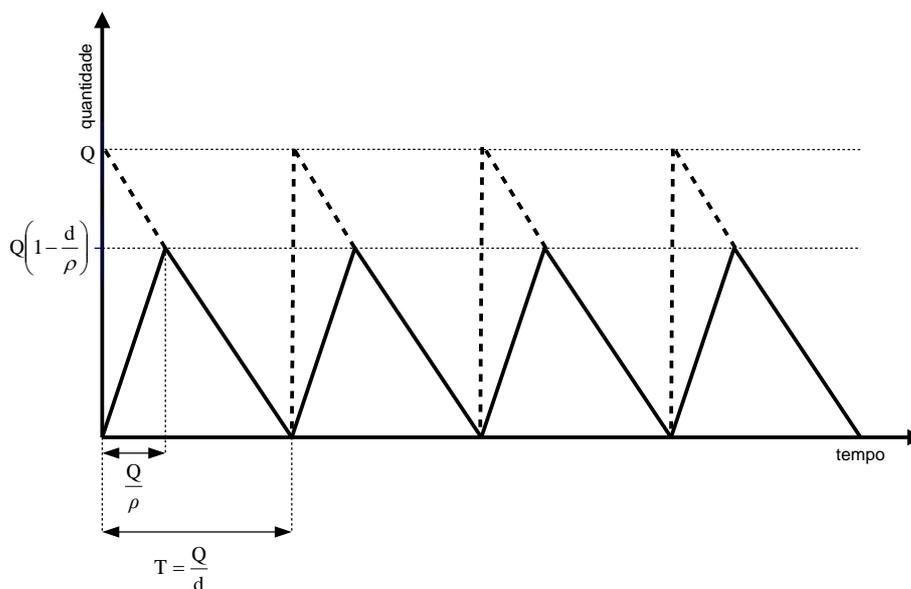


Gráfico 3 - Posição e nível do stock no modelo de reposição instantânea sem rutura de stock

Fonte: (Logística, (Costa, Dias, & Godinho, 2010),pág. 39, 2010).

A taxa de aumento do *stock*, a multiplicar pelo intervalo de tempo em que este aumento ocorre, representa o nível máximo de *stock* atingido neste modelo, como podemos verificar no gráfico 3.

$$\text{Nível máximo de stock} = Q\left(1 - \frac{d}{P}\right)$$

O lote económico a utilizar neste modelo é dado, por:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Ad}{h\left(1 - \frac{d}{P}\right)}}$$

Se a taxa de produção e entrega (P) tenderem para o infinito, ficamos perante um caso de reposição instantânea.

1.5. Modelos de incerteza na procura e no *lead-time*

1.5.1 Revisão contínua de existências: *stock* de Segurança

O *stock* de segurança é uma reserva que se constitui para fazer face a situações de difícil previsão, como por exemplo, a flutuação da procura, a incerteza na oferta e no tempo de entrega pelos fornecedores. Sem este *stock* de segurança, o risco de rutura de *stocks* para fornecimento dos clientes ou para o processo produtivo aumenta, o que representará perdas financeiras e perdas em termos de imagem comercial. A manutenção do *stock* de segurança também tem custos e inconvenientes, entre os quais a ocupação de espaço de armazenagem, a necessidade de imobilização de capital para investimento em *stocks* e ainda a possibilidade de imparidades nos *stocks*. O período de *lead-time* cria a possibilidade da procura exceder o número de itens que estão em *stock*, uma boa definição do ponto fixo de encomenda permite um melhor controlo da possibilidade de rutura. Utilize-se o pressuposto de que a procura segue uma distribuição normal de média d e desvio padrão S_d . Então, a média da procura durante o *lead-time* é dada por $d' = Ld$.

Caso o *lead-time* seja constante, apenas tem de se considerar a incerteza na procura (S'_d).

$$S'_d = S_d \sqrt{L}$$

Assumindo que o *lead-time* também segue uma distribuição normal, de média L e desvio padrão S_l , e ainda que o *lead-time* é independente da procura.

$$S'_d = \sqrt{L(S_d)^2 + d^2(S_l)^2}$$

Para determinar a quantidade a encomendar Q^* e o ponto fixo de encomenda R , utiliza-se uma aproximação em que se determina primeiro Q^* através de um

modelo determinista adequado e posteriormente determina-se o ponto de fixo de encomenda.

$$R = d' + zS'_d$$

O *stock* de segurança é representado pela parcela zS'_d , sendo que z representa o parâmetro da distribuição normal standard e está relacionado com a probabilidade de rutura durante o *lead-time*.

O nível médio de existências é calculado através da média das existências adicionando o *stock* de segurança, traduzindo-se na seguinte equação:

$$\text{Nível médio de existências} = \frac{Q^*}{2} + zS'_d$$

$G(z)$ é a função de perda unitária da distribuição normal standard e representa o número esperado de unidades em rutura de *stock* ou em falta durante o *lead-time*.

O custo total é calculado através da soma dos custos de posse, dos custos de rutura e dos custos de aquisição.

$$C = A \frac{d}{Q} + ed + h \frac{Q}{2} + hzS'_d + \frac{d}{Q} r_1 S'_d G(z)$$

Nível de serviço refere-se a todo o período, mesmo quando não há rutura de *stock*.

$$\text{Nível de serviço} = 1 - \frac{S'_d G(z)}{Q}$$

1.5.2. Ponto fixo de encomenda com custo de rutura conhecido

Caso os custos de rutura sejam conhecidos, pode-se determinar o ponto de encomenda através de um equilíbrio. A probabilidade de rutura acaba por ser consequência deste mesmo equilíbrio. Derivando do custo total e da equação do ponto fixo de encomenda, do modelo anteriormente apresentado, tem-se que:

$$c = A \frac{d}{Q} + ed + h \frac{Q}{2} + h(R - d') + \frac{d}{Q} r_1 S'_d G\left(\frac{R - d'}{S'_d}\right)$$

A quantidade ótima a encomendar neste modelo é a seguinte:

$$Q = \sqrt{\frac{2d(A + r_1 S'_d G(z))}{h}}$$

1.5.3. Revisão periódica ou cíclica: Posição máxima do stock

Neste sistema de gestão de existências as encomendas são emitidas em intervalos de tempo predeterminados. Este modelo pretende determinar a posição máxima do stock, S , e o intervalo entre encomendas, T . O mais importante é determinar o stock de segurança necessário para um determinado nível de serviço pretendido. A posição máxima do stock é dada por:

$$S^* = d(T^* + L) + S'_d z$$

No caso de revisão cíclica o desvio padrão relevante da procura não é apenas durante o *lead-time*, mas durante o intervalo de tempo T^*+L .

$$S'_d = \sqrt{(T^* + L)(s_d)^2 + d^2(s_l)^2}$$

O nível médio de existências e o nível de serviço neste modelo são calculados através da aproximação das fórmulas de cálculo determinadas no modelo anteriormente retratado.

1.5.4. Coordenação de encomendas

O modelo de coordenação de encomendas permite criar sinergias que possibilitam a poupança em alguns custos, como os custos de encomenda, custos administrativos, e custos de aquisição utilizando os descontos de quantidade. Este modelo carece de um tempo de ciclo comum dos itens a coordenar, por forma a obter, ainda que aproximado, o custo mínimo.

Os custos totais são equivalentes aos custos do modelo anterior, e tendo em conta a seguinte igualdade, $T = \frac{Q}{d}$, a equação pode ser definida por:

$$c = A \frac{1}{T} + ed + h \frac{Td}{2} + hzs'_d + \frac{1}{T} r_1 s'_d G(z)$$

Através da equação acima descrita obtém-se a equação que traduz o intervalo de tempos entre a coordenação das encomendas.

$$T^* = \sqrt{\frac{2(O + \sum A_i)}{\sum h_i d_i}}$$

A posição máxima do *stock* pode ser determinada pela expressão expressa no modelo anteriormente retratado. O nível médio de existências e o nível de serviço podem ser determinados aproximadamente utilizando as fórmulas equivalentes do modelo de revisão contínua com *stock* de segurança, tendo em conta a seguinte equação:

$$Q_i^* = d_i T^*$$

1.6. Revisão contínua versus Revisão Periódica

O sistema de revisão contínua de existências consiste num controlo de inventário em que a posição do *stock* é monitorizada continuamente e, quando, atinge

um limite mínimo definido, emite-se uma ordem de encomenda. A consideração de um *stock* de segurança, mantido para assegurar as oscilações da procura, é uma das vantagens da utilização do sistema de revisão contínua, pois a monitorização contínua permite que apenas seja necessário prevenir a oscilação da procura no período de tempo entre a ordem de encomenda e a receção da mercadoria (*Lead-Time*), o que leva a menores níveis de *stock* quando comparado com outros modelos de gestão de *stocks* (Costa, Dias, & Godinho, 2010).

O sistema de revisão periódica consiste em monitorizar o nível das existências apenas em momentos pré-definidos. Nesses momentos, compara-se o nível das existências com um determinado limiar pré-definido, e emite-se uma ordem de encomenda correspondente à diferença entre esses valores. Com a monitorização periódica é imperioso assegurar as oscilações na procura num intervalo de tempo maior, pois é também necessário assegurar as oscilações da procura no intervalo de tempo entre as monitorizações. A revisão periódica agiliza a coordenação de encomendas de vários produtos com características diferentes a um mesmo fornecedor (Costa, Dias, & Godinho, 2010).

Na eventualidade de não ser possível fazer a monitorização constante do nível de existências, por ausência de ferramentas informáticas disponíveis para o efeito, a implementação deste sistema é mais simples do que a implementação do sistema anterior e, por isso, implica também menores custos (Costa, Dias, & Godinho, 2010). Hoje em dia, fazer a monitorização constante dos níveis de *stock* não traz, na maior parte das situações, custos acrescidos. Caso o período entre as monitorizações periódicas seja muito reduzido, o sistema tende a aproximar-se do sistema contínuo, sendo de revisões periódicas. Geralmente verifica-se a utilização do sistema de revisão periódica para produtos com baixa procura ou de baixa rotatividade e também a utilização do sistema de revisão contínua para produtos de grande procura ou elevada rotatividade (Costa, Dias, & Godinho, 2010).

1.7. Abordagens PULL e PUSH

Existem duas abordagens fundamentais para mover o *stock* ao longo da cadeia logística, a abordagem PUSH e a abordagem PULL. No sistema PUSH o planeamento é feito tendo como base a capacidade produtiva e a expectável procura. O produto, durante o seu processo produtivo, é sujeito a uma sequência de operações. Quando termina uma operação é empurrado para a operação seguinte, independentemente de haver ou não necessidade da sua produção (Nahmias & Olsen, 2015).

Um sistema PUSH permite uma maior capacidade de reagir às mudanças na procura, já que as previsões da procura são incorporadas no sistema, dando uma estabilidade produtiva maior à produção da empresa. O sistema PUSH permite um planeamento a longo prazo, transversal a todos os níveis produtivos, visto que tendencialmente existe uma menor oscilação da produção (Nahmias & Olsen, 2015).

O modelo MRP, Planeamento de Necessidades de Materiais, é um sistema PUSH. O MRP baseia-se na entrada de previsões de vendas pelos departamentos de Vendas e Marketing. Um MRP trata principalmente dos materiais do processo de fabricação (Nahmias et al., 2015). Um MRP, Planeamento de Necessidades de Materiais, é uma estratégia de integração incremental de informações de processos do negócio que são implementadas utilizando software ligado a uma base de dados central que armazena e disponibiliza dados e informações do negócio. Os sistemas de computação integrados conseguem anular as principais desvantagens dos sistemas de informação baseados em papel e sistemas de computação não integrados, a ausência de dados ou dados redundantes, resultando em resultados baseados em dados menos corretos. O MRP é um sistema que precedeu ao ERP na utilização de um software integrado para auxiliar na gestão das organizações (Nahmias & Olsen, 2015)).

No sistema PULL os produtos são movidos do processo produtivo apenas quando requisitado. Para fazer isso, os itens só são movidos quando solicitados pelo próximo nível superior no processo de produção.

O sistema PULL leva a uma redução dos custos e desperdícios do inventário, visto que a produção é comandada pelo cliente, logo reduz os custos de manutenção de *stock*. Garante um processo produtivo com maior qualidade conseguindo uma

identificação rápida de problemas de qualidade. Neste sistema objetiva-se a redução do tamanho dos lotes ao mínimo para eliminar desperdícios e acumulações desnecessárias de *stock*. A produção necessita de se organizar de forma mais ágil, pois a mudança de planos produtivos é mais frequente (Nahmias & Olsen, 2015).

O sistema *Just in time* é um modelo PULL que determina que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado no momento exato em que é necessário. O sistema *Just in Time* (JIT) permite reduzir *stocks* e os custos decorrentes do processo de produção. A redução do número de fornecedores para o mínimo possível é um dos fatores que mais contribui para alcançar os potenciais benefícios na utilização deste sistema. O próprio conceito do termo é relacionado com a produção ser despoletada pela procura, onde primeiramente se vende o produto para depois se comprar a matéria-prima e só depois se iniciar o processo de produção. O *stock* é mínimo e suficiente para poucas horas de produção. No entanto, é necessário que os fornecedores consigam fazer entregas de pequenos lotes na frequência desejada (Nahmias & Olsen, 2015).

O *Just in time* é utilizado em muitas indústrias, em especial na indústria automóvel, como por exemplo no sistema Toyota de produção, onde foi desenvolvida a metodologia *Kanban*. O sistema *Kanban* foi inicialmente aplicado em empresas japonesas de produção em série e está estreitamente ligado ao conceito de “*just in time*”. A empresa japonesa de automóveis Toyota foi a responsável pela introdução desse método devido à necessidade de manter um eficaz funcionamento do sistema de produção em série. O sistema *Kanban* (cartão em Japonês) é um método de organização que consiste na marcação dos processos e etapas de uma produção através de cartões ou sinalizadores. O sistema *Kanban* permite agilizar a entrega e o processo produtivo. Pode ser utilizado em indústrias de produção em série, pois permite uma mecanização dos procedimentos, o que é importante numa linha de produção em série reduzindo os níveis de *stock*. Os *Kanbans* físicos (cartões ou caixas) podem ser *Kanbans de Produção* ou *Kanbans de Movimentação* e transitam entre os locais de armazenamento e produção substituindo formulários e outras formas de solicitar peças. Este sistema acompanha os fluxos de produção de uma determinada tarefa, por exemplo, “para executar”, “em andamento” ou “finalizado”

(Nahmias & Olsen, 2015).

O sistema *Just in Time* necessita de uma grande estabilidade a nível da procura e também uma grande fiabilidade no fornecimento das matérias-primas necessárias para o normal funcionamento da linha produtiva. Como basicamente não utiliza *stocks* de segurança, qualquer oscilação no fornecimento tem sempre consequências na capacidade produtiva, ou seja, se houver, por alguma razão, uma falha no fornecimento das matérias-primas de forma um pouco mais prolongada, irá de maneira muito significativa afetar o normal funcionamento da empresa. Como exemplo de uma consequência menos positiva de um sistema *Just in Time*, a *Toyota* viu-se forçada a fechar a produção da empresa no Japão por escassez de aço, no ano de 2016, devido a um problema num fornecedor (Tajitsu, 2018).

1.8. Modelos de gestão de existências multilocalização

As organizações que dispõem de vários armazéns, ou que estão organizadas em diferentes subestruturas geograficamente dispersas, podem optar por gerir as suas existências de forma centralizada, descentralizada ou mista. Na política centralizada os *stocks* são armazenados e distribuídos a partir de um armazém central, e é a partir daqui que se fazem os pedidos de compra. Na política descentralizada, em que o *stock* se encontra em vários armazéns, também a decisão de compra é descentralizada, ocorrendo nesses mesmos armazéns. Na política mista existe um encontro entre as duas estratégias, havendo um armazém central e mais armazéns dispersos pelos locais de operação, sendo que os pedidos de compra podem ser ou não centralizados num local, aproveitando ou não, as economias de escala.

O estudo de diferentes modelos de gestão de existências é há muito efetuado, devido à sua importância na gestão de cada organização. O dilema, centralização ou descentralização, é sempre uma questão fulcral na definição do modelo de negócio a adotar. Dependendo das características de cada mercado, os modelos a utilizar poderão ser diferentes.

As políticas de gestão de cadeias de aprovisionamento podem ser distinguidas através do modo como as decisões são tomadas. São cadeias descentralizadas se as

decisões forem tomadas por cada membro sem ter em consideração o comportamento do outro, e centralizadas se as decisões forem tomadas centralmente considerando todos os membros presentes no sistema. Como já referido anteriormente, os estudos da otimização das políticas de *stocks* na cadeia de aprovisionamento podem ser distinguidos pelo fato de eles considerarem a incerteza da procura ou não (Duan & Warren Liao, 2013).

As oscilações da procura alteram muito os custos unitários dos vários modelos de gestão de existências. Os autores (Duan & Warren Liao, 2013), efetuaram um estudo em que testam também as oscilações da procura e qual o impacto nos custos tendo em conta as duas políticas de gestão, centralizada e descentrada. Utilizaram dez padrões de procura (auto-correlacionados, constantes, cíclicos, exponenciais, gama, Laplace, irregulares, normais, Poisson e uniformes) por forma a testarem o impacto desses padrões na variação do custo nos dois sistemas de controlo. Também introduziram quatro níveis de restrições de capacidade, para analisar qual o impacto dos mesmos na variação dos custos nos dois modelos. A restrição de capacidade, neste caso, define-se pela proporção existente entre a capacidade de produção do produtor em relação à procura. Verificou-se que os padrões da procura irregulares, exponenciais, uniformes, auto-correlacionados e cíclicos são tendencialmente muito afetados pela restrição da capacidade. Para padrões da procura irregulares e cíclicos, o aumento do custo unitário devido à imposição da restrição de capacidade, parece ser o mais significativo.

A política de gestão centralizada permite uma melhor resposta num sistema de fornecimento em que a procura é mais instável, pois com padrões de procura regulares obtêm-se menores economias de custos com esta mesma política. Quando existe oscilação da procura ou difícil previsão da mesma, a estratégia de gestão centralizada é, na globalidade, melhor que a gestão descentralizada. O modelo de gestão centralizada exige normalmente um *stock* de segurança superior do que no modelo de gestão descentralizada, permitindo melhor adaptação às oscilações da procura (Duan & Warren Liao, 2013).

Na política descentralizada todos os intervenientes, na cadeia de aprovisionamento, tomam as suas decisões de implementação de forma

independente. Os atores comportam-se como se fossem uma empresa individual, pretendendo minimizar o seu custo com gestão de *stocks*, independentemente do custo global da cadeia de aprovisionamento (Duan & Warren Liao, 2013).

Na política centralizada as decisões são tomadas de forma central, com o objetivo de minimizar o custo total do sistema de oferta conjunta. Pode ser aplicado quando o distribuidor e todos os retalhistas pertencem à mesma empresa. Na gestão centralizada é essencial estabelecer um mecanismo de coordenação para que os interesses conflitantes entre empresas individuais possam ser suavizados, de modo a que toda a cadeia de fornecimento se comporte de forma cooperante no modelo centralizado. Os estudos indicam que o controle centralizado favorece o distribuidor em detrimento dos retalhistas. Os retalhistas não estão, normalmente, dispostos a adotar o sistema centralizado porque eles têm que suportar um custo mais alto do que no sistema descentralizado. Neste caso, é necessário criar mecanismos que permitam aos retalhistas reduzir os custos ao nível do sistema descentralizado, de modo a que seja benéfico para estes estarem num sistema coordenado, reduzindo o custo total (Duan & Warren Liao, 2013).

As cadeias de fornecimento descentralizadas permitem uma maior agilização de processos, pois cada entidade na cadeia gere a sua política consoante os seus dados e opções. É também de salientar que, mesmo de forma descentralizada, é possível coordenar todos os elementos do sistema criando um mecanismo de cooperação que trará ganhos para todos os atores na cadeia (Duan & Warren Liao, 2013).

A principal motivação para utilizar o modelo centralizado prende-se com a hipótese de aproveitar os descontos de quantidade, pois os lotes encomendados serão muito maiores. Recorrendo a um armazém central garante-se um maior nível de segurança no inventário, sendo ainda possível conseguir preços de compra com desconto de quantidade (Munson & Hu, 2010).

A maioria das empresas utilizam atualmente um modelo de compras misto, centralizado e descentralizado. Incorporam o melhor dos dois métodos, por exemplo, os serviços logísticos centrais ficam responsáveis por, de forma centralizada, fazer a negociação e os contratos com os fornecedores e cada armazém local fica responsável pela emissão das ordens de compra para cada fornecedor. Este modelo híbrido

permite garantir as vantagens dos dois modelos anteriormente falados, não só conseguindo garantir custos mais baixos de aquisição mas também que as encomendas sejam feitas de forma descentralizada (Munson & Hu, 2010).

Os autores (Munson & Hu, 2010) equacionaram quatro cenários diferentes na perceção do impacto da centralização/descentralização no custo de compra. Os cenários são, descentralização completa, centralização da negociação e uma descentralização das compras, centralização das compras e utilização de um armazém central e, por fim, a centralização das compras com uma distribuição local (Munson & Hu, 2010). As seguintes imagens retratam os cenários acima descritos.

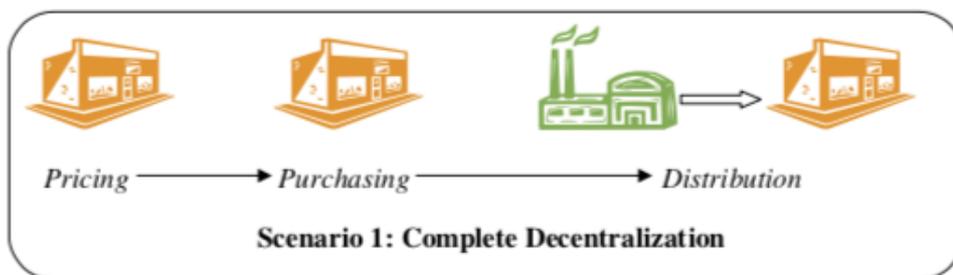


Figura 1- Completa Descentralização

(Fonte:(Munson & Hu, 2010))

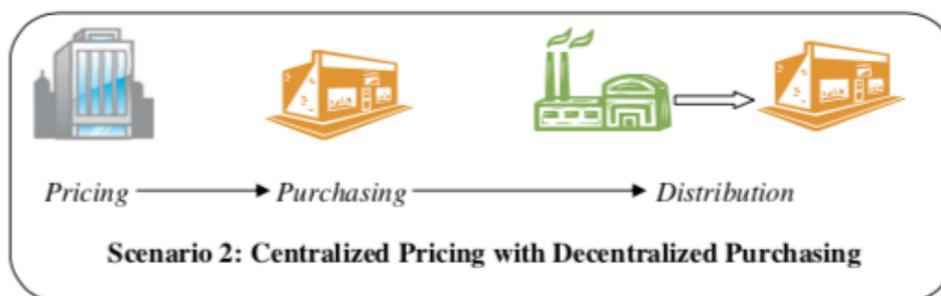


Figura 2- Centralização da negociação e uma descentralização das compras (Fonte:(Munson & Hu, 2010))

(Fonte:(Munson & Hu, 2010))

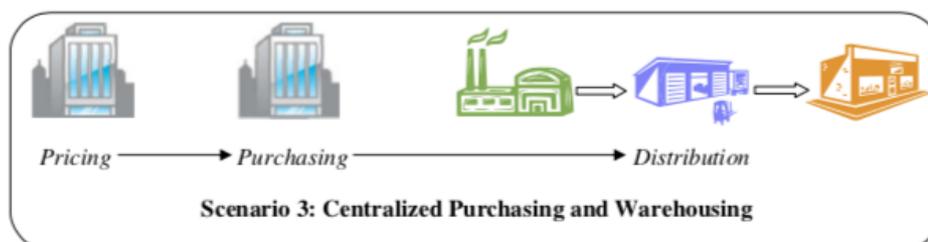


Figura 3-Centralização das compras e um armazém central (Fonte:(Munson & Hu, 2010))

(Fonte:(Munson & Hu, 2010))



Figura 4-Centralização das compras com uma distribuição de armazéns locais.

(Fonte:(Munson & Hu, 2010)

Legenda:

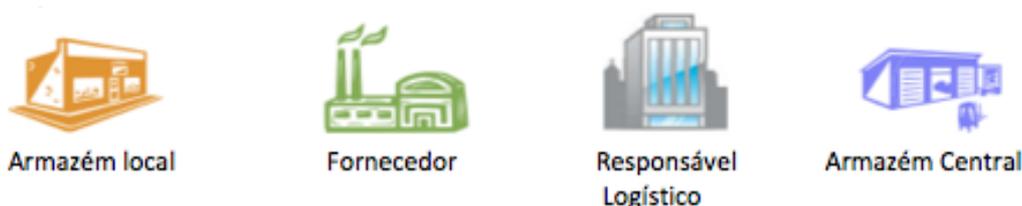


Figura 5 - Legenda

(Fonte:(Munson & Hu, 2010)

No primeiro cenário, descentralização completa, cada armazém efetua os seus pedidos de compra diretamente aos fornecedores.

No cenário 2, centralização da negociação e uma descentralização das compras, o departamento de logística faz a negociação de preços para todos os armazéns e depois o pedido de compra é efetuado em cada local. Nesta situação, há a possibilidade de usufruir do desconto de quantidade, no entanto, é necessário ter em conta também o possível aumento da variação dos custos de transporte, pois as encomendas são entregues nos vários locais. O terceiro cenário equaciona a centralização das compras e a utilização de um armazém, ou seja, as compras são centralizadas no departamento de logística da organização e a distribuição é realizada através de um armazém central. A encomenda é entregue num armazém centralizado e daí seguem para os diversos locais de depósito da organização. A entrega dos produtos num armazém central permite uma distribuição mais constante aos diversos armazéns locais, e entregas mais irregulares no armazém central. No cenário 4 está presente uma centralização das compras, mas com distribuição nos diversos armazéns. Os pedidos de compra são efetuados no departamento logístico da organização e os

produtos entregues em cada armazém local. O custo de posse de *stock* neste último cenário abordado pode ser mais elevado, visto que existe a necessidade de aumentar o inventário disponível, devido ao aumento das quantidades encomendadas e à necessidade de uma maior segurança na quantidade em *stock* relacionada com uma maior rigidez na elaboração dos pedidos de compra (Munson & Hu, 2010).

Os autores equacionaram estes quatro cenários em duas variantes de descontos de quantidade, descontos de quantidade em todas as unidades, aplicando o método *ADOQ* (*all-units discount order quantity*), e descontos de quantidade de forma incremental, aplicando o método *IDOQ* (*incremental discount order quantity*). No estudo efetuado, utilizando estes quatro cenários, sobre o impacto da centralização na variação dos custos de aquisição, verificou-se que a quantidade a encomendar no cenário 2 é maior que no cenário 1. O aumento do lote provocou um custo unitário de aquisição menor, consequência da agregação do processo de compra, aumentando assim o poder negocial junto dos fornecedores. Todavia, a redução do custo de compra foi anulada pelo aumento dos custos de transporte, podendo assim concluir-se que este segundo cenário não demonstrou grande poupança em relação ao primeiro cenário apresentado. O terceiro cenário contempla a existência de um armazém central, o que permite uma redução do custo de posse de *stock* nos armazéns locais. Também o facto de o processo de compra ser centralizado permite usufruir de preços unitários de compra mais baixos, pois a quantidade a encomendar é maior. Neste caso, a existência de um armazém central origina um custo de instalação, que é muito relevante para a análise do custo final. O cenário 3 demonstrou uma redução de custos de 15% comparativamente ao primeiro cenário. No entanto, a redução de custos poderá não compensar os já referenciados custos de instalação do armazém central. No estudo apresentado, a utilização dos descontos de quantidade é mais benéfica no quarto cenário, pois é o que apresenta o custo mais baixo (Munson & Hu, 2010).

Os retalhistas, se estiverem organizados num sistema de cooperação, podem coordenar pedidos de compra iniciais em conformidade com as atualizações da procura ocorridas, e realocar quantidades encomendadas sempre que necessário (Özen, Sošić, & Slikker, 2012), estruturando-se deste modo num sistema de distribuição descentralizada.

Se a cooperação se limitar apenas à partilha de previsões, esta cooperação pode causar problemas, caso os retalhistas recebam informações relevantes sobre as previsões da procura de cada um dos outros retalhistas e tenham capacidades de previsão assimétricas. A cooperação entre os retalhistas com capacidades de previsão assimétricas pode levar a uma redução do lucro e assim prejudicar o nível de cooperação. O objetivo da cooperação entre retalhistas será sempre a maximização do lucro, logo é essencial adotar uma estratégia que beneficie todos os retalhistas envolvidos (Özen et al., 2012).

Os fornecedores também sentem as consequências das estratégias adotadas pelos retalhistas. A cooperação entre retalhistas tem como consequência uma maior estabilização da procura, o que pode permitir ao fornecedor a maximização do seu lucro (Özen et al., 2012).

É importante realçar o estudo sobre a variação de custos num sistema com vários armazéns onde existe a ocorrência de ruturas na oferta, comparando a política centralizada e a descentralizada.

Considerando que a procura é estocástica (incerta) e a oferta determinística (constante), a centralização é o melhor sistema pois o efeito de centralização de riscos apenas aumenta o custo esperado. No sistema descentralizado com interrupções no fornecimento e oferta determinística, a descentralização mostra-se vantajosa devido ao efeito de diversificação do risco, que afeta apenas a variação de custo e não tem impacto sobre o custo esperado (Schmitt, Sun, Snyder, & Shen, 2015).

Considerando a possibilidade de ruturas no fornecimento e uma procura estocástica, pode concluir-se que o efeito de diversificação do risco existe sempre, resultando numa menor variação de custo no sistema descentralizado. Este efeito está presente quando as ruturas são mais frequentes, mais longas e conseqüentemente mais dispendiosas. Por sua vez, o efeito da centralização do risco é mais acentuado quando as interrupções são mais espaçadas no tempo e pouco duradouras ou quando a variação da procura é maior. Com ruturas na oferta e procura estocástica, o efeito centralização do risco é menor do que o de diversificação do risco. Caso, as ruturas no fornecimento sejam raras ou o custo de rutura seja baixo, se verifica a relação de efeitos acima descrita (Schmitt et al., 2015).

Verifica-se, portanto, que a duração e a frequência das rupturas de fornecimento afetam os efeitos sentidos na organização. O efeito de centralização do risco existe, no sistema centralizado, resultando num menor custo esperado. O aumento de locais operacionais exponencia os efeitos de centralização e diversificação do risco. A quantidade de fornecedores onde se vai comprar os produtos influencia o modelo a aplicar. Para uma empresa que queira minimizar o risco, o sistema descentralizado é geralmente o sistema ideal de gestão de *stocks*. O estudo considera apenas a utilização total ou do sistema centralizado ou do sistema descentralizado. As organizações também podem optar por utilizar um sistema misto, no qual o *stock* é mantido em ambas as modalidades (Schmitt et al., 2015).

A gestão de *stocks* mista, ou seja, uma mistura entre centralizado e descentralizado, pode fornecer um equilíbrio favorável entre os efeitos do risco da diversificação e o risco da centralização. Esses sistemas são significativamente mais difíceis de mensurar e analisar (Schmitt et al., 2015).

2. Apresentação da empresa acolhedora

Nesta secção irei descrever a entidade acolhedora onde realizei o estágio, referindo-me a dados retirados do relatório anual e contas de 2016 da empresa.

O Grupo Visabeira teve início no ano de 1980, em Viseu, prestando serviços de instalação e manutenção de estruturas de rede, no sector das telecomunicações. Tornou-se rapidamente líder regional e posteriormente líder nacional, atuando em todo o território nacional continental e arquipélagos, posição que tem vindo a reforçar no decurso dos anos. O crescimento dos negócios levou a uma necessidade de expansão, quer a nível do aumento de produtos oferecidos, quer a nível de mercados explorados. Começou por expandir-se para dois mercados de países PALOP, Angola e Moçambique, e posteriormente alargou a sua expansão para França, Espanha, Bélgica, Alemanha, Inglaterra, Suécia, Brasil, Caraíbas, África do Sul, Marrocos, Estados Unidos da América e Índia.

O Grupo Visabeira é uma holding multinacional, que está dividida em cinco sub-holdings: Visabeira Global, Visabeira Indústria, Visabeira Turismo, Visabeira Imobiliária e Visabeira Participações, atuantes nos mais diversos sectores de atividade, comercializando serviços e produtos em mais de 70 países, presentes nos 5 continentes.

Visabeira Global

A Visabeira Global atua nos setores das Telecomunicações, Energia, Construção e tecnologias. Sendo estes os setores mais tradicionais no Grupo Visabeira, conferem uma fiabilidade muito grande nas operações desenvolvidas. Atualmente integra diferentes empresas distribuídas pelos diferentes sectores.

Visabeira Indústria

A Visabeira Indústria integra os setores da cerâmica e cristalaria, das cozinhas, dos Biocombustíveis e energia térmica, e dos recursos naturais. Esta sub-holding contém todas as empresas que estão diretamente relacionadas com a utilização e produção de produtos industriais, utilizando as matérias-primas presentes nos diversos locais de fabrico.

Visabeira Turismo

A Visabeira Turismo detém empresas nos setores da hotelaria, restauração, entretenimento e lazer, desporto e bem-estar. Inicialmente tinha uma pequena importância no volume de negócios do Grupo, mas cada vez mais tem ganho dimensão, tanto a nível de volume de negócios como a nível de diversificação da oferta dos produtos fornecidos.

Visabeira Imobiliária

A Visabeira Imobiliária insere-se nos setores de Residencial e comércio, e de Gestão e Serviços. A construção foi umas das primeiras atividades do Grupo, tendo muito know-how neste setor. A incorporação da cadeia a jusante tem permitido um melhor ajustamento e proximidade do Grupo ao consumidor final. A Qualidade e Inovação oferecida pela Visabeira são fatores diferenciadores neste segmento.

Visabeira Participações

A Visabeira Participações integra os setores do investimento, Trading, Saúde e Serviços. Esta sub-holding cria sinergias empresariais, fomentando novos projetos e selecionando investimentos financeiros em empresas estratégicas. Detém também a exploração de unidades de saúde e de serviços de gestão e consultoria sistemas de georreferenciação.

Empresa acolhedora- Visabeira Pro

O estágio foi realizado no departamento logístico da Visabeira Pro – Gestão de Serviços Partilhados, S.A., constituída em 1990. No início de 2014 ocorreu uma fusão no seio do grupo, em que as empresas Visabeira Investimentos Financeiros, Visabeira Pro, Visabeira Digital e Visabeira Investigação e Desenvolvimento Tecnológico deram origem à Visabeira Pro – Estudos e Investimentos, empresa que está inserida na Sub-Holding Visabeira Participações. A função da Visabeira Pro – Estudos e Investimentos é prestar serviços de consultoria de gestão e apoio à organização de empresas. As empresas do Grupo Visabeira são os únicos clientes que a Visabeira Pro possui. Serviços de contabilidade e financeiros, controlo de gestão e operacional, serviços informáticos, gestão de recursos humanos, serviços jurídicos e serviços logísticos são os que se destacam. A equipa de apoio logístico presta apoio a nível operacional e de

controlo de negócio. A Visabeira Pro presta serviços para o Grupo Visabeira no controlo e operação do negócio, na área financeira, em contabilidade e ainda em sistemas de informação, revelando-se uma empresa que está presente em todos os departamentos do edifício sede.

Visão, Missão e Valores

O Grupo Visabeira tem como visão, ser um operador económico multinacional, procurando a liderança nos setores e mercados onde opera, oferecendo conceitos inovadores e soluções integradas que criam valor para os seus clientes e acionistas.

A missão do Grupo é ser um facilitador do quotidiano de milhares de pessoas espalhadas por todo o mundo. Levar aos clientes respostas mais completas, de acordo com as suas necessidades e expectativas, através de uma maior capacidade produtiva e operacional.

Os valores assumidos pelo Grupo Visabeira são transversais a toda a organização, e a todos os profissionais presentes em todos os países onde atuam as empresas do Grupo, sendo decisivos para a sua evolução e conseqüente sucesso.

Os seus valores assentam essencialmente em inovação, dinamismo, criatividade, ambição e competitividade.

Contexto Económico

A economia mundial, em 2016, encontrava-se em expansão tendo um crescimento sustentado, melhorando gradualmente os efeitos da crise económica de há alguns anos anteriores. Esta expansão cria uma melhor perspectiva de investimento e uma maior confiança para esse mesmo investimento.

A nível europeu, a recuperação económica continuava bastante interessante, criando sinergias de crescimento em todo o território europeu. Em Portugal, a economia cresceu de forma sustentada, melhorando os níveis de endividamento e o acesso ao crédito bancário, aumentando a capacidade de investimento das empresas. A confiança dos investidores em Portugal aumentou devido aos fatores macroeconómicos e também à conjuntura favorável a nível europeu e mundial.

O Grupo Visabeira obteve em 2016 um valor histórico de EBITDA na ordem dos 111 Milhões de Euros, melhorando significativamente o seu resultado antes de impostos e encargos financeiros. O investimento líquido, em 2016, diminuiu ficando nos 26,1 Milhões contrastando com os 65,2 Milhões de euros do ano de 2015. O resultado líquido aumentou 38% comparativamente ao ano de 2015, incrementando significativamente o valor criado pelo Grupo no ano de 2016. As empresas constituintes da sub-holding, Visabeira Global, representam 71,6% do volume de negócios e 61% do EBITDA.

3. Descrição das Tarefas

O estágio curricular decorreu no Grupo Visabeira mais propriamente na empresa Visabeira-Pro-Estudos e Investimentos, S.A., no departamento de logística, sob a supervisão da Chefe de Departamento, Dina Andrade.

O período de estágio tinha como objetivo proporcionar a possibilidade de desempenhar um conjunto de atividades relevantes para um melhor conhecimento da organização de acolhimento e a sua dinâmica de trabalho e, mais concretamente, sobre atividades desempenhadas no departamento de logística. Os objetivos definidos inicialmente pela entidade acolhedora para este estágio foram:

- Conhecer o processo de compra de materiais e ferramentas;
- Acompanhar o processo de gestão da produção;
- Acompanhar o processo de controlo e acompanhamento do negócio;

Inicialmente tentei inteirar acerca das plataformas informáticas utilizadas no departamento de logística, tendo sido introduzido, ao longo da primeira semana, aos procedimentos e funcionalidades de cada plataforma. As plataformas utilizadas no estágio foram o LOGOS e a plataforma SAP, que gerem de forma integrada todo o Grupo Visabeira.

A Visabeira detém um sistema integrado de gestão que incorpora todas as áreas do grupo. A incorporação da tecnologia na gestão do grupo é muito importante pois permite uma uniformização da gestão de toda a organização como se tratasse de

uma empresa apenas. A plataforma utilizada é um ERP- *Enterprise Resource Planning* fornecido pela empresa SAP que permitiu integrar todos os departamentos da Visabeira numa plataforma, dado que anteriormente a gestão de cada era executada em softwares distintos.

A primeira tarefa desempenhada foi a criação de elementos PEP para as zonas operacionais, em algumas empresas do Grupo. O elemento PEP é o elemento basilar em toda a arquitetura SAP no Grupo Visabeira. O elemento PEP é uma estrutura elementar que é fundamental para toda informação contida no software de gestão integrada. Um elemento PEP tanto pode representar um funcionário, como um subempreiteiro externo ou até mesmo um imóvel. Tudo o que seja passível de representar *stock* ou ter gastos associados carece da criação de um elemento PEP. Na criação de cada elemento é alocado um centro de custos e um agrupador (normalmente o NIF), por forma que todos os movimentos daquele PEP sejam automaticamente bem imputados e tenham uma tradução contabilística bem definida.

É fundamental uma correta utilização destas estruturas elementares pois são estas que permitem todo um controlo exato de quando e onde são utilizados os recursos do Grupo, e também perceber onde está o *stock* existente. Todos os tipos de movimentos efetuados em SAP são efetuados entre elementos PEP ou entre centros de custos de modo a permitir que haja um movimento de *stock* ou um gasto ou, no limite, os dois em simultâneo.

Na plataforma SAP controlamos sempre as operações tendo em vista o fluxo que estas geram. O controlo de *stocks* é efetuado pelas existências dos elementos PEP e dos centros de custos e também dos fluxos criados nos elementos PEP naquele período de tempo.

Uma outra tarefa desempenhada no estágio esteve relacionada com a faturação a subempreiteiros. Algumas empresas do Grupo têm subempreiteiros que trabalham diretamente para a empresa utilizando os materiais e ferramentas da mesma. Todos os materiais e ferramentas que saem dos armazéns para os subempreiteiros são faturados a estes, de modo a que lhes sejam imputados os respetivos custos de utilização.

O processo de faturação engloba quatro etapas. A primeira etapa é a criação de uma ordem de venda que posteriormente é enviada para aprovação do montante a faturar. A segunda etapa é a criação da guia de remessa, e conseqüentemente a terceira etapa, onde se regista a saída da mercadoria da empresa para o Subempreiteiro. A quarta e última etapa é a criação da fatura, gerando o documento final que é utilizado como fatura e guia de transporte.

Neste processo, a integração de todos os procedimentos de logística e financeiros na mesma plataforma é fundamental para uma agilização de todo o processo, pois em quatro operações conseguimos fazer todos os movimentos necessários para um registo eficaz dos produtos e ferramentas, tanto a nível de *stock* como a nível contabilístico.

A outra plataforma utilizada é o LOGOS, é uma plataforma mais antiga que foi adaptada e vai ler os dados necessários à plataforma SAP. O LOGOS contém as guias e os consumos de cada empresa do Grupo. Todos os movimentos entre elementos PEP, e entre elementos PEP e armazéns, originam guias que registam tais movimentos e originam um número de guia. Também a produção da Visabeira Global (Gás e Eletricidade) é registada em consumos, na plataforma LOGOS, que também fica registado em SAP. Todos os materiais/ferramentas aplicados em “obra” originam um consumo criando um gasto, uma saída do material/ferramenta dum elemento PEP (funcionário/subempreiteiro) e por fim origina a faturação do material/ferramenta ao cliente/final. As tarefas desenvolvidas nesta área consistiam em verificar e solucionar algum problema encontrado na elaboração da guia e/ou dos consumos. Nesta questão teria que verificar *stocks* quer dos armazéns, quer dos funcionários/subempreiteiros, como também os códigos da entidade SAP dos produtos contidos nos consumos e nas guias. A utilização da plataforma LOGOS é uma forma de facilitar a utilização do sistema SAP, visto que a elaboração das guias é efetuada por um conjunto vasto de utilizadores dispersos por todo o país.

Realizei também uma tarefa que consistia na verificação e introdução, em SAP, dos pedidos de pagamento de despesas, pagas por fundo de maneió que era estabelecido inicialmente pela empresa para a qual os funcionários trabalhavam. Nesta tarefa verificava se o valor do pedido era comprovado com o respetivo

documento de despesa e introduzia o valor em SAP, imputava a despesa a um centro de custo e, caso fosse uma ferramenta ou material, colocava o *stock* num armazém em sistema SAP. Desta forma, a despesa gerava um custo na obra para a qual a despesa foi feita e também gerava fluxos de *stocks* com a introdução de inventário em armazém.

4. Análise Crítica

O estágio curricular é uma das modalidades contidas no plano curricular do Mestrado em Gestão. Optei por fazer um estágio curricular como forma de finalização do Mestrado em Gestão, pois acho muito importante ter uma experiência no mundo empresarial antes de terminar este ciclo de estudos.

Ao optar por esta via de conclusão tive a oportunidade de estagiar num Grupo que me permitiu adquirir conhecimentos em várias áreas de mercado, mais aprofundadamente na área da indústria do Gás e da Eletricidade. A realização do estágio permitiu-me também aplicar matérias dadas, de forma teórica na licenciatura e no mestrado, na prática e em tarefas realizadas ao longo do período do estágio.

Os conceitos lecionados na licenciatura de Gestão e no Mestrado foram muito importantes para melhor desempenhar as tarefas do estágio. A matéria assimilada na unidade curricular, Tecnologias de Informação, foi crucial para uma melhor perceção dos procedimentos efetuados, uma vez que é muito frequente a utilização do Excel para apoio no tratamento de dados da plataforma SAP.

O período de adaptação foi algo longo, uma vez que a complexidade do Grupo e também a utilização da plataforma SAP, não permitem uma adaptação muito rápida aos procedimentos internos. O número de empresas que são abordadas é muito grande e requer algum tempo para assimilar as suas características. A plataforma SAP tem a sua própria “linguagem” e foi como adquirir um idioma novo, pois todo o Grupo trabalha em função dos seus procedimentos. Tendo sido o meu primeiro contato com um Grupo multinacional, o meio envolvente e quantidade de colegas que partilhavam comigo o local de trabalho, inicialmente foi algo inibidor, mas o companheirismo e a partilha rapidamente superaram essa impressão inicial.

O estágio permitiu-me um maior desenvolvimento pessoal e profissional, mais aprofundadamente a nível profissional, pois consegui mudar um pouco a minha visão do mundo empresarial. A nível profissional permitiu-me melhorar a gestão do tempo, dispersando menos o foco, sendo mais eficaz nas tarefas que desempenho. Também, e muito importante, melhorou a minha capacidade de encontrar soluções, quer perguntando aos colegas de trabalho ou mesmo pesquisando nas várias ferramentas disponíveis. Muita desta aprendizagem só foi possível pois foi-me dada, logo desde muito cedo, autonomia para realizar tarefas em que tinha de encontrar a solução para as desempenhar, mesmo que não tivesse conhecimentos iniciais para desempenhar essas mesmas tarefas.

Algumas considerações de melhoria para o Grupo Visabeira, e condicionadas pela minha experiência no Grupo Visabeira, podem ser levadas em conta com o objetivo de elevar procedimentos e produtividade, no escritório sede do Grupo.

A comunicação interna poderia ser melhorada, pois existem algumas informações/conhecimentos/ferramentas que não são partilhados pelos colaboradores. O fomento de locais comuns, quer para tomar o “café” quer um local para fazer uma pausa de 5 min, poderiam ser muito produtivos para a troca de conhecimentos e de pensamentos, beneficiando o Grupo com uma maior produtividade dos seus colaboradores. As comunicações aos colaboradores também poderiam ser feitas com maior tempo de antecedência, principalmente quando estas são referentes a mudanças de tarefas, permitindo uma maior estabilidade dos funcionários. Para finalizar, sugeria também que o controlo dos *stocks* fosse um pouco melhorado, permitindo à Visabeira Global um menor esforço financeiro na disponibilização e manutenção de *stocks*. Por forma a controlar os materiais de forma mais minuciosa propunha a execução de contagens físicas mais frequentemente nos armazéns, o que reduziria muito o desfasamento por vezes existente.

A terminar, achei muito profícuo o estágio realizado. Refiro apenas que as tarefas desenvolvidas não foram totalmente ao encontro das tarefas inicialmente previstas no protocolo de estágio, no entanto penso que tal facto não prejudicou em nada os objetivos do estágio.

5. Aplicação de um modelo de gestão de *stocks* a dados reais

Neste capítulo, irei fazer a aplicação de um modelo de gestão de existências tentando comparar as alternativas de descentralização e centralização desta gestão.

O modelo de gestão de existências da entidade acolhedora é descentralizado, ou seja, não tem um armazém central ou apenas um armazém, tem vários armazéns que fornecem uma certa zona geográfica. Cada armazém toma as suas decisões de forma independente de todos os outros. Pretende-se, assim, comparar esta situação com a situação em que a gestão de existências seria centralizada.

Foram escolhidos cinco produtos, da lista de produtos que a empresa tem em armazém. Os produtos utilizados são, “Braço de Aço”, “Cabo de Cobre”, “Cabo Torçada”, “Fita de Aço” e “Gancho Riscado”. A escolha dos produtos teve como critério considerar aqueles que apresentam o maior volume de compras dos produtos da empresa Visabeira no sector da eletricidade. Para estes produtos foi possível obter dados relativos à procura semanal e *lead-time*, para cada um dos armazéns existentes.

Estes cinco produtos apresentam diferenças a nível do custo unitário de aquisição, do comportamento da procura e do *lead-time*. O produto “Braço de Aço” apresenta procuras muito assimétricas nos armazéns em que é utilizado. Os *lead-times* também apresentam diferenças apreciáveis.

A tabela 1 apresenta os dados referentes a este produto, nomeadamente o seu custo de aquisição para cada um dos armazéns, as procuras semanais médias e correspondentes desvios padrão, e os valores médios para o tempo de espera e correspondentes desvios padrão. Nesta tabela apresentam-se também os principais valores associados com o modelo de gestão contínua, nomeadamente o ponto fixo de encomenda, stock de segurança e quantidade a encomendar, para a situação de se considerar apenas um armazém e para a situação com vários armazéns. Estes valores foram calculados assumindo que o custo fixo de encomenda é trinta euros por encomenda, a probabilidade de rutura igual a cinco por cento e o custo de posse dado pela percentagem do custo unitário (i) igual a vinte por cento.

Braço de Aço			
Geral	Santarém	Portalegre	
d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld
651,59	311,66	206,85	206,85
$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$
276,42	261,48	109,31	109,31
Ponto fixo de encomenda	Ponto fixo de encomenda	Ponto fixo de encomenda	
$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	
1106,26	741,77	386,64	
Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	
$z*s'd$	$z*s'd$	$z*s'd$	
454,68	430,10	179,79	
Nível médio de existência	Nível médio de existência	Nível médio de existência	
$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	
323,60	286,96	153,67	
Custo total	1 013,71 €	914,25 €	443,51 €
custo total dos armazéns	1 357,76 €		
diferença	344,05 €		
Procura semanal	43,72	33,65	10,07
desvio padrão	16,62	12,22	11,27
Lead time	14,90	9,26	20,55
desvio padrão LT	6,15	7,69	9,60
custo unitário	6,51 €	6,38 €	6,65 €
	1	0,5	0,5

Tabela 1- Caracterização do produto Braço de Aço, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes

Fonte: Elaboração própria

O produto “Cabo de Cobre” apresenta também uma grande assimetria em termos de procura por armazém sendo que o armazém com maior procura é também aquele em que o lead-time é maior. A tabela 2 apresenta também os valores que caracterizam este produto, tendo em conta os armazéns onde é utilizado.

Cabo de Cobre				
Geral	Loures	Santarém	Portalegre	
d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld	
173,88	3,37	2,52	261,94	
$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	
87,17	8,62	18,09	128,00	
Ponto fixo de encomenda				
R=d'+zs'd	R=d'+zs'd	R=d'+zs'd	R=d'+zs'd	
317,26	17,55	32,28	472,49	
Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	
z*s'd	z*s'd	z*s'd	z*s'd	
143,38	14,18	29,76	210,55	
Nível médio de existência				
$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	
575,56	233,57	319,20	416,27	
Custo total	391,43 €	133,78 €	188,44 €	346,84 €
custo total dos armazéns	669,06 €			
diferença	277,64 €			
Procura semanal	57,81	9,44	17,63	30,73
desvio padrão	29,13	14,34	10,71	22,99
Lead time	3,01	0,36	0,14	8,52
desvio padrão LT	1,23	0,10	1,00	3,55
custo unitário	2,72 €	2,70 €	2,70 €	2,77 €
	1	0,333333333	0,333333333	0,333333333

Tabela 2 - Caracterização do produto Cabo de Cobre, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes

Fonte: Elaboração própria

O “Cabo Torçada” é o produto que apresenta o menor custo unitário sendo a procura assimétrica em termos de armazéns assimetria essa que é menos visível em termos de lead-time (tabela 3).

Cabo Torçada				
Geral	Loures	Santarém	Portalegre	
d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld	
863,51	43,00	801,99	218,79	
$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	
322,22	76,91	292,72	191,45	
Ponto fixo de encomenda				
R=d'+zs'd	R=d'+zs'd	R=d'+zs'd	R=d'+zs'd	
1393,51	169,51	1283,47	533,69	
Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	
z*s'd	z*s'd	z*s'd	z*s'd	
530,00	126,51	481,49	314,91	
Nível médio de existência				
$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	
2091,97	629,76	1715,45	1018,31	
Custo total	335,61 €	96,80 €	281,21 €	170,65 €
custo total dos armazéns	548,66 €			
diferença	213,05 €			
Procura semanal	179,54	16,27	120,73	42,54
desvio padrão	64,34	47,04	32,48	29,52
Lead time	4,81	2,64	6,64	5,14
desvio padrão LT	1,61	0,51	2,32	4,22
custo unitário	0,64 €	0,64 €	0,64 €	0,64 €
	1	0,333333333	0,333333333	0,333333333

Tabela 3 - Caracterização do produto Cabo Torçada, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes

Fonte: Elaboração própria

O produto “Gancho Roscado” não apresenta assimetrias relevantes nem na procura nem no lead-time por armazém (tabela 4).

Gancho Roscado			
Geral	Santarém	Portalegre	
d'=Ld	d'=Ld	d'=Ld	
372,43	189,84	180,10	
$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=\text{raiz}(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	
240,15	205,88	99,99	
Ponto fixo de encomenda	Ponto fixo de encomenda	Ponto fixo de encomenda	
$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	
767,45	528,48	344,56	
Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	
$z*s'd$	$z*s'd$	$z*s'd$	
395,02	338,64	164,46	
Nível médio de existência	Nível médio de existência	Nível médio de existência	
$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	$Q^*=\text{raiz}(2Ad/h)$	
806,42	549,97	589,78	
Custo total	406,08 €	300,35 €	254,93 €
custo total dos armazéns	555,28 €		
diferença	149,20 €		
Procura semanal	70,45	32,77	37,68
desvio padrão	21,80	15,08	15,75
Lead time	5,29	5,79	4,78
desvio padrão LT	3,33	6,18	2,49
custo unitário	1,69 €	1,69 €	1,69 €
	1	0,5	0,5

Tabela 4 - Caracterização do produto Gancho Roscado, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes

Fonte: Elaboração própria

O produto “Fita de Aço” é o produto de custo unitário mais elevado sendo a procura muito semelhante nos diferentes armazéns. O lead-time é quase inexistente (tabela 5).

Fita de Aço				
Geral	Loures	Santarém	Portalegre	
$d'=Ld$	$d'=Ld$	$d'=Ld$	$d'=Ld$	$d'=Ld$
106,59	6,68	22,81	79,13	
$s'd=raiz(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=raiz(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=raiz(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	$s'd=raiz(L(sd)^2+d^2*(sl)^2)$	
95,81	10,52	14,96	100,10	
Ponto fixo de encomenda				
$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	$R=d'+zs'd$	
264,18	23,98	47,42	243,78	
Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	Stock de Segurança	
$z*s'd$	$z*s'd$	$z*s'd$	$z*s'd$	
157,59	17,30	24,61	164,64	
Nível médio de existência				
$Q*=raiz(2Ad/h)$	$Q*=raiz(2Ad/h)$	$Q*=raiz(2Ad/h)$	$Q*=raiz(2Ad/h)$	
478,89	169,03	345,12	285,49	
Custo total	1 863,60 €	544,07 €	1 082,58 €	1 321,59 €
custo total dos armazéns	2 948,25 €			
diferença	1 084,65 €			
Procura semanal	215,22	26,74	111,78	76,70
desvio padrão	33,62	17,63	17,98	22,27
Lead time	0,50	0,25	0,20	1,03
desvio padrão LT	0,43	0,21	0,11	1,27
custo unitário	14,64 €	14,64 €	14,64 €	14,68 €
	1	0,333333333	0,333333333	0,333333333

Tabela 5 - Caracterização do produto Fita de Aço, e aplicação do modelo de revisão contínua altere as restantes legendas para que fiquem semelhantes

Fonte: Elaboração própria

Primeiramente irá ser aplicado o modelo de revisão contínua de existências considerando incerteza na procura e *lead-time* considerando a procura total de todos os armazéns, e uma gestão centralizada. Posteriormente, irá usar-se o mesmo modelo, mas aplicado a cada um dos armazéns. Os resultados irão depois ser comparados.

Foi necessário assumir alguns pressupostos para a aplicação deste modelo.

Assim, não foram considerados custos de rutura em nenhuma das situações consideradas. Como não foi possível estimar os custos fixos de encomenda, foi assumido que este custo seria o mesmo quer na situação centralizada quer na situação descentralizada, e foram testados diferentes valores possíveis. Ou seja, no caso de vários armazéns, assume-se que cada um deles terá um custo fixo de encomenda igual ao custo fixo de encomenda no caso de um único armazém. Também foi testada uma hipótese em que os custos fixos de encomenda, no cenário centralizado, são iguais à soma dos custos de encomenda no cenário descentralizado.

Os custos de aquisição dos produtos variam de armazém para armazém. Desta forma, na situação centralizada, consideraram-se os custos de aquisição iguais ao valor médio dos custos de aquisição dos armazéns. Não foram considerados descontos de

quantidade. Também não foi possível calcular custos de manutenção de existências. Desta forma, diferentes valores foram considerados, e assumiu-se que estes custos seriam exatamente os mesmos na situação centralizada e descentralizada (e, neste último caso, os mesmos para cada armazém).

Tendo em conta os dados disponibilizados pela entidade acolhedora, foram depois efetuados cálculos auxiliares por forma a descobrir o valor médio e desvio-padrão quer da procura quer *lead-time*, para cada armazém e assumindo que, quer a procura quer o *lead-time*, seguem distribuições normais. Na situação centralizada, em que se considera a existência de um único armazém central, considerou-se que a procura desse armazém seguiria uma distribuição normal com média e desvio padrão calculados considerando a soma das variáveis de procura de cada um dos armazéns. Para o *lead-time* considerou-se que, no caso centralizado, este seria uma variável dada pela média dos *lead-times* dos armazéns. Os cálculos das médias e desvios padrão correspondentes foram feitos de acordo com o pressuposto da normalidade das variáveis.

Para cada armazém calculou-se o ponto fixo de encomenda (R), a quantidade a encomendar (Q^*) e, posteriormente, o custo total de cada armazém, quer no modelo de vários armazéns, quer no modelo de um único armazém. Não havendo maneira de conhecer os valores para o custo de encomenda (A) e para o custo anual de posse (dado pela percentagem do custo unitário (i)), optou-se por testar diversos valores, recorrendo a *data-tables*, por forma a verificar a sensibilidade do custo total relativamente a variações nestes valores. Definiram-se valores de probabilidade de rutura durante o *lead-time* de 5%, 10% e 15%.

Primeiramente assumi a hipótese de que o custo fixo de encomenda de um armazém único é igual ao custo fixo de encomenda de cada um dos armazéns. Através da utilização da variação do custo de encomenda (A) e do custo anual de posse dado pela percentagem do custo unitário (i) (tabelas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 em anexo) podemos verificar que à medida que aumentam estas variáveis, em simultâneo ou de forma isolada, os custos anuais totais dos armazéns deslocalizados aumentam mais rapidamente que os custos anuais totais do armazém único, pois os custos fixos aumentam e as quantidades geridas pelos armazéns são menores do que no modelo

de armazém único, pelo que os custos são menos diluíveis nas quantidades. O aumento da variável (i) leva a uma maior poupança na existência de um único armazém, pois o *stock* de segurança geral é menor do que a soma dos *stocks* de segurança de cada armazém.

A vantagem do armazém central é maior quando se admite uma probabilidade de rutura durante o *lead-time* menor. Tal pode ser explicado pela maior necessidade de stock de segurança que favorece um único armazém em detrimento da opção por vários armazéns.

É de notar que, nesta análise, posso estar a beneficiar o armazém central por considerar que o custo fixo de encomenda é igual ao que seria num armazém de menor dimensão. Este pressuposto pode ser demasiadamente forte. Será de esperar que o custo fixo de encomenda neste armazém central seja maior do que o custo fixo de encomenda num armazém de menor dimensão.

Por isso, posteriormente assumi que o custo de encomenda num único armazém é igual à soma dos custos de encomenda de todos os armazéns, na existência de vários. Ao fazer variar as mesmas variáveis, com as mesmas probabilidades de rutura, verifica-se que as diferenças entre os custos anuais totais de um único armazém e os custos anuais totais da existência de vários armazéns são muito inferiores. Tal como observado na hipótese anterior, quando aumenta o valor da variável (i) aumenta a diferença entre custos. Como seria de esperar quando aumenta o custo de encomenda (A) diminui a diferença, alterando até em alguns valores o sinal da diferença de custos significando que a melhor alternativa é a existência de vários armazéns. A diferença entre custos diminui com o aumento da probabilidade de rutura. Por exemplo, no caso do produto “Cabo Torçada”, com probabilidade de rutura de 15%, a existência de vários armazéns é mais vantajosa economicamente que a existência de apenas um único armazém.

Em conclusão há mais algumas informações/comparações gerais a referir de modo a conseguir conferir mais robustez à análise efetuada.

Através da comparação entre as hipóteses equacionadas verifica-se que os custos fixos de encomenda têm uma influência muito grande nos custos totais anuais e na determinação da opção economicamente mais vantajosa. A mudança de

pressuposto dos custos fixos de encomenda levou a que haja mais situações, da variação da variável (A) e da variável (i), que seja mais vantajosa a gestão descentralizada do que a centralizada.

É preciso notar que esta análise está a ignorar por completo a possível existência de custos de transporte do armazém central para os locais onde os materiais vão ser usados. A inclusão destes custos poderia tornar menos atraente a opção de centralização.

Também não se consideram descontos de quantidade que poderiam ser mais vantajosos no caso da centralização, em que se compraria uma maior quantidade de material de cada vez.

6. Conclusão

O período de estágio curricular foi bastante interessante pois permitiu-me um contato com a realidade empresarial. As tarefas executadas na entidade acolhedora possibilitaram aplicar na prática os conceitos adquiridos ao longo deste ciclo de estudos, mais concretamente na área da logística.

Neste trabalho optei por trabalhar a temática de gestão de existências. Tendo em conta a vastidão do tema, optei por retratar os modelos de gestão mais simples pois também foram estes que apliquei aos dados recolhidos na entidade acolhedora na secção 5. Foquei-me também na problemática de centralização versus descentralização da gestão de existências.

Ao longo da análise realizada aos modelos de gestão de *stocks* e das várias estratégias a adotar verifica-se a importância de uma política de gestão de *stocks* adequada para uma otimização de custos. A satisfação da procura requerida pelos clientes controlando as quantidades que podem entrar em rutura reduzindo os custos anuais totais de gestão de *stocks*, requiere um acompanhamento muito próximo e pode definir uma política adequada ou uma política de gestão ruínosa. A manutenção de níveis de *stocks* é um fator importante para o controlo da oscilação da procura e manter a probabilidade de rutura no desejável. É essencial para qualquer empresa uma boa imagem perante os clientes, e para isso é necessário ter uma capacidade resposta às suas necessidades cada vez mais célere.

O departamento de logística do Grupo Visabeira faz o controlo dos níveis de *stock* e é o departamento responsável pelo controlo da política descentralizada de gestão de *stocks*, tendo armazéns dispersos pelo território nacional no ramo de negócio da eletricidade. A utilização da plataforma SAP é muito importante, pois permite que a informação das várias áreas operacionais esteja disponível no momento, poupando tempo e recursos.

Através da aplicação do modelo de gestão contínua nos vários produtos em ambiente centralizado e descentralizado consegui verificar qual o melhor o ambiente, dependendo dos custos alocados a cada produto.

Na aplicação do modelo não foram considerados custos de rutura e custos de transporte, pois são de difícil estimação e tornavam a aplicação do modelo excessivamente complexo para a análise pretendida. Foram testadas duas hipóteses na aplicação do modelo. Na primeira hipótese assumi que o custo fixo de encomenda seria o mesmo quer no ambiente centralizado quer no ambiente descentralizado. Na segunda hipótese assumi os custos fixos de encomenda, no cenário centralizado, são iguais à soma dos custos fixos de encomenda no cenário descentralizado.

Conclui-se, ao analisar os resultados da aplicação do modelo de revisão contínua, que os custos fixos de encomenda (A) têm um impacto muito relevante na definição dos custos totais anuais. A variação efetuada na variável (A) e na variável (i) teve como consequência a mudança de paradigma pois à medida que os valores das variáveis vão aumentando torna-se mais vantajoso o ambiente descentralizado do que o ambiente centralizado. Também se verifica que a probabilidade de rutura tem impacto na diferença de custos entre ambientes.

Referências Bibliográficas

- Costa, J. P., Dias, J. M., & Godinho, P. (2010). *Logística*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Duan, Q. &. (2013). Optimization of replenishment policies for decentralized and centralized capacitated supply chains under various demands. *International Journal of Production Economics*, 194–204.
- Gomes, C. F., & Lisboa, J. V. (2008). *Gestão de Operações*. Porto: Vida Económica.
- Munson, C. L. (2010). Incorporating quantity discounts and their inventory impacts into the centralized purchasing decision. *European Journal of Operational Research*, 581–592.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). *Production and Operations Analysis*. Long Grove, Illinois: Waveland Press, Inc.
- Nenes, G. P. (2010). Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study. *European Journal of Operational Research*, 313–324.
- Özen, U. S. (2012). A collaborative decentralized distribution system with demand forecast updates. *European Journal of Operational Research*, 573–583.
- Sainathuni, B. P. (2014). The warehouse-inventory-transportation problem for supply chains. *European Journal of Operational Research*, 690–700.
- Schmitt, A. J. (2015). Centralization versus decentralization: Risk pooling, risk diversification, and supply chain disruptions. *Omega(United Kingdom)*, 201–212.
- Tajitsu, N. (10 de Julho de 2018). *Reuters*. Obtido de Toyota to stop Japan production for one week due to steel shortage: <https://www.reuters.com/article/us-toyota-production-idUSKCN0VA15R>

Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management*. London: PrenticeHall International, Inc.

Visabeira, G. (2016). *R&C Anual 2016*.

Visabeira, G. (23 de Abril de 2018). *Grupo Visabeira*. Obtido de <https://grupovisabeira.com/pt/o-grupo#/historia>.

Anexos

probabilidade de rutura	5%	A									
	344,05 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	91,77 €	109,55 €	123,20 €	134,71 €	144,85 €	154,01 €	162,44 €	170,28 €	177,65 €	184,62 €
	0,1	158,38 €	183,53 €	202,83 €	219,11 €	233,44 €	246,40 €	258,32 €	269,42 €	279,84 €	289,69 €
	0,15	220,85 €	251,66 €	275,30 €	295,23 €	312,78 €	328,66 €	343,26 €	356,84 €	369,61 €	381,68 €
I	0,2	281,18 €	316,75 €	344,05 €	367,06 €	387,34 €	405,67 €	422,52 €	438,21 €	452,95 €	466,89 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	300,91 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	80,98 €	98,77 €	112,42 €	123,93 €	134,06 €	143,23 €	151,66 €	159,50 €	166,87 €	173,84 €
	0,1	136,81 €	161,96 €	181,27 €	197,54 €	211,88 €	224,84 €	236,76 €	247,85 €	258,27 €	268,13 €
	0,15	188,50 €	219,31 €	242,95 €	262,88 €	280,43 €	296,31 €	310,91 €	324,49 €	337,26 €	349,33 €
I	0,2	238,04 €	273,62 €	300,91 €	323,93 €	344,20 €	362,53 €	379,39 €	395,08 €	409,81 €	423,75 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	271,81 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	73,71 €	91,49 €	105,14 €	116,65 €	126,79 €	135,95 €	144,38 €	152,22 €	159,59 €	166,56 €
	0,1	122,26 €	147,41 €	166,72 €	182,99 €	197,32 €	210,29 €	222,21 €	233,30 €	243,72 €	253,57 €
	0,15	166,67 €	197,48 €	221,12 €	241,05 €	258,61 €	274,48 €	289,08 €	302,67 €	315,43 €	327,50 €
I	0,2	208,94 €	244,51 €	271,81 €	294,83 €	315,10 €	333,43 €	350,29 €	365,98 €	380,71 €	394,65 €

Tabela 6 - Datatable do Produto "Braço de Aço" referente à primeira hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	169,46 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	41,37 €	38,28 €	35,91 €	33,91 €	32,15 €	30,56 €	29,10 €	27,73 €	26,45 €	25,24 €
	0,1	87,10 €	82,73 €	79,38 €	76,56 €	74,07 €	71,82 €	69,75 €	67,82 €	66,01 €	64,30 €
	0,15	133,55 €	128,20 €	124,10 €	120,64 €	117,59 €	114,83 €	112,30 €	109,94 €	107,72 €	105,63 €
I	0,2	180,38 €	174,20 €	169,46 €	165,47 €	161,94 €	158,76 €	155,84 €	153,11 €	150,55 €	148,13 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	126,33 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	30,58 €	27,49 €	25,12 €	23,13 €	21,37 €	19,78 €	18,31 €	16,95 €	15,67 €	14,46 €
	0,1	65,53 €	61,17 €	57,81 €	54,99 €	52,50 €	50,25 €	48,18 €	46,25 €	44,44 €	42,73 €
	0,15	101,20 €	95,85 €	91,75 €	88,29 €	85,24 €	82,48 €	79,95 €	77,59 €	75,37 €	73,28 €
I	0,2	137,24 €	131,07 €	126,33 €	122,33 €	118,81 €	115,63 €	112,70 €	109,98 €	107,42 €	105,00 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	97,22 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	23,31 €	20,22 €	17,85 €	15,85 €	14,09 €	12,50 €	11,04 €	9,67 €	8,40 €	7,19 €
	0,1	50,98 €	46,61 €	43,26 €	40,44 €	37,95 €	35,70 €	33,63 €	31,70 €	29,89 €	28,18 €
	0,15	79,38 €	74,03 €	69,92 €	66,46 €	63,41 €	60,66 €	58,12 €	55,76 €	53,55 €	51,45 €
I	0,2	108,14 €	101,96 €	97,22 €	93,23 €	89,71 €	86,53 €	83,60 €	80,88 €	78,32 €	75,90 €

Tabela 7- Datatable do Produto "Braço de Aço" referente à segunda hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	277,64 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	77,74 €	103,51 €	123,28 €	139,94 €	154,63 €	167,90 €	180,11 €	191,47 €	202,14 €	212,24 €
	0,1	119,05 €	155,48 €	183,44 €	207,01 €	227,78 €	246,55 €	263,82 €	279,88 €	294,98 €	309,25 €
	0,15	154,36 €	198,98 €	233,23 €	262,09 €	287,53 €	310,52 €	331,66 €	351,34 €	369,83 €	387,31 €
I	0,2	186,57 €	238,10 €	277,64 €	310,97 €	340,34 €	366,88 €	391,30 €	414,02 €	435,37 €	455,56 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	263,90 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	74,31 €	100,07 €	119,84 €	136,51 €	151,19 €	164,47 €	176,68 €	188,04 €	198,71 €	208,80 €
	0,1	112,18 €	148,62 €	176,58 €	200,15 €	220,91 €	239,69 €	256,95 €	273,02 €	288,11 €	302,39 €
	0,15	144,06 €	188,69 €	222,93 €	251,80 €	277,23 €	300,22 €	321,36 €	341,04 €	359,53 €	377,01 €
I	0,2	172,84 €	224,37 €	263,90 €	297,24 €	326,60 €	353,15 €	377,57 €	400,29 €	421,64 €	441,83 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	254,64 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	71,99 €	97,76 €	117,53 €	134,19 €	148,88 €	162,15 €	174,36 €	185,72 €	196,39 €	206,49 €
	0,1	107,55 €	143,99 €	171,94 €	195,51 €	216,28 €	235,05 €	252,32 €	268,39 €	283,48 €	297,75 €
	0,15	137,11 €	181,74 €	215,98 €	244,85 €	270,28 €	293,27 €	314,42 €	334,10 €	352,58 €	370,06 €
I	0,2	163,57 €	215,10 €	254,64 €	287,97 €	317,34 €	343,89 €	368,30 €	391,03 €	412,37 €	432,56 €

Tabela 8 - Datatable do Produto "Cabo de Cobre" referente à primeira hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	48,24 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	11,52 €	9,86 €	8,58 €	7,50 €	6,55 €	5,69 €	4,90 €	4,17 €	3,48 €	2,83 €
	0,1	25,40 €	23,04 €	21,23 €	19,71 €	18,37 €	17,15 €	16,04 €	15,00 €	14,02 €	13,10 €
	0,15	39,66 €	36,78 €	34,56 €	32,70 €	31,05 €	29,57 €	28,20 €	26,93 €	25,73 €	24,60 €
I	0,2	54,13 €	50,79 €	48,24 €	46,08 €	44,18 €	42,47 €	40,89 €	39,42 €	38,04 €	36,74 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	34,51 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	8,09 €	6,42 €	5,14 €	4,07 €	3,12 €	2,26 €	1,47 €	0,74 €	0,05 €	0,61 €
	0,1	18,53 €	16,18 €	14,37 €	12,84 €	11,50 €	10,29 €	9,17 €	8,13 €	7,16 €	6,24 €
	0,15	29,36 €	26,48 €	24,26 €	22,40 €	20,75 €	19,27 €	17,90 €	16,63 €	15,43 €	14,30 €
I	0,2	40,39 €	37,06 €	34,51 €	32,35 €	30,45 €	28,74 €	27,16 €	25,69 €	24,31 €	23,01 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	25,24 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	5,77 €	4,11 €	2,83 €	1,75 €	0,80 €	0,06 €	0,85 €	1,58 €	2,27 €	2,92 €
	0,1	13,90 €	11,54 €	9,74 €	8,21 €	6,87 €	5,66 €	4,54 €	3,50 €	2,53 €	1,60 €
	0,15	22,41 €	19,53 €	17,32 €	15,45 €	13,81 €	12,32 €	10,95 €	9,68 €	8,49 €	7,35 €
I	0,2	31,13 €	27,80 €	25,24 €	23,09 €	21,19 €	19,47 €	17,89 €	16,43 €	15,05 €	13,74 €

Tabela 9- Datatable do Produto "Cabo de Cobre" referente à segunda hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	213,05 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	59,56 €	79,02 €	93,95 €	106,54 €	117,63 €	127,66 €	136,88 €	145,47 €	153,53 €	161,15 €
	0,1	91,59 €	119,12 €	140,23 €	158,04 €	173,72 €	187,91 €	200,95 €	213,08 €	224,48 €	235,27 €
	0,15	119,10 €	152,81 €	178,67 €	200,48 €	219,69 €	237,06 €	253,03 €	267,90 €	281,86 €	295,06 €
I	0,2	144,26 €	183,18 €	213,05 €	238,23 €	260,41 €	280,47 €	298,91 €	316,08 €	332,20 €	347,45 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	201,94 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	56,78 €	76,24 €	91,18 €	103,77 €	114,86 €	124,88 €	134,11 €	142,69 €	150,75 €	158,37 €
	0,1	86,04 €	113,56 €	134,68 €	152,48 €	168,17 €	182,35 €	195,39 €	207,53 €	218,93 €	229,71 €
	0,15	110,77 €	144,48 €	170,34 €	192,15 €	211,36 €	228,73 €	244,70 €	259,56 €	273,53 €	286,73 €
I	0,2	133,15 €	172,08 €	201,94 €	227,12 €	249,31 €	269,36 €	287,80 €	304,97 €	321,09 €	336,34 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	194,45 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	54,91 €	74,37 €	89,30 €	101,89 €	112,98 €	123,01 €	132,23 €	140,81 €	148,88 €	156,50 €
	0,1	82,29 €	109,81 €	130,93 €	148,74 €	164,42 €	178,60 €	191,64 €	203,78 €	215,18 €	225,97 €
	0,15	105,15 €	138,86 €	164,72 €	186,53 €	205,74 €	223,11 €	239,08 €	253,94 €	267,91 €	281,11 €
I	0,2	125,66 €	164,58 €	194,45 €	219,63 €	241,81 €	261,87 €	280,31 €	297,47 €	313,60 €	328,85 €

Tabela 10 - Datatable do Produto "Cabo Torçada" referente à primeira hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	17,03 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	2,97 € -	1,01 € -	4,06 € -	6,63 € -	8,90 € -	10,95 € -	12,83 € -	14,59 € -	16,23 € -	17,79 € -
	0,1	11,57 €	5,94 €	1,63 € -	2,01 € -	5,22 € -	8,12 € -	10,78 € -	13,26 € -	15,59 € -	17,80 € -
	0,15	21,09 €	14,20 €	8,91 €	4,46 €	0,53 € -	3,02 € -	6,28 € -	9,32 € -	12,18 € -	14,88 € -
I	0,2	31,09 €	23,13 €	17,03 €	11,88 €	7,35 €	3,25 € -	0,52 € -	4,03 € -	7,32 € -	10,44 € -
probabilidade de rutura	10%	A									
	5,92 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	0,19 € -	3,78 € -	6,84 € -	9,41 € -	11,68 € -	13,72 € -	15,61 € -	17,36 € -	19,01 € -	20,57 € -
	0,1	6,01 €	0,39 € -	3,93 € -	7,57 € -	10,77 € -	13,67 € -	16,34 € -	18,82 € -	21,15 € -	23,35 € -
	0,15	12,76 €	5,87 €	0,58 € -	3,88 € -	7,80 € -	11,35 € -	14,62 € -	17,65 € -	20,51 € -	23,21 € -
I	0,2	19,98 €	12,02 €	5,92 €	0,77 € -	3,76 € -	7,86 € -	11,63 € -	15,14 € -	18,43 € -	21,55 € -
probabilidade de rutura	15%	A									
	- 1,57 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	- 1,68 € -	5,66 € -	8,71 € -	11,28 € -	13,55 € -	15,60 € -	17,48 € -	19,24 € -	20,88 € -	22,44 € -
	0,1	2,26 € -	3,36 € -	7,68 € -	11,31 € -	14,52 € -	17,42 € -	20,08 € -	22,56 € -	24,89 € -	27,10 € -
	0,15	7,14 €	0,25 € -	5,04 € -	9,50 € -	13,42 € -	16,97 € -	20,24 € -	23,27 € -	26,13 € -	28,83 € -
I	0,2	12,48 €	4,53 € -	1,57 € -	6,72 € -	11,25 € -	15,35 € -	19,12 € -	22,63 € -	25,92 € -	29,04 € -

Tabela 11 - Datatable do Produto "Cabo Torçada" referente à segunda hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	149,20 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	41,66 €	55,13 €	65,47 €	74,18 €	81,86 €	88,80 €	95,18 €	101,12 €	106,70 €	111,98 €
	0,1	64,26 €	83,31 €	97,93 €	110,26 €	121,12 €	130,93 €	139,96 €	148,36 €	156,25 €	163,72 €
	0,15	83,73 €	107,07 €	124,97 €	140,06 €	153,36 €	165,39 €	176,44 €	186,73 €	196,40 €	205,54 €
I	0,2	101,58 €	128,52 €	149,20 €	166,63 €	181,98 €	195,87 €	208,63 €	220,51 €	231,68 €	242,23 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	141,13 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	39,64 €	53,11 €	63,45 €	72,16 €	79,84 €	86,78 €	93,17 €	99,11 €	104,69 €	109,97 €
	0,1	60,23 €	79,28 €	93,90 €	106,22 €	117,08 €	126,90 €	135,93 €	144,33 €	152,22 €	159,68 €
	0,15	77,68 €	101,01 €	118,92 €	134,01 €	147,31 €	159,33 €	170,39 €	180,68 €	190,35 €	199,49 €
I	0,2	93,51 €	120,45 €	141,13 €	158,56 €	173,91 €	187,80 €	200,56 €	212,45 €	223,61 €	234,16 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	135,69 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	38,28 €	51,75 €	62,09 €	70,80 €	78,48 €	85,42 €	91,81 €	97,75 €	103,33 €	108,60 €
	0,1	57,51 €	76,56 €	91,18 €	103,50 €	114,36 €	124,18 €	133,20 €	141,61 €	149,50 €	156,96 €
	0,15	73,60 €	96,93 €	114,84 €	129,93 €	143,23 €	155,25 €	166,31 €	176,60 €	186,26 €	195,41 €
I	0,2	88,07 €	115,01 €	135,69 €	153,11 €	168,47 €	182,35 €	195,12 €	207,00 €	218,16 €	228,72 €

Tabela 12 - Datatable do Produto "Gancho Roscado" referente à primeira hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	36,30 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	9,06 €	9,04 €	9,02 €	9,00 €	8,98 €	8,97 €	8,95 €	8,94 €	8,93 €	8,92 €
	0,1	18,17 €	18,13 €	18,10 €	18,07 €	18,05 €	18,03 €	18,01 €	17,99 €	17,98 €	17,96 €
	0,15	27,28 €	27,23 €	27,19 €	27,16 €	27,14 €	27,11 €	27,09 €	27,07 €	27,05 €	27,03 €
I	0,2	36,40 €	36,34 €	36,30 €	36,26 €	36,23 €	36,20 €	36,17 €	36,15 €	36,12 €	36,10 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	28,23 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	7,05 €	7,02 €	7,00 €	6,98 €	6,96 €	6,95 €	6,94 €	6,92 €	6,91 €	6,90 €
	0,1	14,14 €	14,10 €	14,06 €	14,04 €	14,02 €	14,00 €	13,98 €	13,96 €	13,94 €	13,93 €
	0,15	21,23 €	21,18 €	21,14 €	21,11 €	21,08 €	21,06 €	21,04 €	21,01 €	20,99 €	20,98 €
I	0,2	28,33 €	28,27 €	28,23 €	28,19 €	28,16 €	28,13 €	28,10 €	28,08 €	28,06 €	28,03 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	22,78 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	0,05	5,69 €	5,66 €	5,64 €	5,62 €	5,60 €	5,59 €	5,58 €	5,56 €	5,55 €	5,54 €
	0,1	11,41 €	11,37 €	11,34 €	11,32 €	11,29 €	11,27 €	11,26 €	11,24 €	11,22 €	11,21 €
	0,15	17,15 €	17,10 €	17,06 €	17,03 €	17,00 €	16,98 €	16,95 €	16,93 €	16,91 €	16,89 €
I	0,2	22,88 €	22,83 €	22,78 €	22,75 €	22,71 €	22,69 €	22,66 €	22,63 €	22,61 €	22,59 €

Tabela 13 - Datatable do Produto "Gancho Roscado" referente à segunda hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	1084,65 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	0,05	307,52 €	419,93 €	506,19 €	578,91 €	642,97 €	700,89 €	754,16 €	803,73 €	850,30 €	894,34 €
	0,1	456,07 €	615,04 €	737,03 €	839,87 €	930,47 €	1012,38 €	1087,71 €	1157,82 €	1223,67 €	1285,95 €
	0,15	578,46 €	773,16 €	922,56 €	1048,51 €	1159,48 €	1259,80 €	1352,05 €	1437,92 €	1518,57 €	1594,85 €
	0,2	687,31 €	912,13 €	1084,65 €	1230,08 €	1358,21 €	1474,05 €	1580,58 €	1679,73 €	1772,86 €	1860,94 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	1052,72 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	0,05	299,54 €	411,95 €	498,21 €	570,93 €	634,99 €	692,91 €	746,18 €	795,75 €	842,32 €	886,36 €
	0,1	440,10 €	599,08 €	721,07 €	823,90 €	914,51 €	996,42 €	1071,74 €	1141,86 €	1207,70 €	1269,99 €
	0,15	554,51 €	749,22 €	898,62 €	1024,57 €	1135,54 €	1235,86 €	1328,11 €	1413,98 €	1494,63 €	1570,91 €
	0,2	655,38 €	880,21 €	1052,72 €	1198,16 €	1326,29 €	1442,13 €	1548,66 €	1647,81 €	1740,93 €	1829,02 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	1031,19 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	0,05	294,16 €	406,57 €	492,82 €	565,54 €	629,61 €	687,53 €	740,79 €	790,37 €	836,93 €	880,97 €
	0,1	429,34 €	588,31 €	710,30 €	813,14 €	903,74 €	985,65 €	1060,97 €	1131,09 €	1196,94 €	1259,22 €
	0,15	538,36 €	733,06 €	882,47 €	1008,42 €	1119,38 €	1219,70 €	1311,96 €	1397,83 €	1478,47 €	1554,75 €
	0,2	633,85 €	858,67 €	1031,19 €	1176,62 €	1304,75 €	1420,59 €	1527,12 €	1626,27 €	1719,40 €	1807,48 €

Tabela 14 - Datatable do Produto "Fita de Aço" referente à primeira hipótese testada

Fonte: Elaboração própria

probabilidade de rutura	5%	A									
	58,18 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	0,05	11,21 €	0,88 €	7,04 €	13,72 €	19,61 €	24,93 €	29,82 €	34,37 €	38,65 €	42,69 €
	0,1	37,01 €	22,41 €	11,21 €	1,76 €	6,56 €	14,08 €	21,00 €	27,44 €	33,49 €	39,21 €
	0,15	65,22 €	47,34 €	33,62 €	22,05 €	11,86 €	2,64 €	5,83 €	13,72 €	21,13 €	28,13 €
	0,2	94,68 €	74,03 €	58,18 €	44,82 €	33,05 €	22,41 €	12,63 €	3,52 €	5,03 €	13,12 €
probabilidade de rutura	10%	A									
	26,26 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	0,05	3,23 €	7,10 €	15,02 €	21,70 €	27,59 €	32,91 €	37,80 €	42,35 €	46,63 €	50,67 €
	0,1	21,05 €	6,45 €	4,75 €	14,20 €	22,52 €	30,05 €	36,96 €	43,40 €	49,45 €	55,17 €
	0,15	41,28 €	23,40 €	9,68 €	1,89 €	12,09 €	21,30 €	29,77 €	37,66 €	45,07 €	52,08 €
	0,2	62,75 €	42,10 €	26,26 €	12,90 €	1,13 €	9,51 €	19,29 €	28,40 €	36,95 €	45,04 €
probabilidade de rutura	15%	A									
	4,72 €	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I	0,05	2,16 €	12,48 €	20,41 €	27,09 €	32,97 €	38,29 €	43,18 €	47,74 €	52,01 €	56,06 €
	0,1	10,28 €	4,32 €	15,52 €	24,97 €	33,29 €	40,82 €	47,73 €	54,17 €	60,22 €	65,94 €
	0,15	25,13 €	7,24 €	6,48 €	18,05 €	28,24 €	37,45 €	45,93 €	53,82 €	61,22 €	68,23 €
	0,2	41,22 €	20,57 €	4,72 €	8,64 €	20,41 €	31,05 €	40,83 €	49,94 €	58,49 €	66,58 €

Tabela 15 - Datatable do Produto "Fita de Aço" referente à segunda hipótese testada

Fonte: Elaboração própria