

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Políticas de desconto nos laticínios e seus impactos na operação de retalho

Ana Sofia Gomes Alves

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Dr. Sara Sofia Baltazar Martins

25 de janeiro de 2021

Resumo

O desperdício alimentar está intrinsecamente relacionado com a globalização. Num mundo cada vez mais conectado, as cadeias de abastecimento são cada vez mais longas e, em cada fase, alimentos são perdidos ou desperdiçados. Este projeto pretende ajudar a diminuir o desperdício alimentar, mais especificamente no setor do retalho.

Para tal, foram estudados os impactos das políticas de descontos aplicadas em produtos perecíveis, baseado no caso dos iogurtes, procurando minimizar o desperdício alimentar e maximizar as receitas dos retalhistas. Para esse fim, este projeto foca-se na análise de sete cenários de políticas de descontos distintos em que ocorrem uma ou duas alterações no preço de venda do produto, sendo estas no início, a meio ou no fim do tempo de vida do mesmo. São também analisadas três tipos de procura distintas (linear, côncava e convexa). O estudo compreendeu a simulação do dia-a-dia de uma loja de retalho, focando no exemplo de uma prateleira de iogurtes. O modelo de simulação foi desenvolvido tendo em conta o inventário disponível, a procura, o preço e a idade do produto, aliados a uma política de gestão de inventário baseada no método de revisão periódica. Foi com recurso ao *software Anylogic* que foram simulados os vários cenários.

Os resultados obtidos sugerem que a melhor estratégia a adotar tendo em vista o lucro para o retalhista e a minimização do desperdício alimentar é o equilíbrio verificado no cenário onde os preços do produto são ajustados no meio e fim de vida do produto.

Abstract

Food waste is directly connected to globalization. In a world everyday more connected, supply chains are longer, and in each stage, food is lost or wasted. This project aims to help and diminish the food wasted, specifically in the retail sector.

In this work it was studied the impact of discount policies applied in perishable products, based in the yogurts case, aiming to minimize food waste and maximize retailers' profits. Therefore, this project focuses on the analysis of seven different discount policies which may occur once or twice in the lifetime of the considered product. These discounts may be done in the beginning, middle or end of life of the product. Three different distinct demand types (linear, concave and convex) were also analyzed. To validate the model, it was simulated one shelf containing yogurts considering the available stock, the demand of the product, price and age, with a stock management policy based on a periodic revision method. These scenarios were simulated using the software Anylogic.

The obtained results suggest that the best strategy aiming the minimization of food waste and maximization of retailers' profit is the scenario where product prices are adjusted in the middle and end of products' lifetime.

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos que a tornaram possível e aos quais estarei eternamente grata. Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha orientadora, a Professora Sara Martins, por me ter proposto este tema desafiante e por todo o conhecimento que partilhou comigo, juntamente com a sua dedicação e disponibilidade sempre que necessário. Em segundo lugar, um agradecimento muito especial à minha família, em especial ao meu pai, que me ajudou incondicionalmente na partilha de ideias, na escrita da dissertação e no apoio emocional. Por último, quero agradecer aos meus amigos por toda a paciência que tiveram comigo ao longo desta etapa.

Ana Alves

“It always seems impossible until it’s done.”

Nelson Mandela

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contexto e motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura da Dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica	5
2.1	Relação do preço com o período de validade	6
2.2	Custos de Menu	8
2.3	A comunicação – da rotulagem à apresentação dos produtos	9
3	Caracterização do Problema	11
3.1	Contexto do Problema	11
3.2	Modelação do Problema	12
3.2.1	Pressupostos do problema	13
3.2.2	Modelo de Simulação	14
4	Resultados e Discussão	17
4.1	Dados e Simulação	17
4.2	Resultados e Discussão	20
4.2.1	Análise dos Cenários da Procura Linear	21
4.2.2	Análise Global dos Cenários Implementados	26
4.2.3	Análise de Sensibilidade dos Parâmetros	27
5	Conclusões e Trabalho Futuro	29
A		31
	Referências	35

Lista de Figuras

3.1	Esquema do cenário base do problema em estudo	12
3.2	Método de Revisão periódica, com tempo de entrega imediato	14
3.3	Ajustes de preço nos diferentes cenários de implementação	16
4.1	Estrutura principal do simulador	17
4.2	Procura linear, côncava e convexa para o cenário SA em função do tempo	20
4.3	Preço do produto em função da idade	22
4.4	Procura para cada cenário da procura linear em função do tempo	22
4.5	Desvio padrão da procura linear em função do tempo	23
4.6	Inventário para o cenário SA da procura linear em função do tempo	23
4.7	Custos de menu para os diferentes cenários da procura linear em função do tempo	25
4.8	Lucro para cada cenário da procura linear em função do tempo	25

Lista de Tabelas

3.1	Diferentes cenários de implementação	16
4.1	Definição de parâmetro usados na simulação	18
4.2	Valor das quantidades de encomenda consoante a procura	20
4.3	Variação da procura com a idade do produto	21
4.4	Momento de ajuste de preço	21
4.5	Número de produtos descartados e custos associados para cada cenário da procura linear	24
4.6	Equilíbrio entre lucro total e produtos descartados para a procura linear	26
4.7	Valores finais por período para cada cenário da procura linear	27
4.8	Valores finais por período para cada cenário da procura côncava	27
4.9	Valores finais por período para cada cenário da procura convexa	27
4.10	Valores finais por período da procura linear com alteração do preço e do custo do produto	28
4.11	Valores finais por período da procura linear com alteração do preço do produto e do desconto	28
A.1	Variação da procura linear para as diferentes políticas de desconto	31
A.2	Variação do inventário para a procura linear para o cenário SA	32
A.3	Variação do lucro que corresponde à procura linear para as diferentes políticas de desconto	33

Abreviaturas e Símbolos

CCF	Côncava Final
CCI	Côncava Inicial
CCIF	Côncava Inicial e Final
CCIM	Côncava Inicial e Meio
CCM	Côncava Meio
CCMF	Côncava Meio e Final
CCSA	Côncava Sem Ajuste
CVF	Convexa Final
CVI	Convexa Inicial
CVIF	Convexa Inicial e Final
CVIM	Convexa Inicial e Meio
CVM	Convexa Meio
CVMF	Convexa Meio e Final
CVSA	Convexa Sem Ajuste
EDBP	<i>Expiration Date Based Pricing</i>
EPL	<i>Electronic Price Label</i>
Fi	Final
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
In	Inicial
IF	Inicial e Final
IM	Inicial e Meio
LF	Linear Final
LI	Linear Inicial
LIF	Linear Inicial e Final
LIM	Linear Inicial e Meio
LM	Linear Meio
LMF	Linear Meio e Final
LSA	Linear Sem Ajuste
Me	Meio
MF	Meio e Final
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
SA	Sem Ajuste

Capítulo 1

Introdução

O mundo e a forma como o ser humano o conhece está em constante mudança, trazendo novos desafios que têm forçosamente de ser ultrapassados. Um destes grandes desafios é o desperdício alimentar. Trata-se de um problema com impacto global a nível ético, ambiental e financeiro. A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) estima que cerca de 1.3 mil milhões de toneladas de alimentos produzidos anualmente sejam desperdiçados [1]. Esta quantidade representa cerca de um terço de todos os alimentos produzidos por ano. Isto levanta uma questão relativamente a este aspeto - como é que, de facto, um terço de todos os alimentos produzidos por ano são desperdiçados?

1.1 Contexto e motivação

O desperdício alimentar está intrinsecamente relacionado com a globalização. Num mundo cada vez mais conectado, as cadeias de abastecimento são cada vez mais longas e, em cada fase, alimentos são perdidos ou desperdiçados. Portanto, o desperdício alimentar encontra-se tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. Se nos países em desenvolvimento isto acontece nas fases iniciais da cadeia, como por exemplo na produção, armazenamento e processamento, nos países desenvolvidos acontece nas fases finais com os consumidores a serem os maiores responsáveis pelo desperdício.

A componente ética e social associadas ao desperdício alimentar são alarmantes. É estimado, pela FAO, que 820 milhões de pessoas no mundo passam fome, o que torna o objetivo *Zero Hunger* em 2030 [2] um desafio difícil de superar. Outra questão perturbadora está relacionada com o facto de 2 mil milhões de pessoas no mundo experienciarem insegurança alimentar, levando a riscos severos de malnutrição e problemas de saúde.

Quando produtos alimentares são descartados, não há só desperdício de alimentos. É necessário considerar também todos os recursos necessários para produzi-los tais como água para irrigação, já que 70% é utilizada para agricultura, combustível, veículos de transporte e terra para produção. Considerando ainda, que 28% destes terrenos são utilizados para produção de alimentos que serão mais tarde desperdiçados [3].

No que diz respeito ao impacto económico, este é sentido pelos mais variados setores da sociedade, entre os quais se encontram as empresas de retalho, uma vez que o desperdício alimentar impossibilita a geração de receitas com determinados produtos, especialmente os produtos perecíveis.

Os produtos perecíveis definem-se como sendo passíveis de deterioração ou que contêm uma composição que exige condições especiais de armazenamento, tais como o peixe, carne, laticínios, vegetais, fruta, entre outros. Como consequência, estes produtos estão associados a uma característica fundamental - a validade. A validade é um conceito bastante volátil no que diz respeito a produtos alimentares, uma vez que varia de produto para produto, ditando o período de tempo no qual este está apto para consumo humano.

Várias empresas, cooperativas e entidades tentam adotar estratégias para evitar o desperdício alimentar e, por conseguinte, maximizar as suas receitas. Servem como exemplos os modelos de negócio da cooperativa Fruta Feia e da empresa GoodAfter.

A cooperativa de consumo Fruta Feia compra ao produtor produtos que não são atrativos para as grandes superfícies e coloca-os à venda em retalhistas alternativos, contribuindo para mitigar o desperdício. Existem supermercados *on-line* que têm produtos próximos ou fora da data de consumo preferencial, a preços mais económicos, como é o caso da *GoodAfter*, que se dedicou a este nicho de mercado, procurando combater o desperdício. As entidades que procuram este tipo de plataforma assumem uma menor margem de lucro mas conseguem escoar os seus produtos que, de outra forma, não seriam vendidos mas sim desperdiçados. Também as grandes empresas de retalho adotam uma técnica que consiste na utilização de etiquetas com cores atrativas exibindo um novo preço do produto. Estas etiquetas são colocadas em produtos cuja validade está perto do fim, sendo aplicado um desconto para que o consumidor se sinta tentado a comprar e, desta forma, evitar que o produto seja desperdiçado.

Esta dissertação irá focar-se no estudo da estratégia de desconto já utilizada pelas empresas de retalho no combate ao desperdício e no aumento das receitas. O momento e quantas vezes os descontos são aplicados tem impacto nos resultados finais obtidos pela estratégia, sendo importante balancear os custos inerentes à operação e os possíveis proveitos adjacentes. Este estudo será baseado na promoção de produtos laticínios, mais precisamente nos iogurtes que estejam próximos da data de validade, numa tentativa de minimizar o desperdício alimentar neste setor.

1.2 Objetivos

Este projeto visa a redução do desperdício alimentar numa das últimas fases da cadeia de abastecimento, mais precisamente, no retalho.

A estratégia de descontos dos produtos com base na sua validade remanescente compreende a utilização de etiquetas promocionais e tem de ter em conta diversas características dos produtos e das operações em si. Quando estratégias para o efeito não são implementadas de forma eficiente, não contemplando todos os custos e constrangimentos envolvidos, não são atingidos os resultados pretendidos.

Como tal, o primeiro objetivo será o estudo das políticas presentes na literatura que têm como objetivo a venda de artigos perecíveis, já que este é o tipo de artigo utilizado no projeto. Estas políticas de desconto são analisadas contemplando a identificação dos custos envolvidos com a política de descontos, designados de custos de menu, a identificação dos constrangimentos operacionais à implementação dos descontos e o comércio de produtos laticínios que têm validade explícita. Após este estudo, onde foram selecionados diferentes tipos de procura e políticas de desconto, segue-se a aplicação e comparação destes vários cenários, tendo em vista identificar os cenários que promovem a minimização do desperdício e maximização do lucro do retalhista.

1.3 Estrutura da Dissertação

Para além do presente capítulo, que tem como objetivo introduzir o projeto realizado, o documento compreende mais quatro capítulos.

No Capítulo 2, é descrita a revisão bibliográfica onde se abrangem tópicos tais como a deterioração e desperdício alimentar, políticas utilizadas, ajuste de preços e comunicação tendo em vista a minimização do desperdício alimentar.

Segue-se o capítulo 3 onde é feita uma contextualização e modelização do problema em análise. São também apresentados todos os pressupostos assumidos, os cenários definidos e como a construção da simulação foi feita.

Já no Capítulo 4 é apresentada a ferramenta utilizada neste projeto, um simulador, e são também apresentados todos os casos de estudo, estes que variam de acordo com a procura e políticas de descontos. São aqui também apresentados e analisados os resultados dos diferentes cenários simulados.

Finalmente, no Capítulo 5, as conclusões do presente projeto são apresentadas assim como sugestões para trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

O impacto económico do desperdício alimentar nas empresas de retalho e a forma como pode ser evitado têm tido um interesse crescente na literatura. De facto, o impacto económico é muito significativo, pois de acordo com [4], a deterioração de produtos representa cerca de 30% do total de vendas dos supermercados em todo o mundo. A FAO refere, numa estimativa de 2013, um valor entre 25 e 33%. Estudos provam que a maioria do desperdício alimentar ao nível do retalho está ligado à data de expiração dos produtos [5]. De acordo com [6], estas perdas resultam, entre outras, da deterioração, danificação, degradação, furtos, evaporação, obsolescência e danos.

Segundo [7], os produtos não vendidos até ao fim de vida custam ao setor grossista europeu milhares de milhões de euros todos os anos. Todavia, a maior contribuição para o desperdício alimentar nos países industrializados tem lugar nas habitações dos consumidores finais, representando cerca de 53% do total de alimentos desperdiçados na União Europeia [8]. Também a FAO refere que, em 2013, esse valor estaria entre os 40 e 50%.

Políticas de preço dinâmico de produtos alimentares com base na validade surgem como uma estratégia para mitigar o desperdício alimentar [9], sendo que alguns autores enveredaram pela relação do preço com o período de validade. Em [10] é proposto um modelo para um sistema de inventário para produtos com validade específica; já em [9] é explorado o preço ótimo para bens perecíveis.

Em [11] é estudado quando e como o ajuste de preço deve ser realizado tendo em conta diferentes custos de menu, estes que se definem como sendo custos administrativos associados à mudança de preços. O modelo descrito em [12] foca-se no comportamento do consumidor em relação ao preço reduzido de alimentos subótimos, ou seja, aqueles que não atingem a mais alta qualidade nos supermercados e à sua relação com o desperdício alimentar.

A importância dos custos de menu pode ser mitigada através da utilização de sistemas eletrónicos de etiquetagem de preço [13] e através de métodos para gestão da data de validade dos produtos através de recibos eletrónicos [14]. Por outro lado, em [15] foi desenvolvido um modelo de otimização de reposição de produtos e respetiva política de descontos no retalho.

A relevância da comunicação referente aos diferentes motivos de compra é estudada em [5], referindo a sua relação com a aquisição de produtos orgânicos, familiarização com a prática de

indexação de preço com a data de validade e especificidades individuais e dos produtos. Neste caso particular, o efeito da mensagem de rotulagem no consumidor deve ser cuidadosamente avaliado, pois a utilização de diferentes etiquetas influencia o valor percebido dos produtos, e predisposição para comprar [16].

O reforço da comunicação para consciencializar os consumidores para a prevenção do desperdício de alimentos originado pela expiração do prazo de validade ou a redução dos riscos percebidos para a saúde quando se consome esse tipo de produtos, podem ser vistas como formas prometedoras para a prevenção do desperdício [17]. A força da mensagem não se fica pela rotulagem, uma vez que o efeito estético de um produto no consumidor influencia a sua atitude para a aquisição [18].

A combinação da validade dinâmica com os descontos permite uma possível redução do desperdício alimentar [15]. Da mesma forma, a promoção do desempenho do consumidor em relação ao desperdício alimentar, prevenindo práticas de consumo relacionadas com produtos expirados, pode ser uma forma efetiva de promover a prevenção de desperdício alimentar nas habitações [17]. Esta mensagem é particularmente importante junto das mulheres, estas que reagem mais favoravelmente à mitigação do desperdício alimentarem em comparação com o setor masculino [5].

Assim, para estudar o problema das políticas de descontos de produtos perecíveis no retalho alimentar, é preciso ter em consideração três tópicos que serão discutidos em detalhe:

- a relação do preço do produto com a data de validade;
- os custos de menu associados à implementação da política de desconto;
- a importância do modo de comunicação da política em uso.

2.1 Relação do preço com o período de validade

Para produtos com validades diferentes é benéfico fazer descontos em função da sua validade, enquanto que para itens com a mesma validade a política de penetração de preços é utilizada, iniciando com preços baixos e aumentando-os de acordo com a procura [10]. Os produtos próximos da data de validade são vistos pelos consumidores como sendo de qualidade inferior [19], no entanto, os consumidores ponderam escolhê-los quando estes se encontram a um preço mais reduzido [5].

A gestão de inventário de produtos perecíveis é complexa, devido à contínua deterioração e à heterogeneidade da preferência dos consumidores em relação a estes produtos, dificultando a decisão da política de preço a utilizar [10]. Uma política de preços adequada pode motivar os consumidores a adquirir produtos perecíveis, incluindo aqueles cuja data de expiração é curta [10].

Esta técnica de ajuste de preço é habitualmente designada por política de preço dinâmico e é utilizada de forma a corresponder melhor a oferta e a procura de produtos em deterioração. Quando

os custos de menu são negligenciáveis, consegue-se otimizar a política de preços, evidenciando-se a relação direta da redução do preço com a deterioração do produto [11]. Esta técnica consubstancia um incentivo aos consumidores para escolher produtos subótimos e à diminuição do desperdício alimentar, sendo designada por EDBP (*Expiration Date Based Pricing*) [5].

Em [9] é estabelecido um conjunto de recomendações sobre a prática de EDBP:

- ser orientada segundo os segmentos do consumidor, as categorias dos produtos, ou ambos que envolvam um risco maior da data de expiração;
- ser utilizada para atrair novos consumidores e como estratégia de expansão do mercado;
- concentrar-se em construir e estabelecer a confiança entre a marca e os consumidores;
- ser já aplicada por concorrentes ou noutras categorias de produtos semelhantes;
- ser enquadrada como uma atividade de marketing verde para categorias de alto risco.

A política de preço dinâmico prolonga a vida nas prateleiras de um dado produto. No entanto, por vezes, isso não acontece já que é mais benéfico vender inventário novo se o produto em fim de vida já for pouco valorizado [20]. Assim, várias empresas aplicam diferentes estratégias de gestão de produtos perecíveis. Alguns retalhistas vendem inventário antigo juntamente com o novo, aplicando um desconto no antigo de forma a ter em conta a queda de valor percebida. Enquanto que outros retalhistas abdicam do inventário antigo, deitando-o fora, antes de colocarem o novo inventário nas prateleiras das suas lojas [20].

Estudos referem que é preferível ajustar o preço de um produto perecível a meio do seu tempo de vida do que fazer ajustes precoces ou tardios [11]. Contudo, o ajuste de preço tem alguns riscos e opiniões de investigadores tornam-se algo variadas. Alguns defendem que esta prática leva a uma avaliação negativa da qualidade da marca por parte do consumidor, mas pode gerar uma avaliação positiva, quando associada a uma campanha de redução do desperdício [9].

O grau de aceitação do consumidor com a adoção de uma política de preços baseada na data de validade dos produtos pode ser aumentado, melhorando a qualidade percebida dos produtos e fornecendo dicas para garantir que os consumidores se sintam confiantes a usufruir dos produtos nas suas casas [5].

Os consumidores podem escolher comprar produtos a um preço reduzido, cuja data de expiração está próxima, ou seja, produtos subótimos, por dois principais motivos. Primeiramente, por uma razão económica e, em segundo lugar, por motivos éticos, ajudando desta forma a diminuir o desperdício alimentar [5].

Quando se trata do produto em si e da imagem que transparece, os consumidores têm em consideração a dimensão da embalagem, data de expiração, qualidade do produto, possibilidade de congelação e armazenamento na habitação [12].

Os consumidores que são mais focados no preço desperdiçam menos alimentos e têm menos tendência a escolher, em primeiro lugar, alimentos ótimos. O contrário passa-se com os que dão

importância à relação qualidade-preço ou não procuram promoções. O foco no preço é menor quando se está perante grupos de alto rendimento e de pessoas que vivem sozinhas [12].

A escolha dos consumidores no ato de compra é denominada de procura. De acordo com a literatura, existem dois tipos de procura. O primeiro tipo denomina-se procura determinística e o segundo estocástica. O primeiro baseia-se num modelo cuja procura é constante, como descrito em [21, 22], dependente do tempo [23, 24], dependente do inventário [25, 26] e, por último, dependente do preço [27]. Os modelos com procura estocástica estão diretamente relacionados com o preço e o tempo [28, 29, 30]. Os modelos com procura estocástica têm incerteza associada e representam melhor o comportamento humano.

Quer em modelos estocásticos ou determinísticos de procura, o objetivo é maximizar o lucro, normalmente através de políticas estudadas na literatura. De acordo com [31], a procura costuma ser modelada de forma determinística porém, em qualquer dos casos, é considerado que as melhores políticas para maximizar lucros são a aplicação de descontos e preço dinâmico através da determinação do preço ótimo do produto ou a otimização de gestão de inventário [32, 33]. A maior parte dos investigadores focados neste tópico, ou seja, na aplicação de descontos ou preço dinâmico, desenvolveram modelos de otimização sendo que a maior parte deles considerou como caso de estudo um produto perecível [15] dependente do preço e com procura determinística. Já em [15] são estudados os efeitos no lucro variando somente o preço através de um modelo estocástico. Em [34] o modelo de otimização baseou-se na definição do preço ótimo e na decisão de efetuar encomendas, primeiro utilizando uma procura determinística e posteriormente estocástica. Em [35] o modelo de otimização, tendo em vista a otimização de preço, gestão de inventário e quantidade de encomenda, é descrito como sendo dependente do preço mas também do tempo de vida do produto. Vê-se, portanto, dos casos acima enumerados, que a utilização de descontos e preço dinâmico é bastante comum. Neste projeto escolheu-se utilizar um método de otimização determinístico com data de validade fixa, tendo como parâmetros o preço e a idade do produto, tal como o modelo descrito em [35]. Como mencionado previamente, uma abordagem determinística é preferível para uma perspetiva matemática e analítica. Neste caso, como o cenário é simulado e a procura é alta e com pouca variabilidade, um cenário de procura determinística é preferível. Desta forma, os resultados serão suficientemente satisfatórios e o esforço computacional e analítico mais baixos quando comparados com um cenário estocástico, que se prova mais benéfico para cenários de vida real.

2.2 Custos de Menu

O preço dinâmico pode ajudar a ajustar a oferta e a procura, todavia, a mudança de preços origina custos adicionais a que se dá o nome de custos de menu [11].

A prática de operação de retalho mostrou, empiricamente, que os custos de menu têm um papel crítico nas decisões de preço dos retalhistas e investigadores concluíram que a melhor política de descontos a utilizar é um único ajuste no preço a meio do tempo de vida do produto [11].

Na literatura económica são identificados os dois maiores custos associados ao ajuste de preços: os custos físicos e os custos de gestão [36]. Os custos físicos são incorridos pelos retalhistas que pagam custos laborais pela mudança de milhares de preços de produtos das prateleiras das suas lojas [37]. Outros custos físicos são associados à produção, impressão e distribuição de livros de descontos e catálogos. Os custos de gestão estão diretamente relacionados com o tempo e a atenção que é requerida aos gestores para que reúnam a informação relevante e tomem decisões [38]. Os custos de gestão podem atualmente ser maiores que os custos físicos devido à complexidade inerente em lidar com os preços das lojas físicas e das lojas *on-line*. Desta forma, com o desenvolvimento do comércio eletrónico e o avanço na tecnologia, os custos físicos foram reduzidos [11].

A forte dinâmica criativa atual de inovações disponibiliza equipamentos, sistemas e métodos. Estes permitem que os compradores acessem à informação relativa aos limites das datas de expiração de um produto de forma eletrónica. Assim, o comprador tem a possibilidade de identificar a informação da localização de cada produto individualmente e o estado de inventário de cada produto [14].

Existem também sistemas e métodos para gerir produtos expirados nos quais é utilizado um recibo eletrónico que fornece informações sobre a validade dos mesmos. De entre esses sistemas salientam-se o *Electronic Price Label*, EPL, que utiliza a tecnologia *Radio Frequency Identification*, RFID, para facilitar a sua implementação [13].

2.3 A comunicação – da rotulagem à apresentação dos produtos

Com o passar do tempo os produtos perecíveis apresentam diferentes níveis de qualidade e de deterioração que podem ser claramente percebidos pelos consumidores [10]. Crê-se que vários consumidores acreditam que um produto cuja data de validade está expirada não é um produto seguro para consumo [39]. A perceção do consumidor no que diz respeito à qualidade de um produto fresco no momento da compra e no do consumo representam um papel importante na decisão de comprar, comer ou descartar [18].

De facto, existem estudos que mostram que defeitos e desarranjos nos produtos têm um grande impacto na preferência do consumidor [40]. A probabilidade de escolha de produtos subótimos depende da categoria dos mesmos e é maior na presença de uma mensagem de diminuição do desperdício alimentar, em especial junto das mulheres, destacando a oferta de um benefício ou procurando desvalorizar a respetiva subotimalidade [5].

O sucesso na abordagem da política do preço dinâmico pode ser atingida com campanhas de comunicação que informam os consumidores que os produtos que estão perto ou ultrapassam a data de validade são perfeitamente comestíveis. Isto, obviamente, garantido o aspeto, cheiro ou sabor, ou seja, através do reforço da perceção do valor [5]. Nessas campanhas de comunicação, destacar poupanças nos orçamentos pode funcionar como um reforço positivo e benéfico e, desta forma, apoiar a probabilidade de escolha [5].

Os efeitos da comunicação revelam-se particularmente na etiquetagem dos produtos. Muitos argumentam que a variedade de tipos de datas usadas nas etiquetas, utilizadas pelos fabricantes de produtos, levam à confusão sobre a qualidade e a segurança dos produtos entre os consumidores, encorajando níveis de desperdício alimentar desnecessários. As etiquetas “Consumir de preferência até,” “Consumir antes,” ou “Consumir até” são usadas para sugerir a data a partir da qual a qualidade e o sabor dos produtos se pode encontrar alterada [19]. Na União Europeia, as datas de expiração e as datas de “consumir de preferência antes de” representam uma medida de qualidade do produto e não de segurança, ou seja, a data até à qual o produto retém as propriedades específicas. No entanto, os alimentos que estão próximos ou que ultrapassam a data de “melhor consumir antes de” podem ser consumidos [17]. É relativamente consensual que a predisposição por parte dos consumidores para comprar é maior quando são utilizadas etiquetas do tipo “consumir até”, cuja data da etiqueta aparenta menos ambiguidade e sugestiva de segurança alimentar, comparando com as etiquetas tais como “vender até”, que é a última data na qual o produto pode estar exposto [16]. Também as etiquetas “consumir de preferência até”, diminuem a aceitação do produto, assim como o valor percebido de frescura e de segurança [41]. Em suma, a etiquetagem de datas de validade tem a capacidade de transmitir sinais ao consumidor e influenciar as suas preferências [42].

Capítulo 3

Caracterização do Problema

Neste capítulo apresentam-se o contexto e modelação do problema em análise. A segunda secção do capítulo expõem os pressupostos assumidos, o modelo de simulação e os cenários definidos.

3.1 Contexto do Problema

As políticas de desconto adotadas na operação de retalho para o escoamento de produtos próximos da validade, os custos administrativos associados à implementação dessas políticas e a forma de as comunicar constituem um desafio para os gestores do retalho. A data de validade é uma característica comum a todos os produtos alimentares e é um fator de enorme importância no mundo do retalho. Como o consumo de produtos com data expirada é desaconselhado e a sua venda proibida, é importante estudar os impactos desta característica. O mundo do retalho debate-se com esta temática, uma vez que é difícil gerir a forma como são tratados os produtos, especialmente produtos com uma data de validade curta.

Os retalhistas focam a sua atenção no cliente, uma vez que é dele que depende o seu sucesso. No entanto, este representa o fator humano e a sua aleatoriedade torna-o difícil de prever, complicando a gestão da venda de produtos perecíveis.

Na ótica do cliente, a compra de um produto cuja data de validade está perto do fim pode ser descartada. Porém, se este produto se encontrar a um preço mais baixo, o cliente pode tomar a decisão de efetuar a compra. Neste sentido, os retalhistas procuram apresentar diferentes opções ao cliente, de forma a perceber a melhor forma de escoar os produtos, tendo em consideração as suas receitas. Estas opções baseiam-se no ajuste do preço de venda de produtos durante o tempo de vida do mesmo, podendo ser no início do tempo de vida do produto, a meio ou no fim.

Este trabalho pretende contribuir para esta temática, estudando as políticas de preço de produtos alimentares e respetivos custos, bem como os constrangimentos inerentes à sua implementação. As políticas adotadas nesta dissertação baseiam-se na possível aplicação de um desconto num produto cuja data de validade é reduzida. Um fator importante destas políticas é o momento em que este é colocado, porque a sua aplicação tem aspetos positivos e negativos. Por um lado, a aplicação

do desconto pode levar o cliente a não querer perder a oportunidade de comprar o produto a um preço mais baixo, mesmo que a data de expiração seja curta. Por outro, o retalhista pode perder a oportunidade de vender o produto ao preço normal, se houvesse a intenção de o cliente o comprar sem desconto.

3.2 Modelação do Problema

Na Figura 3.1, pode-se observar o cenário base do problema em estudo. Este problema, baseia-se numa prateleira de iogurtes de uma loja. À medida que o tempo passa, a quantidade de inventário (I) existente na prateleira vai diminuindo. Essa diminuição é representada pela procura (λ) do cliente relativamente ao produto em questão. O produto contém dois parâmetros associados, sendo eles o preço (p), sobre o qual será vendido, e a idade (i), o tempo que passou, representado em dias, desde a chegada do produto à loja até ao momento. No que diz respeito à gestão de inventário foram considerados dois parâmetros. O primeiro trata-se da quantidade de produtos a encomendar, Q , e o segundo parâmetro o período de reabastecimento fixo, T . Uma vez terminado o período de reabastecimento, o inventário existente é descartado para dar entrada a uma nova encomenda.

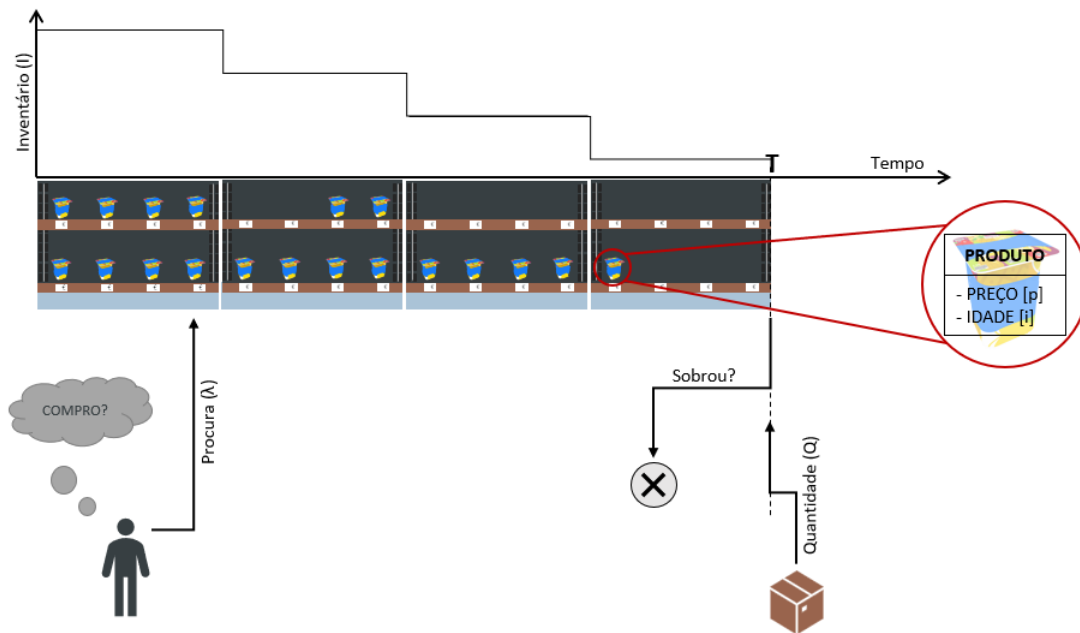


Figura 3.1: Esquema do cenário base do problema em estudo

A estratégia adotada para avaliar o impacto das políticas de preço no mundo do retalho é testar diferentes cenários, com diferentes perfis de procura e ajustes de preço, e analisar as possíveis alterações originadas por essas modificações. O recurso a um modelo de simulação que retrate o dia-a-dia de uma prateleira de uma loja ajuda na análise do problema sem a necessidade de inquéritos e sem prejudicar a atual gestão de políticas implementadas.

Desta forma, foi utilizado o *software Anylogic* para construir o modelo de simulação e testar os cenários de interesse. Estes cenários correspondem a alterações do preço de venda do produto e podem conter ajustes de preço no início, meio ou fim do seu tempo de vida. Assim, a simulação efetuada baseia-se no dia a dia de uma prateleira de um produto de uma loja com uma determinada procura, simulando a compra do produto por parte de um consumidor. De forma a tornar a simulação mais real, foi definido um produto específico para análise, um iogurte. Esta escolha baseou-se no facto de ser um produto com uma data de validade bastante reduzida e por ser, atualmente, um produto alvo destas políticas de preço.

3.2.1 Pressupostos do problema

A construção de um modelo de simulação que retrate o problema em estudo é de elevada complexidade e não permite replicar perfeitamente o funcionamento de uma loja. Deste modo, foi necessário fazer suposições e simplificações que permitissem a execução da mesma. Para este problema, foram considerados os seguintes pressupostos:

1. Os produtos têm uma data de validade fixa e, por isso, é possível definir o momento a partir do qual já não podem ser vendidos;
2. Não há armazém, apenas existem produtos em loja na prateleira (não há reposições de produtos na prateleira ao longo do dia);
3. Todos os produtos de uma encomenda recebida pela loja têm as mesmas características, isto é, a mesma data de validade;
4. Não há procura para produtos expirados, estes terão de ser descartados;
5. Não existe venda de produtos com idades diferentes em simultâneo. Os produtos em inventário são descartados quando chega uma nova encomenda, baseado em [43] e [44];
6. Na chegada de um produto, considera-se que a sua idade é zero. No entanto, esta idade não é real, uma vez que o produto, antes de chegar à prateleira, passa pelas fases de produção e transporte. Assim, o prazo de validade com que o produto chega é a validade remanescente da real;
7. A função da procura depende do preço de venda e do tempo de vida do produto [35];
8. A política de gestão de inventário adotada é a revisão periódica, comum no setor do retalho, dependendo apenas do período de reabastecimento;
9. O prazo de entrega de uma encomenda é imediato, isto é o *lead time* de entrega é zero;
10. O lucro é calculado por período de reabastecimento.

Como indicado no pressuposto 8, o método adotado para a gestão de inventário é a revisão periódica. Este método, ilustrado na Figura 3.2, rege-se pelo período de reabastecimento, ou seja,

determina-se um período de reabastecimento fixo e uma quantidade desejada em inventário fixa. As encomendas são feitas no final de cada período de reabastecimento e a quantidade a encomendar é determinada pela diferença entre a quantidade desejada e o inventário nesse momento. Com o auxílio do pressuposto 5 e, uma vez que a procura entre períodos de reabastecimento é constante, pode-se concluir que a quantidade de reabastecimento é fixa.

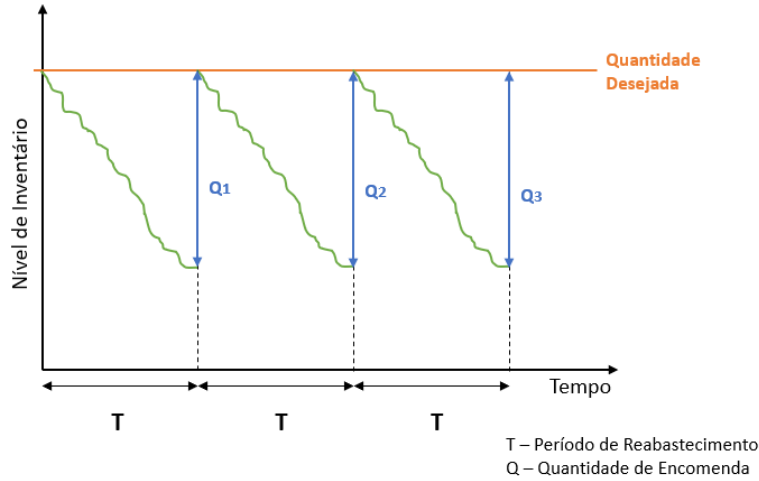


Figura 3.2: Método de Revisão periódica, com tempo de entrega imediato

3.2.2 Modelo de Simulação

O modelo de simulação foi criado com base no esquema apresentado anteriormente na Figura 3.1. No modelo existem duas funções chave: a procura e o lucro.

A função da procura permite simular a quantidade da procura de um produto com idade i a um preço p . Com o objetivo de obter uma função que se enquadrasse neste problema, é essencial que a mesma tenha em conta os seguintes parâmetros:

- o preço dinâmico, para permitir simular uma procura em função do preço do produto;
- a idade, de forma a simular uma procura em função da idade do produto;
- data de validade fixa, para garantir que o produto não sofre nenhuma degradação ao longo da sua vida.

Neste sentido, foi considerada, segundo [35], a seguinte função de procura determinística:

$$\lambda(i, p) = \begin{cases} \lambda_0(1 - \alpha p)(1 - (i/D)^n), & \text{se } i \leq D, \quad p \leq \alpha^{-1} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3.1)$$

onde λ_0 representa o parâmetro de escala da procura, α^{-1} representa o preço de reserva, n representa o parâmetro de forma da diminuição da procura no tempo ($n > 0$) e D representa a data de validade do produto.

De forma a analisar o lucro que a venda dos produtos têm para o retalhista, foram identificados os seguintes parâmetros:

- K - custo fixo de cada encomenda;
- c - custo unitário de cada produto;
- h - custo de manutenção de cada produto;
- m - custo de menu associado ao ajuste de preço do produto;
- d - número de produtos descartados;
- nr - número de ajustes num período.

A função do lucro inclui as seguintes componentes económicas:

- lucro obtido na venda de cada produto, $(p - c)\lambda(t, p)$;
- custos de manutenção de inventário, $h\sum_{t=0}^T I(t)$;
- custo fixo de encomenda, K ;
- custo de menu associado ao ajuste de preço do produto, m ;
- custo associado ao descarte de produtos, $d \cdot c$.

Combinando-os, obtém-se:

$$\pi(T_i) = (p - c) \sum_{t=x}^{T_i} \lambda(t, p) - h \sum_{t=x}^{T_i} I(t) - K - nrmI(t) - dc \quad (3.2)$$

Como observado na Equação 3.2, o lucro será calculado por período de reabastecimento. O objetivo final é comparar o lucro obtido. Na Figura 3.3, podem-se observar quatro cenários distintos com os respetivos períodos de reabastecimento e ajustes de preço em ordem ao tempo. De realçar que qualquer que seja o tipo de política de preço implementada, isto é, ajustes do preço em cada cenário, o lucro será igual em todos os períodos de reabastecimento, uma vez que no final de cada período de reabastecimento o produto em inventário é descartado.

Como a função do lucro só depende do período de reabastecimento, para obter o lucro total, basta multiplicar o lucro por período de reabastecimento pelo número de períodos.

$$\Pi = N\pi(T_i) \quad (3.3)$$

Onde N representa o número de períodos de reabastecimentos numa simulação.

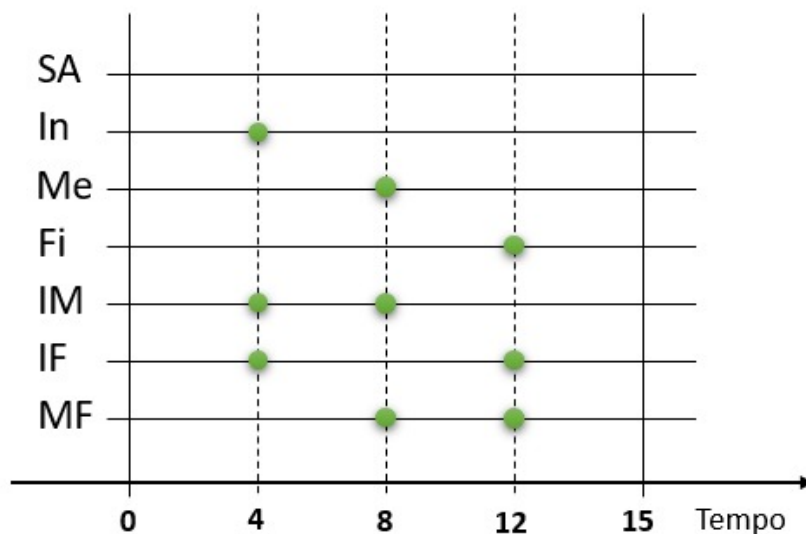


Figura 3.3: Ajustes de preço nos diferentes cenários de implementação

Os cenários simulados encontram-se na Tabela 3.1 e diferem no tipo de procura e na política de ajuste de preço. O tipo de procura pode variar entre linear, côncava e convexa. Quanto à política de ajuste de preço, foram analisadas seis distintas:

- sem ajuste de preço (SA);
- com um ajuste de preço no início do tempo de vida do produto (In);
- com um ajuste de preço a meio do tempo de vida do produto (Me);
- com um ajuste de preço no final do tempo de vida do produto (Fi);
- com dois ajustes de preço, um no início e outro a meio do tempo de vida do produto (IM);
- com dois ajustes de preço, um no início e outro no final do tempo de vida do produto (IF);
- com dois ajustes de preço, um a meio e outro no final do tempo de vida do produto (MF).

Tabela 3.1: Diferentes cenários de implementação

	Sem Ajuste	Inicial	Meio	Final	Inicial e Meio	Inicial e Final	Meio e Final
PROCURA	LSA	LI	LM	LF	LIM	LIF	LMF
	CCSA	CCI	CCM	CCF	CCIM	CCIF	CCMF
	CVSA	CVI	CVM	CVF	CVIM	CVIF	CVMF

Capítulo 4

Resultados e Discussão

Neste capítulo são explicados com detalhe os cenários implementados, bem como os valores numéricos utilizados e a sua forma de obtenção. Segue-se posteriormente uma secção com os respetivos resultados obtidos através das simulações. Finalmente, é feita a análise e discussão dos mesmos.

4.1 Dados e Simulação

O simulador foi implementado com o auxílio do software *AnyLogic*. Na Figura 4.1 é apresentada a estrutura principal do simulador. O bloco "iogurtes" representa a chegada de encomendas. Este bloco gera, por conseguinte, Q unidades de produto no início da simulação e a cada período de reabastecimento T . O bloco "prateleira" armazena os produtos que, por sua vez, são mantidos neste até surgir uma compra que desbloqueie o bloco "espera" e permita os produtos serem vendidos. Assim, os produtos saem da "prateleira" para o bloco "produtos_vendidos" de acordo com a função da procura. Quando chega uma encomenda nova, os produtos que estão na "prateleira" são transferidos para o bloco "produtos_descartados", representando o descarte de produtos velhos.

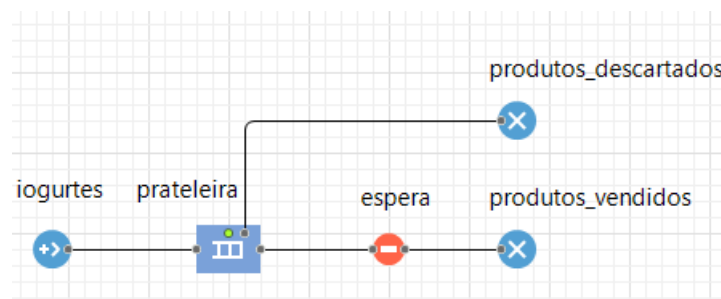


Figura 4.1: Estrutura principal do simulador

Para a implementação da simulação foram considerados os valores presentes na Tabela 4.1, obtidos através de dados da própria simulação, de um retalhista português e de [35].

Tabela 4.1: Definição de parâmetro usados na simulação

	PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	VALOR	FORMA DE OBTENÇÃO
PROCURA	λ_0	Parâmetro de escala	200	[35]
	α^{-1}	Preço de reserva	0.04	[35]
	n	Parâmetro de forma da diminuição da procura no tempo	0.5, 1, 2	[35]
	D	Data de validade do produto	15	Retalhista
	p	Preço do produto	1.5€*	Retalhista
	i	Idade do produto	0*	-
MÉTODO DE REVISÃO	T	Período de reabastecimento	15	Simulação
	Q	Quantidade de encomenda	1247, 1713, 2189	Simulação
CUSTOS	h	Custo de manutenção de cada produto	0.01€	Retalhista
	m	Custo de menu associado ao ajuste de um produto	0.0122€	Retalhista
	c	Custo unitário de cada produto	0.5€	Retalhista
	K	Custo fixo da encomenda	20€	Retalhista

*inicialmente

Os parâmetros que foram obtidos com base no retalhista apresentam valores aproximados. Como indicado na Tabela 4.1, o parâmetro n , utilizado na função da procura, pode tomar três valores diferentes:

- 0.5 - para a diminuição côncava da procura no tempo;
- 1 - para a diminuição linear da procura no tempo;
- 2 - para a diminuição convexa da procura no tempo.

Já o preço pode apresentar três valores diferentes:

- 1.5€- preço inicial de venda produto;
- 1.2€- preço de venda do produto após ter sido aplicado um desconto de 20%;
- 0.96€- preço de venda do produto após ter sido aplicado um segundo desconto de 20%.

O parâmetro m , custo de menu associado ao ajuste de um produto, foi calculado tem em conta os seguintes fatores:

- o tempo gasto por etiqueta são 11 segundos;
- o custo médio de um colaborador por hora são 8 euros;
- o custo de impressão de uma etiqueta são 0.01 euros.

Relativamente aos dados que dizem respeito ao método de revisão, estes foram obtidos através da pré-simulação da função da procura. A idade do produto é uma variável que se altera a cada dia de simulação e, foi com base nesta mudança e com um preço de venda do produto igual a 1.5€, que se observou a alteração da função da procura. Na Figura 4.2 e na Tabela 4.3, observa-se a variação das procuras linear, côncava e convexa para cada idade do produto no cenário em que não existe alteração de preço. Se esta for zero, a procura por iogurtes dessa idade será 200, ou seja, serão vendidos 200 iogurtes nesse dia. Como se pode verificar na Tabela 4.1, a data de validade de cada iogurte são 15 dias, por esta razão foi simulada a procura apenas para o tempo de vida do produto, uma vez que não existe procura para produtos cuja data validade está expirada. Assim, foi definido que o período de reabastecimento, T , seria de 15 dias, para permitir efetuar as simulações com base no tempo de vida real do produto. Desta forma, ao final do período de reabastecimento, os produtos com data expirada são descartados e chega uma encomenda nova. É possível, analisando a Tabela 4.3, verificar que qualquer procura varia de forma decrescente relativamente à idade do produto, já que o cliente tende a preferir produtos com maior prazo de validade. Relativamente à quantidade de encomenda, Q , foi definido que haveria um valor diferente de acordo com a procura utilizada, pois o total da procura representa o número de produtos comprados. Assim sendo, a quantidade de encomenda, apresentada na Tabela 4.2, será igual ao total da procura num período de 15 dias, acrescentando uma margem. Para determinar esta margem foram simulados os diferentes cenários de forma a perceber em que cenário existia maior procura. De seguida, considerou-se que a margem seria a diferença entre o número de produtos vendidos nesse cenário e no cenário sem ajuste de preço. Esta margem terá que permitir que existam produtos suficientes para uma procura superior no caso de ser aplicado um ou mais descontos e, também, para simular o descarte de produtos.

Na Tabela 4.4 estão descritos em que momento são feitos os ajustes de preço.

As políticas de desconto simuladas, também referidas como ajustes de preço, são representadas por sete cenários distintos: SA, In, Me, Fi, IM, IF e MF. À exceção do cenário SA, o preço de venda do produto é alterado segundo a sua idade. Analisando a Figura 4.3, verifica-se que no

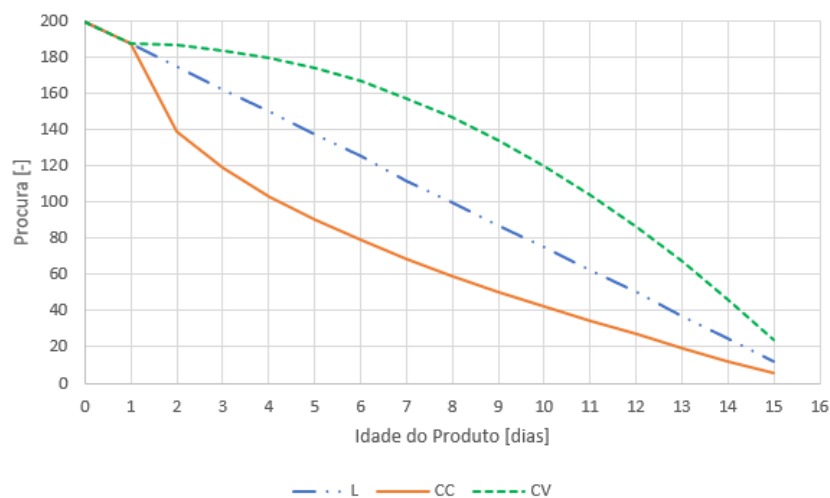


Figura 4.2: Procura linear, côncava e convexa para o cenário SA em função do tempo

Tabela 4.2: Valor das quantidades de encomenda consoante a procura

Procura	Quantidade de Encomenda	Margem
Linear	1713	16
Côncava	1247	11
Convexa	2189	24

cenário SA o preço mantém-se constante e igual ao preço inicial do produto, uma vez que este cenário corresponde a uma política de desconto sem ajuste de preço. Já nos cenários In, Me e Fi que representam uma política de desconto com um ajuste de preço no início, meio e fim do tempo de vida do produto, observa-se que o preço de venda do produto reduz 20% quando o produto tem 4, 8 e 12 dias de idade, respetivamente. Relativamente aos cenários IM, IF e MF que correspondem a dois ajustes de preço no início e a meio, no início e no fim e a meio e no fim do tempo de vida do produto, são observadas duas alterações de preço, cada uma de 20%, quando o produto tem 4 e 8, 4 e 12 e 8 e 12 dias de idade, respetivamente.

4.2 Resultados e Discussão

Todos os cenários apresentados na Tabela 3.1 foram simulados e os resultados obtidos são comentados nesta secção. Foram analisadas três procuras diferentes e conclui-se que os resultados são equivalentes, sendo demonstrada com detalhe apenas a análise do cenário com procura linear e, posteriormente, é feita uma análise global das três procuras. Finalmente, é apresentada uma análise de sensibilidade de alguns dos parâmetros utilizados.

O tempo simulado para cada cenário foi de um mês, o que equivale a dois período de reabastecimento, com o objetivo de comprovar que os valores do lucro e da procura não se alteram entre períodos de reabastecimento e de forma a analisar o impacto mensal da política de desconto.

Tabela 4.3: Variação da procura com a idade do produto

Idade do Produto	Valor da Procura Linear	Valor da Procura Côncava	Valor da Procura Convexa
0	200	200	200
1	188	188	188
2	175	139	187
3	162	119	184
4	150	103	180
5	137	90	174
6	125	79	167
7	112	69	157
8	100	59	147
9	87	50	134
10	75	42	120
11	62	34	104
12	50	27	86
13	37	19	67
14	25	12	46
15	12	6	24
Total da Procura:	1697	1236	2165

Tabela 4.4: Momento de ajuste de preço

Dia	Tipo de Ajuste
4	no início do tempo de vida do produto
8	a meio do tempo de vida do produto
12	no final do tempo de vida do produto

4.2.1 Análise dos Cenários da Procura Linear

Para saber qual a melhor política de descontos a implementar deve considerar-se o lucro para o retalhista e o número de produtos descartados, uma vez que o objetivo de um retalhista é maximizar as suas receitas e reduzir o desperdício de alimentos. De forma a responder a esta questão, consideraram-se os sete cenários possíveis para a procura linear e analisaram-se os seus resultados.

A procura representa a compra dos produtos, que varia de acordo com o preço de venda do produto. Na Figura 4.4 é apresentada a procura linear de cada política de desconto em função do tempo de simulação. A pouca discrepância entre os valores dos diferentes cenários deve-se ao facto de o preço dos produtos utilizado (1.5€) nesta simulação ser bastante baixo. Por conseguinte, o desconto tem um impacto menos notório. No entanto, observa-se na Figura 4.5 o desvio padrão da procura linear, que indica a variação entre as procuras nos diferentes cenários em cada dia. O mesmo pode ser verificado na Tabela A.1 em anexo. Verifica-se que nos três primeiros dias de

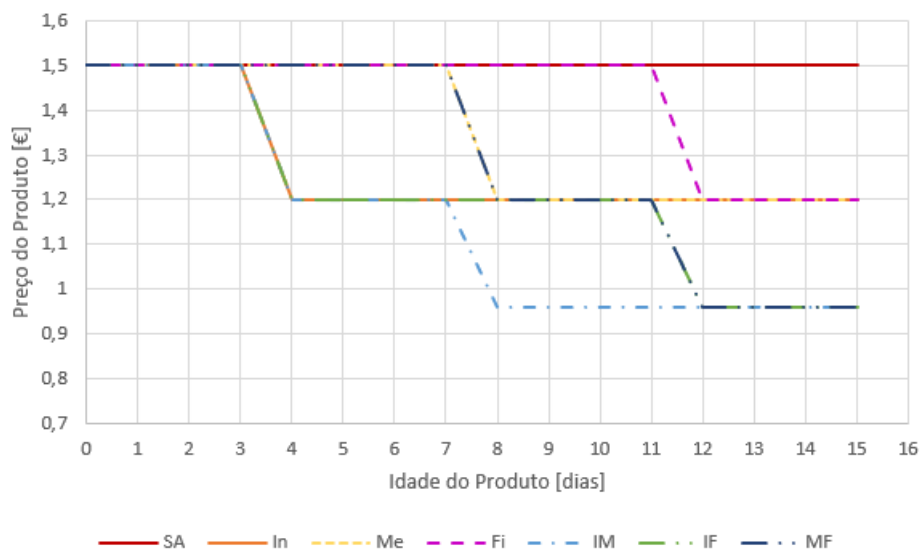


Figura 4.3: Preço do produto em função da idade

simulação não existe qualquer diferença nas procura, uma vez que as políticas de descontos que ocorrem mais cedo (I, IM, IF) só acontecem ao dia quatro. Entre os dias 4 e 13, observa-se uma variação da procura devido aos vários descontos que são aplicados. A idade do produto influencia o valor da procura e pode-se verificar que nos dias 14 e 15 não se observam alterações na procura, porque mesmo que o produto esteja com desconto, o cliente não manifesta uma vontade superior na compra do produto.

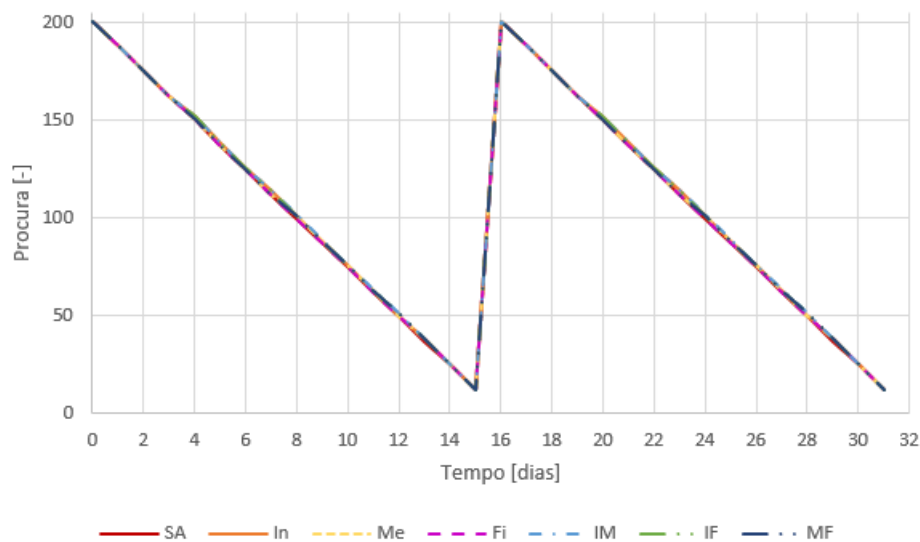


Figura 4.4: Procura para cada cenário da procura linear em função do tempo

Na Figura 4.6 e na Tabela A.2, junto em anexo, pode-se observar que de acordo com a Tabela 4.2, o inventário é inicialmente igual a 1713 (quantidade de encomenda recebida), descendo progressivamente até 16 unidades, que representam os produtos descartados. Estes resultados

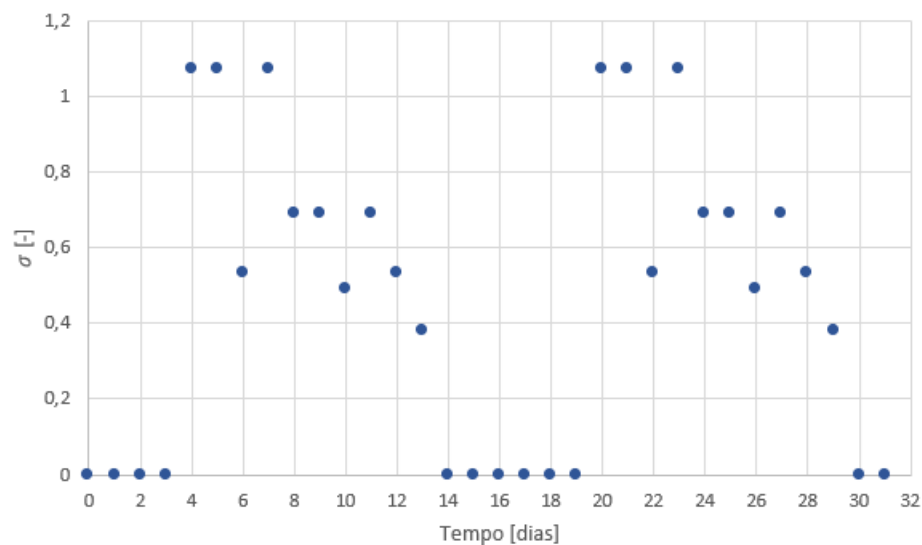


Figura 4.5: Desvio padrão da procura linear em função do tempo

permitem validar a implementação do modelo.

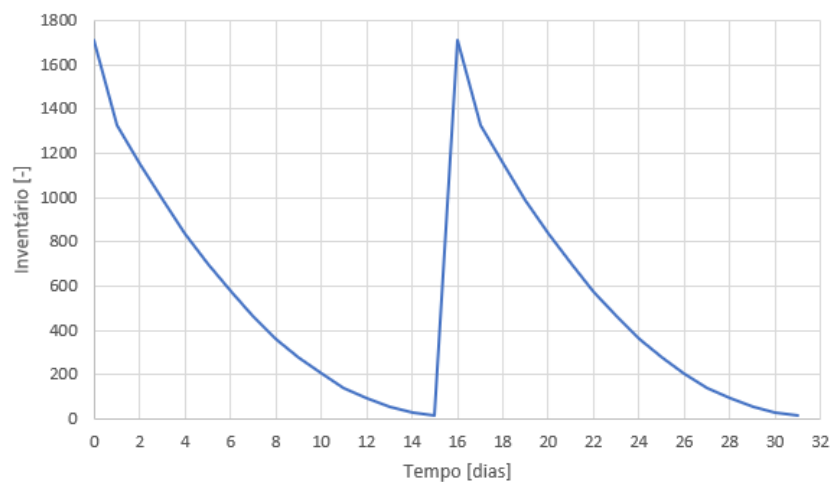


Figura 4.6: Inventário para o cenário SA da procura linear em função do tempo

O lucro para o retalhista, calculado através da Equação 3.2, tem em consideração os custos envolvidos na operação de retalho. Há custos que, independentemente da política de desconto utilizada, não se alteram entre cenários. Estes custos são o custo fixo de encomenda (K), o custo unitário de cada produto (c) e o custo de manutenção de cada produto (h). O custo fixo de encomenda representa apenas o custo administrativo da encomenda, não contemplando o número de produtos que estão a ser comprados. Além disso, este custo depende apenas do momento da encomenda e, uma vez que em todos os cenários as encomendas são feitas no início do período de revisão, este custo não se altera entre cenários. O custo unitário e o custo de manutenção são custos que dependem apenas da quantidade de inventário, sendo fixos para cada produto. Contudo,

existem dois custos que se alteram consoante os cenários, sendo estes o custo de menu e o custo de descarte de produtos. Na Figura 4.7 é possível verificar a variação dos custos de menu de acordo com o cenário implementado. Este custo só existe quando ocorre uma alteração no preço, como tal o cenário SA não aparecer no gráfico, tomando sempre o valor zero ao longo da simulação. No que diz respeito aos restantes cenários, o custo de menu será diferente de zero no momento em que ocorrer uma alteração no preço. O custo de menu é o custo de ajuste do preço para um produto, logo quando ocorre uma alteração no preço, este custo deve contemplar o número de produtos ao qual está a ser aplicado o desconto, ou seja, o inventário naquele momento. Tomando como exemplo o cenário IM, em que a política de desconto aplicado é um ajuste no início e a meio do tempo de vida do produto, pode-se observar que ao dia 4 o custo tem o valor de 10.2€, ao dia 8 o valor do custo é de 4.43€. Esta redução no preço deve-se ao facto de no dia 8 existir menos inventário do que no dia 4. Quanto ao custo de descarte de produtos, este depende do número de produtos que são descartados em cada cenário. Dado que a procura é diferente, o número de produtos descartados também o será. Este custo é calculado através do produto do custo unitário de cada produto e o número de produtos descartados, sendo apenas contabilizado no final de cada período de reabastecimento. Na Tabela 4.5, pode-se constatar que à medida que o número de produtos descartados diminui, o custo associado também diminui.

Tabela 4.5: Número de produtos descartados e custos associados para cada cenário da procura linear

Cenário	Número de Produtos Descartados	Custo associado
SA	16	8€
In	4	2€
Me	11	5.5€
Fi	15	7.5€
IM	0	0€
IF	3	1.5€
MF	10	5€

Tendo em consideração o número de produtos vendidos e os custos anteriormente descritos, é possível calcular o lucro para o retalhista. Na Figura 4.8 e na Tabela A.3, em anexo, pode-se verificar que os lucros no dia 0 são inferiores aos do dia 1, o que se deve ao facto de no dia 0 ser considerado o custo fixo de encomenda, reduzindo a todos os lucros em 20€. Também se pode observar que, no final de cada período de reabastecimento, todos os lucros apresentam valores bastante baixos, já que é retirado ao lucro daquele dia o custo do descarte de produtos. As restantes variações nos lucros dizem respeito às alterações do preço de venda dos produtos que, ao serem mais reduzidos, os lucros subjacentes também o serão.

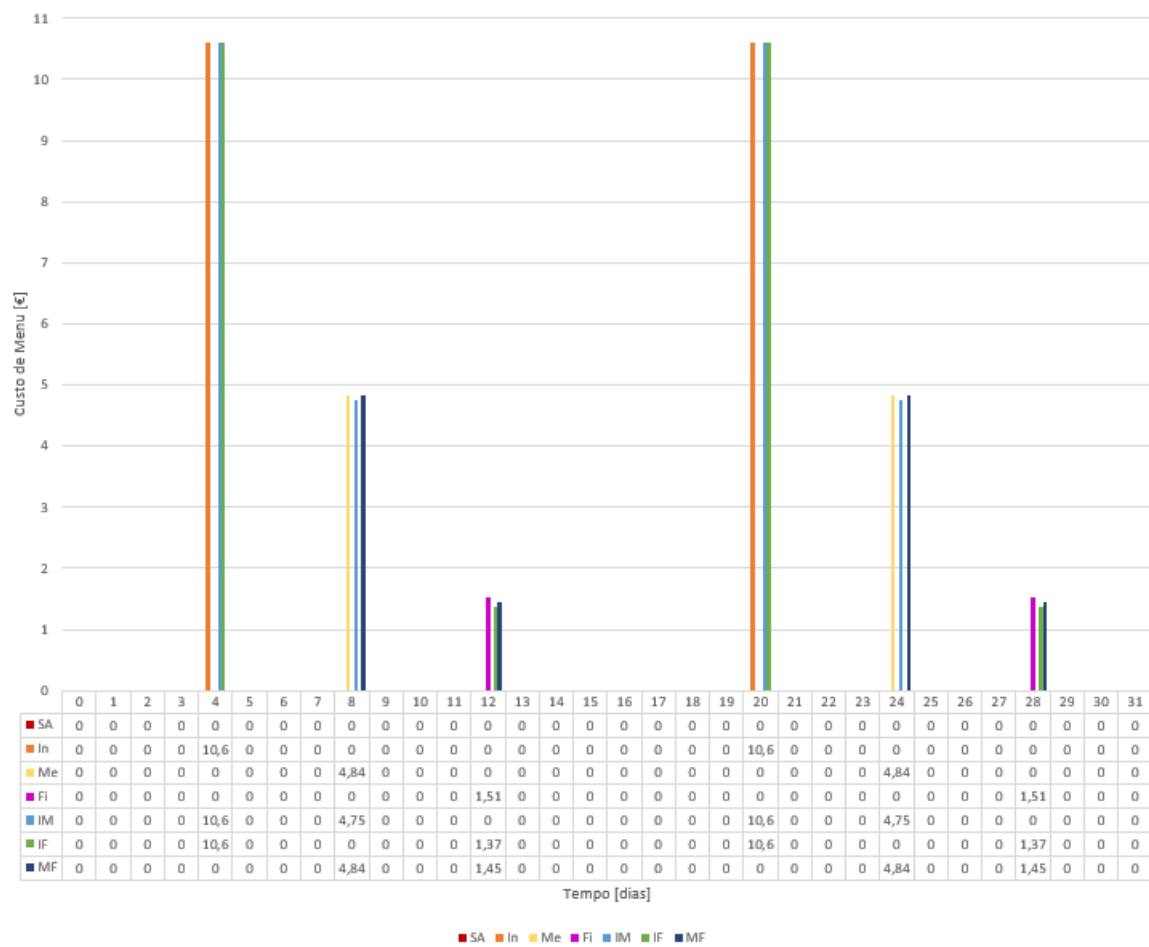


Figura 4.7: Custos de menu para os diferentes cenários da procura linear em função do tempo

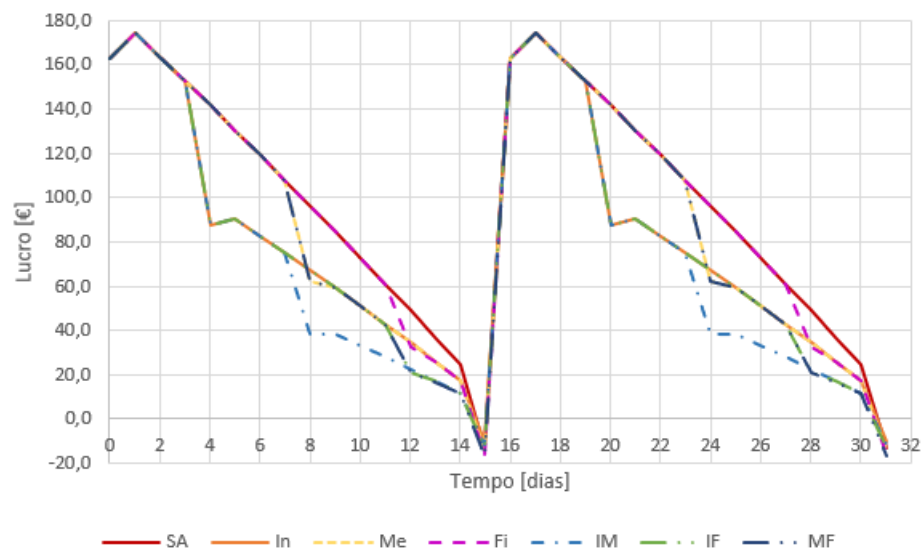


Figura 4.8: Lucro para cada cenário da procura linear em função do tempo

4.2.2 Análise Global dos Cenários Implementados

Para perceber qual a melhor estratégia a adotar no que concerne às políticas de desconto, é relevante comparar o lucro total de cada cenário simulado, bem como o número de produtos vendidos e descartados. Nas Tabelas 4.7, 4.8 e 4.9, é possível observar os valores do lucro total, dos produtos vendidos e descartados conforme a política de desconto, representada pelos cenários, para as procuras linear, côncava e convexa, respetivamente. É possível verificar que, apesar dos valores entre as tabelas serem diferentes, as conclusões obtidas da análise destas são iguais. Focando no lucro total de cada uma das tabelas, pode-se observar que o valor mais benéfico é o que corresponde ao cenário SA. Isto acontece uma vez que, como já tinha sido analisado anteriormente, a procura não varia bruscamente o que faz com que este lucro seja maior num cenário em que a venda dos produtos está igual ao valor máximo (1.5€). Em contrapartida, ao analisar os produtos descartados, é possível constatar que este mesmo cenário apresenta o maior número, o que não é benéfico para as questões ambientais já previamente mencionadas. No que diz respeito aos produtos descartados, o melhor cenário é o IM, porém apresenta o pior lucro quando comparado com os restantes. A razão para este lucro ser pior baseia-se no facto de ser um cenário que contempla dois ajustes de preço que são realizados mais cedo, ou seja, o produto só é vendido ao preço máximo durante 3 dias. No entanto, como a preço é mais reduzido a partir do dia 4, a procura aumenta fazendo com que o número de produtos descartados seja o menor. É possível notar que não existe uma solução ótima dado que quanto maior o lucro, maior é o número de produtos descartados. Quando comparados os cenários, quanto mais tempo os produtos forem vendidos ao preço máximo ou ao preço refletido da aplicação de apenas um desconto, menor será a procura, influenciando negativamente o número de produtos descartados. Posto isto, a melhor estratégia a adotar é um equilíbrio entre o lucro total e número de produtos descartados como verificado no cenário MF. Na Tabela 4.6, toma-se como exemplo a procura linear e pode-se observar como foi definido este equilíbrio.

Tabela 4.6: Equilíbrio entre lucro total e produtos descartados para a procura linear

Cenário	Lucro Total	Produtos Descartados	Ordem Lucro	Ordem Produtos Descartados
LSA	1562.66 €	16	1	7
LI	1278.48 €	4	5	3
LM	1433.29 €	11	3	5
LF	1529.25 €	15	2	6
LIM	1171.78 €	0	7	1
LIF	1251.17 €	3	6	2
LMF	1405.90 €	10	4	4

Tabela 4.7: Valores finais por período para cada cenário da procura linear

Cenário	Lucro Total	Produtos Vendidos	Produtos Descartados
LSA	1562.66 €	1697	16
LI	1278.48 €	1709	4
LM	1433.29 €	1702	11
LF	1529.25 €	1698	15
LIM	1171.78 €	1713	0
LIF	1251.17 €	1710	3
LMF	1405.90 €	1703	10

Tabela 4.8: Valores finais por período para cada cenário da procura côncava

Cenário	Lucro Total	Produtos Vendidos	Produtos Descartados
CCSA	1133.69 €	1236	11
CCI	960.70 €	1245	2
CCM	1061.52 €	1240	7
CCF	1116.72 €	1238	9
CCIM	900.81 €	1247	0
CCIF	946.21 €	1245	2
CCMF	1046.70 €	1240	7

Tabela 4.9: Valores finais por período para cada cenário da procura convexa

Cenário	Lucro Total	Produtos Vendidos	Produtos Descartados
CVSA	1990.36 €	2165	24
CVI	1580.81 €	2182	7
CVM	1781.87 €	2174	15
CVF	1931.90 €	2169	20
CVIM	1408.73 €	2189	0
CVIF	1531.55 €	2183	6
CVMF	1732.51 €	2175	14

4.2.3 Análise de Sensibilidade dos Parâmetros

Nesta secção é feita uma análise de sensibilidade dos parâmetros utilizados. Os parâmetros escolhidos foram o preço inicial do produto, o custo do produto para o retalhista e o desconto aplicado. Relativamente aos restantes, mantêm-se de acordo com a Tabela 4.1.

Primeiramente, considerou-se um preço inicial de 3€, o custo do produto igual a 1€ e manteve-se o desconto de 20%. Na Tabela 4.10, pode-se concluir que as conclusões se mantêm, o cenário que apresenta o maior lucro é o SA e o cenário que representa o menor número de descartados é o IM. O aumento do número de produtos descartados relativamente ao simulado anteriormente, está relacionado com o facto de o preço inicial ser maior que, por conseguinte, diminui a procura.

Tabela 4.10: Valores finais por período da procura linear com alteração do preço e do custo do produto

Cenário	Lucro Total	Produtos Vendidos	Produtos Descartados
LSA	2760.83 €	1601	112
LI	2271.40 €	1628	85
LM	2539.42 €	1615	98
LF	2704.41 €	1606	107
LIM	2079.41 €	1635	78
LIF	2220.57 €	1629	84
LMF	2488.43 €	1616	97

De seguida, considerou-se um preço inicial de 3€, o custo do produto manteve-se a 0.5€ e aplicou-se um desconto de 50%. Na Tabela 4.11, é possível verificar que o cenário que apresenta o maior lucro é novamente o SA e o aquele onde se verifica o menor número de produtos descartados é o IM. No entanto, é possível verificar, comparando as Tabelas 4.10 e 4.11, que o número de produtos vendidos aumenta quando é aplicado um desconto superior. Ainda neste caso, é visível que o lucro total aumenta nos cenários LSA, LM, LF e LMF e diminui nos cenários LI, LIM e LIF. Este aumento está relacionado com o custo do produto, uma vez que no segundo caso é igual a 0.5€ e no primeiro 1€, logo o custo associado ao descarte dos produtos é menor. Já a diminuição ocorre devido ao produto estar a ser vendido a um preço mais baixo durante mais tempo (cenários em que o desconto é aplicado no início), impactado por um desconto superior de 50%.

Tabela 4.11: Valores finais por período da procura linear com alteração do preço do produto e do desconto

Cenário	Lucro Total	Produtos Vendidos	Produtos Descartados
LSA	3520.83 €	1601	112
LI	2252.66 €	1664	49
LM	2943.96 €	1631	82
LF	3372.15 €	1610	103
LIM	1928.98 €	1676	37
LIF	2168.53 €	1666	47
LMF	2859.42 €	1633	80

Posto isto, pode-se concluir que, apesar dos resultados sofrerem alterações, as conclusões obtidas são equivalentes. Isto deve-se ao facto da função da procura ser pouco sensível à alteração dos parâmetros, o que faz com que não se venda uma diferença notável de produtos quando aplicado um desconto. Desta forma, o melhor cenário, no que diz respeito ao lucro total para o retalhista, será sempre aquele em que se vende o produto ao preço máximo durante o seu tempo de vida (SA).

Capítulo 5

Conclusões e Trabalho Futuro

O desperdício alimentar é um tópico bastante relevante no mundo da investigação, pois pretende resolver questões de foro económico, sociais e éticas, e ambientais. Neste contexto, surge este projeto que tem como objetivo estudar os impactos das políticas de descontos aplicadas em produtos perecíveis, procurando minimizar o desperdício alimentar e maximizar as receitas dos retalhistas. Assim, este projeto consistiu na aplicação de descontos durante o tempo de vida de um produto perecível, neste caso em específico, de um iogurte. Para fazer a análise destas aplicações e encontrar o equilíbrio do custo-benefício foram testados e simulados 21 cenários distintos, recorrendo como ferramenta de suporte ao *software Anylogic*. Estas simulações dividem-se em tipo de procura e política de desconto aplicada. Foram simuladas três procuras diferentes, sendo estas a linear, a côncava e a convexa e sete políticas de desconto distintas, sendo estas a política sem ajuste de preço, com apenas um ajuste de preço (no início, a meio e no fim do tempo de vida do produto) e com dois ajustes de preço (no início e a meio, no início e no fim e a meio e no fim do tempo de vida do produto).

Dos resultados obtidos conclui-se que a melhor solução dependerá dos objetivos do decisor, uma vez que das hipóteses estudadas não há uma solução clara que maximize o lucro e minimize o desperdício. Isto porque nos cenários simulados, aquele que apresenta o maior lucro para o retalhista é também o que provoca o maior desperdício alimentar. Todavia, é possível encontrar um equilíbrio entre o desperdício e o lucro, sendo este o caso do cenário MF, onde são aplicados dois descontos, um a meio e outro no fim do tempo de vida do produto.

Vários pressupostos foram utilizados neste projeto, estes que podem ser vistos no Capítulo 3. Seria interessante num trabalho futuro, alterar algumas das condições iniciais tais como a função da procura, considerar a venda de produtos com idades diferentes ao mesmo tempo, ter em conta outro tipo de produtos, focar mais na componente do desconto aplicado ou considerar um parâmetro novo na equação do lucro que melhor representasse o peso de um produto desperdiçado.

Anexo A

Tabela A.1: Variação da procura linear para as diferentes políticas de desconto

Tempo [dias]	SA	In	Me	Fi	IM	IF	MF
0	200	200	200	200	200	200	200
1	188	188	188	188	188	188	188
2	175	175	175	175	175	175	175
3	162	162	162	162	162	162	162
4	150	152	150	150	152	152	150
5	137	139	137	137	139	139	137
6	125	126	125	125	126	126	125
7	112	114	112	112	114	114	112
8	100	101	101	100	102	101	101
9	87	88	88	87	89	88	88
10	75	76	76	75	76	76	76
11	62	63	63	62	64	63	63
12	50	50	50	50	51	51	51
13	37	38	38	38	38	38	38
14	25	25	25	25	25	25	25
15	12	12	12	12	12	12	12
16	200	200	200	200	200	200	200
17	188	188	188	188	188	188	188
18	175	175	175	175	175	175	175
19	162	162	162	162	162	162	162
20	150	152	150	150	152	152	150
21	137	139	137	137	139	139	137
22	125	126	125	125	126	126	125
23	112	114	112	112	114	114	112
24	100	101	101	100	102	101	101
25	87	88	88	87	89	88	88
26	75	76	76	75	76	76	76
27	62	63	63	62	64	63	63
28	50	50	50	50	51	51	51
29	37	38	38	38	38	38	38
30	25	25	25	25	25	25	25
31	12	12	12	12	12	12	12

Tabela A.2: Variação do inventário para a procura linear para o cenário SA

Tempo [dias]	Inventário
0	1713
1	1325
2	1150
3	988
4	839
5	701
6	576
7	464
8	364
9	277
10	202
11	140
12	90
13	53
14	28
15	16
16	1713
17	1325
18	1150
19	988
20	838
21	701
22	576
23	464
24	364
25	277
26	202
27	140
28	90
29	53
30	28
31	16

Tabela A.3: Variação do lucro que corresponde à procura linear para as diferentes políticas de desconto

Tempo [dias]	SA	In	Me	Fi	IM	IF	MF
0	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€
1	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€
2	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€
3	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€
4	142.02€	88.07€	142.02€	142.02€	88.07€	88.07€	142.02€
5	130.86€	90.77€	130.86€	130.86€	90.77€	90.77€	130.86€
6	119.57€	83.14€	119.57€	119.57€	83.14€	83.14€	119.57€
7	108.16€	75.40€	108.16€	108.16€	75.40€	75.40€	108.16€
8	96.63€	67.52€	63.02€	96.63€	39.30€	67.52€	63.02€
9	84.96€	59.52€	59.45€	84.96€	38.63€	59.52€	59.45€
10	73.18€	51.39€	51.32€	73.18€	33.49€	51.39€	51.32€
11	61.27€	43.14€	43.07€	61.28€	28.23€	43.14€	43.07€
12	49.23€	34.75€	34.69€	33.54€	22.84€	21.86€	21.70€
13	37.07€	26.25€	26.18€	26.14€	17.32€	17.30€	17.22€
14	24.79€	17.61€	17.54€	17.50€	11.68€	11.65€	11.58€
15	4.37€	10.37€	6.87€	4.87€	12.37€	10.87€	7.37€
16	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€	138.78€
17	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€	174.75€
18	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€	163.97€
19	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€	153.05€
20	142.02€	88.07€	142.02€	142.02€	88.07€	88.07€	142.02€
21	130.86€	90.77€	130.86€	130.86€	90.77€	90.77€	130.86€
22	119.57€	83.14€	119.57€	119.57€	83.14€	83.14€	119.57€
23	108.16€	75.40€	108.16€	108.16€	75.40€	75.40€	108.16€
24	96.63€	67.52€	63.02€	96.63€	39.30€	67.52€	63.02€
25	84.96€	59.52€	59.45€	84.96€	38.63€	59.52€	59.45€
26	73.18€	51.39€	51.32€	73.18€	33.49€	51.39€	51.32€
27	61.27€	43.14€	43.07€	61.28€	28.23€	43.14€	43.07€
28	49.23€	34.75€	34.69€	33.54€	22.84€	21.86€	21.70€
29	37.07€	26.25€	26.18€	26.14€	17.32€	17.30€	17.22€
30	24.79€	17.61€	17.54€	17.50€	11.68€	11.65€	11.58€
31	4.37€	10.37€	6.87€	4.87€	12.37€	10.87€	7.37€

Referências

- [1] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, e WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. 2019. URL: www.fao.org/publications.
- [2] IFPRI. *Global Hunger Index: Getting the zero hunger*. Número October. 2016.
- [3] Fao. Food wastage footprint: Impacts on natural resources - Summary report. Relatório técnico, 2013. URL: www.fao.org/publications.
- [4] Michael Ketzenberg e Mark E Ferguson. Managing slow-moving perishables in the grocery industry. *Production and Operations Management*, 17(5):513–521, 2008.
- [5] Jessica Aschemann-Witzel. Consumer perception and preference for suboptimal food under the emerging practice of expiration date based pricing in supermarkets. *Food quality and preference*, 63:119–128, 2018.
- [6] Alper Şen. Competitive markdown timing for perishable and substitutable products. *Omega*, 64:24–41, 2016.
- [7] Mikko Kärkkäinen. Increasing efficiency in the supply chain for short shelf life goods using rfid tagging. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 2003.
- [8] Åsa Stenmarck, Carl Jensen, Tom Quested, Graham Moates, Michael Buksti, Balázs Cseh, Selina Juul, Andrew Parry, Alessandro Politano, Barbara Redlingshofer, et al. *Estimates of European food waste levels*. IVL Swedish Environmental Research Institute, 2016.
- [9] Aristeidis Theotokis, Katerina Pramataris, e Michael Tsiros. Effects of expiration date-based pricing on brand image perceptions. *Journal of Retailing*, 88(1):72–87, 2012.
- [10] Jing Lu, Jianxiong Zhang, Fuxiao Lu, e Wansheng Tang. Optimal pricing on an age-specific inventory system for perishable items. *Operational Research*, páginas 20, 605–625, 2020.
- [11] Jing Chen, Ming Dong, Ying Rong, e Liang Yang. Dynamic pricing for deteriorating products with menu cost. *Omega*, 75:13–26, 2018.
- [12] Jessica Aschemann-Witzel, Jacob Haagen Jensen, Mette Hyldetoft Jensen, e Viktorija Kulikovskaja. Consumer behaviour towards price-reduced suboptimal foods in the supermarket and the relation to food waste in households. *Appetite*, 116:246–258, 2017.
- [13] John C Goodwin III. System and method of managing expired products, Maio 6 2003.
- [14] Nobuo Ogasawara. System and method for managing expiration-dated products utilizing an electronic receipt, Dezembro 4 2001.

- [15] ME Buisman, R Haijema, e JM Bloemhof-Ruwaard. Discounting and dynamic shelf life to reduce fresh food waste at retailers. *International Journal of Production Economics*, 209:274–284, 2019.
- [16] Norbert LW Wilson, Bradley J Rickard, Rachel Saputo, e Shuay-Tsyr Ho. Food waste: The role of date labels, package size, and product category. *Food Quality and Preference*, 55:35–44, 2017.
- [17] Karolin Schmidt. Predicting the consumption of expired food by an extended theory of planned behavior. *Food Quality and Preference*, 78:103–746, 2019.
- [18] Sara R Jaeger, Leandro Machín, Jessica Aschemann-Witzel, Lucía Antúnez, F Roger Harker, e Gastón Ares. Buy, eat or discard? a case study with apples to explore fruit quality perception and food waste. *Food Quality and Preference*, 69:10–20, 2018.
- [19] Michael Tsiros e Carrie M Heilman. The effect of expiration dates and perceived risk on purchasing behavior in grocery store perishable categories. *Journal of marketing*, 69(2):114–129, 2005.
- [20] Yanzhi Li, Brenda Cheang, e Andrew Lim. Grocery perishables management. *Production and Operations Management*, 21(3):504–517, 2012.
- [21] Chun-Tao Chang. An eoq model with deteriorating items under inflation when supplier credits linked to order quantity. *International journal of production economics*, 88(3):307–316, 2004.
- [22] Kun-Jen Chung e Jui-Jung Liao. The optimal ordering policy in a dcf analysis for deteriorating items when trade credit depends on the order quantity. *International Journal of Production Economics*, 100(1):116–130, 2006.
- [23] Peter Chu e Patrick S Chen. A note on inventory replenishment policies for deteriorating items in an exponentially declining market. *Computers & Operations Research*, 29(13):1827–1842, 2002.
- [24] Shibaji Panda, S Senapati, e Manjusri Basu. Optimal replenishment policy for perishable seasonal products in a season with ramp-type time dependent demand. *Computers & industrial engineering*, 54(2):301–314, 2008.
- [25] Kuo-Lung Hou. An inventory model for deteriorating items with stock-dependent consumption rate and shortages under inflation and time discounting. *European Journal of Operational Research*, 168(2):463–474, 2006.
- [26] Jinn-Tsair Teng, Chun-Tao Chang, e Suresh Kumar Goyal. Optimal pricing and ordering policy under permissible delay in payments. *International Journal of production economics*, 97(2):121–129, 2005.
- [27] Chung-Yuan Dye, Tsu-Pang Hsieh, e Liang-Yuh Ouyang. Determining optimal selling price and lot size with a varying rate of deterioration and exponential partial backlogging. *European Journal of Operational Research*, 181(2):668–678, 2007.
- [28] U Dave e YK Shah. On a probabilistic scheduling period inventory system for deteriorating items with lead time equal to one scheduling period. *Operations-Research-Spektrum*, 5(2):91–95, 1983.

- [29] Mark E Ferguson e Oded Koenigsberg. How should a firm manage deteriorating inventory? *Production and Operations Management*, 16(3):306–321, 2007.
- [30] Liming Liu e Din-Hua Shi. An (s, s) model for inventory with exponential lifetimes and renewal demands. *Naval Research Logistics (NRL)*, 46(1):39–56, 1999.
- [31] Monique Bakker, Jan Riezebos, e Ruud H Teunter. Review of inventory systems with deterioration since 2001. *European Journal of Operational Research*, 221(2):275–284, 2012.
- [32] H Farughi, N Khanlarzade, e B Yegane. Pricing and inventory control policy for non-instantaneous deteriorating items with time-and price-dependent demand and partial backlogging. *Decision Science Letters*, 3(3):325–334, 2014.
- [33] Masoud Rabbani, Nadia Pourmohammad Zia, e Hamed Rafiei. Joint optimal dynamic pricing and replenishment policies for items with simultaneous quality and physical quantity deterioration. *Applied Mathematics and Computation*, 287:149–160, 2016.
- [34] Xiaofeng Liu, Ou Tang, e Pei Huang. Dynamic pricing and ordering decision for the perishable food of the supermarket using rfid technology. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 2008.
- [35] Tal Avinadav, Avi Herbon, e Uriel Spiegel. Optimal inventory policy for a perishable item with demand function sensitive to price and time. *International Journal of Production Economics*, 144(2):497–506, 2013.
- [36] Xin Chen, Sean X Zhou, e Youhua Chen. Integration of inventory and pricing decisions with costly price adjustments. *Operations Research*, 59(5):1144–1158, 2011.
- [37] Olivier J Blanchard e Stanley Fischer. *Lectures on macroeconomics*. MIT press, 1989.
- [38] Mark Bergen, Mark Ritson, Shantanu Dutta, Daniel Levy, e Mark Zbaracki. Shattering the myth of costless price changes. *European Management Journal*, 21(6):663–669, 2003.
- [39] Rosetta Newsome, Chris G Balestrini, Mitzi D Baum, Joseph Corby, William Fisher, Kaarin Goodburn, Theodore P Labuza, Gale Prince, Hilary S Thesmar, e Frank Yiannas. Applications and perceptions of date labeling of food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4):745–769, 2014.
- [40] Sara R Jaeger, Lucia Antunez, Gaston Ares, Jason W Johnston, Miriam Hall, e F Roger Harker. Consumers’ visual attention to fruit defects and disorders: A case study with apple images. *Postharvest Biology and Technology*, 116:36–44, 2016.
- [41] Brian Wansink e Alan O Wright. “best if used by...” how freshness dating influences food acceptance. *Journal of food science*, 71(4):S354–S357, 2006.
- [42] Emily Broad Leib, Dana Gunders, Juliana Ferro, Annika Nielsen, Grace Nosek, e Jason Qu. *The dating game: How confusing food date labels lead to food waste in America*. National Resources Defense Council, 2013.
- [43] Emre Berk, Ülkü Gürler, e Gonca Yıldırım. On pricing of perishable assets with menu costs. *International Journal of Production Economics*, 121(2):678–699, 2009.
- [44] PS You. Inventory policy for products with price and time-dependent demands. *Journal of the Operational Research Society*, 56(7):870–873, 2005.