



Decision support system to assign food price rebates on the basis of quality decline

Vinícius Maciel - vinicius.maciel@ubi.pt

Universidade da Beira Interior, departamento de Engenharia Electromecânica

Cláudia Matos - claudia_sofia_matos@hotmail.com

Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Electromecânica

Tânia M. Lima - tmlima@ubi.pt

Universidade da Beira Interior, C-MAST-Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

Pedro D. Gaspar - dinis@ubi.pt

Universidade da Beira Interior, C-MAST-Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

Fernando Charrua-Santos - bigares@ubi.pt

Universidade da Beira Interior, C-MAST-Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

Abstract

In order to reduce food waste, fruits and vegetables in special, in small and medium markets sizes, caused by loss of quality at the end of shelf life, an appropriate pricing method was created to maximize profit of seller. The method it was based on an acquisition of primary data, through questionnaires appropriate to the theme, and, subsequently, these primary data was used for mathematical modeling using a pricing dynamic method. As a last step this work, was development a spreadsheet application, where the seller can found a ideal point of order, size of stock and best price to sell. This way, using the application, the goal of reduction of food waste in fruit products is expected.

Keywords

Food Waste, SME, Pricing, Mathematical modeling, Decision Support System

Sistemas de apoio à decisão de atribuição de descontos no preço de produtos alimentares em função do decaimento de qualidade (aproximação do fim da validade)

1. Introdução

Desde sempre, qualidade e preço sempre estiveram associados, em menor ou maior nível, e alterações no primeiro levam a mudanças no segundo de modo a haver uma compensação. No entanto, no mercado de alimentos perecíveis, esta relação torna-se ainda mais evidente e grave, pois ocorrem perdas que rondam os 15% destes alimentos em lojas de varejos [1], contudo, é possível minimizar esses dados através de estratégias de mercado, com modelos de precificação adequados.

Com base nos estudos do artigo base, “*Dynamic pricing, quality investment, and replenishment model for perishable items*, Lin Feng [2] defende, através do princípio máximo de Pontryagin, o ponto ótimo em sistemas dinâmicos bem como a utilização de dados que envolvam o tamanho do mercado, a sensibilidade do produto ao preço e qualidade, além de considerar o esforço e a qualidade do investimento na aquisição dos produtos. Noutra linha, [3], [4], defendem um modelo em que o número de promoções, relativo à mudança nos preços, afeta a maximização do lucro, considerando os períodos de ciclo de compra dos produtos e a sensibilidade do produto frente à variação dos preços.

Novamente, [1], *apresentam um novo modelo de maximização de lucros a partir de um sistema de precificação dinâmico apenas com dados de decaimento da qualidade do inventário de acordo com a sensibilidade do preço do produto, considerando que as deteriorações dos produtos ocorram antes do fim do ciclo de aquisição de um novo lote.*

Todos estes trabalhos têm em comum a utilização do conhecimento base sobre a relação entre precificação e a taxa de deterioração apresentada inicialmente por [1].

Neste trabalho será abordada uma recolha de dados primários através de um inquérito com consumidores de primeira e segunda ordem de produtos perecíveis em três grupos, sendo: hortaliças, frutas e verduras. Notar que os alimentos serão selecionados de acordo com período de safra no momento da pesquisa, para minimizar a variável escassez do produto de mercado e tornar a amostra mais estável.

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento do consumidor primário (mercados) e secundário (cliente final) na relação, qualidade *versus* preço, considerando o tempo desde a colheita (quantitativo) e aspeto visual (qualitativo) como variáveis de qualidade, traduzindo o conceito de “totalidade das características de um produto ou serviço em satisfazer os requisitos” conforme ISO 22000:2018 [5], e a variável preço de venda (quantitativo), assim como adotado como variável em diversos ramos de atividades.

Após a análise dos resultados da investigação, é avaliado um modelo de gestão de *stock* e venda para cada grupo, onde através de uma estratégia de precificação é possível aumentar a procura por perecíveis que estejam próximos do fim de validade e reduzir desperdícios [2]. Tal modelo tem como objetivo a maximização de lucro através da minimização de desperdício do alimento, considerando também variáveis de distância e o tempo entre local de distribuição e clientes.

2. Formulação do Problema

Atualmente, a precificação correta no tempo adequado, de modo a evitar desperdícios de alimentos, tem vindo a ser uma das grandes problemáticas vivenciadas. Se por um lado os consumidores procuram os produtos com boa qualidade a um preço acessível, os vendedores de produtos frutícolas procuram vender os produtos que atingem o seu prazo de validade primeiramente. Deste modo, procura-se adequar a precificação com a ordem de saída do produto, de modo a diminuir o seu desperdício.

Para tal, foram utilizados modelos matemáticos existentes, [1], para a precificação dinâmica de produtos perecíveis, considerando como variáveis o tamanho de mercado, o período de deterioração e a sensibilidade à mudança de preço.

Adicionalmente, foram incluídos dados relativos às datas de apanha e início de comercialização. Para além disso, foi comprovado que a sensibilidade à mudança de preço vs qualidade é significativa para os resultados obtidos.

O trabalho divide-se em duas fases, aquisição de dados primários através de questionários aplicados ao público alvo, e modelagem matemática, procurando atingir a maximização de lucro através da minimização de desperdícios.

Na fase de aquisição de dados primários, os questionários realizados tiveram como objetivo estudar qual o melhor preço/desconto a aplicar nos diferentes estados de maturação da fruta: verde, madura, passada. Foram escolhidos três tipos de fruta diferente, com diferente perecibilidade entre eles, [6], [7], de modo a avaliar variações do preço/desconto a aplicar de acordo com a perecibilidade da fruta. Deste modo, procurou-se confirmar que a sensibilidade à mudança de preço vs qualidade de facto existe e é importante considerar no ato de compra.

Foram considerados fatores como a colheita, a perecibilidade, a velocidade e o volume de vendas para a seleção das frutas, resultando o morango como o produto com maior perecibilidade, a banana com média perecibilidade e a maçã com menor perecibilidade, de acordo com os dados apresentados na tabela 1. Para enriquecer o estudo, para além de o voluntário ter de responder qual dos estados da fruta que pretende adquirir, o voluntário teve de responder qual o estado da fruta escolhia de acordo com o desconto aplicado. Nesta última parte do questionário, a ordem de maturação das frutas foi colocada de forma aleatória de modo a procurar garantir que as pessoas não seriam influenciadas pela resposta à primeira pergunta. De salientar, que os questionários foram preenchidos por pessoas com idades compreendidas entre os 15 e 70 anos e residentes na zona interior centro do país.

A modelagem tem por objetivo alcançar a maximização do lucro face ao menor desperdício de cada alimento, de modo a entregar o preço de venda de cada fruto em função do comportamento do cliente, utilizando uma modelagem adaptada de [1]). O modelo baseia-se em variáveis como o custo de aquisição, a manutenção de *stock*, o tempo de ciclo de vida, a quantidade de encomenda, os coeficientes de deterioração e a sensibilidade do produto na variação de preço. De maneira a adaptar o modelo proposto por [1], o coeficiente de deterioração (θ), foi relacionado à validade de cada fruto [8], [9], resultando na tabela 1.

Tabela 1 - Relação validade vs Coeficiente de Deterioração

Fruta	Validade [8] [9]	Coeficiente de Deterioração (θ)
Maçã	10 a 12 meses	0,8
Morango	7 a 10 semanas	0,5
Banana	1 a 4 semanas	0,3

3. Resultados Obtidos

Utilizando modelagem matemática, com o objetivo de alcançar a maximização do lucro frente ao menor desperdício de cada alimento, de modo a entregar o preço de venda de cada fruto em função do comportamento do cliente, utilizando uma modelagem adaptada de [1] aos dados recolhidos através do questionário, conforme a equação ilustrada na figura 1.

$$\begin{aligned}
 Z_1(p, T) &= \left\{ \begin{array}{l} \text{Receita das vendas - Custo de ordem} \\ \text{- Custo de inventario} \\ \text{- Custo de compra} \end{array} \right\} / T \\
 &= (p - c)D(p) - \frac{D(p)}{T} \left\{ \frac{ht_d}{\theta} [e^{\theta(T-t_d)} - 1] \right. \\
 &\quad \left. + \frac{ht_d^2}{2} + \frac{(h + \theta c)}{\theta^2} [e^{\theta(T-t_d)} - \theta(T - t_d) - 1] \right\} - \frac{A}{T}.
 \end{aligned}$$

Figura 1 - Modelo F.O para Maximização de Lucro de [1], adaptado pelo autor.

O modelo baseia-se em variáveis de custo de aquisição, manutenção de *stock*, tempo de ciclo, quantidade de encomenda, coeficientes de deterioração e sensibilidade do produto na variação de preço, conforme explanado de seguida:

- θ: constante da taxa de deterioração.
- α: parâmetro da demanda em relação ao tamanho do mercado.
- B: coeficiente de sensibilidade do preço do produto.
- A: custo por ordem de pedido.
- c: custo de compra por unidade.
- h: custo de armazenagem por unidade.
- td: início da deterioração.
- D: função demanda ($\alpha \cdot p^{-B}$)
- p: preço de venda por unidade (ou pj)
- Q: quantidade de unidades por ciclo.
- Z: lucro máximo.

De maneira a adaptar o modelo proposto por [1], o coeficiente de deterioração (θ), foi relacionado à validade de cada fruto, conforme tabela 1.

Assume-se também que por se tratar de produtos frutíferos com tempo de deterioração menor que o tempo de ciclo (td < T), sendo representado pela figura 2 [3].

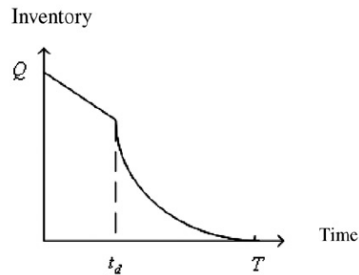


Figura 2 - Representação gráfica decaimento da qualidade vs tempo. [3]

Após a inserção de dados relativos ao utilizador e ao produto escolhido, no caso deste trabalho, os frutos, inicialmente é calculado o tempo de ciclo ideal, conseqüentemente o preço sugerido para venda e a quantidade ótima a ser adquirida no ciclo.

Por fim, utilizando a função objetivo de maximização lucro com os valores sugeridos pelo modelo, é dado a previsão de lucro no final do período.

4. Discussão de Resultados

Após coleta e tratamento de dados dos questionários, é possível identificar que a qualidade dos frutos, verde (V) para frutos frescos, maduro (M) e passados (P), [8], [9], influencia o comportamento de desconto, permitindo então a associação deste comportamento ao coeficiente de decisão, verificando-se na tabela 2.

Tabela 2 - Coeficiente de decisão da classe de desconto vs qualidade.

Percentual	Coeficiente de Decisão
M	2
P	2,66
V	1,33

Face aos resultados obtidos por meio do questionário, para a construção de um modelo adaptado, utilizou-se para o coeficiente de sensibilidade do produto na variação do preço (β) o valor 3, sendo este superior ao maior coeficiente de decisão obtido na pesquisa, com o objetivo de aplicar o modelo para um intervalo de qualidade do fruto até seu fim.

Com o recurso do modelo matemático de [1] e adaptado conforme o trabalho proposto, foi possível a criação de uma aplicação em Microsoft Excel utilizando mecânicas de VBA conforme ilustrado na figura 3. Sendo possível trabalhar nas variáveis supracitadas de forma a encontrar melhores cenários com relação a precificação para obter o lucro máximo.

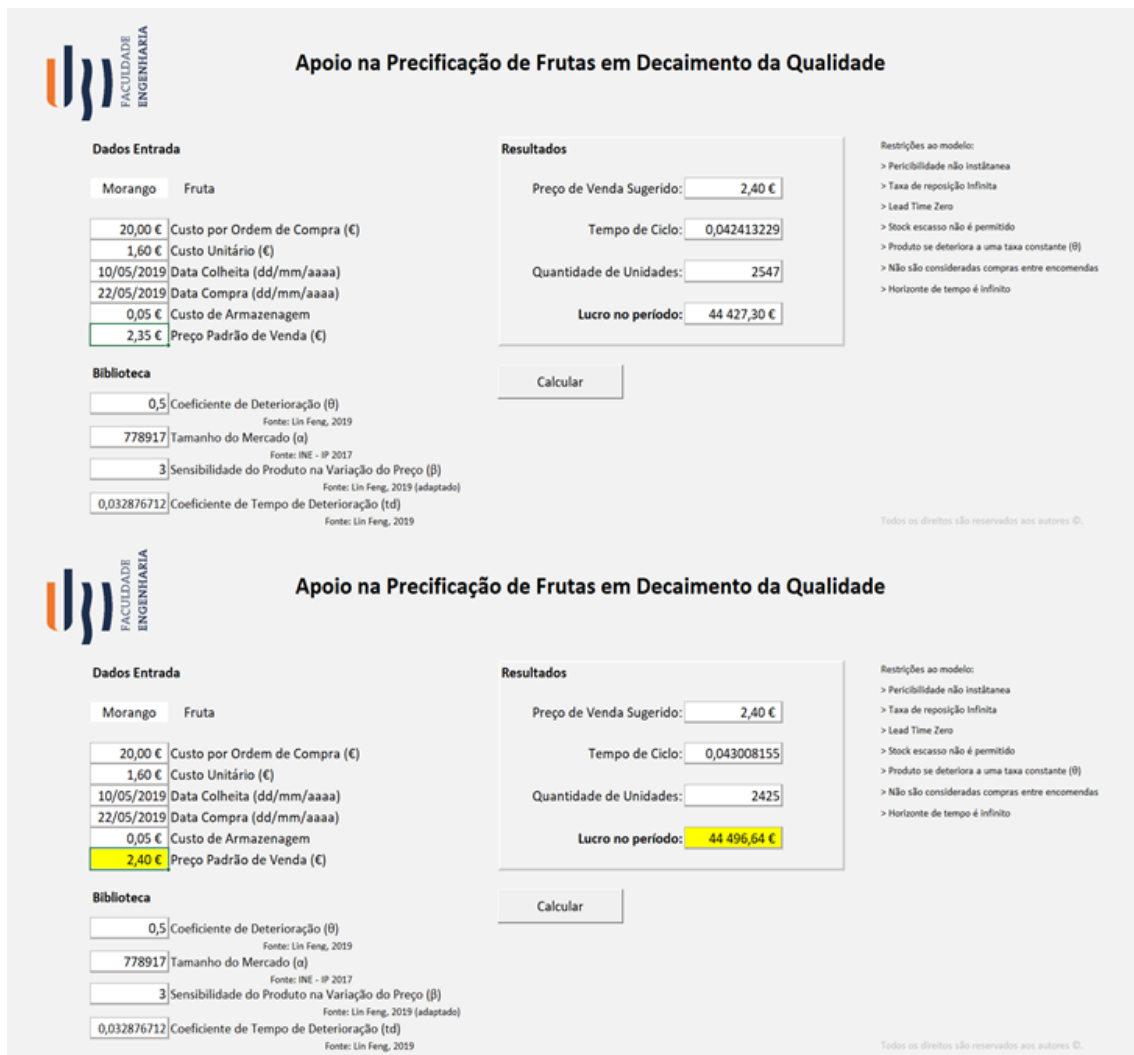


Figura 3 - Simulação com variação no preço sugerido

No primeiro cenário, a fruta estudada foi o morango e foram utilizados os valores reais do caso de estudo (2,35€ o preço de comercialização). Esta análise totalizou um lucro de 44427,30€ no período calculado pelo programa.

Em comparação, o segundo cenário sofreu alteração no preço de comercialização, passando para o valor proposto pelo modelo, verificando-se um aumento do lucro, 44496,64€, no mesmo período de tempo.

Face aos resultados obtidos, é possível inferir acerca da utilidade do modelo projetado a ser aplicado em minimercados, porém devido às restrições da formulação, como: a pericibilidade não instantânea, a taxa de reposição infinita, o *lead time* ser zero, o *stock* escasso não ser permitido, o produto se deteriorar a uma taxa constante, não serem consideradas compras entre encomendas bem como o horizonte de tempo ser infinito; este ainda, só pode ser aplicado em grandes redes de hipermercados.

Para que ainda, se possa garantir uma maior diminuição de desperdícios, o ato de transporte deve ser realizado em condições controladas e o tempo de viagem entre o local abastecedor do produto até ao local onde este irá ser comercializado, deverá ser reduzido ao mínimo valor possível.

5. Conclusão

A realização deste trabalho permitiu a elaboração de um modelo matemático, baseado em formulações já existente, que, todavia, apresenta algumas limitações devidas às restrições mencionadas, e por isso só poder ser aplicado, para já, em grandes redes de hipermercados. Em futuros trabalhos, o objetivo passa por melhorar o modelo de modo a este poder ser aplicado a minimercados. É um modelo bastante útil para os vendedores, pois garante a melhor precificação do fruto e diminui o desperdício dos produtos, ao aplicar uma melhor precificação nestes.

Agradecimentos

Os autores foram financiados pelo C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies através do projecto com a referência UID/EMS/00151/2019.

Referências

- [1] Wu, K., Ouyang, L., Yang, C. “Coordinating replenishment and pricing policies for non-instantaneous deteriorating items with price-sensitive demand”, Vol. 40 n°12, International Journal of Systems Science, (2009) pp. 1273-1281.
- [2] Feng, L. “Dynamic pricing, quality investment, and replenishment model for perishable items”, International Transactions Inoperational Research, (2019) pp. 1558-1575
- [3] Rabbani, M., Zia, N.P., Hamed, R. “Joint optimal dynamic pricing and replenishment policies for items with simultaneous quality and physical quantity deterioration”, Applied Mathematics and Computation, (2016) pp. 287-288
- [4] Rabbani, M., Zia, N.P., Hamed, R. “Optimal dynamic pricing and replenishment policies for deteriorating items”, International Journal of Industrial Engineering Computations, (2014) pp. 621-630
- [5] ISO. ISO 22000:2018. “Sistemas de gestão da segurança alimentar”. International Organization for Standardization (2018)
- [6] INE, “Exportações aumentam 26,9% e importações 12,3%”. Instituto Nacional de Estatística.
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=6495033&DESTAQUESmodo=2 (31/03/2019b)
- [7] INE, “Estatísticas Agrícolas”. Instituto Nacional de Estatística.
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=320461359&PUBLICACOESmodo=2 (31/03/2019a)
- [8] Regulamento de Execução (UE) n.o 543/2011 da Comissão, de 7 de Junho de 2011, que estabelece regras de execução do Regulamento (CE) n.o 1234/2007 do Conselho nos sectores das frutas e produtos hortícolas e das frutas e produtos hortícolas transformados, Anexo I, parte B, do Reg. de Execução (UE) n.º 543/2011.
- [9] Regulamento (CE) n.o 2257/94 DA COMISSÃO de 16 de Setembro de 1994 que fixa normas de qualidade para as bananas