LVI SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
DE 04 ATÉ 07 NOVEMBRO 2024
FORTALEZA | CEARÁ

O PROBLEMA DE DIMENSIONAMENTO DE LOTES EM UMA LANCHONETE DE SÃO MATEUS-ES

João Pedro Gouvêa de Camargo
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Rodovia BR 101 Norte Km. 60, 29932-540, São Mateus - ES, Brazil
joao.p.camargo@edu.ufes.br

Leonardo Delarmelina Secchin
Departamento de Matemática Aplicada, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Rodovia BR 101 Norte Km. 60, 29932-540, São Mateus - ES, Brazil
leonardo.secchin@ufes.br

André Renato Sales Amaral
Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, ES, 29075-910, Brazil
amaral@inf.ufes.br

RESUMO

O problema tratado tem como objetivo otimizar os custos de compras e inventário de uma lanchonete da região litôranea de São Mateus - ES, levando em consideração diferentes variáveis e parâmetros, como custos, demanda, capacidade de armazenamento e prazos de validade. Modelamos o problema como um modelo de programação linear inteira mista, e o resolvemos com o pacote computacional IBM CPLEX. Alimentamos o modelo com dados reais e comparamos com o planejamento feito pela empresa em um determinado período. A proposta mostrou potencial para ser aplicada ao planejamento de estoque de modo a minimizar custos.

PALAVRAS CHAVE. Problema de Dimensionamento de Lotes, Industria da Alimentação, Modelagem Matemática.

PM – Programação Matemática; POI – PO na Indústria

ABSTRACT

The problem addressed aims to optimize purchasing and inventory costs for a snack bar in the coastal region of São Mateus - ES, taking into account various variables and parameters such as costs, demand, storage capacity, and expiration dates. We modeled the problem as a mixed-integer linear programming model and solved it using the IBM CPLEX computational package. We fed the model with real data and compared it with the company's planning over a certain period. The proposal showed potential for application in inventory planning to minimize costs.

KEYWORDS. Lot-Sizing Problem, Food Industry, Mathematical Modelling.

MP – Mathematical Programming; ORI – Operations Research in Industry

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

1. Introdução

Mesmo durante o período de recuperação pós-pandemia, o setor de foodservice apresentou um desempenho notável. No primeiro semestre do ano de 2023, 88% das empresas registraram um faturamento igual ou superior ao do mesmo período em 2022, conforme revelado pela pesquisa "Alimentação Hoje: a visão dos operadores de foodservice", conduzida pela Associação Nacional de Restaurantes (ANR), em parceria com a consultoria Galunion e a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (Abia) [IstoÉDinheiro, 2023]. Essa pesquisa também identificou desafios significativos para as empresas do ramo alimentício, sendo que pelo menos 50% dos respondentes apontaram a fidelização da clientela e o aumento das vendas como alguns dos principais obstáculos na gestão de seus estabelecimentos. A qualidade e frescor dos produtos, a rapidez no atendimento e outros fatores foram destacados como influenciadores da fidelidade do cliente, ressaltando a importância de ter fornecedores confiáveis, monitorar regularmente os insumos no estabelecimento e gerenciar eficientemente o estoque.

Tendo em vista esses desafios identificados para as empresas do ramo alimentício, este artigo realiza uma análise específica em uma lanchonete na área litorânea de São Mateus - ES. Problemas relacionados ao controle de estoque foram observados, sendo comum a falta de alguns insumos no início do expediente e o controle diário do estoque era impreciso devido à ausência de uma listagem completa do que é necessário e do que já está disponível. Além disso, a falta de previsão de demanda resultava em escassez de insumos durante o expediente, agravada pela necessidade de gerenciar o estoque em um espaço limitado na loja. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar o planejamento do estoque da lanchonete de modo a minimizar custos e perdas.

A questão de se determinar a quantidade a ser produzida de cada item dentro de um horizonte de planejamento, buscando encontrar o custo mínimo é conhecida como o Problema de Dimensionamento de Lotes (*Lot-Sizing Problem*) [Buschkühl, 2010; Jans e Degrave, 2008; Quadt e Kuhn, 2008; Robinson et al., 2009]. Os principais aspectos relacionados ao dimensionamento de lotes são: (i) compras - interações com fornecedores; (ii) vendas - incerteza da quantidade de produtos a serem vendidos, bens de consumo, estoque de segurança; (iii) produção - produtos que demandam de ser preparados na loja. Outros aspectos a serem destacados são a sazonalidade de itens e a expectativa de preços mais altos no futuro [Hanne T., 2016].

O Problema de Dimensionamento de Lotes pode ser dividido em várias categorias. De acordo com a quantidade de itens que deverão ser produzidos, o problema é classificado como de *item único* se há a produção de apenas um item; ou de *itens múltiplos*, que considera a produção de vários itens durante o horizonte de planejamento. Os problemas de dimensionamento de lotes *monoestágio* consideram apenas produtos finais com demanda independente e uma única operação de produção. Por outro lado, os problemas *multiestágio* consideram que a produção dos itens finais depende da produção de seus componentes, levando em conta a demanda dependente [Gicquel et al., 2008]. Nos problemas *capacitados* (e.g. [Gicquel et al., 2008]), os recursos de produção são tratados como finitos e inflexíveis, apresentando uma capacidade limitada para atender à demanda. Em contrapartida, os problemas *não capacitados*, e.g. [Robinson et al., 2009], simplificam a modelagem, removendo as restrições de capacidade, o que permite uma produção mais flexível e menos sujeita a gargalos de produção.

Uma consideração importante é o horizonte de planejamento, que pode ser finito ou infinito. No *horizonte finito*, as decisões são tomadas para um período específico, enquanto no *horizonte infinito*, o planejamento estende-se indefinidamente. Quando analisamos os tipos de demanda associados ao problema, surgem quatro distinções importantes entre demanda estática, dinâmica, determinística e estocástica. A *demanda estática* implica que a quantidade de produtos necessários permanece constante ao longo do tempo, facilitando o planejamento de produção [Quadt e Kuhn,

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

2008]. Por outro lado, a *demanda dinâmica* varia de acordo com os períodos, exigindo estratégias mais adaptativas para garantir o atendimento eficiente às flutuações de demanda. A *demanda determinística* implica que as quantidades de produtos necessárias são conhecidas com certeza, permitindo um planejamento mais preciso e estável [Karimi et al., 2003]. Por outro lado, a *demanda estocástica* introduz incerteza, com as quantidades de produtos necessárias sendo modeladas por distribuições de probabilidade [Buschkühl, 2010].

Um dos principais modelos de produção, e mais simples, é o JiT (*Just in Time*). Este modelo demanda um inventário constante, sempre solicita a mesma quantidade de um certo material e o novo pedido só chega quando o outro se esgota [Hanne T., 2016]. Em nossa análise do problema real de uma lanchonete em São Mateus-ES usamos como base o JiT. Além disso, modelamos o problema real como um Problema de Dimensionamento de Lotes com múltiplos itens, monoestágio, capacitado, com horizonte finito e demanda estática.

As contribuições deste trabalho são: a análise do problema de dimensionamento de lotes em uma lanchonete; o desenvolvimento de um modelo matemático considerando características específicas do problema real; a realização de experimentos computacionais com dados reais; e a análise de resultados.

Este artigo está organizado como segue. A Seção 2 descreve o problema verificado na Lanchonete. Na Seção 3, o problema é modelado matematicamente e na Seção 4 experimentos computacionais são apresentados. A seção 5 traz os resultados e discussão.

2. Definição do Problema

O problema estudado envolve o cotidiano das compras e controle de estoque de uma pequena lanchonete da região litorânea de São Mateus-ES. As necessidades surgem a partir da desorganização do estoque, acarretando problemas nas vendas ao decorrer do expediente. O horizonte engloba um período de 30 dias.

Sobre o exemplo motivador deste trabalho temos o objetivo de planejar um estoque ótimo de modo a minimizar os custos e perdas na lanchoente apresentada. Foram considerados os seguintes pontos:

- Analisar os dias preferenciais de compra de cada produto
- Considerar o tempo máximo de cada produto no estoque
- Horizonte de eventos de um mês
- Médias de consumo por dia de cada produto
- Definir os melhores dias para abastecer o estoque com cada item

A análise de dados para a elaboração do presente modelo foi realizada com base em informações reais provenientes do estabelecimento. Esses dados foram coletados durante o mês de agosto de 2023 e englobam diversas variáveis essenciais, tais como a demanda, o valor total das compras mensais, os custos associados à decisão de compra, a validade e frescor dos insumos, entre outros parâmetros relevantes.

Vale ressaltar que as informações específicas sobre os custos de cada insumo em diferentes dias da semana foram obtidas de maneira meticulosa. Para tal, foram realizadas coletas diárias durante o mês de setembro em um mercado local. Esse processo considerou fatores como promoções, variações sazonais, descontos específicos em determinados dias da semana, uma vez que o estabelecimento em questão adquire grande parte de seus insumos por meio dessas condições especiais de mercado.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

Os valores estimados para os gastos do estabelecimento no mês de setembro de 2023 foram calculados a partir do valor real registrado em agosto. Adicionalmente, foi incorporado o aumento percentual do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo 15 (IPCA-15), que apresentou um acréscimo de 0,35% . Essa consideração visa refletir as alterações nos custos e preços que podem ser influenciadas por fatores econômicos, contribuindo para uma projeção mais precisa dos gastos futuros do estabelecimento [IBGE, 2023].

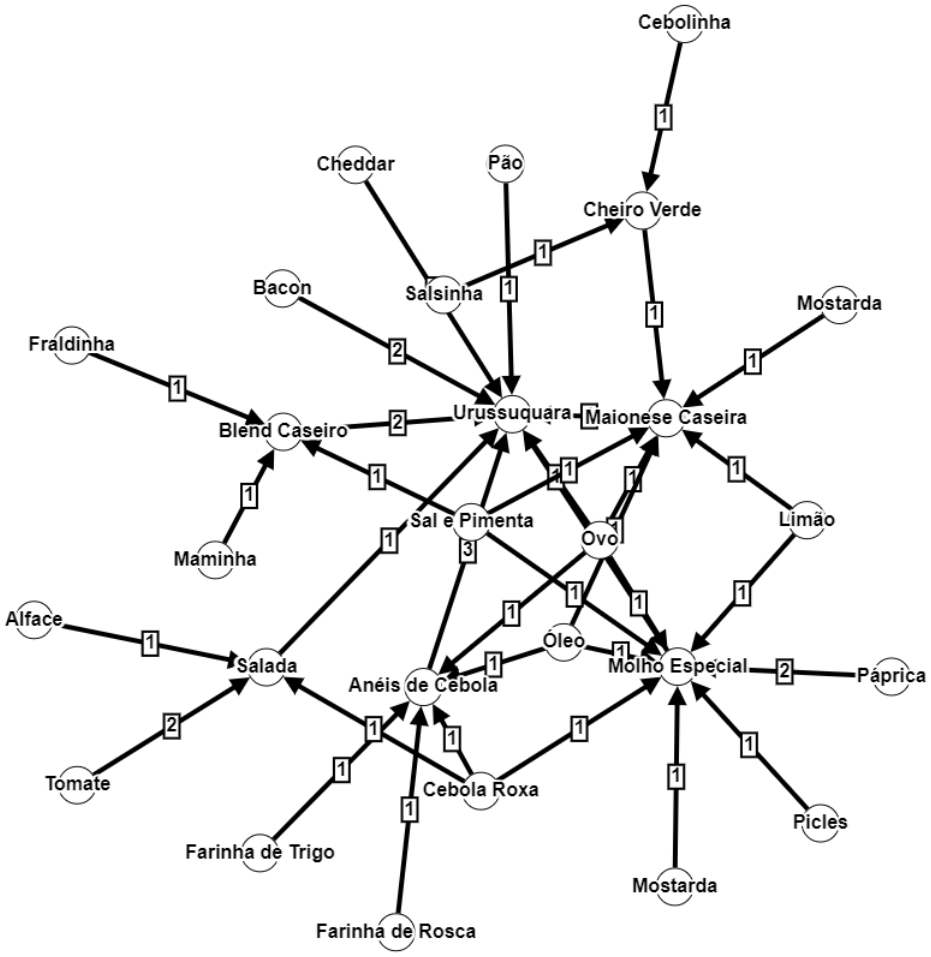

Figura 1: Exemplo de uma Lista de Materiais. Os nós representam os insumos, e os valores nas arestas as quantidades necessárias.

Normalmente, os itens a serem planejados em uma empresa estão inseridos em uma estrutura de produção, por exemplo, itens finais a serem produzidos dependem de outros componentes que também necessitam serem produzidos. Esta relação entre itens é descrita em uma Lista de Materiais (*Bill-of-Materials*- BoM) que por sua vez presume que existe uma quantidade fixada de componentes necessários para produzir uma unidade de um determinado item. Geralmente o grafo resultante tende a ser acíclico (situações especiais com grafos cíclicos podem ocorrer na indústria química ou no ramo alimentício onde nós também encontramos produção acoplada, ou seja, algumas vezes produtos indesejados são resultantes da produção de um único item).

Como consequência de uma estrutura de produção hierárquica, a demanda de um item

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

não é exclusiva da demanda externa (também chamada de demanda primária) mas também da demanda interna de produção (demanda secundária) que resulta do fato que planejamos produzir itens sucessores na estrutura de produção do item final [Hanne T., 2016]. A Figura 1 mostra um exemplo de uma Lista de Materiais de um lanche da empresa em questão, podemos ver os ingredientes do lanche denominado “Urussuquara”: 2 blends caseiros, 2 fatias cheddar, bacon em dobro, anéis de cebola, ovo, molho especial, salada e maionese, além das dependências.

3. Modelagem Matemática

O Problema de Dimensionamento de Lotes estudado envolve o custo das compras do estoque em um sistema com múltiplos itens, monoestágio, capacitado, com horizonte finito e demanda estática.

3.1. Parâmetros

- C_{ij} (R$): custo do insumo i no dia da semana j
- U_j (R$): custo associado à decisão de comprar no dia j
- D_{ij} (Kg): demanda do insumo i no dia da semana j
- $CCON$ (Kg): capacidade de armazenamento dos insumos ”congelados”
- $CCOZ$ (Kg): capacidade de armazenamento dos insumos ”cozinha”
- $CCAR$ (Kg): capacidade de armazenamento do transporte
- W_i (Kg): volume do insumo i no armazenamento
- V_i (dias): validade do insumo i
- S_i (dias): disponibilidade do insumo i
- $E_i^{\min}$ (Kg): estoque mínimo do item i
- $Q_i^{\min}$ (unidade): quantidade mínima de compra do item i
- ρ: peso da decisão de descartar insumos
- CON: conjunto dos insumos ”congelados”
- COZ: conjunto dos insumos ”cozinha”
- Q: quantidade de dias de compras
- P: conjunto de todos os insumos i
- T: horizonte de planejamento

3.2. Variáveis

- x_{ij} (unidade): quantidade de insumo i comprado no dia da semana j
- e_{ij} (Kg): quantidade de insumo i no estoque final no dia da semana j
- y_j (binário): decisão de compra no dia j (0 se não compra, 1 se compra)
- z_{ij} (Kg): quantidade do insumo i descartada no dia j

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

3.3. Modelo

$$\min \sum_{i=1}^{P}\sum_{j=1}^{T} C_{ij}x_{ij} + \rho \sum_{i=1}^{P}\sum_{j=1}^{T} C_{ij}z_{ij} + \sum_{j=1}^{T} U_j y_j \tag{1}$$

s.a.

$$\sum_{i \in CON} W_i x_{ij} + \sum_{i \in CON} e_{i(j-1)} \leq C_{CON}; \forall j \in T \tag{2}$$

$$\sum_{i \in COZ} W_i x_{ij} + \sum_{i \in COZ} e_{i(j-1)} \leq C_{COZ}; \forall j \in T \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{P} W_i x_{ij} \leq C_{CAR} y_j; \forall j \in T \tag{4}$$

$$e_{ij} - z_{i(max(1,j-V_i)} \geq D_{ij}; \forall i \in Pej \in \{2,3,...,T\} \tag{5}$$

$$x_{ij} \geq Q_i^{min} y_j; \forall i \in Pej \in T \tag{6}$$

$$e_{ij} \geq E_i^{min}; \forall i \in Pej \in T \tag{7}$$

$$e_{i(j+1)} = e_{ij} + (W_i x_{i(j+1-s_i)}) - D_{ij} - z_{i(j+1)}; \forall i \in Pej \in T \tag{8}$$

$$\sum_{j=1}^{T} y_j \leq Q \tag{9}$$

$$z_{i(j+1)} \geq \sum_{k=j-V_{i+1}}^{j} W_i x_{ik} - \sum_{k=j-V_{i+1}}^{j} D_{ik}; \forall i \in Pej \in \{V_i, V_{i+1}, ..., T-1\} \tag{10}$$

$$x_{ij} \in \mathbb{N}, y_j \in \{0,1\}, e_{ij} \geq 0, z_{ij} \geq 0 \tag{11}$$

A função objetivo (1) representa a soma dos custos de compra e desperdício de alimentos com o custo fixo para se realizar uma compra diária (custo com deslocamento, combustível etc). As restrições (2) e (3) restringem a capacidade de armazenamento dos insumos congelado e cozinha, respectivamente e a (4) restringe a capacidade de compra mínima não a deixando exceder a capacidade do transporte, ou seja, a decisão de compra. A restrição (5) relaciona a demanda diária de um insumo e sua validade limitado inferiormente a quantidade de compra de um insumo, enquanto a restrição (6) diz que a quantidade de compras não podem ser negativas. A restrição (7) garante um estoque mínimo para o inventário, enquanto (8) atualiza o estoque. A restrição (9) limita os dias de compras no mês. As perdas dos insumos devido a sua validade é dada pela restrição (10).

O modelo distingue entre diferentes tipos de capacidade de armazenamento, como *congelados* e *cozinha*, nas restrições (2) e (3), respectivamente. Essa distinção é crucial para as diferentes condições de armazenamento que uma empresa possa ter, garantindo um controle mais eficiente. A consideração da validade dos insumos, restrições (5) e (10) e a disponibilidade S_i permite o modelo gerenciar produtos perecíveis de forma a reduzir desperdícios e garantindo que a demanda seja atendida com produtos dentro da validade.

A variável y_j na restrição (9) permite ao modelo otimizar os dias de compras, enquanto a inclusão do custo fixo U_j na função objetivo (1) ajuda a minimizar os custos associados ao transporte e logística. Juntas, essas duas componentes garantem uma gestão eficiente dos recursos, reduzindo os gastos operacionais, como o descarte de insumos z_{ij}, permitindo uma análise mais detalhada do impacto de desperdícios no custo total e tornando o modelo mais prático e aplicável.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

O modelo apresentado aqui é baseado no *multi-item capacitated lot-sizing problem (MICLSP)* [Hanne T., 2016] mas com algumas distinções, especialmente no que se refere ao descarte de itens e à atualização do estoque. Por exemplo,a restrição (10), que trata do descarte z_{ij}, não está presente no MICLSP. Além disso, a restrição (8) difere da correspondente no MICLSP, pois considera tanto o descarte quanto a disponibilidade dos itens antes de atualizar o estoque. A restrição (5) também aborda o descarte, mas não é encontrada no MICLSP.

4. Experimentos Computacionais

Nesta seção, apresentamos uma série de testes realizados com o modelo proposto para avaliar sua eficácia e sensibilidade a diferentes parâmetros. Para a resolução desse modelo, foi utilizado o IBM CPLEX versão 22.1.1 com configurações padrão através do pacote Julia `CPLEX.jl`. O modelo foi implementado utilizando o pacote`JuMP.jl`. A execução foi feita em um computador Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU 2.20GHz 10 núcleos (20 threads), 160Gb RAM, Ubuntu Server 22.04.3 LTS.

4.1. Análise do Problema

Neste estudo, foi considerado um horizonte de planejamento T = 30 dias. Foram obtidos dados reais de uma lanchonete situada na cidade de São Mateus, região norte do Espírito Santo. Durante a análise inicial, identificamos algumas lacunas, como a omissão dos dados relacionados às bebidas vendidas no estabelecimento. No mês de agosto/2023, constatamos que as bebidas representaram 24,45% das vendas totais, totalizando um custo aproximado de R$ 2.553,50. Outros itens negligenciados incluem 4,22% das vendas em agosto/2023, equivalente a um custo de R$ 995,10, e custos adicionais de itens básicos, totalizando R$ 903,72. Portanto, o custo total analisado para o mês de agosto/2023 na empresa em questão é de R$ 43.505,89 (Veja a Tabela 1).

A partir dos dados obtidos (e.g. demandas reais e custos coletados), temos todos os valores para os parâmetros do modelo, exceto ρ, que indica o peso da decisão de descartar insumos, e Q, o número de dias nos quais são realizadas as compras necessárias ao longo do horizonte de planejamento. Esses parâmetros não foram obtidos diretamente da empresa, mas surgiram através da análise do problema na empresa.

Pareceu-nos que usar $\rho = 1$ não faria sentido, pois implicaria que o custo de aquisição seria o mesmo que o de descarte (devido a custos de armazenamento, funcionário para manusear a mercadoria, etc). Já $\rho = 3$ nos pareceu excessivo, imaginando que não seria tão caro o custo para manter os itens no depósito. Dessa forma, adotamos $\rho = 2$.

O parâmetro Q não possui um valor definitivo dentro da empresa, mas que varia de acordo com a necessidade/realidade do dia a dia da empresa em questão. Foi adotado $Q = 12$ dias, pois pareceu razoável, segundo nossas observações, representando a realização de compras numa média de 3 vezes por semana.

4.2. Resultado Inicial

Resolvendo-se o modelo matemático usando $\rho = 2$ e $Q = 12$ obteve-se o custo de R$ 38.271,38. Considerando o IPCA-15 de setembro de 2023, que é de 0,35%, ajustamos esse valor para R$ 38.137,43. Com isso temos uma economia significativa de R$ 5.368,46 (12,34%) em relação ao custo real da empresa (R$ 43.505,89).

4.3. Análise de Sensibilidade

Vimos que com $\rho = 2$ e $Q = 12$ obtivemos custo de R$ 38.271,38. Verificou-se também que o custo obtido pelo modelo permanece o mesmo para $\rho = 2$ com alguns valores menores de Q. Considerando a quantidade de dias Q em relação ao horizonte de planejamento $T = 30$ (como no caso estudado), a tabela 2 mostra que são requeridos no mínimo $Q = 5$ dias para efetuar todas as compras da empresa mantendo o custo de R$ 38.271,38. Caso a empresa precise realizar as compras

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

Tabela 1: Resumo Financeiro do Projeto

Descrição	**Valor (R$)**
Custo Total de Compra	24.526,93
Custo Associado a Decisão de Comprar	320,00
Custo de Descarte	13.424,45
Ajuste do IPCA-15	-133,95
Custo Total	**38.137,43**

Tabela 2: Planejamento de Compras

Dias Necessários para Compras	**Valor Ótimo (R$)**	**Viabilidade**
6	38.271,38	Viável
5	38.271,38	Viável
4	39.433,56	Viável
3	–	Inviável

em 4 dias, o custo aumenta em R$ 1.162,18. Se tentarmos comprimir o período de compras para menos de 4 dias, o problema se torna inviável.

Em seguida, investigamos quais valores de custo são fornecidos pelo modelo para $\rho \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ (mantendo $Q = 5$ e os outros parâmetros fixos). Na tabela 3, pode-se obervar que temos um custo de R$ 30.924,39 com $\rho = 1$. Embora essa configuração aparente ser a melhor, ela não é realista para um caso prático, pois o descarte de insumos normalmente envolve custos adicionais, como os de armazenamento. Quando $\rho = 2$, obtivemos o custo de R$ 38.271,38, que é mais condizente de um caso real. Em um cenário mais extremo, com $\rho = 6$, o custo aumenta consideravelmente, atingindo aproximadamente R$ 64.400,00. Esse aumento de mais de R$ 30.000,00 reflete a alta penalidade associada ao descarte de insumos.

Tabela 3: Valores Ótimos por Configuração de Parâmetro ρ

Parâmetro ρ	**Custo Associado ao Descarte (R$)**	**Valor Ótimo (R$)**
1	8.531,64	30.924,39
2	6.712,34	38.271,38
3	6.548,35	44.830,66
4	6.544,56	51.377,27
5	6.544,56	57.921,83
6	6.544,56	64.466,40

O modelo também oferece informações valiosas sobre o estoque. Analisando os valores de estoque e_{ij} ($\forall i \in 1 : P$ e $j \in 1 : T$) constatamos que, no caso estudado, o estoque nunca atinge o nível mínimo E_i^{min} ($\forall i \in 1 : P$). Isso nos permite concluir que o estoque mínimo pode ser ajustado para um nível maior, proporcionando uma margem de segurança para eventuais emergências no cotidiano da empresa.

5. Conclusões

Neste trabalho, propusemos um modelo matemático para resolver um problema real de planejamento e controle de estoque em uma lanchonete situada em São Mateus, Espírito Santo. O objetivo é reduzir os custos associados às quantidades e decisões de compra de cada insumo, bem como os custos de descarte desses itens.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br

Os testes iniciais mostraram-se bastante promissores e demonstraram a eficácia e a sensibilidade do modelo proposto ao ajuste de diferentes parâmetros. Inicialmente, o modelo apresentou um custo de R$ 38.271,38 com $\rho = 2$. Ao ajustar ρ, observamos a alta penalidade associada ao descarte, destacando a importância de uma configuração adequada desse parâmetro.

O modelo também revelou que, em um horizonte de planejamento de 30 dias, são necessários apenas 5 dias para efetuar todas as compras. Esses testes permitiram explorar os limites de dias necessários para efetuar todas as compras da lanchonete, avaliando a viabilidade do problema.

Além disso, o modelo forneceu insights valiosos sobre o estoque, mostrando que o nível mínimo nunca foi atingido no caso estudado. Isso sugere que o estoque mínimo pode ser ajustado para proporcionar maior segurança.

Os testes realizados mostram que o modelo é sensível aos parâmetros ajustados, especialmente ao valor de ρ. Além disso, o modelo demonstra flexibilidade em termos de planejamento de compras e gerenciamento de estoque, permitindo adaptações conforme as necessidades e restrições da empresa.

Novos testes ainda precisam ser feitos para diferentes épocas do ano de forma a ajustar o modelo e a reafirmar as melhoras obtidas. Como sugestão de trabalhos futuros poder-se-iam considerar as compras vindas de diferentes fornecedores, descontos em compras de quantidade, fora os itens já tratados, sazonalidade, tempos de espera, etc.

Referências

Buschkühl, S. F. H. S. e. T. H., L. (2010). *Dynamic capacitated lot sizing problems: a classification and review of solution approaches*. OR Spectrum.

Gicquel, C., Minoux, M., e Dallery, Y. (2008). Capacitated lot sizing models: a literature review. hal-00255830, Available at `https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00255830`.

Hanne T., D. R. (2016). *Inventory Planning and Lot-Sizing*, p. 73–97. Springer International Publishing. ISBN 9783319407227.

IBGE (2023). Ipca-15 foi de 0,28 URL `https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/37714-ipca-15-foi-de-0-28-em-agosto`. Acessado em 8/12/23.

IstoÉDinheiro (2023). Quase 90 URL `https://istoedinheiro.com.br/90-das-empresas-de-foodservice-crescimento/`. Acessado em 8/12/23.

Jans, R. e Degrave, Z. (2008). Modelling industrial lot sizing problems: a review. *International Journal of Production Research*, 46:1619–1643.

Karimi, B., Ghomia, S. F., e Wilson, J. (2003). The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. *International Journal of Production Economics*, 83(3):495–513. Received 21 July 2000; accepted 15 April 2003.

Quadt, D. e Kuhn, H. (2008). Capacitated lot-sizing with extensions: a review. *4OR*, 6:61–83.

Robinson, P., Narayanan, A., e Sahin, F. (2009). Coordinated deterministic dynamic demand lot-sizing problem: a review of models and algorithms. *Omega*, 37:3–15.

DOI: 10.59254/sbpo-2024-193782
https://proceedings.science/p/193782?lang=pt-br