

OTIMIZAÇÃO DOS LUCROS E PRODUÇÃO DE UM ESTABELECIMENTO COMERCIAL USANDO PESQUISA OPERACIONAL

OPTIMIZATION OF PROFITS AND PRODUCTION OF A COMMERCIAL ESTABLISHMENT USING OPERATIONS RESEARCH

Pablo Jesus de Souza, Graduando em Matemática, UEG-CET, pablojesusouza@gmail.com
Fabiano Boaventura de Miranda, Doutor, UEG-CET, fabiano.miranda@ueg.br

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo aplicado de Pesquisa Operacional (PO) com foco na otimização da produção e maximização dos lucros de uma panificadora de pequeno porte localizada em Nerópolis-GO. Utilizando Programação Linear (PL) e Programação Linear Inteira (PLI), foram desenvolvidos modelos matemáticos baseados em dados reais da produção, como tempo efetivo de trabalho, custos, preços e demanda por produto. A modelagem utilizou o método *Simplex* para encontrar soluções ótimas contínuas e o algoritmo *Branch and Bound* para garantir soluções inteiras viáveis, respeitando restrições de capacidade e produção mínima/máxima por item. A abordagem foi estruturada por etapas, incluindo modelagem por lotes, análise de sensibilidade e simulação de cenários com diferentes quantidades de funcionários. Os resultados demonstram o potencial das ferramentas de PO na tomada de decisões estratégicas, evidenciando ganhos significativos de eficiência e rentabilidade para o estabelecimento, reforçando a relevância da matemática aplicada na gestão operacional de pequenos negócios.

Palavras-chave: Gestão de Lucros. Programação Linear Inteira. *Branch and Bound*. Otimização. Panificadora.

Abstract: This paper presents an applied Operations Research (OR) study focused on optimizing production and maximizing profits for a small bakery located in Nerópolis-GO. Using Linear Programming (LP) and Integer Linear Programming (ILP), mathematical models were developed based on real production data, such as effective working time, costs, prices and demand per product. The modeling used the Simplex method to find continuous optimal solutions and the Branch and Bound algorithm to ensure viable integer solutions, respecting capacity constraints and minimum/maximum production per item. The approach was structured in stages, including batch modeling, sensitivity analysis and simulation of scenarios with different numbers of employees. The results demonstrate the potential of OR tools in strategic decision-making, evidencing significant gains in efficiency and profitability for the establishment, reinforcing the relevance of applied mathematics in the operational management of small businesses.

Keywords: Profit management. Integer Linear Programming. Branch and Bound. Optimization. Bakery.

INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) é um campo voltado para o desenvolvimento de soluções matemáticas e computacionais que otimizam a tomada de decisões em diversos contextos, como indústrias, comércios e serviços. Sua aplicação prática possibilita o uso mais eficiente dos recursos disponíveis, contribuindo para a redução de custos, o aumento dos lucros e a melhoria no planejamento estratégico. Dentre as técnicas amplamente utilizadas na PO, destacam-se a Programação Linear (PL) e a Programação Linear Inteira (PLI), que permitem estruturar e resolver problemas de otimização sujeitos a múltiplas restrições.

Nos dias atuais, muitas empresas enfrentam dificuldades no aproveitamento eficiente de seus recursos, sobretudo ao elaborar planos de produção que atendam a limitações de matéria-prima e às demandas específicas do mercado. Para enfrentar esses desafios, é necessário adotar uma abordagem sistemática e fundamentada em métodos matemáticos. Segundo Gomes e Almeida (2002, apud Silva e Palhares, 2016), a decisão é uma tarefa muito difícil, pois impacta diretamente o sucesso ou fracasso das operações, influenciando não só os lucros, mas também o uso dos recursos e a eficiência.

Nesse sentido, a PO fornece um arcabouço teórico e prático que permite a simulação de cenários, a previsão de impactos e a formulação de alternativas estratégicas. Por meio da modelagem matemática, os gestores podem tomar decisões com base em dados concretos, promovendo uma gestão mais racional e eficaz.

O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de Pesquisa Operacional a uma panificadora, visando otimizar sua linha de produção para maximizar os lucros, respeitando as restrições de capacidade e de demanda.

MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica envolveu a construção de modelos matemáticos utilizando Programação Linear (PL) e Programação Linear Inteira (PLI), aplicando técnicas como *Simplex* e *Branch and Bound* para encontrar soluções ótimas ou próximas das ótimas de uma panificadora.

Os dados foram coletados diretamente numa panificadora localizada na cidade de Nerópolis, sendo fornecidos pelo proprietário e registrados entre os meses de agosto e setembro de 2024. Foram levantadas informações como preço, custo, lucro unitário dos produtos, tempo médio de produção, limites mínimos e máximos de produção diária. A análise dos dados foi realizada por meio de métodos computacionais, utilizando *softwares* de otimização disponíveis em plataformas online. Especificamente, foram empregados os métodos *Simplex* e *Branch and Bound*, por meio da ferramenta *Otimização.js*, para calcular a melhor combinação de produção que maximizasse o lucro da panificadora.

Para representar os produtos da panificadora no modelo matemático, foram adotadas variáveis de decisão, como mostrado na Tabela 1:

Tabela 1 – Variáveis de decisão e produtos modelados.

Variável	Produto
x_1	Pão
x_2	Biscoito de Queijo
x_3	Rosca
x_4	Enroladinho de Queijo
x_5	Enroladinho de Salsicha
x_6	Americano
x_7	Bolo (fatia)
x_8	Nhoque Doce

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Para garantir que o modelo representasse de forma fidedigna a realidade da panificadora, foi necessário estabelecer algumas premissas:

- Tempo de produção: Considerou-se apenas o tempo efetivo dos funcionários no preparo dos produtos, excluindo processos como descanso da massa e assamento.
- Produção em lotes: Os produtos foram agrupados em lotes, considerando as demandas médias e a capacidade de produção.

- **Restrições:** O modelo incluiu limitações como o tempo máximo disponível de trabalho, as quantidades mínimas e máximas de produção, além da necessidade de que as variáveis assumissem valores inteiros.

Para a resolução dos modelos, foram utilizados dois *softwares* de otimização online:

- *Simplex Solver*: empregado na busca de soluções ótimas na Programação Linear.
- *Branch and Bound Solver*: aplicado para garantir que todas as variáveis fossem inteiras na Programação Linear Inteira.

Os modelos foram processados iterativamente, com o método *Simplex* executando 27 iterações até encontrar uma solução ótima e o *Branch and Bound* explorando 135 nós na árvore de decisão.

A análise de sensibilidade foi fundamental para avaliar o impacto de variações nos parâmetros do modelo. Os testes realizados incluíram:

- Variação no número de funcionários: foram simulados cenários variando o número de funcionários, observando os efeitos sobre os lucros.
- Alteração das demandas mínimas e máximas: verificou-se como restrições mais flexíveis ou rígidas impactavam na solução ótima e no lucro total.
- Variação no lucro unitário dos produtos: avaliou-se quais eram os limites dentro dos quais as alterações de preço não impactavam a estratégia de produção.

Para isso, foram levantados dados reais como preços, custos, lucros unitários, tempo médio de produção por item, e limites diários mínimos e máximos de produção. Com base nesses dados, elaborou-se um modelo de otimização da produção utilizando os métodos *Simplex* (para PL) e *Branch and Bound* (para PLI), assegurando que as soluções obtidas fossem viáveis e compatíveis com a realidade do estabelecimento, onde as variáveis devem assumir apenas valores inteiros.

RESULTADOS

A aplicação do método *Simplex* resultou em uma solução ótima para o problema de maximização do

lucro da panificadora, garantindo a melhor distribuição possível dos lotes de produção. Após 27 iterações, foi obtido o resultado apresentado na Tabela 2.

O valor da variável referente ao nhoque doce (x_8) resultou em 5,6 e isso impossibilita sua aplicação prática pois se trata de um número decimal, visto que os produtos da panificadora são fabricados em lotes inteiros.

Para garantir que todas as variáveis assumissem apenas valores inteiros, foi aplicado o método *Branch and Bound*. Após a exploração de 135 nós, a solução ótima foi encontrada no Nó 79, com todos os valores de produção viáveis do ponto de vista operacional. Apesar de o lucro ser ligeiramente inferior ao da solução fracionária obtida pelo *Simplex*, a solução inteira é a mais adequada para aplicação real (Tabela 2).

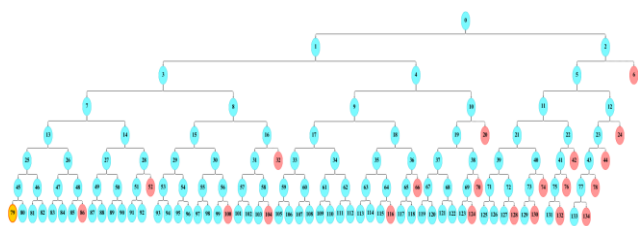
Tabela 2 – Comparativo das soluções ótimas obtidas pelos métodos *Simplex* e *Branch and Bound*.

Variável	Simplex	Branch and Bound
x_1	3	3
x_2	3	4
x_3	2	2
x_4	2	2
x_5	2	2
x_6	2	2
x_7	3	3
x_8	5,6	5
Lucro Total (Z)	94,05	92,30

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Podem ser verificadas que a árvore de decisão gerada durante a execução do método *Branch and Bound* para cada nó representa uma etapa do processo de ramificação (Figura 1), onde são realizadas restrições adicionais para garantir soluções inteiras. O Nó 79 corresponde à solução ótima, em que todas as variáveis assumem valores inteiros e foi alcançado o lucro máximo viável.

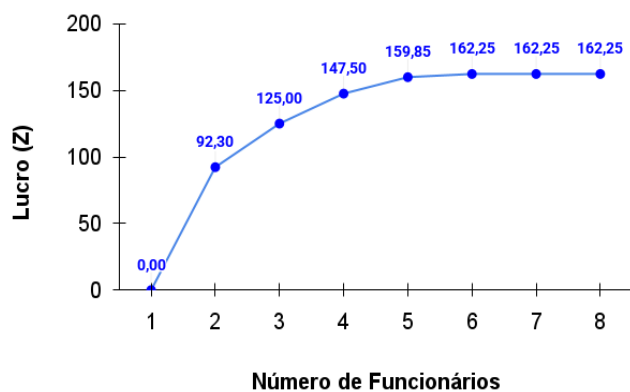
Figura 1 – Árvore de decisão gerada pelo método *Branch and Bound*.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

Para avaliar o impacto no lucro da panificadora, foram simulados alguns cenários, fazendo variações nos números de funcionários (Figura 2).

Figura 2 - Relação entre o número de funcionários e o lucro total da panificadora.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Os resultados revelam que, apenas um funcionário não é possível atender às demandas dos produtos, não havendo solução viável para o problema de otimização. A partir de três funcionários, observa-se um crescimento significativo no lucro total com $Z = R\$ 125,00$. O lucro continua crescendo com a adição de mão de obra chegando ao valor máximo de $Z = R\$ 162,25$ com seis.

Além do número de funcionários, foi realizada uma análise de sensibilidade considerando variações nas demandas mínimas e máximas dos produtos. Essa etapa visa avaliar a flexibilidade da panificadora diante de oscilações no mercado e identificar possíveis pontos de saturação produtiva.

- **Demandas Mínimas:** De modo geral, a redução das demandas mínimas aumenta o lucro total (valor de Z), por proporcionar maior liberdade na alocação dos recursos. Por outro lado, a

elevação dessas demandas restringe a flexibilidade da produção, resultando em redução do lucro. Em produtos como rosca, enroladinhos e nhoque doce, demandas mínimas muito altas levaram à inexistência de soluções viáveis, evidenciando os limites da capacidade produtiva.

- Demandas Máximas: As variações nas demandas máximas apresentaram pouco impacto no lucro e na produção na maioria dos produtos, exceto em casos de reduções extremas, como observado com o biscoito de queijo, bolo e nhoque doce. Para esses itens, limitar drasticamente a quantidade máxima produziu queda no lucro. Já quando as demandas máximas foram elevadas além de um certo ponto, o lucro se estabilizou, indicando que outros fatores (como tempo ou recursos humanos) passaram a ser os limitantes da produção.
- Destaques por produto:
 - Pão, biscoito de queijo, rosca e os enroladinhos: Lucro aumenta com a redução da demanda mínima e diminui com sua elevação. A demanda máxima não tem influência significativa.
 - Enroladinho de queijo e de salsicha: Tornam-se inviáveis quando a demanda mínima atinge 9 unidades.
 - Americano: Apresenta variações suaves no lucro com mudanças na demanda mínima; demanda máxima pouco influente.
 - Bolo: Demanda mínima não afeta o lucro, mas a máxima impacta diretamente até certo ponto (Z estabiliza em R\$ 113,15).
 - Nhoque doce: Abaixo de 6 unidades, a demanda mínima não afeta o lucro. Acima de 7, começa a reduzir Z e torna-se inviável com 8 unidades. Demanda máxima acima de 4 unidades aumenta o lucro, mas estabiliza a partir de 5.

Essa análise demonstra que a panificadora possui certa flexibilidade operacional diante das variações de mercado, mas também revela limites estruturais que impedem o crescimento indefinido do lucro com o aumento das demandas.

Outra análise feita foi identificar os intervalos de variação no lucro unitário de cada produto em que a solução ótima de produção permanece inalterada. Essa estabilidade garante que pequenas modificações nos lucros, decorrentes de reajustes de preços ou custos, não alterem a quantidade ideal a ser produzida, assegurando previsibilidade e eficiência na gestão da panificadora.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que os métodos utilizados foram eficazes na otimização dos lucros da panificadora. O método *Simplex* indicou um lucro máximo de $Z = R\$ 94,05$, mas apresentou uma variável fracionária ($x_8 = 5,6$), o que inviabiliza a implementação prática da solução. Para corrigir essa limitação, foi aplicado o método *Branch and Bound*, garantindo que todas as variáveis fossem inteiras e fornecendo um lucro viável de $Z = R\$ 92,3$.

Além da obtenção da solução ótima, a análise de sensibilidade mostrou que:

- O número de funcionários afeta diretamente a capacidade produtiva, mas há um ponto de saturação em seis funcionários. A partir deste número, outros fatores, como espaço e equipamentos, tornam-se os principais limitadores.
- A demanda mínima tem grande influência no lucro total, enquanto a demanda máxima tem um efeito limitado na otimização da produção.
- Pequenas variações no lucro unitário dos produtos afetam diretamente o lucro total, com destaque para o bolo, que é mais sensível à perda de rentabilidade do que ao aumento de preço. Já itens como pão, biscoito de queijo, rosca e enroladinhos apresentaram faixas estáveis de variação, permitindo ajustes de preço sem comprometer a produção.

Esses achados reforçam a importância da PO na gestão estratégica de uma empresa, demonstrando que ajustes cuidadosos na produção e recursos podem levar a um desempenho mais eficiente.

A metodologia utilizada foi adequada ao objetivo do estudo, permitindo a modelagem precisa do problema e a obtenção de soluções otimizadas. O uso

dos softwares *Simplex* e *Branch and Bound* facilitou a aplicação das técnicas, garantindo um processo ágil e preciso.

Entretanto, algumas limitações foram identificadas:

- A modelagem desconsiderou alguns aspectos operacionais, como os custos com funcionários e possíveis variações externas na demanda.
- O método *Branch and Bound* exigiu um alto número de nós explorados (135), o que pode tornar sua aplicação computacionalmente dispendiosa em cenários mais complexos.
- Os resultados obtidos dependem de dados estáticos, e variações inesperadas no mercado podem alterar significativamente os padrões de produção e lucratividade.

Apesar dessas limitações, os métodos utilizados forneceram um modelo sólido e confiável, capaz de ajudar gestores na tomada de decisões estratégicas.

Os achados deste estudo indicam que a PO pode ser aplicada de maneira eficaz no setor comercial, permitindo que os empresários façam escolhas mais fundamentadas em dados concretos. A panificadora pode utilizar essas informações para:

- Ajustar a quantidade ideal de funcionários, evitando gastos desnecessários com mão de obra.
- Determinar estratégias de precificação e identificar quais produtos contribuem mais significativamente para a lucratividade.
- Adaptar sua produção de acordo com mudanças na demanda, garantindo maior eficiência operacional.

Este estudo também abre caminho para futuras pesquisas que possam considerar fatores adicionais, como impactos de sazonalidade, custos fixos e estratégias de expansão do negócio. Além disso, investigações envolvendo técnicas híbridas, combinando otimização matemática com aprendizado de máquina, podem trazer novas soluções ainda mais refinadas para a gestão empresarial.

Com isso, conclui-se que a aplicação da Pesquisa Operacional na panificadora foi bem-sucedida, proporcionando insights valiosos para

melhorar sua eficiência e rentabilidade. O estudo demonstra que o uso de modelos matemáticos pode ser uma ferramenta poderosa para tomada de decisões informadas, auxiliando na gestão empresarial de pequenos e médios negócios.

CONCLUSÕES

Este estudo evidencia que a Pesquisa Operacional (PO) é uma ferramenta eficaz para a gestão estratégica de negócios, possibilitando a otimização de recursos e o aumento da lucratividade.

O método *Branch and Bound* garantiu que todas as variáveis fossem inteiras, tornando a solução viável na prática, enquanto o método *Simplex*, apesar de oferecer um lucro ligeiramente maior, gerou uma variável fracionária que inviabiliza sua implementação.

Os resultados oferecem subsídios objetivos para decisões gerenciais diárias, favorecendo a redução de desperdícios e o aumento da competitividade. Reconhece-se, contudo, que o modelo desconsidera custos trabalhistas diretos e variações súbitas de mercado. Assim, recomenda-se revisar periodicamente os parâmetros de entrada, assegurando a atualidade das recomendações e fomentando uma cultura de melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mailton Rego. **Programação Linear: Uma Aplicação Ao Problema De Compras De Um Supermercado Da Cidade De Macaúbas-Ba**. Monografia (Licenciatura em Matemática), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2018.

ALMEIDA, Weverton Silveira; SILVA, Marilane Elias; SANTOS, Nicolas Victor Martins; RIBEIRO, Lana Muriela; BACHEGA, Stella Jacyszyn. **Aplicação De Programação Linear Inteira Na Maximização Do Lucro De Uma Empresa Do Setor De Beleza E Estética**. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Joinville/SC, 2017.

ALVES, Rui; DELGADO, Catarina. **Programação linear inteira**. 1997.

BORGES, L. J. A.; MALUF, E. B.; RODRIGUES, J. P. L.; SILVA, G. **Aplicação da Pesquisa Operacional para otimização do ganho nutricional nas refeições dos alunos de uma instituição de ensino: modelagem e desenvolvimento de um protótipo de sistema computacional**. Resumo expandido. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, IFMG – Campus Bambuí, 2013.

CASTRO, Rafael Carvalho; PEDROSA, Shimon Marques; ONETY, Renata da Encarnação. **Otimização De Vagas De Estacionamento: Um Estudo De Caso Em Uma Instituição Pública De Ensino Superior**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, João Pessoa/PB, 2016.

FRANQUEIRO, Liliane Gomes; MARCOLIN; Carla Bonato. **O uso da Pesquisa Operacional na Gestão de uma Academia: um Estudo de Caso**. ENCONTRO DE GESTÃO E NEGÓCIOS, Uberlândia/MG, 2023.

HADLEY, G. **Programação Linear**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.

HILLIER, F. S.; e LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Disponível em: Minha Biblioteca, (9a edição). Grupo A, 2013.

LISBOA, Prof. Erico Fagundes Anicet. **Pesquisa Operacional**. Apostila, Rio de Janeiro/RJ, 2002. Disponível em: <http://www.ericolisboa.eng.br>.

OTIMIZAÇÃO. **Branch and Bound**. Disponível em: <https://otimizacao.js.org/branchbound.html>. Acesso em: 15 out. 2024.

OTIMIZAÇÃO. **Simplex**. Disponível em: <https://otimizacao.js.org/simplex.html>. Acesso em: 20 out. 2024.

PUCCINI, Abelardo de Lima; PIZZOLATO, Nélío Domingues. **Programação Linear**. 2a ed. São Paulo: Desenvolvimento Gerencial, 1990.

SANTOS, Marcos dos; MARTHA, Leonardo da Costa; REIS, Marcone Freitas dos. **Utilização do algoritmo Branch and Bound na otimização da produção de uma indústria de produtos plásticos**. Revista de Trabalhos Acadêmicos Lusófona (2019), 2(2), 217-237.

SILVA, Lays Capingote Serafim; PALHARES, Paulo Eduardo Lino. **Programação linear inteira na otimização dos lucros: aplicação em uma panificadora para auxiliar no processo de tomada de**



EEPEX 2025

Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus Central

21 | 22 de maio

Campus Central
de Ciências Exatas e Tecnológicas



Universidade
Estadual de Goiás

decisão. Anais do IV Simpósio de Engenharia de
Produção, Recife/PE, 2016.