

O uso da programação linear para otimização do lucro de uma pizzeria na cidade de João Pessoa-PB

Marvin Cantalice Moreira Dias De Oliveira, marvin.cantalice@hotmail.com; Edlaine Correia Sinézio Martins, edlaine.sinezio@gmail.com; Larissa Hellen Morais de Medeiros, larihmm@gmail.com; Carlo Reillen Lima Martins, carlo.martins@ifpb.edu.br.

RESUMO

As micro e pequenas empresas no Brasil estão, cada vez mais, identificando a necessidade de possuir estratégias inovadoras para a administração dos seus negócios. Dessa forma, a tendência é que o gestor busque formas de alcançar a excelência de suas tarefas, seja através de novos conhecimentos ou práticas de gestão já conhecidas que possam o auxiliar nos processos do dia-a-dia empresarial. Neste cenário, a pesquisa operacional desponta como um método importante no auxílio à tomada de decisão. A presente pesquisa traz à luz um estudo aplicado a uma pizzeria da cidade de João Pessoa-PB, cujo objetivo do trabalho é otimizar o lucro da organização utilizando-se da programação linear como ferramenta capaz de analisar as restrições do sistema produtivo e obter uma solução ótima para o problema. Para isso foi formulado um modelo matemático de maximização de lucros e utilizou-se o suplemento Solver do Microsoft Excel, com enfoque no método Simplex, para sua resolução, visando atingir o objetivo final do estudo. Desta maneira, a Programação Linear serviu como ferramenta de apoio à decisão e como base para o presente trabalho. De acordo com a solução obtida no Solver e seus relatórios de sensibilidade e de resposta gerados, observou-se que, fazendo uso da programação linear, é capaz de atingir bons resultados, havendo maximização nos lucros da pizzeria em questão.

Palavras Chaves: Pesquisa Operacional; Programação Linear; Otimização de Lucro; Simplex; Solver.

ABSTRACT

The micro and small enterprises in the country, more and more, to identify the need for innovative approaches to the management of their own affairs. In this way, the tendency is for the manager to seek ways to achieve excellence in their jobs, whether it is through new knowledge and practices-was already well-known that can assist you in the process of day-to-day business. In this context, operational research is also emerging as an important way to help decision-making. The present study brings to light a study conducted at a sandwich shop in the city of João Pessoa-PB, where the objective of this work is to optimize the profit of the organization by using the linear programming models as a tool to analyse the constraints in the production system, and obtain an optimal solution to the problem. It has been formulated as a mathematical model for maximizing the profit, we used the Solver add-in for Microsoft Excel, with an emphasis on the Simplex method, for the solution, in order to achieve the ultimate goal of the study. In this way, the Linear Programming has served as a tool to support decision-making and as a basis for the present study. In agreement with the solution obtained by the Solver, and to report the sensitivity, and the response is to be generated, it has been observed that, with the use of linear programming, it is able to achieve good results, when maximizing the profit of the pizzeria in question.

Keywords: Operational Research; Linear Programming; Profit Optimization; Simplex; Solver.

1. Introdução

É inegável que, independente do porte e área de atuação, as organizações almejam estar em constante evolução para que a continuidade dos negócios seja assegurada, portanto, os gestores empresariais sempre buscam práticas e procedimentos que possam contribuir para a excelência dos empreendimentos e, de acordo com Hillier e Lieberman (2013), a Pesquisa Operacional (PO) pode ser considerada uma técnica que tem grande impacto na melhoria da eficiência das organizações pelo mundo.

Compreende-se que um fator imprescindível às organizações e que pode colaborar com o nível do seu crescimento, é a maneira como os gestores tomam as decisões acerca do seu negócio. Onde, as decisões erradas podem comprometer o resultado, enquanto decisões corretas potencializam os ganhos. Neste sentido, a Pesquisa Operacional desponta como uma alternativa eficaz para ajudar os gestores da empresa, objeto deste estudo, uma vez que segundo Arenales et. al. (2007), a PO é bastante utilizada na tomada de decisão, fazendo uso de ideias e processos, através de métodos matemáticos, que procuram obter uma solução lógica e estruturada para um problema real de decisão.

Ainda de acordo com Hillier e Lieberman (2013), além do melhor controle gerencial, a Pesquisa Operacional, por meio da técnica de Programação Linear Inteira (PLI), pode trazer outros benefícios para uma organização como, por exemplo, a maximização de lucros ou minimização dos custos. Promover esta elevação nos lucros é bem interessante para qualquer empreendimento comercial, porém é desafiador para os gestores que não utilizam as ferramentas corretas da administração, principalmente no cenário em que se encontra a empresa estudada, pois o ramo de pizzarias trata-se de um setor bastante consolidado na cidade de João Pessoa, e com concorrentes bem posicionados no mercado.

A empresa estudada está em sua fase introdutória no mercado, contudo foi possível notar que esta necessita de boas estratégias para superar a concorrência, ao reduzir custos originados da produção, por ser em um local diferente do de vendas, ou aumentando suas receitas, que neste caso específico se dá por meio do aumento no número de vendas.

Logo, para o momento, a empresa apresenta uma melhor disposição no aumento das receitas, pois isso faz com que a mesma possa atingir um lucro ótimo e amplie o número de clientes, algo que seria de grande valia para a organização neste início.

Diante de tal conjuntura encontrada na empresa, este estudo se depara com o seguinte problema de pesquisa: Como a Programação Linear pode influenciar na maximização de lucros de uma pizzaria localizada em João Pessoa-PB?

Historicamente é conhecido que o sucesso de um empreendimento depende de uma boa realização dos seus processos internos, e na empresa estudada, a qual possui como atividade fim a comercialização de pizzas, o preparo destes produtos é entendido como tarefa fundamental para o andamento do negócio. Por isso, os gestores têm como desafio proporcionar aos colaboradores que o fluxo de suas atividades ocorra de forma contínua,

segura e com qualidade, de modo que a produção das massas ocorra da melhor maneira possível.

A presente pesquisa se reveste de importância tanto à organização, gestores e academia. Quanto a organização, esta possibilita o uso da ferramenta que serve como apoio a tomada de decisões ao utilizar a técnica de programação linear em pesquisa operacional, a fim de maximizar os lucros. Quanto aos gestores, esta traz consigo a clareza do processo e a perspectiva de um novo método de trabalho. Já para a academia, há um aprofundamento da literatura relacionado a pesquisa em campo, de modo a afetar positivamente o comportamento e o desempenho desta empresa e ocasionar a probabilidade de amparar às experiências de futuros trabalhos da área.

Portanto, o objetivo principal deste artigo é compreender a influência da programação linear na maximização de lucros de uma pizzaria localizada em João Pessoa-PB. E possui como objetivos específicos: listar os produtos oferecidos pela empresa; identificar as restrições do problema; formular modelo matemático de maximização; resolver o modelo matemático utilizando a ferramenta Solver Excel; E, realizar análise de sensibilidade.

2. Revisão da literatura

O desenvolvimento da sociedade ao longo dos anos foi responsável por aumentar cada vez mais a complexidade e o número de problemas a serem resolvidos pelas pessoas em determinadas áreas de atuação. Essa necessidade de encontrar o melhor caminho para solucionar problemas foi um dos motivos para o surgimento da pesquisa operacional, como descrevem Hillier e Lieberman (2013).

Andrade (2015) descreve a pesquisa operacional como um método científico que auxilia na tomada de decisões, onde neste método é utilizado um modelo e, através das experimentações deste modelo é possível chegar a uma melhor maneira de resolver o problema em questão, ou seja, uma solução ótima.

Para Goldbarg e Luna (2005), o modelo deve ser uma representação similar à realidade em que se espelha, podendo ser de simples ou complexa compreensão, envolvendo poucas ou muitas variáveis, alterando-se de acordo com a realidade do problema, de modo que este possa ser compreendido através da aplicação do modelo.

Quanto ao procedimento utilizado na resolução de um problema através do método de Pesquisa Operacional, Silva et al. (2017) diz que a implementação é feita através de um estudo que envolve seis etapas: - Formulação do problema; - Construção do modelo para o problema; - Cálculo da solução através do modelo; - Teste do modelo e da solução; - Estabelecimento de controle da solução; - Implantação e acompanhamento.

De acordo com Silva et al. (2017), a etapa do cálculo da solução através do modelo é feita a partir de técnicas matemáticas específicas. Os autores reiteram que, do ponto de vista matemático, caso um problema não tenha solução, este problema está resolvido, caso haja apenas uma solução, basta encontrá-la e, caso o problema possua mais de uma solução, é

necessário a utilização de regras para encontrar a solução ótima e, nestes casos são utilizados modelos matemáticos de programação linear.

Bronson (1985) descreve a programação linear como um método de pesquisa operacional, cujo objetivo principal é elaborar esquemas matemáticos para encontrar a solução ótima de um problema, formando uma equação, chamada de função objetivo, que deve ser minimizada, caso o objetivo do modelo seja reduzir custos, por exemplo, ou maximizada, se for um exemplo de aumento de lucro, sempre satisfazendo as restrições, que também são representadas por equações ou inequações, contando com a condição de não negatividade.

Segundo Belfiore e Fávero (2012), as restrições são reproduções das limitações físicas do sistema e são determinadas por meio de equações e inequações que afetam os valores das variáveis de decisão do modelo matemático, pois este deve sempre satisfazer as restrições do problema.

Hillier e Lieberman (2013) destacam as várias formas de se resolver um problema de programação linear, dentre elas, destacam-se em problemas com poucas variáveis, o método gráfico e o método analítico, já em casos de maior complexidade, que possuem muitas variáveis e equações, torna-se impraticável o uso destes recursos, tendo como alternativa o uso do método simplex ou uma solução diretamente através de algum software especializado, como o Solver do Excel.

O método simplex é uma das formas de se resolver problemas de programação matemática, o qual se trata de um algoritmo extremamente eficiente na solução de sistemas lineares, que se baseia nas ferramentas da álgebra linear para encontrar a solução ótima de um problema, cujo seu estudo é indispensável para quem deseja dominar técnicas de análise e solução de problemas relacionados à pesquisa operacional (GOLDBARD E LUNA, 2005).

Conforme Colin (2011), após a criação do algoritmo simplex propriamente dito e da solução proporcionada a partir dele, a análise de sensibilidade é, possivelmente, o item de mais importância na programação linear. Uma vez que ela é de grande valor em momentos cuja pessoa responsável pela tomada de decisão tem interesse em avaliar como as possíveis alterações no modelo e, conseqüentemente, no problema real que este representa, poderão afetar a solução final.

Logo, as decisões de quanto e o que produzir devem estar alinhadas com o tamanho da lucratividade que se pretende alcançar a partir da capacidade produtiva da empresa. Portanto, a presente pesquisa pode auxiliar neste vínculo entre o processo produtivo e a tomada de decisões, visto que a partir da resolução do modelo matemático, os gestores terão uma maior noção da necessidade de pizzas a serem produzidas na sua cozinha.

3. Metodologia

A presente pesquisa, no que diz respeito à sua classificação, é de natureza aplicada, porquanto ela tem como finalidade a aplicação de conhecimentos teóricos, anteriormente obtidos, na resolução de uma problemática referente a uma situação específica, como elucida Gil (2010), visto que os resultados da pesquisa poderão ser utilizados pelos gestores

da empresa estudada para uma possível realização de procedimentos futuros na organização. De acordo com o mesmo autor, a pesquisa também pode ser classificada como bibliográfica, uma vez que esta é realizada através de consultas em materiais já existentes que servem como base teórica para se fazê-la.

Quanto à abordagem, é definida como quantitativa, uma vez que, para a realização da análise do estudo foi-se necessário quantificar numericamente as informações coletadas durante a pesquisa. De acordo com o que defendem Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa quantitativa é aproveitada em momentos que há a necessidade de demonstração dos elementos do estudo através de números, que é o caso do presente estudo, visto que é necessário trabalhar com dados algébricos para a construção e resolução do modelo matemático de Programação Linear. As autoras também corroboram dizendo que há pontos positivos na pesquisa de abordagem quantitativa, como por exemplo, ser mais difícil que ocorra interferência da subjetividade do autor, entretanto, igualmente atentam para pontos negativos, como a confiança dos dados colhidos, visto que são utilizados com a única verdade sobre a realidade estudada.

No que tange o tipo de pesquisa, a mesma é caracterizada como descritiva, de modo que Gil (2010) esclarece que as pesquisas descritivas tendem a examinar características do universo sem a sugestão de intervenções, salienta ainda que são pesquisas descritivas aquelas que buscam levantar opiniões do universo estudado e criar relações entre variáveis.

Numa pesquisa científica, segundo Marconi e Lakatos (2010, p. 112) o universo é “o conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam uma característica em comum”, e esclarecem ainda que para delimitá-lo devem-se reunir as características em comum acerca da população a ser estudada, bem como identificar os seres que fazem parte do universo. Deste modo, na presente pesquisa o universo é composto pela pizzaria, lotada na cidade de João Pessoa – PB.

No que diz respeito às técnicas de amostragem, nesta pesquisa utilizou-se a amostragem não probabilística por julgamento, de acordo com Maroti et al (2008), este tipo de amostragem é empregado quando precisa-se ser aplicada em grupos de poucos integrantes e a amostra é escolhida pelo pesquisador. Na presente pesquisa a amostra escolhida foi de 1 (um) colaborador, o gestor e sócio da pizzaria, visto que ele é a pessoa com maior vivência em relação à problemática.

Como a presente pesquisa foi documental quanto aos procedimentos técnicos, a coleta de dados se dará através de análise de documentos primários fornecidos pela empresa estudada. Segundo Gil (2010), neste tipo de pesquisa há a vantagem de que os dados fornecidos diretamente pela fonte da pesquisa, que neste caso é a pizzaria, tendem a proporcionar uma maior familiaridade com o problema, contribuindo para o cumprimento dos objetivos escolhidos.

Os documentos consultados para a pesquisa, que foram disponibilizados pelo gestor e sócio do estabelecimento, contêm tabelas de preços e planilhas de custos, e têm como finalidade compreender o funcionamento dos processos de produção das pizzas, conhecer as devidas matérias-primas utilizadas, a quantidade de cada insumo empregado na fabricação das

massas, além dos custos e preço de compra de cada um destes, de modo que se conheça o custo para a fabricação de uma pizza. Conhecendo o valor que se gasta para fabricar um produto, junto com a informação do seu preço de venda, é possível calcular o lucro obtido na venda deste determinado produto. Tendo em vista a aplicação dessa técnica, é possível traçar um caminho a ser seguido para calcular, com o apoio de ferramentas da Pesquisa Operacional, uma solução ótima de maximização de lucro nas vendas.

Uma vez coletados os dados, foram aplicados no Solver, ferramenta utilizada na resolução do caso da pizzaria, um suplemento do editor de planilhas Microsoft Office Excel capaz de executar milhares de cálculos e, dentre estes cálculos é possível resolver problemas de Programação Linear, mediante a um modelo matemático que possua uma função objetivo e restrições que venham a existir no problema. Essa ferramenta do Excel permite calcular problemas de maximização e minimização, e geralmente se faz a utilização de três métodos, dentre os quais o método Simplex foi utilizado por esta pesquisa, através da Programação Linear para encontrar a solução ótima do estudo.

4. Análise dos dados e resultados

Na etapa de coleta de dados, o proprietário da pizzaria informou quais pizzas eram vendidas no estabelecimento para que fossem analisadas. Ele também destacou o custo de fabricação atual de cada sabor de pizza e seus respectivos preços de venda, assim sendo possível calcular o lucro obtido por cada sabor, além da quantidade de todos os ingredientes necessários para a sua produção e, com base nesses dados, foi possível determinar as variáveis para o modelo matemático e suas restrições, de modo que pudéssemos chegar à solução ótima do problema.

Após colher estes dados junto ao gestor, o próximo passo para prosseguir o estudo foi elencar todos os sabores das pizzas que serviram como base para a realização da pesquisa e seus respectivos lucros, os quais são demonstrados na Tabela 1.

Pizza	Lucro
Muçarela	R\$ 8,52
Frango	R\$ 7,56
Calabresa	R\$ 7,32
Marguerita	R\$ 7,80
Frango c/ bacon	R\$ 9,82
Carne de Sol	R\$ 10,00
Quatro queijos	R\$ 9,39
Vegetariana	R\$ 10,26

Camarão	R\$ 11,02
Peito de peru	R\$ 9,35
Pepperoni	R\$ 9,68
Dois amores	R\$ 9,36
Fondue	R\$ 8,57
Banana c/ Canela	R\$ 8,73

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 1 - Sabores das pizzas comercializadas pela empresa e seus lucros

O sabor “camarão” possui um lucro líquido de R\$ 11,02, o maior entre todos os sabores das pizzas, em contrapartida, o sabor “calabresa” é o que obtém menor lucro entre os demais, sendo de R\$ 7,32, porém é um sabor tradicional e bem vendido pela pizzaria, o que justifica a sua presença no cardápio.

Conhecendo o lucro atual de cada unidade de pizza, foi possível determinar as variáveis do modelo matemático, que se dá pela representação de cada sabor de pizza comercializada pela empresa. Logo, tendo como base a Tabela 1, a qual destaca os sabores das pizzas disponíveis no cardápio, pode-se notar que o modelo possui 14 variáveis, são elas: Muçarela (X1); Frango (X2); Calabresa (X3); Marguerita (X4); Frango com bacon (X5); Carne de sol (X6); Quatro queijos (X7); Vegetariana (X8); Camarão (X9); Peito de peru (X10); Pepperoni (X11); Dois amores (X12); Fondue (X13); Banana com canela (X14).

O coeficiente de cada variável é o lucro atual do seu respectivo sabor de pizza e, tendo em vista que o propósito da função objetivo é maximizar o lucro da pizzaria, prontamente, chegamos à seguinte função objetivo:

$$\text{MAX } Z = 8,52X_1 + 7,56X_2 + 7,32X_3 + 7,8X_4 + 9,82X_5 + 10X_6 + 9,39X_7 + 10,26X_8 + 11,02X_9 + 9,35X_{10} + 9,68X_{11} + 9,36X_{12} + 8,57X_{13} + 8,73X_{14}.$$

Após a exposição da função objetivo, define-se as restrições do problema de acordo com a disponibilidade de recursos na pizzaria. Para cada sabor de pizza, foi informada a quantidade, em gramas, de todos os ingredientes necessários para a sua produção no tamanho grande, assim como a quantidade disponível de cada um destes ingredientes na cozinha da pizzaria por dia de trabalho.

Além dos ingredientes, outra restrição encontrada foi referente a capacidade do forno em assar pizzas, e foi calculado que, por dia, o forno disponível na cozinha era capaz de assar 360 pizzas. Uma vez conhecidos todos os dados necessários para a resolução do modelo matemático, foi feita a aplicação no Solver e logo foi possível examinar os dados fornecidos pelo software, como o maior lucro que se pode obter através da comercialização das pizzas e

a quantidade total necessária de cada pizza que deve ser produzida para que seja possível alcançar este lucro máximo.

Ao analisar os dados fornecidos pelo Solver, vê-se que o lucro pode ser maximizado a um valor total de R\$ 1.263,31. Além do mais, pode-se inferir que para este lucro ser obtido, alguns sabores de pizzas deveriam ter suas confecções descontinuadas como Frango, Muçarela, Calabresa, Marguerita, quatro queijos, peito de peru, pepperoni e fondue, ou seja, algumas das pizzas mais populares foram consideradas inviáveis de serem produzidas, de acordo com a solução ótima encontrada. Por outro lado, foi diagnosticado que outros sabores deveriam ter suas produções aumentadas como a de frango com bacon, carne de sol, vegetariana, dois amores, banana com canela e camarão, conforme sugestão do Solver.

Quando se realiza a programação, considerando a disponibilidade dos ingredientes, vê-se que algumas quantidades são diferentes na realidade da pizzaria estudada, em comparação com os valores apresentados na solução ótima oferecida pelo Solver. Isso ocorre porque a pizzaria considera compra de matérias-primas olhando para a produção total e não especificamente para cada tipo de pizza a ser produzida.

Uma vez conhecido o lucro máximo que se pode obter, é necessário analisar quais recursos devem ser utilizados para alcançá-lo. Desta maneira, a Figura 1 apresenta a análise dos recursos, ou seja, as restrições do sistema e como elas podem ser alteradas, e se podem ser alteradas, de modo que se possa otimizar a produção.

Célula	Nome	Valor da Célula	Status	Margem de Atraso
\$R\$10	≤ Restrição- MOLHO	5000	Não-associação	1000
\$R\$11	≤ Restrição- QUEIJO	5287,5	Não-associação	6712,5
\$R\$12	≤ Restrição- FRANGO	1275	Não-associação	1725
\$R\$13	≤ Restrição- CALABRESA	0	Não-associação	2500
\$R\$14	≤ Restrição- TOMATE	200	Não-associação	300
\$R\$15	≤ Restrição- CARNE DE SOL	1000	Associação	0
\$R\$16	≤ Restrição- GORGONZOLA	0	Não-associação	500
\$R\$17	≤ Restrição- PARMESÃO	0	Não-associação	500
\$R\$18	≤ Restrição- CAMARÃO	1000	Associação	0
\$R\$19	≤ Restrição- PEITO DE PERU	0	Não-associação	500
\$R\$20	≤ Restrição- PEPPERONI	0	Não-associação	500
\$R\$21	≤ Restrição- CHOCOLATE	1000	Associação	0
\$R\$22	≤ Restrição- CHOCOLATE BRANCO	0	Não-associação	1000
\$R\$23	≤ Restrição- BANANA	250	Associação	0
\$R\$24	≤ Restrição- REQUEIJÃO	714,2857143	Não-associação	4685,714286
\$R\$25	≤ Restrição- CREAM CHEESE	1785,714286	Não-associação	1814,285714
\$R\$26	≤ Restrição- CEBOLA	428,5714286	Não-associação	71,42857143
\$R\$27	≤ Restrição- ABOBRINHA	250	Associação	0
\$R\$28	≤ Restrição- ALHO PORÓ	150	Não-associação	100
\$R\$29	≤ Restrição- OREGANO	500	Associação	0
\$R\$30	≤ Restrição- LEITE CONDENSADO	93,75	Não-associação	256,25
\$R\$31	≤ Restrição- CANELA	125	Não-associação	125
\$R\$32	≤ Restrição- FORNO	126,25	Não-associação	233,75
\$R\$9	≤ Restrição- MASSA	20200	Não-associação	19800

Figura 1 - Relatório de resposta

Na Figura 1, é possível observar que a coluna “Status” possui dois tipos de preenchimento, cuja designação “Associação” é para recursos escassos e “Não-associação” para recursos não escassos, ou seja, nesta determinada restrição que ainda possui recursos, é possível a redução destes, sem que haja impacto negativo no lucro final, contanto que não ultrapasse o

valor mostrado na coluna “Margem de atraso”, que mostra a quantidade de sobra dos recursos de cada restrição.

4.1 Análise de sensibilidade

Nesta seção, após o relatório de sensibilidade ter sido gerado, os limites inferiores e superiores das variáveis identificam os valores de quanto poderiam ser aumentados os coeficientes de cada variável na função objetivo, sem haver alteração na solução ótima do modelo matemático, desde que não fosse alterado o preço sombra. Este relatório de sensibilidade é exibido na Figura 2.

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$B\$4	Valores das variáveis X1	0	-1,3	8,52	1,3	1E+30
\$C\$4	Valores das variáveis X2	0	-2,26	7,56	2,26	1E+30
\$D\$4	Valores das variáveis X3	0	-2,5	7,32	2,5	1E+30
\$E\$4	Valores das variáveis X4	0	-2,02	7,8	2,02	1E+30
\$F\$4	Valores das variáveis X5	36,42857143	0	9,82	0,18	0,14
\$G\$4	Valores das variáveis X6	28,57142857	0	10	1E+30	0,18
\$H\$4	Valores das variáveis X7	0	-0,43	9,39	0,43	1E+30
\$I\$4	Valores das variáveis X8	10	0	10,26	1E+30	0,44
\$J\$4	Valores das variáveis X9	25	0	11,02	1E+30	1,2
\$K\$4	Valores das variáveis X10	0	-0,47	9,35	0,47	1E+30
\$L\$4	Valores das variáveis X11	0	-0,14	9,68	0,14	1E+30
\$M\$4	Valores das variáveis X12	20	0	9,36	1E+30	0,79
\$N\$4	Valores das variáveis X13	0	-0,79	8,57	0,79	1E+30
\$O\$4	Valores das variáveis X14	6,25	0	8,73	1E+30	8,73

Figura 2 - Relatório de sensibilidade das células variáveis

Podemos observar na Figura 2, que na coluna “Valor Final” constam os valores sugeridos pelo Solver para as quantidades ideais de cada sabor de pizza a serem produzidos, por exemplo, a variável X8 correspondente a pizza Vegetariana, têm o valor final estipulado em 10 unidades.

Além disso, analisando esta mesma variável X8, observamos na coluna “Permitido Reduzir” que mesmo havendo alguma diminuição no lucro desta variável como, por exemplo, um aumento no preço dos insumos, este decréscimo pode ser de no máximo 0,44, para que ainda seja viável a produção deste sabor de pizza.

Em uma possível alteração quanto ao lucro da célula I4, considerando exatamente 0,50 a menos do que o lucro original, o qual passou a ser 9,76 nesta suposição, ciente de que o permitido reduzir é de até 0,44 do lucro desta variável para que ainda seja viável a produção do sabor de pizza Vegetariana. Logo, o valor foi reduzido mais do que o permitido, fazendo com que o valor final sugerido para esta variável passasse de 10 para zero, uma vez que não seria mais viável a produção deste sabor.

Para verificar a sensibilidade dos resultados e afim de explanar outras possibilidades, o relatório original apresenta um objetivo coeficiente de 9,36 e ao reduzir um real de lucro na célula M4, objetivo coeficiente passou a ser 8,36, e o Solver resultou que era permitido

reduzir até 0,79 do seu lucro para que continuasse sendo viável a produção do mesmo. Portanto, o novo relatório de sensibilidade zerou o valor final sugerível para a confecção deste sabor de pizza, valor este que era de 20 unidades antes da alteração do coeficiente da célula M4.

No relatório de sensibilidade também foram determinados os limites inferiores e superiores das restrições, identificando o quanto poderiam ser aumentados ou reduzidos os valores dos coeficientes de cada uma das restrições, de modo que não gerasse alteração na solução ótima e sem alterar o preço sombra. A Figura 3 mostra o relatório de sensibilidade das restrições.

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
\$R\$10	≤ Restrição- MOLHO	5000	0	6000	1E+30	1000
\$R\$11	≤ Restrição- QUEIJO	5287,5	0	12000	1E+30	6712,5
\$R\$12	≤ Restrição- FRANGO	1275	0	3000	1E+30	1725
\$R\$13	≤ Restrição- CALABRESA	0	0	2500	1E+30	2500
\$R\$14	≤ Restrição- TOMATE	200	0	500	1E+30	300
\$R\$15	≤ Restrição- CARNE DE SOL	1000	0,005142857	1000	166,6666667	1000
\$R\$16	≤ Restrição- GORGONZOLA	0	0	500	1E+30	500
\$R\$17	≤ Restrição- PARMESÃO	0	0	500	1E+30	500
\$R\$18	≤ Restrição- CAMARÃO	1000	0,03	1000	1457,142857	1000
\$R\$19	≤ Restrição- PEITO DE PERU	0	0	500	1E+30	500
\$R\$20	≤ Restrição- PEPPERONI	0	0	500	1E+30	500
\$R\$21	≤ Restrição- CHOCOLATE	1000	0,1872	1000	6187,5	1000
\$R\$22	≤ Restrição- CHOCOLATE BRANCO	0	0	1000	1E+30	1000
\$R\$23	≤ Restrição- BANANA	250	0,21825	250	250	250
\$R\$24	≤ Restrição- REQUEIJÃO	714,2857143	0	5400	1E+30	4685,714286
\$R\$25	≤ Restrição- CREAM CHEESE	1785,714286	0	3600	1E+30	1814,285714
\$R\$26	≤ Restrição- CEBOLA	428,5714286	0	500	1E+30	71,42857143
\$R\$27	≤ Restrição- ABOBRINHA	250	0,0176	250	166,6666667	250
\$R\$28	≤ Restrição- ALHO PORÓ	150	0	250	1E+30	100
\$R\$29	≤ Restrição- OREGANO	500	1,964	500	100	182,1428571
\$R\$30	≤ Restrição- LEITE CONDENSADO	93,75	0	350	1E+30	256,25
\$R\$31	≤ Restrição- CANELA	125	0	250	1E+30	125
\$R\$32	≤ Restrição- FORNO	126,25	0	360	1E+30	233,75
\$R\$9	≤ Restrição- MASSA	20200	0	40000	1E+30	19800

Figura 3 - Relatório de sensibilidade das restrições

É possível observar, na Figura 3, que a coluna “Restrição Lateral R.H.” apresenta os valores do lado direito das restrições, ou seja, a quantidade de recursos disponíveis determinadas no início da modelagem do problema. Já a coluna “Sombra Preço” nos mostra o valor do preço sombra de cada restrição, ou seja, a quantidade de quanto a função objetivo seria melhorada ou piorada caso essa restrição tivesse seu limite aumentado ou decrescido em uma unidade, como pode ser observado na célula R18, a restrição do ingrediente camarão teria um aumento de 0,03 no seu lucro para cada unidade aumentada, e por conseguinte, uma redução de também 0,03, caso seja feito o decréscimo de uma unidade do ingrediente.

Nas colunas “Permitido Aumentar” e “Permitido Reduzir” podemos ver o número de unidades que podem ser aumentadas e reduzidas no lado direito das restrições, sem alterar o preço sombra. Ainda é possível de observação que no relatório a maioria dos ingredientes apresentam um intervalo de estabilidade grande, ou seja, permitem uma modificação maior, para cima ou para baixo, assim como são os casos do requeijão e do cream cheese.

Já outros ingredientes, como banana e abobrinha, estes apresentam limites menores em relação aos demais, quando comparados com a disponibilidade total destes recursos. Consequentemente, são as restrições que mais impactariam no lucro, se ultrapassassem as margens sugeridas pela solução ótima obtida no simplex.

Por fim, podemos dizer que a solução ótima apresentada pelo Solver traz resultados se for aplicada no problema real, porém o gestor deve estar atento aos detalhes inerentes a esta pesquisa que devem ser levados em consideração na hora da tomada de decisão.

Considerações finais

A presente pesquisa teve como objetivo a formulação e resolução de uma modelagem matemática capaz de maximizar o lucro de uma pizzaria, por meio da produção e comercialização de pizzas, levando em consideração os custos operacionais, bem como a limitação dos insumos.

A partir das informações acerca do lucro obtido por cada sabor de pizza e das restrições definidas, foi utilizado a programação linear, usando a ferramenta Solver, do Excel, através do método simplex para resolução do modelo matemático que foi desenhado de acordo com a problemática da empresa.

O Solver apresentou uma solução ótima indicando a quantidade a ser produzida referente a cada sabor de pizza. Dessa forma, os recursos limitados podem ser destinados à produção de pizzas que apresentem melhor retorno financeiro para a empresa.

Apresentada a resolução do modelo matemático e tendo em mãos os relatórios de resposta e de sensibilidade gerados pelo Solver foi possível analisar outras potenciais mudanças além das sugeridas na solução ótima, e agora, com toda informação contida neste trabalho, o gestor do setor de produção da pizzaria estudada poderá ter um maior auxílio para as tomadas de decisão acerca deste tema. Sabendo que outros fatores inerentes a esta pesquisa são levados em consideração no dia-a-dia de trabalho deste profissional.

A relevância da pesquisa operacional no contexto das empresas do ramo alimentício aponta para uma reflexão acerca da possibilidade real e concreta de sua aplicação em qualquer realidade organizacional, conforme exemplo da pizzaria objeto do estudo em questão. Nesse sentido, é notória a capacidade que a pesquisa operacional possui no sentido do auxílio no processo de tomada de decisão, por meio da indicação de quais itens precisam ser produzidos e suas respectivas quantidades para que a solução ótima seja alcançada.

Referências

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões.** 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional para cursos de administração, contabilidade e economia.** Elsevier. Rio de Janeiro. 2012.

BRONSON, R. **Pesquisa operacional.** São Paulo: McGraw do Brasil, 1985.

COLIN, E. C. **Pesquisa Operacional: 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, logística, Produção, Marketing e Vendas.** Rio De Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2011.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional.** 9ª Ed., Rio de Janeiro – RJ, Editora McGrawHill, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDBARG, M. C; LUNA, H. P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos.** 2 ed. Editora Elsevier. Rio de Janeiro, 2005.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do Trabalho Científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalho científicos.** 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

MAROTTI, J.; GALHARDO, A.; FURUYAMA, R.; PIGOZZO, M.; CAMPOS, T.; LAGANA, D. **Amostragem em pesquisa clínica: tamanho da amostra.** Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo. Agosto, 2008.

SILVA, E. M.; SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A. C. **Pesquisa Operacional: programação linear.** 5 Ed. São Paulo: Atlas, 2017.