

# A Pesquisa Operacional e o Apoio à Decisão: um Estudo de Caso em uma Pequena Empresa de Brigadeiros de Uberlândia/MG

## The Operations Research and Decision Support: a Case Study in a Small Company of Brigadier from Uberlândia/MG

Victor Vieira Silva

Universidade Federal de Uberlândia. MG, Brasil.

E-mail: victorvieira@outlook.com

---

### Resumo

As organizações estão inseridas em um mercado cada vez mais competitivo, exigindo delas eficiência na alocação de recursos disponíveis, porém, restritos. Nesse sentido, a pesquisa operacional, como ferramenta gerencial de apoio às decisões de alocação de recursos se mostra importante para pequenas empresas que, geralmente, carecem de racionalidade na tomada de decisão, o que, por sua vez, limita a competitividade. Com o objetivo de evidenciar a relevância da pesquisa operacional para a tomada de decisão nas pequenas empresas, este artigo apresenta uma pesquisa aplicada em uma pequena empresa de brigadeiros, localizada na cidade de Uberlândia/MG, cujo problema organizacional de maximizar a margem de contribuição total diária foi transformado em um problema de programação linear, isto é, foi transcrito em funções lineares representativas desse problema, obtendo-se uma solução ótima, por meio da sua resolução. As informações foram coletadas por meio de uma entrevista semiestruturada com a proprietária da empresa e por observação participante no local de produção. Para a modelagem e resolução do problema, utilizou-se a linguagem GAMS, e o seu resultado aponta para qual deve ser a produção diária da empresa estudada, de modo que possibilite a maximização da sua margem de contribuição diária. Fez-se, ainda, duas simulações, por meio da alteração de alguns parâmetros da modelagem, a fim de verificar seus respectivos impactos na solução ótima, fornecendo, assim, uma visão mais ampla para a tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Programação Linear. Problema de Mix de Produção. Linguagem GAMS.

### Abstract

*The organizations are inserted in an increasingly competitive market, demanding from them efficiency in the available resources allocation, however, restricted. In this sense, operational research, as management tool to support resource allocation decisions proves to be important to small businesses, which generally lack rationality in decision-making, which in turn limits their competitiveness. With the objective of highlighting the importance of operational research for decision making in small businesses, this article presents a research applied in a small new company located in the city of Uberlândia/MG, whose organizational problem to maximize the total contribution margin per day was transformed into a linear programming problem, that is, was transcribed in linear functions representing this problem, obtaining an optimal solution through its resolution. The information was collected by means of a semi-structured interview with the company's owner and by the participant's observation at the production site. For modeling and solving the problem, GAMS language was used, and its result points to what the daily production of the company studied should be, in order to make it possible to maximise their daily contribution margin. There was also two simulations, by changing some modeling parameters, in order to verify their respective impacts on the optimal solution, providing thus a broader vision for decision-making.*

**Keywords:** Linear Programming. Mix Production Problem. GAMS Language.

---

### 1 Introdução

A pesquisa operacional é um aporte à tomada de decisão racional. Isso porque esta proporciona, ao tomador de decisão, uma forma estruturada e sistemática de encontrar soluções para os problemas dos sistemas produtivos da organização, sendo estes problemas relacionados ao planejamento, à execução ou ao controle das operações (PINTO, 2008). Seu surgimento foi durante a Segunda Guerra Mundial, em que grupos multidisciplinares de pesquisadores aplicaram o método científico que conheciam aos problemas de natureza logística, tática e de estratégia militar de grande complexidade. Atualmente, seu uso é essencial para as empresas de finalidade econômica (SOBRAPO, 2014). De forma resumida, a pesquisa operacional consiste na construção de um modelo

para um sistema real, que sirva como instrumento de análise e compreensão do comportamento desse sistema, a fim de levar o sistema a apresentar o desempenho desejado (ANDRADE, 2009).

As organizações, contudo, estão inseridas em um mercado cada vez mais complexo, colocando-as frente a dificuldades de alocar recursos disponíveis, porém restritos, para diferentes atividades da forma mais eficiente para toda a organização (PINTO, 2008). Ao levar isso em consideração, evidencia-se a importância da pesquisa operacional como ferramenta gerencial de apoio às decisões de alocação de recursos e o seu potencial de apoio às pequenas empresas que, geralmente, carecem de racionalidade na tomada de decisão, o que, por sua vez, limita sua competitividade. Para a aplicabilidade da pesquisa operacional, é preciso, antes, ter o conhecimento de

um sistema organizacional, para definir os limites de análise, o que justifica a realização deste trabalho.

A sua proposta consiste na aplicação prática da pesquisa operacional em um caso real. Desta forma, pesquisou-se uma empresa de pequeno porte, para identificar um problema gerencial. E, a partir deste problema, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: Qual é o mix de produção diária que maximiza a margem de contribuição da empresa? O objetivo geral consiste em conhecer o quanto produzir de cada um dos produtos, de modo que essa produção contribua para o desempenho esperado pela empresa analisada, evidenciando, assim, a importância da pesquisa operacional para a tomada de decisão nas pequenas empresas. Para atingir o objetivo geral, fez-se necessário: revisar a bibliografia que abrange o conteúdo sobre pesquisa operacional; levantar as condições operacionais atuais da empresa, considerando o período de tempo de um dia; transcrever o problema identificado em um modelo matemático característico da programação linear; revisar a bibliografia sobre a modelagem matemática na linguagem GAMS; aplicar essa modelagem no software GAMS; realizar uma análise de sensibilidade da empresa, por meio da simulação de dois cenários.

## 2 Material e Métodos

A pesquisa operacional tem aplicação em como conduzir e coordenar as operações em uma organização, de forma a impactar na melhoria da eficiência organizacional (HILLIER, LIEBERMAN, 2010). Assim, um estudo de Pesquisa Operacional tem as seguintes fases: definição do problema de interesse e coleta dos dados; formulação de um modelo matemático para representar o problema; desenvolvimento de um procedimento computacional, a fim de derivar soluções para o problema a partir do modelo; teste e aprimoramento do modelo; preparação para a aplicação contínua do modelo, conforme prescrito pela gerência e implementação.

Verifica-se que o estudo de pesquisa operacional depende da definição de um problema e da elaboração de um modelo matemático representativo desse problema. Existem vários métodos para a elaboração da modelagem matemática, mas neste artigo se destaca apenas os métodos da programação linear. Para tanto, é preciso descrever sua definição. A programação linear se compõe de métodos determinísticos diretos otimizantes e é aplicável a problemas restritos de otimização linear. O caráter determinístico de um método de otimização direto pressupõe que o modelo do problema não seja influenciado por fatores probabilísticos (PINTO, 2008). Ainda, cabe ressaltar que os métodos diretos são procedimentos, que buscam o único ponto ótimo para um conjunto de pontos delimitados para funções lineares.

Em um método de otimização direto, é preciso definir: as variáveis de decisão; a função objetivo; as restrições compostas por equações ou inequações. Segundo Pinto (2008), as variáveis de decisão podem ser contínuas, inteiras ou do tipo

zero-um. A função objetivo pode ser de maximização do lucro, margem de contribuição ou volume de produção, e pode ser também de minimização dos custos, de consumo de recursos, de distância percorrida, dentre outros. Quanto às restrições se tem como exemplos a capacidade produtiva da empresa e o mercado consumidor, que pode estabelecer limites de vendas para diferentes produtos. Por isso que o conhecimento do sistema da empresa e sua análise são essenciais para a identificação do problema e das variáveis relevantes para sua modelagem matemática. Pinto (2008) ainda destaca que, como o processo de modelagem não dispõe de uma regra fixa, a compreensão deste processo passa, essencialmente, pela resolução de sucessivos problemas.

Ressalta-se que os métodos de programação linear resolvem problemas de alocação de recursos, de programação da produção, de composição do produto, de mix de produção e de transportes. Tendo o problema real modelado matematicamente, a solução pode vir por meio do Método Gráfico, do Método Simplex ou por meio de uma linguagem de modelagem matemática, destacando aqui o *General Algebraic Modeling System* (GAMS).

Segundo Hillier e Lieberman (2010), uma linguagem de modelagem matemática é um software que foi projetado, especificadamente, para formular, de forma eficiente, modelos matemáticos grandes, entre os quais os modelos de programação linear. O GAMS é uma linguagem de modelagem orientada para a construção de complexos modelos de programação matemática, cujo sistema GAMS simplifica o processamento dos dados e gera relatórios, que permitem ao analista de pesquisa operacional avaliar os passos do processo de modelagem.

Segundo Pinto (2008), os modelos escritos na linguagem GAMS devem obedecer a oito blocos. Esses blocos são: índices; parâmetros; variáveis de decisão; variável dependente; equações; modelo; ordem para a solução; direção para a otimização; especificação do tipo de problema de programação linear em uso; mostra. Ainda leva-se em consideração os comandos utilizados no GAMS (SILVA *et al.*, 2014).

Após a utilização de um método para encontrar uma solução ótima para o problema identificado, pode-se utilizar a análise de sensibilidade. Conforme Hillier e Lieberman (2010), a análise de sensibilidade consiste em investigar o efeito sobre a solução ótima encontrada, caso os parâmetros assumissem outros valores. Há parâmetros que não afetam a otimalidade da solução, outros, porém, levam a uma nova solução ótima. Estes últimos parâmetros são considerados parâmetros sensíveis, em que a alteração também altera a solução ótima.

Devido ao objetivo de evidenciar a importância da pesquisa operacional para a tomada de decisão nas pequenas empresas, partiu-se do pressuposto da necessidade de realizar uma pesquisa de natureza aplicada em uma empresa. Tal

pesquisa é caracterizada, a seguir, quanto à sua abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, seguindo Gil (2002) e Silveira e Córdova (2009). Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, por enfatizar a objetividade na coleta e análise dos dados, além de utilizar procedimentos estatísticos nessa análise, uma vez que os resultados da pesquisa podem ser quantificados. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois se pretende descrever determinada solução para o problema pesquisado. Quanto aos procedimentos, utilizou-se estudo de caso único, que consiste no estudo aprofundado de um objeto, proporcionando a visão geral do problema e os fatores que o influencia. A escolha da empresa se deu por conveniência.

Para a coleta de dados, realizada no mês de janeiro de 2016, utilizou-se entrevista semiestruturada com a proprietária da empresa, com o intuito de identificar problemas no sistema de produção da sua empresa. A proprietária também permitiu a observação participante em um dia de produção, pela qual o autor pôde compreender melhor a produção.

Após a entrevista e a observação participante, identificou-se um problema gerencial, e este foi escrito em uma modelagem matemática característica da programação linear, contendo: variáveis de decisão; função objetivo; e restrições.

Na sequência, seguiu-se a abordagem de Silva *et al.* (2014), e transcreveu-se o modelo matemático na linguagem GAMS, reproduzindo-o no *software* GAMS para a obtenção da solução ótima. Além disso, foram realizadas duas análises de sensibilidade, que consistiram na alteração de parâmetros da modelagem matemática, seguida da sua reprodução no *software*, de modo a obter outras possíveis soluções ao problema gerencial.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Apresentação da empresa

A empresa “Encanto de Brigadeiro” é especializada em brigadeiros. Localizada na área central da cidade de Uberlândia/MG e com atuação formal desde janeiro de 2014, a empresa é definida pela própria responsável como sendo de pequeno porte, contando com apenas duas empregadas. Sua produção é de cinco tipos de brigadeiros, classificados em: clássicos, regionais, *premium*, *teen*, etílicos. Na versão mais conhecida do produto, o doce genuinamente brasileiro é feito com leite condensado, chocolate e manteiga. Além disso, a empresa comercializa seus produtos em caixas de 4, 6, 12 e 20 brigadeiros, dependendo da escolha do cliente. A empresa ainda não faz entrega, mas, apesar disso, o número de consumidores foi estável ao longo dos anos 2014 e 2015, exceto no mês da Páscoa, em que o consumo de chocolate aumenta e, com isso, a empresa vende mais. A empresária da “Encantos de Brigadeiro” informou que tem como objetivo aumentar a margem de contribuição diária, por meio da venda de seus brigadeiros.

A empresa trabalha com lotes de produção, visto que se

tornaria muito dispendioso e não compensatório a produção de uma receita que rendesse apenas uma unidade de brigadeiro. Por causa disso, a empresa produz, para cada receita feita, 30 brigadeiros, independentemente do tipo de brigadeiro. A empresária decidiu trabalhar com esse número de produtos finais para cada receita, a fim de evitar grandes perdas pela não venda destes, mesmo a produção estando condicionada à demanda. Aqui, é útil ressaltar que a empresa trabalha com a produção sob encomenda, ou seja, os clientes fazem o pedido e informam a data que buscarão a encomenda. Esse pedido é quanto ao tipo de brigadeiro e a caixa desejada.

Para a construção e modelagem matemática do problema de programação linear desta empresa, foram necessárias as seguintes informações: margem de contribuição por lote vendido de cada um dos cinco tipos de brigadeiros; a produção máxima de lotes de cada um dos cinco tipos de brigadeiros; a demanda máxima diária por lote de brigadeiro. Como essas informações são da própria empresa, era necessário que estas estivessem registradas, formando um banco de dados. No entanto, algumas das informações não estavam registradas, dificultando a coleta de dados.

Cada um dos cinco tipos de brigadeiros tem diferentes matérias-primas, sendo que alguns não chegam a levar chocolate em sua composição, como é o caso do brigadeiro *premium*. Por conta disso, os custos variáveis são diferentes entre os brigadeiros, mas todos eram vendidos a R\$2,00/unidade. Essas informações levam a considerar que as margens de contribuição dos tipos de brigadeiros também se diferenciam entre si.

Levando em consideração os três principais ingredientes utilizados na receita e os rendimentos totais, construiu-se o Quadro 1.

**Quadro 1** - Custo variável unitário e por lote das matérias-primas dos brigadeiros

Tipo de brigadeiro	Custo unitário (em R\$)	Custo do lote de 30 (em R\$)
Clássico	0,60	18
Regional	0,80	24
Premium	1,20	36
Teen	1,00	30
Etílico	1,10	33

Fonte: Dados da pesquisa.

Para padronização dos custos variáveis unitários, considerou-se que, em média, cada um dos três principais ingredientes era comprado para o rendimento proporcional de 120 unidades, ou quatro lotes de produção. Dessa forma, dividiu-se o preço de compra (custo para a empresa) pelas 120 unidades. Já para o cálculo do custo variável por lote bastou multiplicar o custo variável unitário por 30. Assim, com o valor do custo variável conhecido, encontrou-se a Margem de Contribuição por lote, como mostra o Quadro 2.

**Quadro 2** - Margem de Contribuição por lote, segundo o tipo de brigadeiro

	Clássico	Regional	Premium	Teen	Étilico
Receita (R\$)	60	60	60	60	60
(-) Custos variáveis (R\$)	18	24	36	30	33
(=) Margem de Contribuição (R\$)	42	36	24	30	27

Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto à produção máxima de lotes, adotou-se como pressuposto que o brigadeiro Clássico seria usado como referencial de horas demandadas na produção dos outros tipos de brigadeiros, já que ele possui o menor tempo de preparo, que é de 30 minutos, ou seja, se a empresa produzisse apenas o tipo Clássico, seriam produzidos 12 lotes deste em um dia de trabalho. Considerou como tempo de preparo desde a mistura dos ingredientes até a massa estar pronta para dar forma aos brigadeiros. A empresa possui duas empregadas, mas apenas uma delas é responsável pela produção. Esta empregada trabalha sete horas/dia. Outro pressuposto adotado é que a empregada gasta 1 hora/dia na finalização do produto, isto é, enrolar o brigadeiro e colocá-lo na caixa, conforme o pedido do cliente. Assim, ela gasta 6 horas/dia na produção de brigadeiros.

Já as informações referentes à demanda (consumo do mercado), a empresária tem registrado as vendas de cada um dos tipos de brigadeiros. É um registro mensal. Nos dois últimos meses de 2015, ela tem registrado as vendas diárias, como forma de aumentar sua eficiência, por meio da redução de seus estoques. Ao ter acesso a esses registros, verificou-se uma demanda diária relativamente estável, ao analisar separadamente os tipos de brigadeiros. Assim, adotou-se como pressuposto que a demanda diária é estável. Para adaptar essa demanda, calculou-se a média diária do consumo dos brigadeiros, dividindo a venda total de cada um dos tipos de brigadeiros pelo número total de dias de venda, ao longo de um mês.

Para a elaboração da modelagem matemática, não se considerou a disponibilidade de matérias-primas em um dia de produção. Isso porque a compra de matérias-primas é feita quinzenal ou mensalmente, cobrindo todo esse período, para evitar custos de falta, como disse a empresária entrevistada. Dessa forma, adotou-se mais um pressuposto: as matérias-primas não possuem restrição de disponibilidade.

A fim de facilitar a compreensão da modelagem matemática, apresenta-se, a seguir, o problema da empresa “Encanto de Brigadeiro” de maneira didática, baseando-se nos problemas de Pinto (2008).

### 3.2 Descrição do problema e modelagem matemática

A empresa “Encanto de Brigadeiro” produz cinco tipos de brigadeiros: clássico, regional, *premium*, *teen*, étílico. Cada receita feita rende um lote de 30 brigadeiros,

independentemente, do tipo de brigadeiro. Se produzisse apenas brigadeiros clássicos, a produção máxima seria de 12 lotes de brigadeiros. Os brigadeiros regionais e *teen* demoram cada um, 20% a mais que os clássicos para serem produzidos. Já os brigadeiros étílicos, 70% a mais, enquanto que os brigadeiros *premium* demoram 100% a mais que os clássicos.

Os brigadeiros clássicos têm um mercado consumidor diário de até quatro lotes de brigadeiros, com margem de contribuição por lote de R\$42,00. Os regionais têm um mercado consumidor diário de até dois lotes de brigadeiros, com margem de contribuição de R\$36,00 cada. A empresa consegue vender, diariamente, dois lotes de brigadeiros *premium*, mas não vende mais do que cinco lotes de brigadeiro *premium*, dois lotes de brigadeiro *teen* e um lote de brigadeiro étílico por dia, cuja margem de contribuição por lote é, respectivamente, R\$24,00, R\$30,00, R\$27,00. De quanto deve ser a produção de lotes de cada tipo de brigadeiro comercializado pela empresa, a fim de maximizar a margem de contribuição total diária?

Trata-se de um problema de programação linear de composição de mix de produção, pois questiona qual é a quantidade de cada produto a ser produzido, ou comercializado, ao longo de um período. Abaixo, apresenta-se a modelagem matemática e, no Quadro 3, a linguagem utilizada no software GAMS para a obtenção da solução ótima.

Variáveis de decisão

$x_i$  – quantidade diária de lotes a produzir do brigadeiro  $i$

- $i$  -
- 1 = Clássico
  - 2 = Regional
  - 3 = Premium
  - 4 = Teen
  - 5 = Étílico

Função-objetivo

$$42_{x_1} + 36_{x_2} + 24_{x_3} + 30_{x_4} + 27_{x_5} = Z \rightarrow \text{MÁX!}$$

Sujeito às restrições

$$\begin{aligned}
 &x_1 + 1,2_{x_2} + 2_{x_3} + 1,2_{x_4} + 1,7_{x_5} \leq 12 \text{ (produção)} \\
 &x_1 \leq 4 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro clássico)} \\
 &x_2 \leq 2 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro regional)} \\
 &x_3 \geq 2 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro premium)} \\
 &x_3 \leq 5 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro premium)} \\
 &x_4 \leq 2 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro teen)} \\
 &x_5 \leq 1 \text{ (mercado consumidor diário de brigadeiro étílico)} \\
 &x_1 \geq 0 \\
 &x_2 \geq 0 \\
 &x_3 \geq 0 \\
 &x_4 \geq 0 \\
 &x_5 \geq 0
 \end{aligned}$$

### Quadro 3: Problema da empresa pesquisada na linguagem GAMS

```

SET
i indexador da variável de decisão 'X' /1, 2, 3, 4, 5/;
PARAMETERS
mgct1 margem de contribuição de um lote do brigadeiro tipo 1
mgct2 margem de contribuição de um lote do brigadeiro tipo 2
mgct3 margem de contribuição de um lote do brigadeiro tipo 3
mgct4 margem de contribuição de um lote do brigadeiro tipo 4
mgct5 margem de contribuição de um lote do brigadeiro tipo 5;
mgct1=42;
mgct2=36;
mgct3=24;
mgct4=30;
mgct5=27;
PARAMETERS
moh1 tempo de mão de obra para a produção de um lote do brigadeiro tipo 1
moh2 tempo de mão de obra para a produção de um lote do brigadeiro tipo 2
moh3 tempo de mão de obra para a produção de um lote de brigadeiro tipo 3
moh4 tempo de mão de obra para a produção de um lote de brigadeiro tipo 4
moh5 tempo de mão de obra para a produção de um lote de brigadeiro tipo 5;
moh1=1;
moh2=6/5;
moh3=2;
moh4=6/5;
moh5=17/10;
PARAMETERS
prtot produção máxima de lotes se fosse feito apenas brigadeiro tipo 1;
prtot=12;
PARAMETERS
dem1 demanda diária máxima de lotes de brigadeiro do tipo 1
dem2 demanda diária máxima de lotes de brigadeiro do tipo 2
demin3 demanda diária mínima de lotes de brigadeiro do tipo 3
dem3 demanda diária máxima de lotes de brigadeiro do tipo 3
dem4 demanda diária máxima de lotes de brigadeiro do tipo 4
dem5 demanda diária máxima de lotes de brigadeiro do tipo 5;
dem1=4;
dem2=2;
demin3=2;
dem3=5;
dem4=2;
dem5=1;
INTEGER VARIABLES
X quantidade de lotes a produzir do brigadeiro tipo i;
VARIABLE
Z margem de contribuição diária total;
EQUATION
FO Função objetivo de maximização da margem de contribuição diária
R1 restrição da demanda do brigadeiro tipo '1'
R2 restrição da demanda do brigadeiro tipo '2'
R3 restrição da demanda do brigadeiro tipo '3'
R4 restrição da demanda do brigadeiro tipo '4'
R5 restrição da demanda do brigadeiro tipo '5'
Rm3 restrição da demanda mínima do brigadeiro tipo '3'
R6 restrição de horas trabalhadas;
FO .. mgct1*X("1")+mgct2*X("2")+mgct3*X("3")+mgct4*X("4")+mgct5*X("5")=E=Z;
R1 .. X("1")=L=dem1;
R2 .. X("2")=L=dem2;
R3 .. X("3")=L=dem3;
R4 .. X("4")=L=dem4;
R5 .. X("5")=L=dem5;
Rm3 .. X("3")=G=demin3;
R6 .. moh1*X("1")+moh2*X("2")+moh3*X("3")+moh4*X("4")+moh5*X("5")=L=prtot;

MODEL brigadeiro /ALL/;
SOLVE brigadeiro using mip maximizing Z;
display Z.L;
DISPLAY x.L;

```

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 3.3 Uma solução ótima ao problema da empresa estudada

Após a transcrição da modelagem matemática na linguagem GAMS, o software GAMS oferece uma solução ótima para o problema da empresa analisada, ou seja, o mix

de produção que trará a maior margem de contribuição diária para a empresa “Encanto de Brigadeiro”. Como resultado se tem que:

- ✓ A margem de contribuição diária máxima será de R\$318,00;

- ✓ A produção de brigadeiros clássicos será de 4 lotes;
- ✓ A produção de brigadeiros regionais será de 2 lotes;
- ✓ A produção de brigadeiros premium será de 2 lotes;
- ✓ A produção de brigadeiros teen será de 1 lote;
- ✓ Não haverá produção de brigadeiros etílicos.

Em análise desses resultados, verifica que a produção total de 9 lotes, encontrada pelo software utilizado, está abaixo da produção máxima diária, que é de 12 lotes. Dessa forma, a produção ótima estaria em conformidade com a restrição de produção. A produção ótima também está em conformidade com a demanda diária máxima, que cada tipo de brigadeiro tem. Entretanto, supondo que, se em um dia, as demandas de todos os tipos de brigadeiros chegassem ao máximo, a empresa não conseguiria atendê-las. Isso porque, para as atuais condições da empresa, a capacidade produtiva é limitada.

É necessário pensar que, se as atuais condições da empresa fossem alteradas, essas alterações poderiam impactar na composição do mix de produção, que oferece a maior margem de contribuição diária. Por conta disso, serão apresentadas, na sequência, duas simulações de alteração nas atuais condições da empresa, a fim de se fazer a análise da sensibilidade dessas alterações.

#### **3.4 Primeira simulação de alteração nos parâmetros da “Encanto de Brigadeiro”**

Como já foi apresentado, a empresa conta com duas empregadas, sendo que uma delas é responsável pela produção dos brigadeiros. Ela trabalha sete horas/dia, distribuídas da seguinte forma: seis horas/dia para a produção de brigadeiros e uma hora/dia na finalização do pedido, que inclui dar a forma arredondada à massa e colocar na caixa, conforme o pedido do cliente.

A alteração proposta é: aumentar a jornada de trabalho para oito horas diárias, não alterando o tempo total para finalização do pedido. Assim, ter-se-ia sete horas/dia para a produção, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 17% no tempo de produção. Os demais dados permanecem sem alteração. Com isto, a produção máxima de brigadeiro Clássico passaria para quatorze lotes, alterando a função da primeira restrição da modelagem matemática apresentada na seção 4.2. Seguindo a proposta inicial, também se utilizou o software GAMS para solucionar esta simulação, cujos resultados apontam para uma nova solução ótima ao problema da empresa, apresentada a seguir:

- ✓ A margem de contribuição diária máxima será de R\$348,00;
- ✓ A produção de brigadeiros clássicos será de 4 lotes;
- ✓ A produção de brigadeiros regionais será de 2 lotes;
- ✓ A produção de brigadeiros premium será de 2 lotes;
- ✓ A produção de brigadeiros teen será de 2 lotes;
- ✓ Não haverá produção de brigadeiros etílicos.

Comparando os resultados da primeira simulação com os resultados do problema real da empresa “Encanto de Brigadeiro”, verifica-se que a produção total aumentou em um

lote, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 11%. Isso leva a um aumento de R\$30,00 na margem de contribuição diária máxima, um aumento de aproximadamente 9,5%. A alteração foi no lote de brigadeiro teen, enquanto que a produção dos demais lotes permaneceu a mesma, inclusive a do brigadeiro etílico, que continuou a não fazer parte do mix de produção, que maximiza a margem de contribuição diária.

#### **3.5 Segunda simulação de alteração nos parâmetros da “Encanto de Brigadeiro”**

Como a empresa sempre vende, diariamente, dois lotes de brigadeiro do tipo premium, já que estes são os diferenciais da empresa frente às outras concorrentes diretas, propôs-se a elaboração de uma receita, que rendesse dois lotes desse brigadeiro. Isto porque, independentemente do rendimento da receita, o tempo de preparo permanece constante. Dessa forma, ao invés de demorar duas horas no preparo de duas receitas, que rendem produtos de venda diária fixa, com a mudança na receita, a empresa demandaria apenas um hora.

Nesta segunda simulação, além das alterações feitas na primeira simulação, acrescenta-se que, das sete horas diárias de produção, uma hora já está reservada para a demanda fixa de brigadeiro do tipo premium. Cabe compor, assim, dentro das seis horas restantes de produção, um mix de produção que maximize a margem de contribuição diária, lembrando que, se a empresa produzisse apenas brigadeiro do tipo clássico, a produção máxima diária voltaria a ser de doze lotes. Excetuando as horas disponíveis de produção, os demais dados permanecem sem alteração.

Levando em consideração esses parâmetros alterados, o software GAMS calculou uma nova solução ótima para o problema da empresa. Nesta segunda simulação, a produção nas seis horas disponíveis teria como resultado:

- ✓ Uma margem de contribuição de R\$327,00;
- ✓ Uma produção de brigadeiros clássicos de 4 lotes;
- ✓ Uma produção de brigadeiros regionais de 2 lotes;
- ✓ Não haveria produção a mais que a produção fixa de brigadeiros premium;
- ✓ Uma produção de brigadeiros teen de 2 lotes;
- ✓ Uma produção de brigadeiros etílicos de 1 lote.

Assim, levando em conta a produção e venda diária fixa dos dois lotes de brigadeiros premium, acrescenta-se à margem de contribuição diária um valor de R\$48,00, correspondente ao somatório das margens de contribuição de cada um dos lotes do respectivo brigadeiro. Com isto, a margem de contribuição chegaria ao valor máximo diário de R\$375,00, nesta segunda simulação. Em uma análise comparativa, verifica-se que os resultados de ambas as simulações superaram o resultado do problema real da empresa, que é conhecer o mix de produção, que fornece a máxima margem de contribuição diária. As alterações propostas na segunda simulação impactaram ainda mais a margem de contribuição diária máxima.

#### 4 Conclusão

As decisões organizacionais advêm do conhecimento que o tomador de decisão tem da empresa em que atua. Um problema organizacional, ao ser identificado, precisa de conhecimentos suficientes para que decisões possam ser tomadas. Entretanto, o tomador de decisão não pode se basear apenas na sua experiência, carregada de aspectos subjetivos. Para complementar o conhecimento já existente, o tomador de decisão lança mão de ferramentas gerenciais, como a pesquisa operacional. Dessa forma, por meio de uma base quantitativa, a pesquisa operacional inclui elementos objetivos e racionais nos processos de tomada de decisão.

Com o foco nas operações da empresa, por meio da pesquisa operacional, elabora-se um modelo matemático representativo do problema identificado. Ao utilizar o método da programação linear para a modelagem matemática desse problema, três definições são necessárias: a função objetivo; as variáveis de decisão; as restrições. No estudo de caso realizado, o objetivo da empresa era maximizar a margem de contribuição diária. Para isto, a empresária teria de decidir o quanto produzir de cada tipo de brigadeiro comercializado, ou seja, qual o mix de produção diário que atingiria tal objetivo. Entretanto, era preciso levar em consideração as condições atuais da empresa que restringem sua produção. Como o período de tempo abrangido pelo objetivo era um dia, considerou como restrição sua capacidade produtiva, que levou em conta as horas trabalhadas, e a demanda de cada tipo de brigadeiro.

Utilizando o software GAMS para a resolução da modelagem matemática, houve uma solução ótima para o problema identificado na empresa analisada. Após isso, fez-se uma análise de sensibilidade, por meio de duas simulações de alteração dos parâmetros da situação real. Os parâmetros alterados foram das restrições da empresa, o que, por consequência, impactou positivamente no objetivo da empresa. Isso mostra que não há uma única solução ótima

para o problema da empresa, mas sim uma solução ótima, dentro das suas atuais condições. A análise de sensibilidade também se mostra como uma ferramenta norteadora de outras decisões, que a empresária pode vir a tomar, no intuito de aumentar a eficiência organizacional. E isto pode vir por meio da contratação de outros empregados, pelo aumento da jornada de trabalho, desde que respeite as leis trabalhistas, por quais produtos continuar a produzir, e quais deixar de produzir, dentre outras possibilidades.

O estudo teve o intuito de evidenciar a aplicabilidade da pesquisa operacional em empresas desse porte, que carecem de objetividade e de racionalidade nas suas decisões. O caso real da empresa de brigadeiro pode auxiliar outras pesquisas, bem como os empresários, na identificação e descrição do problema, na coleta de dados, na modelagem matemática e na sua transcrição na linguagem GAMS, essenciais para alcançar “solução ótima”. A pesquisa feita ainda reforça a importância das informações empresariais, como custo e venda, na identificação do problema e na tomada de decisão.

#### Referências

- ANDRADE, E.L. *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões*. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. *Introdução à pesquisa operacional*. Porto Alegre: AMGH, 2010. 852p.
- PINTO, K.C.R. *Aprendendo a decidir com a pesquisa operacional*. Uberlândia: EDUFU, 2008.
- SILVA, A.F. *et al. Pesquisa Operacional: desenvolvimento e otimização de modelos matemáticos por meio da linguagem GAMS*. 2014. Disponível em: <<http://www.feg.unesp.br/~fmarins/GAMS/apostilagams.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016
- SILVEIRA, D.T.; CÓRDOVA, F.P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: UFRGS, 2009. p.31-42.
- SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. *Pesquisa operacional: o que é?* Disponível em: <[http://www.sobrapo.org.br/o\\_que\\_e\\_po.php](http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php)>. Acesso em: 30 nov. 2016.