

Modelo de Programação Linear Multiobjetivo aplicado na decisão da melhor região geográfica para a instalação de um empreendimento gastronômico

Murillo Vetroni Barros (UTFPR - PG) murillo.vetroni@gmail.com

Fábio José Ceron Branco (UTFPR - PG) fbranco@utfpr.edu.br

Flavia Zabloski Toporowicz (UTFPR - PG) ftoporowicz@alunos.utfpr.edu.br

Resumo:

O presente estudo aborda uma problemática comum no cenário atual, isto é, a escolha da melhor região geográfica na abertura de estabelecimentos comerciais ou industriais. Logo, o objetivo do artigo é apresentar um modelo de pesquisa operacional segundo a Programação Linear Multiobjetivo na tomada de decisão da melhor região de uma cidade de porte médio para a instalação de um novo empreendimento gastronômico. O modelo tem a motivação na tomada de decisão para determinar a melhor localização do empreendimento de acordo com algumas variáveis, como, custo de instalação, número de funcionários, lucro mensal, população atendida, cujas variáveis são do tipo - números binários e números inteiros. Nesse contexto, a sistemática é baseada na aplicação da metodologia de multiobjetivo que deseja-se maximizar o lucro mensal da empresa e maximizar a população atendida da região escolhida. Para elaboração do trabalho, foi criado o modelo matemático/geral e o modelo computacional, cujo foi desenvolvido no *software* LINGO 15.0. Através dos resultados obtidos no estudo, o modelo de multiobjetivo pôde determinar a melhor localização geográfica para a instalação do empreendimento juntamente com a região de maior faturamento mensal, em função dos critérios pré-estabelecidos. Portanto, estudos desse caráter trazem contribuições a tomadores de decisão na temática de abertura de novos empreendimentos.

Palavras chave: Programação Linear Multiobjetivo, Localização Geográfica, Tomada de Decisão.

Multiobjective Linear Programming model applied to the decision of the best geographic region for the installation of a gastronomic enterprise

Abstract

The present study addresses a common problem in the current scenario that is the choice of the best geographic region in the opening of commercial or industrial establishments. Therefore the objective of the article is to present an operational research model according to Linear Multiobjective Programming in the decision making process of the best region of a medium size city for the installation of a new gastronomic enterprise. The model has the motivation in the decision making to determine the best location of the enterprise according to some variables such as installation cost, number of employees, monthly profit, population served, whose variables are of the type - binary numbers and integers. In this context the systematics is based on the application of the multiobjective methodology that seeks to maximize the monthly profit of the company and maximize the population served in the chosen region. For the elaboration of the work the mathematical / general model and the computational model were created, which was developed in the LINGO 15.0 software. Through the results obtained in the study the multiobjective model was able to determine the best geographical location for the installation of the project together with the region with the highest monthly billing

according to the pre-established criteria. Therefore studies of this nature bring contributions to decision makers on the theme of opening new ventures.

Key-words: Linear Programming Multiobjective, Geographic Location, Decision Making.

1. Introdução

Contemporaneamente, empresários e comerciantes encontram dificuldades na abertura de novos estabelecimentos, seja em qualquer ramo de atividade. Essas dificuldades são encontradas na tomada de decisão em identificar a melhor região geográfica da cidade para a abertura do empreendimento. De acordo com Laugeni e Martins (2005), existe uma série de requisitos na comparação de alternativas para determinar a localização de um empreendimento, tais como, disponibilidade e especialidade de mão de obra, localização estratégica dos fornecedores e clientes, fácil escoamento do transporte, isenção de impostos.

O artigo tem como incentivo o desenvolvimento e necessidade de abertura de um novo empreendimento gastronômico em uma cidade de porte médio. A nova empresa busca vantagens competitivas de acordo com o local mais viável. Portanto, o objetivo do artigo é apresentar um modelo de pesquisa operacional segundo a Programação Linear Multiobjetivo na tomada de decisão da melhor região de uma cidade de porte médio para a instalação de um novo empreendimento gastronômico. O resultado foi desenvolvido a partir do *software* LINGO 15.0 e indica a melhor alternativa de região geográfica na instalação do novo negócio, em função das variáveis previamente estabelecidas.

Nesse contexto, a sistemática do trabalho é baseada na aplicação da metodologia de Programação Linear Multiobjetivo, em que segundo De Carli; Delamaro; Salomon (2010), é aplicado na solução de problemas de tomada de decisão com múltiplos objetivos, que ocorre em casos que existam dois ou mais critérios, como qualidade e custo, por exemplo.

A pesquisa abordada no artigo é de natureza aplicada, pois soluciona o problema de acordo com o objetivo do trabalho e gera conhecimento para aplicação prática. Os atributos e variáveis são analisadas intuitivamente, desta forma a abordagem é representada por uma pesquisa qualitativa. Quanto aos objetivos, o trabalho permite conhecimento do problema por intermédio de pesquisas bibliográficas, portanto, é considerada uma pesquisa exploratória. Por fim, aos procedimentos acerca do estudo, é uma pesquisa bibliográfica, com base em artigos e livros publicados.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008), atualmente existem 10 grandes áreas que abordam estudos em Engenharia de Produção. Uma dessas grandes áreas é a de Pesquisa Operacional, que resolve problemas reais em situações de tomada de decisão, com auxílio de modelos matemáticos e/ou ferramentas computacionais. Nesse sentido, o presente artigo está relacionado com a área de Pesquisa Operacional e subárea - Programação Matemática. Portanto, o trabalho utiliza o modelo de Programação Linear Multiobjetivo, programação matemática e o auxílio de *software* para a tomada de decisão.

O trabalho está estruturado em seis seções. A Seção 2 aborda uma fundamentação teórica em termos do modelo multiobjetivo e em novas aberturas de estabelecimentos. A Seção 3 apresenta os métodos utilizados para a elaboração do modelo matemático e na construção do estudo de caso. Na Seção 4 é mostrado o estudo de caso, com os atributos e variáveis consideradas. Na Seção 5 são apresentados os resultados, com a obtenção da melhor região geográfica para a instalação do empreendimento e, conseqüentemente, a discussão dos

resultados. Por fim, na Seção 6, são discutidas as considerações finais do presente estudo.

2. Fundamentação teórica

2.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) é considerada como uma ciência aplicada, que possui o objetivo de melhorar o desempenho em organizações, além de buscar formulação de modelos matemáticos a serem resolvidos com o auxílio de *software*, de modo que, tal estudo agrega em sua teoria quatro ciências fundamentais para o processo de análise e preparação de uma decisão, dentre as quais, economia, matemática, estatística e informática (DÁVALOS, 2002).

Para Lisboa (2002), em um modelo matemático, são incluídos três conjuntos principais de elementos: (1) variáveis de decisão e parâmetros: variáveis de decisão são as incógnitas a serem determinadas pela solução do modelo, de modo que os parâmetros são valores fixos no problema; (2) restrições: de modo a levar em conta as limitações físicas do sistema, o modelo deve incluir restrições que limitam as variáveis de decisão a seus valores possíveis (ou viáveis); (3) função objetivo: é uma função matemática que define a qualidade da solução em função das variáveis de decisão.

2.2 Fatores na abertura de um novo empreendimento

Tanto empresas em atividade, como em novos empreendimentos, necessitam de alguns pontos-chaves para a gestão empresarial fluir de acordo com o mercado. Quando se deseja abrir um novo negócio é necessário planejar e por em prática alguns fatores, dentre os quais serão discutidos nessa seção.

2.2.1 Fatores Básicos

De acordo com Laugeni e Martins (2005), os serviços essenciais que uma empresa precisa ter no local são saneamento básico (rede de água tratada e rede de esgoto), energia elétrica (luz, máquinas em operação) e meios de comunicação (telefone, internet). Os três pontos são considerados básicos para abrir um novo empreendimento com instalação física.

2.2.2 Fatores de Produção

Na tomada de decisão sobre a região geográfica urbana escolhida deve-se considerar - os múltiplos produtos que a empresa oferta, as múltiplas fontes de matéria-prima, os múltiplos fornecedores e clientes, além da gestão e aplicação de aspectos governamentais, econômicos e sociais, demonstrando assim, uma expressão complexa e de alto fator de importância (ALVES e ALVES, 2015).

2.2.3 Fatores Comportamentais

Segundo Laugeni e Martins (2005), existem alguns fatores considerados, em termos comportamentais, como aspectos culturais da região. Nesses aspectos consideram-se os costumes, crenças, atitudes do local onde será instalada a nova empresa.

2.2.4 Fatores Econômicos

De acordo com os termos econômicos, tanto para abertura de novos empreendimentos como a ampliação de uma unidade fabril em atividade apresentam custos, dos quais podemos citar, compra, aluguel ou arrendamento do terreno, além do desembolso financeiro da mão de obra e do material para a construção (LAUGENI e MARTINS, 2005).

2.2.5 Fatores Organizacionais

Segundo Alves e Alves (2015), os fatores organizacionais são aqueles que fazem parte da organização, ou seja, a cultura organizacional, os valores, a visão da empresa. Além disso, os autores consideram alguns indicadores que podem gerar vantagens competitivas a empresa, como a qualidade do produto produzido ou do serviço entregue e a rapidez na entrega.

Deste modo, torna-se evidente que existam dezenas de itens a serem pensados e executados quando se deseja abrir um novo empreendimento. É preciso cuidar de todos os fatores, para que o novo empreendedor não caia em falsas ilusões ou extrapole o orçamento financeiro pré-estabelecido no período do planejamento.

3. Metodologia

A escolha dessa metodologia no presente trabalho deve-se ao fato de ser um método para tomada de decisão com múltiplos critérios. O problema de tomada de decisão na escolha da região geográfica para a instalação do empreendimento considera-se a avaliação de cinco locais potenciais e sete atributos em cada local. Logo, a abordagem apresenta um estudo de caso de decisão por análise multiobjetivo. De acordo com Siliprande; Cortes; Brandão (2008), “a abordagem multiobjetivo é caracterizada pela busca de solução onde os objetivos são conflitantes, ou seja, a otimização de um objetivo pode ocasionar a perda em outro”.

As variáveis do estudo foram elaboradas a partir de uma análise de valores condizentes com a realidade. Os valores monetários como custo de instalação e lucro mensal da empresa são valores fictícios, entretanto, consegue-se estabelecer correlação com dados verdadeiros. O somatório da população das regiões geográficas da cidade está próximo de 350 mil habitantes, considerado um município de porte médio.

O problema proposto no estudo pode ser utilizado na abertura de outros empreendimentos que considerem as restrições contidas nesse. O estudo de caso, tem como resultado, dois objetivos, ou seja, deseja-se maximizar a população atendida e maximizar o lucro mensal no novo empreendimento.

Foi elaborado o modelo matemático ou geral para o estudo proposto, o qual pode ser aplicado em outros estudos semelhantes, que apresenta-se de forma geral e encontra-se descrito e detalhado no Apêndice 1.

Além disso, foi criado o modelo computacional e utilizado o *software* LINGO para gerar a solução do problema. Segundo a *website* do *software*, o LINGO é uma ferramenta que abrange a construção de modelos linear, não linear, inteiro, quadrático, cone de segunda ordem, estocástico dentre outros, é de rápido, fácil e eficiente modelagem. O *software* oferece um pacote integrado, com uma linguagem poderosa na elaboração de modelos de otimização, sendo um ambiente abrangente para problemas de construção, edição e um conjunto de soluções rápido incorporado, finaliza a *website*. O modelo computacional encontra-se no Apêndice 2.

4. Aplicação do método multiobjetivo na seleção da localização para instalação do empreendimento

As variáveis estão divididas em números binários e números inteiros, dentre as quais, cada região da cidade apresenta as seguintes restrições:

- Custo inicial de instalação (compra do imóvel / reforma do imóvel, compra dos maquinários, instrumentos e equipamentos);
- Número de funcionários (gerente, garçom, cozinheiro, entregador, limpeza e outros);
- População total atendida da região;
- Lucro mensal.

O Quadro 1 apresenta as legendas, as cinco regiões geográficas e as variáveis do modelo proposto.

Quadro 1: Variáveis do modelo

Restrições:	Legenda	Região 1 (x_1)	Região 2 (x_2)	Região 3 (x_3)	Região 4 (x_4)	Região 5 (x_5)
Funcionário no caixa	(C)	1	1	1	1	1
Garçom	(G)	1	2	1	2	2
Cozinheiros	(CO)	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 3	≥ 3
Entregadores	(E)	≥ 3	≥ 3	≥ 5	≥ 3	≥ 5
Custo de abertura	(CA)	R\$ 100.000,00	R\$ 115.000,00	R\$ 108.000,00	R\$ 125.000,00	R\$ 130.000,00
Lucro (mês)	(L)	R\$ 10.500,00	R\$ 12.500,00	R\$ 12.500,00	R\$ 11.000,00	R\$ 10.000,00
População atendida	(PA)	72.000	70.000	68.000	65.000	78.000

Fonte: Própria (2017)

Além dessas variáveis consideradas no Quadro 1, outras duas restrições foram adotadas:

- O proprietário do negócio possui R\$ 130 mil para cobrir com as despesas de abertura do empreendimento, como compra/aluguel/arrendamento do terreno, construção do estabelecimento e compra dos equipamentos/materiais;
- A soma de todos os funcionários de cada região deve ser maior que 10.

As variáveis das regiões (x_i) são do tipo números binários, pois após a aplicação do problema no *software*, a decisão se restringe em apenas uma região, isto é, aceita-se uma região e rejeita-se as outras quatro. As outras variáveis do problema são do tipo números inteiros e não negativos, isto é, maiores ou iguais a zero.

5. Resultados

Inicialmente, sem aplicar a função de multiobjetivo, ou seja, com as restrições separadas, de acordo com a solução fornecida pelo *software*, tem-se que:

- A função objetivo (Z_1) para maximizar o lucro mensal da empresa resultou em R\$ 12.500,00. Indicando que a melhor região geográfica para a instalação do negócio é a região 2 (x_2).
- A função objetivo (Z_2) para maximizar a população atendida resultou em 78 mil pessoas atendidas com a escolha da região 5 (x_5).

Ambos os resultados foram calculados isoladamente, com os valores demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2: Resultado sem aplicar a função multiobjetivo

Restrições:	Região 2 (x_2)	Região 5 (x_5)
Custo de abertura	R\$ 115.000,00	R\$ 130.000,00
Lucro (mês)	R\$ 12.500,00	R\$ 10.000,00
População atendida	70.000	78.000
Resultado	Lucro mensal (Z_1)	Maximizar a população atendida (Z_2)

Fonte: Própria (2017)

Fica evidente no problema que na primeira função objetivo de maximizar o lucro mensal, o *software* escolheu a região que proporciona o maior valor monetário de lucro mensal, ou seja, a região 2. Quando aplicado a função objetivo de maximizar a população atendida, o programa seleciona estritamente a região de maior população, ou seja, a região 5.

Quando aplicado o método multiobjetivo, o *software* considera as duas funções objetivo do problema, o qual realiza os devidos cálculos para determinar finalmente a melhor região. O Quadro 3 apresenta o resultado final do estudo.

Quadro 3: Resultado aplicando a função multiobjetivo

$Z_1 =$	Lucro	R\$ 12.500,00
$Z_2 =$	População	70.000
$X_2 =$	Região	Região 2

Fonte: Própria (2017)

Mesmo a região 2 ser a terceira maior da cidade em população absoluta, ela foi a escolhida pelo modelo, pois gerou o maior lucro mensal e, conseqüentemente, melhor se adequou às restrições. De acordo com Alves e Alves (2015) “a localização ideal é aquela que gera maiores benefícios à empresa, como a redução dos custos envolvidos na operação e negócio e a maximização do nível de serviços oferecidos a seus clientes”.

Portanto, o *software* indicou que de acordo com os atributos e variáveis do problema, a localização geográfica que melhor se adequou as restrições foi a região 2 (x_2) para a instalação do novo empreendimento gastronômico. Segundo a resolução do programa, o empresário precisará contratar 10 funcionários no total, sendo que 1 permanecerá no caixa, 2 funcionários serão responsáveis por servir as mesas, 4 ficarão na cozinha preparando os alimentos e 3 funcionários no *delivery* (entregadores).

6. Considerações Finais

Observa-se a importância do uso de um sistema de pesquisa operacional na escolha de um

novo empreendimento, visto que, nesse caso, o proprietário apresenta evidências calculadas de acordo com o *software* em identificar a melhor região onde se concentra os menores custos de instalação, maior lucro e maior população atendida. A tomada de decisão não parte apenas em averiguar qual custo de instalação é mais barato, mas sim, em verificar uma série de atributos de cada região da cidade e com o auxílio do modelo de multiobjetivo proposto, escolher o melhor local para a instalação.

Como abordado, o problema apresentado refere-se a um modelo genérico, e que pode ser aplicado em outros estabelecimentos comerciais, industriais, de pequeno, médio e grande porte. Como recomendação para trabalhos futuros, há a possibilidade de expansão do modelo, como a implementação de outras variáveis e restrições.

Portanto, a aplicação do método multiobjetivo como técnica auxiliar na tomada de decisão no presente estudo resultou na escolha da região geográfica urbana para a instalação do empreendimento, cujo possibilitou uma exploração detalhada dos atributos e variáveis pré-determinados.

Referências

ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção). Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção. 2008. Disponível em: <<https://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>>. Acesso em: 15 set. 2017.

ALVES, José Roberto Xavier; ALVES, João Murta. Definição de localidade para instalação industrial com o apoio do método de análise hierárquica (AHP). *Production Journal*, v. 25, n. 1, p. 13-26, 2015.

DÁVALOS, Ricardo Villarroel. Uma abordagem do ensino de pesquisa operacional baseada no uso de recursos computacionais. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002.

DE CARLI, Paulo Cesar; DELAMARO, Maurício César; SALOMON, Valério Antonio Pamplona. Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital. *Produção*, São Paulo, v. 20, n. 4, 2010.

LAUGENI, F. P., & MARTINS, P. G. (2005). *Administração da produção* (2. ed.). São Paulo: Saraiva.

LINGO. Software de modelagem de otimização. Disponível em: <<http://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>>. Acesso em: 15 set. 2017

LISBOA, Erico Fagundes Anicet. Pesquisa operacional. Apostila da disciplina. Rio de Janeiro–RJ, 2002.

SILIPRANDE, Marcelo David; CORTES, Jacqueline Magalhães Rangel; BRANDÃO, R. S. Modelo multi-objetivo para o problema de localização de antenas de transmissão para internet a rádio no município de Itaperuna. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, v. 40, p. 1688-1697, 2008.

APÊNDICE 1

Função Objetivo:	
Maximizar $Z_1 = \sum_{i=1}^n x_i * L_i$	(1)
Maximizar $Z_2 = \sum_{i=1}^n x_i * PA_i$	(2)
Minimizar Q	(3)
$((Y_1 - Z_1) / Y_1) \leq Q$	(4)
$((Y_2 - Z_2) / Y_2) \leq Q$	(5)
Sujeito à:	
$C_i = 1$	(6)
$G_i = k$	(7)
$CO_i \geq J$	(8)
$E_i \geq W$	(9)
$15 \leq \sum_{i=1}^n CO_i \leq 20$	(10)
$15 \leq \sum_{i=1}^n E_i \leq 20$	(11)
$\sum_{i=1}^n x_i * CA_i \leq R$	(12)
$\sum_{i=1}^n x_i = 1$	(13)
$E_i, P_i \in Z^+$	(14)
$x_i = 0 \text{ ou } 1$	(15)

Onde:

X_i : Bairros ($i = 1, \dots, n$);

L_i : Lucro;

PA_i : População Atendida;

Z_1 : Maximizar o lucro mensal;

Z_2 : Maximizar a população atendida;

Q : Variável Minimax;

Y_1 : Variável auxiliar a Z_1 ;

Y_2 : Variável auxiliar a Z_2 ;

C_i : Funcionários no caixa;

G_i : Garçons;

CO_i : Cozinheiros;

E_i : Entregadores (*delivery*);

CA_i : Custo de Abertura;

n : Número de bairros;

R : Valor disponível para abrir o empreendimento;

k : Número de garçons necessário em cada bairro;

J : Número de funcionários na cozinha em cada região;

W : Número de entregadores em cada bairro.

Função objetivo: (1) maximiza o lucro mensal, (2) maximiza a população atendida, (3) variável minimax, (4-5) desvio prejudicial dos valores ótimos. Restrições: (6) funcionários no caixa, (7) garçom, (8) quantidade mínima de funcionários na cozinha, (9) quantidade mínima de funcionários destinados à entrega, (10) quantidade de funcionários na cozinha, (11) quantidade de funcionários para a entrega, (12) custo de abertura, (13) escolha do local para a instalação, (14) variáveis inteiras e não negativas, (15) variável binária.

APÊNDICE 2

```
!Função objetivo de maximizar lucro; !Maximizar = Z1;
z1 = 10500*x1 + 12500*x2 + 12500*x3 + 11000*x4 + 1000*x5;
y1 = 12500;

!Função objetivo de maximizar população atendida; !Maximizar = Z2;
z2 = 72000*x1 + 70000*x2 + 68000*x3 + 65000*x4 + 78000*x5;
y2 = 78000;

min = q;
((y1 - z1)/y1) <= q;
((y2 - z2)/y2) <= q;

!Restrição de funcionários no caixa e garçons;
c1 = 1;    g1 = 1;
c2 = 1;    g2 = 2;
c3 = 1;    g3 = 1;
c4 = 1;    g4 = 2;
c5 = 1;    g5 = 2;

!Restrição de funcionários destinados ao preparo e entrega dos alimentos;
co1 >= 5;    e1 >= 3;
co2 >= 4;    e2 >= 3;
co3 >= 4;    e3 >= 5;
co4 >= 3;    e4 >= 3;
co5 >= 3;    e5 >= 5;

!Restrição de quantidade máxima e mínima de funcionários destinados ao preparo e entrega dos alimentos;
co1+co2+co3+co4+co5 <= 20;
co1+co2+co3+co4+co5 >= 15;
e1+e2+e3+e4+e5 <= 20;
e1+e2+e3+e4+e5 >= 15;

!Restrição do custo de abertura do estabelecimento;
100000*x1 + 115000*x2 + 108000*x3 + 125000*x4 + 13000*x5 <= 130000;

!Restrição de localidade;
x1+x2+x3+x4+x5 = 1;

@gin(co1); @gin(co2); @gin(co3); @gin(co4); @gin(co5);
@bin(x1); @bin(x2); @bin(x3); @bin(x4); @bin(x5);
@gin(e1); @gin(e2); @gin(e3); @gin(e4); @gin(e5);
```