INTERFACE TECNOLÓGICA

PROGRAMAÇÃO LINEAR: um estudo de caso para maximização do lucro na produção de placas de gesso 3D em uma micro empresa no interior de São Paulo

LINEAR PROGRAMMING: a case study for profit maximization in the production of 3D plasterboards in a micro company in the interior of São Paulo

Daniel Hatus da Silva Bento – hatus17@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Luiz Gustavo Caracini – gucaracini@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v19i2.1447
Data de submissão: 01/09/2022
Data do aceite: 28/11/2022
Data da publicação: 20/12/2022

RESUMO

O presente artigo introduz o crescimento e a importância das micro e pequenas empresas para o PIB nacional mediante uma pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas. O objetivo desse estudo visa buscar a maximização do lucro de uma micro empresa que produz placa 3D de gesso para revestimentos em paredes, das quais possuem diferentes tempos de produção. A metodologia utilizada para este estudo foi realizada com base em pesquisas bibliográficas e estudo de caso. Foi elaborado um modelo de programação linear, considerando dados levantados juntamente com o seu gestor sobre suas disponibilidades de tempo e recursos para produção, assim como suas limitações. A empresa possui particularidades relacionadas à quantidade disponível de matéria-prima, da qual restringe sua produção, além da quantidade máxima de produção das placas com encaixe, devida sua armazenagem exigir cuidados especiais. Destaca-se a importância da utilização da programação linear para tomada de decisões, sejam elas de micro, pequeno, médio ou grande porte. Conclui-se através da analise gráfica a quantidade ideal para produção semanal de placas de modelo simples e com encaixe na empresa.

Palavras-chave: Economia. Placas de gesso. Pequenas empresas. Programação Linear.

ABSTRACT

The article introduces the growth and the importance of micro and small businesses to the national GDP through a survey conducted by the Getúlio Vargas Foundation. The purpose of this study is to seek the maximized profit of a micro company that produces 3D plasterboard for wall coverings, which have different production times. The methodology used for this study was based on bibliographic research and case study. A linear programming model was elaborated, and data was collected with its manager about the time and resources available for production, as well as its limitations. The company has particularities related to the amount of available raw material, which restricts its production, as well as the maximum production

quantity of slabs with sockets since their storage requires exceptional care. Considering all of the facts, the importance of using linear programming to make decisions stand out, whether they are micro, small, medium, or large-sized. The ideal number of simple interlocking boards produced by a company per week can be obtained by graphical analysis.

Keywords: Economy. Plasterboard. Small business. Linear Programming.

1 INTRODUÇÃO

Com base na pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas, contratada pelo SEBRAE (2011) para avaliar a evolução das micro e pequenas empresas na economia brasileira, a pesquisa apresentou que empresas desses portes foram as principais geradoras de riqueza no Comércio no Brasil, correspondendo a 53,4% do PIB do mesmo setor, já no PIB da Indústria, a participação de empresas deste mesmo porte tiveram o valor percentual de 22,5, o que torna esse número bem próximo das empresas de porte médio (24,5%). E no setor de Serviços esse número é ainda mais expressivo 36,3%, o que correspondem a pouco mais de um terço da produção nacional.

Segundo Barreto (2011), presidente do SEBRAE, "os dados demonstram a importância de incentivar e qualificar os empreendimentos de menor porte, inclusive os Microempreendedores Individuais. Isoladamente, uma empresa representa pouco. Mas juntas, elas são decisivas para a economia".

Embora apresentado os números crescentes de micro e pequenas empresas, é preciso o máximo de atenção no desenvolvimento em seu crescimento junto à gestão. Segundo Chiavenato (2008, p.15) "nos novos negócios, a mortalidade prematura é elevadíssima, pois os riscos são inúmeros e os perigos não faltam".

Com base nesse entendimento supõe-se que é indispensável à busca por respostas e soluções que melhorem e otimizem os processos dentro de uma organização, por exemplo, a redução nos tempos processuais e melhor aproveitamento de matérias-primas, contribuem para diminuição de gastos e custos, proporcionando o aumento na lucratividade da empresa, em destaque nas micro e pequenas empresas, que apresentam um menor favorecimento em termos estruturais e de gestão da produção quando comparadas com às grandes empresas do mesmo seguimento.

Portanto, o intuito desse estudo é apresentar de forma objetiva a oportunidade de o empreendedor visualizar a importância da pesquisa operacional para tomada de decisões além da aplicabilidade em diferentes cenários da sua atividade, seja no comércio, indústria ou serviços, de modo que o estudo da Programação Linear contribua nas tomadas de decisões a fim de solucionar problemas operacionais dos mais variados tipos, seja para maximização de lucro, minimização de custos, definições de rotas ou otimização de tempo, por exemplo. Inicialmente será estudado o comportamento de uma micro empresa que fabrica placas 3D para revestimento em paredes e leva o gesso como matéria-prima principal no processo de produção. Serão abordados de forma resumida alguns conceitos de Pesquisa Operacional segundo autores e a sua importância na tomada de decisões aplicando técnicas de programação linear.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pesquisa Operacional

Originada de operações militares a Pesquisa Operacional é composta pelo "uso de técnicas e métodos qualitativos por equipes interdisciplinares, no esforço de determinar a melhor utilização de recursos limitados e para programação das operações" Andrade (2014, p.1).

Conforme definido por Andrade (2014) os militares tinham a necessidade de gerenciar seus recursos para sobrevivência no campo de batalha, sendo alguns deles, seus alimentos, medicamentos, munições, entre outros insumos, a fim de sequenciar seus serviços nas operações. Nas organizações comportamentos como esses não são diferentes, atualmente é necessário o gerenciamento dos recursos disponíveis na empresa, seja financeiro, material, humano, entre tantos outros. A busca pela sobrevivência no mercado frente à concorrência se torna um objetivo fundamental para sua continuidade e existência, ou seja, permanece no mercado aquela que melhor gerenciar seus recursos, maximizando seu lucro e minimizando seus custos.

Maior (2014) afirma que a Pesquisa Operacional pode ser entendida como um método científico para tomada de decisão, onde é mencionado que se o objetivo for encontrar o maior valor possível, tem-se um problema de maximização. Assim como, se o problema for

encontrar o menor valor possível, tem-se um problema de minimização. Ainda segundo o autor, resolver problemas sem o uso da Pesquisa Operacional geram riscos altos de soluções não ótimas, lucros menores e gastos desnecessários de recursos e de tempo.

Sintetizando o conceito, a Pesquisa Operacional tem como base, resolver problemas operacionais e otimizar processos usando modelos matemáticos. Sua aplicação pode ocorrer através da programação linear, da qual fornece dados para um melhor aproveitamento dos recursos além do menor tempo para realização de determinada tarefa, visando minimizar os custos e maximizar os resultados, levando em consideração as restrições e limitações envolvidas no processo.

2.1.1 Programação Linear

A programação linear é uma ferramenta da Pesquisa Operacional que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados, e seu objetivo é a maximização dos resultados e consequentemente a minimização dos custos, levando em consideração todas as restrições (limitações de recursos) envolvidas no processo. Segundo Lachtermacher (2009), define um problema de programação linear (PPL) como um problema de programação matemática onde os objetivos e restrições são lineares.

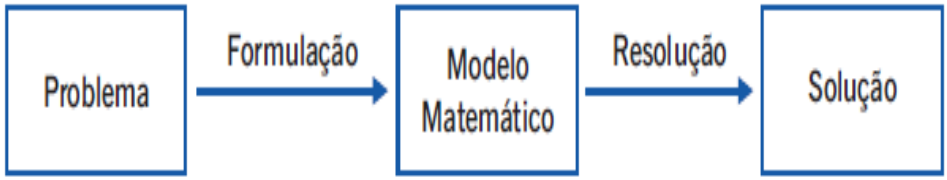
Um dos objetivos da programação linear é a maximização do lucro da empresa que:

> Como o preço varia no tempo, sempre é possível maximizar os objetivos, podendo segmentar o tempo quando o preço for fixo, daí maximizar o lucro para cada segmento. Se o preço variar em relação á quantidade ofertada é possível criar restrições correspondentes a essa variação e encontrar o ponto ótimo para cada nível de preço ofertado. (FROSSARD, 2009, p. 30).

Bragalda et al. (1988) afirma que o objetivo da Programação Linear é encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares.

Maior (2014) diz que para aplicar a Programação Linear nos problemas, são necessárias duas etapas: (1) Formulação do modelo matemático e (2) resolução, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 - Etapas para aplicação da Programação Linear



Fonte: Maior, Pesquisa Operacional, 2014.

Visto a Programação Linear como uma grande ferramenta para o auxílio na tomada de decisões, este estudo abordará a aplicação em uma situação prática de uma micro empresa na fabricação de placas de gesso 3D para revestimentos em paredes, onde será identificada a quantidade ótima na produção de determinado modelo a fim da obtenção da maximização do lucro.

2.1.1.1 Modelagem da Programação Linear

A modelagem matemática é uma fundamental para tomada de decisão. Para realizar a modelagem da Programação Linear é necessário identificar os seguintes pontos:

Objetivo: É necessário definir qual o objetivo pretendido do problema encontrado, por exemplo, se o desejado é aumentar o lucro, tem-se como objetivo a maximização da PPL (1), ou ainda, se o objetivo é a diminuição do tempo de produção, tem-se um PPL de minimização (2). O objetivo da função pode ser representado da seguinte forma:

(1) *Maximização Z*

(2) *Minimização Z*

Variáveis de decisão: São as incógnitas a serem definidas na resolução do problema, por exemplo, a definição da quantidade ótima para cada variável.

$$c_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + \cdots c_{in}x_n$$

Onde,

c_i são $coeficientes\ da\ função\ objetivo$.

Restrições: São fatores que estão fora do poder decisão, por exemplo, uma limitação de matéria-prima para produção de determinado produto, ou ainda, a disponibilidade de horas em um processo de produção, capacidade produtiva de uma determinada máquina. No problema de programação linear, as restrições podem ser definidas da seguinte forma:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots a_{in}x_n \leq b_i$$

Ou

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots a_{in}x_n \geq b_i$$

Ou

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots a_{in}x_n = b_i$$

Onde,

a_{ij}, b_{ij} *são constantes fixas para determinar o valor das variáveis* $x_1, \ldots, x_n$

Condições de não negatividade: São as condições em que as variáveis de decisão obrigatoriamente deverão ser iguais ou maiores do que zero. Representadas pelo modelo abaixo:

$$x_1, x_2 \ldots x_n \geq 0$$

Por fim, o modelo matemático da programação linear pode ser expresso da seguinte forma:

$$\begin{aligned} &Maximização\ Z = c_{i1}x_1 + c_{i2}x_2 + \cdots c_{in}x_n \\ &s.r. \\ &\qquad a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots\ a_{in}x_n \leq b_i \\ &\qquad a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots\ a_{in}x_n \geq b_i \\ &\qquad\qquad \ldots \\ &\qquad a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots\ a_{mn}x_n \geq b_i \\ &x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0 \end{aligned}$$

Observa-se que, para cada programação existe apenas um objetivo, no exemplo, maximização. Enquanto que para as restrições não existe limite, podendo ter várias restrições para o mesmo modelo, sendo ele de maximização ou minimização.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Será analisada nesse artigo a produção semanal de placas 3D em gesso de uma micro empresa situada no interior do Estado de São Paulo, que atualmente produz seis modelos de placas em duas medidas diferentes, das quais o impactam diretamente no processo produtivo com relação ao tempo e consumo de matéria-prima.

O objetivo principal desse estudo é maximizar o lucro da empresa utilizando a ferramenta de Programação Linear, assim como, analisar os resultados graficamente a fim de auxiliar seu gestor na solução ótima da sua produção.

Os tipos de pesquisa adotados neste trabalho foram pesquisas bibliográficas e o estudo de caso.

Foi utilizada a pesquisa bibliográfica com o objetivo de conceituar a Pesquisa Operacional assim como a Programação Linear. Que segundo Gil (2002, pg. 44), "a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos".

Já o estudo de caso, Gil (2002, pg. 54) afirma que os "propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados".

Segundo Laville e Dionne (1999) apontam que a principal vantagem no estudo de caso, está relacionada na possibilidade de aprofundamento do objeto de estudo, pois existe uma concentração direcionada ao caso visado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento de dados

Foram levantados dados que envolvem a fabricação das placas 3D de gesso junto ao gestor da empresa, que apresentaram dois modelos fabricados pela empresa, conforme as figuras 2 e 3.

Figura 2 – Placa 3D – Modelo simples



Fonte: Próprio autor.

Figura 3 - Placa 3D - Modelo com encaixe



Fonte: Próprio autor.

Além dos modelos, foram apresentados dados referentes ao tempo gasto no processo de produção de cada modelo, seu consumo de matéria-prima por peça, quantidade disponível de matéria-prima e a disponibilidade de horas para produção (tabela 1), assim como os custos de produção e a lucratividade por peça vendida contidos na tabela 2.

Tabela 1 - Capacidade produtiva da empresa

Modelo	Tempo de produção em horas (Unid.)	Consumo de gesso em kg (Unid.)	Moldes disponiveis (Unid.)	Quantidade minima de peças em estoque (Unid.)	Quantidade máxima de peças em estoque (Unid.)	Quantidade disponivel de gesso em kg (semanal)	Horas disponiveis para produção (semnal)
Simples	0,20	0,730	20	200	0	12.000	36h
Com encaixe	0,25	0,550	10	500	1.200		

Fonte: Próprio autor.

Observando os dados na tabela 1, percebe-se que o tempo de produção da placa de modelo com encaixe exige um tempo maior, três minutos superiores em relação à placa de modelo simples, essa diferença se explica por conta da dificuldade de desenforma-la, pois seus encaixes dificultam o processo tornando-as delicadas, exigindo cuidados para que a peça finalize com qualidade.

A empresa necessita de um estoque mínimo para reposição de peças, tanto para o modelo simples, quanto para o modelo com encaixe. Já para o estoque máximo, a empresa limita em 1.200 unidades os modelos com encaixe, devido ao seu espaço de armazenamento e preservação da peça.

Com relação à quantidade de matéria-prima disponível para fabricação das peças, a empresa conta com entregas semanais de 300 sacos de gesso, o equivalente a 12.000kg.

A informação referente à disponibilidade de horas para produção considerou 6h30 de segunda à sexta-feira e mais 3h30 aos sábados, totalizando 36h semanais.

Tabela 2 - Informações Financeiras

Modelo	Custo de produção (Unid.)	Lucratividade (Unid.)	Preço de venda
Simples	R$ 3,25	R$ 3,65	R$ 6,90
Com encaixe	R$ 4,15	R$ 3,85	R$ 8,00

Fonte: Próprio autor.

Na tabela 2, foram extraídas informações referentes ao custo de produção por unidade, lucro por peça e preço de venda de cada unidade.

4.2 Modelando o Problema de Programação Linear (PPL)

O objetivo principal do PPL é maximizar o lucro de acordo com a quantidade fabricada de cada modelo, considerando que a empresa atenda sua demanda realizando as vendas das quantidades mínimas mencionadas na tabela 1.

Para isso é necessário analisar os dados da tabela 1 e assim realizar a modelagem de suas limitações (denominadas como restrições).

De acordo com os dados disponibilizados, é possível supor que a empresa possui limitações referentes à disponibilidade semanal de matéria-prima e a quantidade de horas para produzir, assim como exigências relacionadas às quantidades de placas que deverão ter em seu estoque. Abaixo, tem-se a função modelada onde, Z representa o lucro máximo total da empresa nas condições mencionadas anteriormente.

$$Função\ Objetivo \{\ \ Maximização\ Z = 3{,}65x_1 + 3{,}85x_2$$

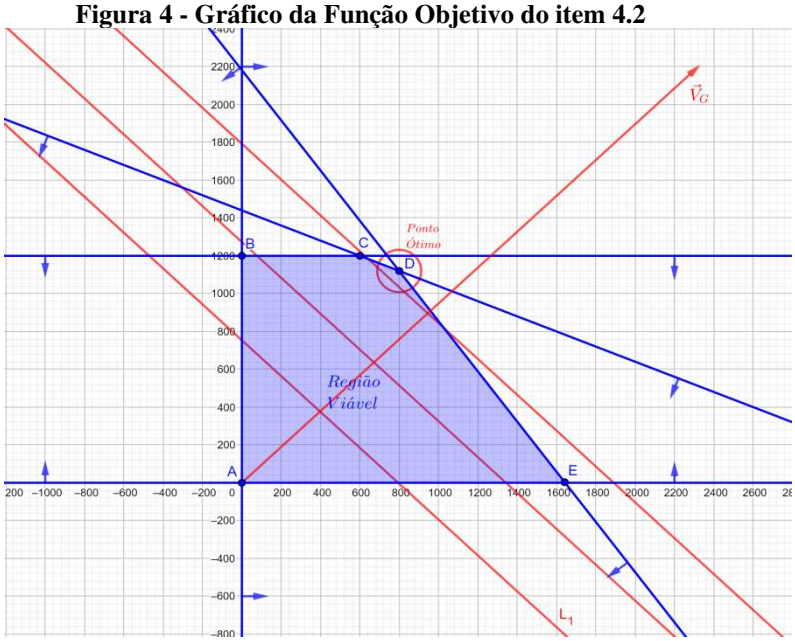
$$s.r.$$

INTERFACE TECNOLÓGICA

$$Restrições \begin{cases} 0{,}730x_1 + 0{,}550x_2 \leq 12000 \\ 0{,}01x_1 + 0{,}025x_2 \leq 36 \\ x_2 \leq 1200 \\ x_1;\ x_2 \geq 0 \end{cases}$$

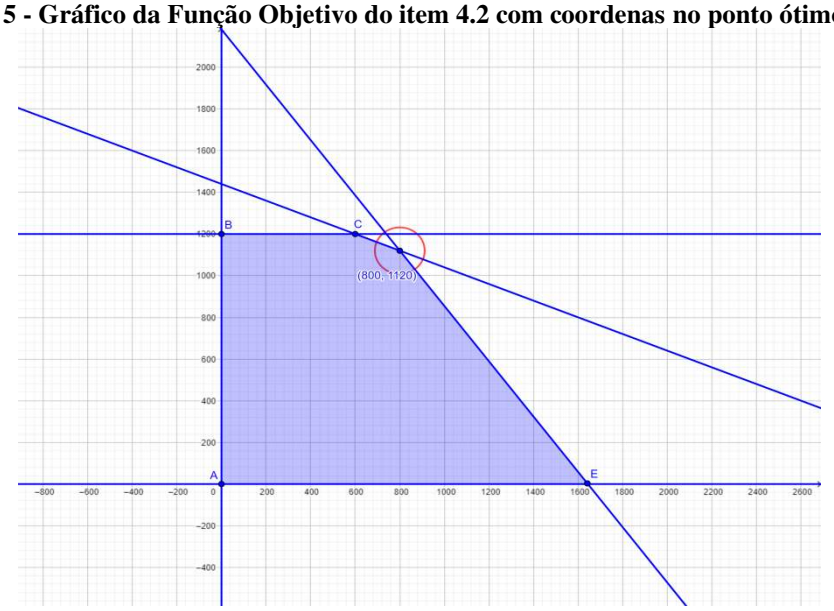
4.3 Analise gráfica do PPL

Figura 4 - Gráfico da Função Objetivo do item 4.2



Fonte: Próprio autor

Figura 5 - Gráfico da Função Objetivo do item 4.2 com coordenas no ponto ótimo



Fonte: Próprio autor

Analisando graficamente o Problema de Programação Linear nas condições pré-estabelecidas da empresa, percebe-se que o gráfico indica a região viável da produção, na qual representa a intersecção das regiões definidas tanto para o conjunto de restrições, quanto pelas condições de não negatividade das variáveis, sendo elas definidas no gráfico como ponto A (0,0), B (0,1200), C (600,1200), D (800, 1120) e ponto E (1638.66, 6.87).

Ao analisar o gráfico da figura 4, percebe-se que as curvas de nível L1, L2 e L3 desprezam os pontos A, B, C e E, isso representa que esses não são os pontos que maximizarão o lucro da empresa. Abaixo, podem representa-los na tabela 3 a fim de comprovar tal afirmação.

Tabela 3 - Cálculo do lucro total

$Função\ Objetivo: Max\ Z = 3{,}65x_1 + 3{,}85x_2$				
Ponto	**Coordenada**		**Lucro total**	
	x	**y**		
A	0	0	R$	-
B	0	1200	R$	4.620,00
C	600	1200	R$	6.810,00
D	800	1120	**R$**	**7.232,00**
E	1638,66	6,87	R$	6.007,56

Fonte: Próprio autor

Portanto, conclui-se que, para a empresa operar com o lucro máximo em sua produção semanal nas condições operacionais pré-estabelecidas, ela deverá produzir 800 unidades de placas modelo simples e 1.120 unidades de placas modelos com encaixe.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo levantado, conclui-se que o objetivo foi alcançado com a elaboração de um modelo de programação linear que, permitiu a visualização da maximização do lucro da micro empresa na produção de placas 3D de gesso para revestimento em paredes. Foram encontrados resultados elucidativos através da modelagem e analise gráfica, concluindo o objetivo principal do caso, a maximização do lucro.

O estudo levou como base as limitações da empresa com relação ao tempo de utilização na produção das placas, o tempo disponível para produção, assim como a quantidade de recursos relacionados à matéria-prima.

Destaca-se que o fator restringente para o estudo desse caso refere-se diretamente à sua natureza, ou seja, o estudo é especifico e determinado para este caso, não permitindo a generalização de seus resultados para empresas do mesmo seguimento, tal fato se dá por conta da variância das limitações aqui aplicadas e as diferenças de cenários.

Mediante ao estudo de caso do problema proposto, é importante destacar a relevância da programação linear como ferramenta para tomada de decisões, da qual permite a visualização de diferentes cenários no âmbito produtivo, assim como a melhor opção de operação. Conclui-se que as ferramentas computacionais e conhecimentos de programação linear são importantes no auxílio na tomada de decisão pelos gestores das empresas sejam elas de micro, pequeno, médio ou grande porte.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

BREGALDA, P. F. et al. **Introdução à Programação Linear**. 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 61 p.

CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo: Dando asas ao espírito empreendedor.** 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

FROSSARD, A. C. **Programação Linear: Maximização de Lucro e Minimização de Custos**. Revista Científica da Faculdade Lourenço Filho - v.6, n.1, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

SEBRAE. **Micro e pequenas empresas geram 27% do PIB no Brasil**. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/mt/noticias/micro-e-pequenas-empresas-geram-27-do-pib-do-brasil,ad0fc70646467410VgnVCM2000003c74010aRCRD>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MAIOR, C. D. S. **Pesquisa Operacional**. 3.ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração, 2014.