

APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA MINIMIZAÇÃO DE CUSTO COM COMPRA E ESTOQUE DE PEÇAS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOBILÍSTICO

Davi Paiva Ferraz (UEPA) davipaivaferraz@gmail.com
Ranna Dourado Barbosa Costa (UEPA) _douradoranna@gmail.com
Mariana Gomes Magalhães (UEPA) marimagalhaes.483@gmail.com

Resumo:

A pesquisa operacional permite solucionar problemas reais e práticos com base na formulação de um modelo matemático. O objetivo deste artigo foi utilizar a programação linear para analisar o setor de venda de peças em uma empresa do ramo automobilístico localizada em Marituba – PA, de forma a minimizar os custos relacionados à compra e estocagem das dez peças mais vendidas, realizando um estudo de caso com os dados fornecidos pela própria empresa. Após o tratamento e análise dos dados, elaborou-se a função objetivo com suas respectivas restrições. O resultado ótimo do estudo foi obtido utilizando a ferramenta solver do Microsoft Excel®, mostrando uma diferença de quase R\$ 10.000,00 entre o valor real utilizado para a compra de peças e o valor ótimo encontrado.

Palavras chave: Pesquisa Operacional, Minimização de custos, Ramo automobilístico, estoque de peças.

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING TO REDUCE COSTS WITH PURCHASE AND STORAGE OF PARTS: A CASE STUDY IN AN AUTOMOBILE COMPANY

Abstract:

The use of operational research allows real and practical problems to be solved by the formulation of a mathematical model. The objective of this article was to use linear programming to analyse the parts selling sector of a automobile company located in Marituba – PA, in order to minimize the costs related to the purchase and storage of the ten most sold parts, carrying out a case study with the data provided by the company itself. After the treatment and analysis of the data, the objective function was elaborated with its respective constraints. The optimal result of the study was obtained using the microsoft excel® solver tool, showing a difference of almost r\$ 10,000.00 between the actual value used for the purchase of parts and the optimum value found.

Key-words: Operational Research, Costs Reduction, Automobile sector, Storage of parts.

1. Introdução

Em tempos de recessão econômica, é comum encontrar empresas que precisam sobrepor dificuldades impostas pela crise e adequar-se a um mercado cada vez mais exigente. É importante para elas que desenvolvam maneiras de aprimorar a qualidade, como fator atrativo

de clientes, tornando-se, dessa maneira, competitivas, e dessa forma assegurar uma gestão que garanta resultados com o menor custo e maior lucro possíveis.

Um dos setores que mais sofreu com a crise foi o ramo automobilístico, e inserido nele, o mercado de autopeças. Tal setor apresentou mais de treze mil postos de trabalho eliminados, e queda de 13,3% no faturamento líquido nominal. Estes dados apontam que a sobrevivência de empresas neste setor depende cada vez mais de um bom gerenciamento da produção (SEBRAE, 2015).

A Pesquisa Operacional se apresenta então como um dos meios de gerenciar a produção de um bem ou serviço que pode ajudar a empresa a obter melhores resultados. É definida como a aplicação de métodos científicos para a resolução de problemas complexos, e o uso de suas ferramentas pode diminuir os custos de produção, maximizar os lucros e também ajudar na tomada de decisão no que se refere à gestão e alocação de recursos disponíveis (YANASSEE et al., 2007).

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de formulação matemática para minimização de custos com compra e alocação de estoque no setor de venda de autopeças em uma empresa do ramo automobilístico. A empresa estudada se localiza no município de Marituba – PA e possui mais de 30 anos de experiência no mercado.

2. Referencial Teórico

2.1 Pesquisa Operacional

Para Hillier e Lieberman (2006), a origem da Pesquisa Operacional pode ser atribuída às atividades militares durante a Segunda Guerra Mundial. Devido à escassez dos recursos em tempo de guerra, havia a necessidade de alocação eficiente para as diversas operações militares. Com o término da guerra, a Pesquisa Operacional tomou um rumo diferente, passando a fazer parte do contexto industrial. Foi durante esse período que a programação linear, programação dinâmica, teoria das filas e teoria do inventário, que são ferramentas padrão de PO, se desenvolveram.

De acordo com Taha (2007), a pesquisa operacional deve ser vista como a ciência que utiliza métodos matemáticos para a resolução de problemas. Porém, em situações reais é difícil prescrever ações específicas acerca de fatores considerados intangíveis, para isto ser atingido, a resolução de qualquer problema em PO deve seguir as seguintes diretrizes gerais:

- Definição do problema de interesse e coleta de dados;
- Formulação de um modelo matemático que represente o problema;
- Desenvolver um método computacional para solução do problema;
- Validação do modelo;
- Preparar para a aplicação;

Todos os passos supracitados serão seguidos neste trabalho, com a finalidade de sequenciar melhor o estudo, descrevendo cada atividade.

2.2 Processo de Modelagem

O processo de modelagem consiste em uma análise de um problema real e na criação de um modelo matemático que represente fielmente este problema. Para Morabito (2008), a construção deste modelo deve apresentar um vasto detalhamento e ao mesmo tempo ser simples o suficiente para a utilização de métodos de resolução conhecidos.

Por meio do processo de modelagem, pode-se entender e conhecer o objeto estudado. A partir do momento que elementos antes não compreendidos do problema são quantificados e examinados, é possível analisar alternativas de configurações e também experimentar cenários, o que não é desejado com o sistema de real. De forma geral, o modelo matemático tem como principal objetivo o apoio à análise de decisão para a solução de um problema (RAGSDALE, 2009).

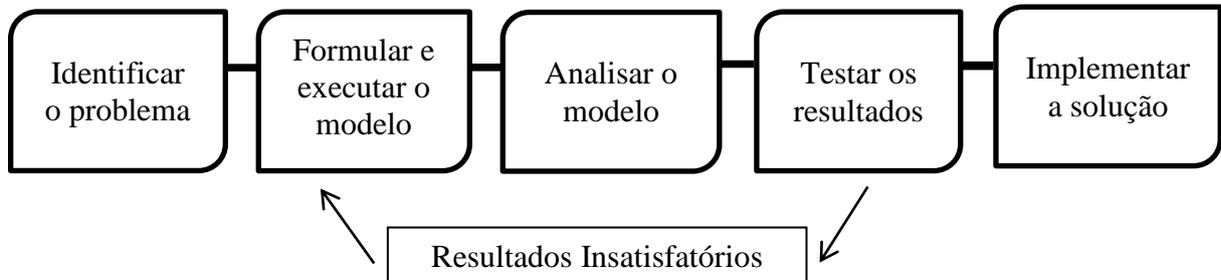


Figura 1 – Etapas da modelagem.

Fonte: Adaptado de Ragsdale (2009).

2.3 Estrutura de modelos matemáticos

O modelo matemático é formado por uma função objetivo, por variáveis de decisão e por restrições técnicas do problema (SILVA, 2010). De acordo com Morabito (2008), o modelo matemático irá representar diferentes abordagens e escolhas para o problema na forma de variáveis de decisão, que podem representar valores de produção, de custo e de compra, ou seja, aquilo que o problema estiver analisando.

A função objetivo é uma equação que envolve todos os fatores identificados e representa a situação sob uma perspectiva geral. E ainda existem as restrições que representam limitações existentes dentro do âmbito empresarial do modelo, como quantidade de matéria-prima disponível, quantidade de mão de obra para realização de trabalho, quantidade de capital que pode ser investido, espaço para estoque limitado, entre outros. Em cada caso, a restrição é apresentada em forma de função que deve ser maior ou igual a, menor ou igual a, ou igual a um valor específico (RAGSDALE, 2009).

2.4 Programação Linear

A programação linear é um método de resolução da função objetivo que atribui valores para as variáveis de decisão, estando estas sujeitas às restrições do problema. Logo, a solução da programação linear será um ponto que dentro de uma região factível das equações, satisfaz todas as restrições (LEWIS, 2008). Além disso, a programação linear trata da otimização da função objetivo, buscando a sua minimização ou maximização, encontrando um resultado ótimo. Por ótimo entende-se que não há outra solução que seja melhor do que a oferecida.

Para Luenberger e Ye (2015), o principal benefício do uso da programação linear é o fornecimento de uma melhor estrutura para análise. Ela se torna de extrema importância para tomada de decisões em problemas como fabricação de produtos, alocação de recursos, atendimento ao público e transporte e armazenagem de mercadorias, entre outras situações. Dessa forma, a programação linear deve ser observada como uma ferramenta de conceptualização e análise e não como apenas uma forma de encontrar a solução correta.

3. Metodologia

Este trabalho se caracteriza como um estudo de caso, pois, de acordo com Gil (2002), um estudo de caso se baseia no estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a obter um detalhado conhecimento sobre ele. Aplicando o conceito a esta pesquisa, o objeto estudado é a empresa do ramo de automóveis.

3.1 A empresa

A empresa na qual o estudo foi aplicado é do ramo vendas, locação e serviços em geral de automóveis, inaugurada no ano de 1991 em Marituba – PA. Durante o período da pesquisa, a empresa tinha recém mudado de endereço, passando a ocupar um espaço de quase o dobro do tamanho do anterior. Com isso, a empresa conseguiu adaptar ao seu novo espaço uma espécie de vitrine: os automóveis a pronta entrega ficam expostos, provocando interesse no cliente.

Além disso, no espaço interno, há a possibilidade de instalação de um showroom e um espaço considerável de oficina. As peças, as quais podem ser usadas em manutenção ou vendidas separadamente para um cliente, são mantidas em um depósito sem restrições de capacidade de armazenagem. Ao conversar com os colaboradores da empresa, é possível perceber que o novo espaço não trouxe apenas os benefícios de dimensão, mas também vantagens estratégicas. Agora, a empresa se localiza em um ponto mais próximo de seus concorrentes, aumentando sua visibilidade e potencial competitivo.

3.2 Venda de Peças

Neste setor, as peças são compradas diretamente da fábrica para distribuição, onde permanecem guardadas em estoque, até que exista demanda e somente então são vendidas, a demanda acontece quando determinada máquina entra em manutenção ou quando um cliente requer certa peça para compra avulsa. A compra de peças para armazenagem em estoque não segue um processo metodológico e certo, mas sim um processo dedutivo, ou seja, a responsável pelo ramo faz os pedidos da fábrica com base nos dados históricos registrados. Isso é um problema para a empresa, pois, se a demanda for maior do que a capacidade de atendimento, o cliente terá o trabalho de esperar a empresa entrar com o pedido das peças e esperar novamente que as peças cheguem ao local. Assim, o objetivo do estudo é propor melhorias na gestão de custos no ramo de venda de peças.

4. Estudo de Caso

4.1 Coleta de dados

Para a coleta de dados, foi realizada uma reunião com os gestores da empresa e com a representante do setor de venda de peças. Durante a primeira visita, foram apresentados seus principais serviços (venda e locação de automóveis, manutenção e venda de peças) no qual se decidiu trabalhar com o setor de venda de peças. No entanto, a possibilidade de estudar os outros setores da empresa futuramente não foi descartada, visto que seus resultados também melhorariam a gestão.

A partir dos dados apresentados, foi resolvido qual seria a função objetivo e as restrições do problema, e então as equações foram elaboradas. No estudo, será trabalhado inicialmente com as 10 peças mais vendidas em ordem decrescente: filtro lubrificante, filtro da transmissão, retentor de óleo, filtro de óleo da transmissão, rolamento, elemento de ar externo, bomba d'água, junta da tampa de válvula, cilindro mestre freio e junta cabeçote. Para a função objetivo, levou-se em consideração a minimização de custos relacionados à compra de peças (explicado anteriormente) e quantidade de peças compradas. Finalmente, as restrições foram

elaboradas com base nos limites de demanda, de balanço de estoque, de estoque de segurança e de capital.

Peça	Custo Unitário	Custo de Estoque	Demanda por mês
Filtro Lubrificante	7,25	0,44	11 (fev.); 16 (mar.); 10 (abr.)
Filtro da transmissão	79,67	0,44	7 (fev.); 11 (mar.); 4 (abr.)
Retentor de óleo	112,30	0,44	6 (fev.); 8 (mar.); 0 (abr.)
Filtro de óleo da transmissão	67,63	0,44	2 (fev.); 5 (mar.); 3 (abr.)
Rolamento cônico externo	44,59	0,44	1 (fev.); 6 (mar.); 1 (abr.)
Elemento de ar externo	35,50	0,44	1 (fev.); 3 (mar.); 3 (abr.)
Bomba d'água	139,37	0,44	1 (fev.); 2 (mar.); 2 (abr.)
Junta da tampa da válvula	33,37	0,44	2 (fev.); 2 (mar.); 1 (abr.)
Cilindro mestre	118,42	0,44	1 (fev.); 3 (mar.); 1 (abr.)
Junta Cabeçote	89,20	0,44	1 (fev.); 1 (mar.); 1 (abr.)

Fonte: Autores (2017)

Tabela 1 – Dados das peças mais vendidas

4.2 Modelo Matemático

Função objetivo:

$$\sum_{i=1}^3 C_1 X_{1i} + \sum_{i=1}^3 C_2 X_{2i} + \sum_{i=1}^3 C_3 X_{3i} + \sum_{i=1}^3 C_4 X_{4i} + \sum_{i=1}^3 C_5 X_{5i} + \sum_{i=1}^3 C_6 X_{6i} + \sum_{i=1}^3 C_7 X_{7i} + \sum_{i=1}^3 C_8 X_{8i} + \sum_{i=1}^3 C_9 X_{9i} + \sum_{i=1}^3 C_{10} X_{10i} + \sum_{i=1}^3 EF_1 H_{1i} + \sum_{i=1}^3 EF_2 H_{2i} + \sum_{i=1}^3 EF_3 H_{3i} + \sum_{i=1}^3 EF_4 H_{4i} + \sum_{i=1}^3 EF_5 H_{5i} + \sum_{i=1}^3 EF_6 H_{6i} + \sum_{i=1}^3 EF_7 H_{7i} + \sum_{i=1}^3 EF_8 H_{8i} + \sum_{i=1}^3 EF_9 H_{9i} + \sum_{i=1}^3 EF_{10} H_{10i}$$

Sendo:

Variáveis de decisão	Variáveis de custo	
X_{1i} : Quantidade de filtro lubrificante no mês i	C_1 : Custo de compra	H_1 : Custo de estoque
X_{2i} : Quantidade de filtro da transmissão no mês i	C_2 : Custo de compra	H_2 : Custo de estoque
X_{3i} : Quantidade de retentor de óleo no mês i	C_3 : Custo de compra	H_3 : Custo de estoque
X_{4i} : Quantidade de filtro de óleo no mês i	C_4 : Custo de compra	H_4 : Custo de estoque
X_{5i} : Quantidade de rolamento no mês i	C_5 : Custo de compra	H_5 : Custo de estoque
X_{6i} : Quantidade de elemento de ar no mês i	C_6 : Custo de compra	H_6 : Custo de estoque
X_{7i} : Quantidade de bomba d'água no mês i	C_7 : Custo de compra	H_7 : Custo de estoque
X_{8i} : Quantidade de junta de válvula no mês i	C_8 : Custo de compra	H_8 : Custo de estoque
X_{9i} : Quantidade de cilindro mestre no mês i	C_9 : Custo de compra	H_9 : Custo de estoque
X_{10i} : Quantidade de junta cabeçote no mês i	C_{10} : Custo de compra	H_{10} : Custo de estoque

Fonte: Autores (2017)

Tabela 2 – Legenda das variáveis

Sujeito às restrições:

a) De demanda:

$X1i \leq$ Demanda mensal de filtro lubrificante no mês i ; $X2i \leq$ Demanda mensal de filtro da transmissão no mês i ; $X3i \leq$ Demanda mensal de retentor de óleo no mês i ; $X4i \leq$ Demanda mensal de filtro de óleo da transmissão no mês i ; $X5i \leq$ Demanda mensal de rolamento no mês i ; $X6i \leq$ Demanda mensal de elemento de ar externo no mês i ; $X7i \leq$ Demanda mensal de bomba d'água no mês i ; $X8i \leq$ Demanda mensal de junta da tampa de válvula no mês i ; $X9i \leq$ Demanda mensal de cilindro mestre no mês i ; $X10i \leq$ Demanda mensal de junta cabeçote no mês i .

b) De restrição de balanço de estoque:

Fevereiro	Março	Abril
$EI_{11} + X_{11} - D_{11} = EF_{11}$	$EI_{12} + X_{12} - D_{12} = EF_{12}$	$EI_{13} + X_{13} - D_{13} = EF_{13}$
$EI_{21} + X_{21} - D_{21} = EF_{21}$	$EI_{22} + X_{22} - D_{22} = EF_{22}$	$EI_{23} + X_{23} - D_{23} = EF_{23}$
$EI_{31} + X_{31} - D_{31} = EF_{31}$	$EI_{32} + X_{32} - D_{32} = EF_{32}$	$EI_{33} + X_{33} - D_{33} = EF_{33}$
$EI_{41} + X_{41} - D_{41} = EF_{41}$	$EI_{42} + X_{42} - D_{42} = EF_{42}$	$EI_{43} + X_{43} - D_{43} = EF_{43}$
$EI_{51} + X_{51} - D_{51} = EF_{51}$	$EI_{52} + X_{52} - D_{52} = EF_{52}$	$EI_{53} + X_{53} - D_{53} = EF_{53}$
$EI_{61} + X_{61} - D_{61} = EF_{61}$	$EI_{62} + X_{62} - D_{62} = EF_{62}$	$EI_{63} + X_{63} - D_{63} = EF_{63}$
$EI_{71} + X_{71} - D_{71} = EF_{71}$	$EI_{72} + X_{72} - D_{72} = EF_{72}$	$EI_{73} + X_{73} - D_{73} = EF_{73}$
$EI_{81} + X_{81} - D_{81} = EF_{81}$	$EI_{82} + X_{82} - D_{82} = EF_{82}$	$EI_{83} + X_{83} - D_{83} = EF_{83}$
$EI_{91} + X_{91} - D_{91} = EF_{91}$	$EI_{92} + X_{92} - D_{92} = EF_{92}$	$EI_{93} + X_{93} - D_{93} = EF_{93}$
$EI_{101} + X_{101} - D_{101} = EF_{101}$	$EI_{102} + X_{102} - D_{102} = EF_{102}$	$EI_{103} + X_{103} - D_{103} = EF_{103}$

Fonte: Autores (2017)

Tabela 3 – Balanço de estoque

Em que, $EIni$ é o estoque inicial da peça n no mês i , Dni é a demanda da peça n no mês i e $EFni$ é o estoque final da peça n no mês i . Considerando a relação fundamental de estoques, na qual o estoque final do mês atual será igual ao estoque inicial do próximo mês, temos que:

$$EFni = EIni + 1$$

Constituindo que a variável n identifica a peça trabalhada e varia de 1 a 10, e i corresponde ao mês, variando de 1 a 3.

c) Estoque de segurança:

De acordo com dados fornecidos pela empresa, sabe-se que o valor mínimo de uma peça em estoque é de duas unidades. Sendo assim, o valor dos estoques finais para cada peça mensalmente deverá ser maior ou igual a 2, respeitando o estoque de segurança.

d) De capital disponível:

O capital é limitado mensalmente para os meses 1, 2 e 3 conforme as equações abaixo, respectivamente:

$$C1X11 + C2X21 + C3X31 + C4X41 + C5X51 + C6X61 + C7X71 + C8X81 + C9X91 + C10X101 \leq R\$ 1.811,00.$$

$$C1X12 + C2X22 + C3X32 + C4X42 + C5X52 + C6X62 + C7X72 + C8X82 + C9X92 + C10X102 \leq R\$ 1.811,00.$$

$$C1X13 + C2X23 + C3X33 + C4X43 + C5X53 + C6X63 + C7X73 + C8X83 + C9X93 + C10X103 \leq R\$ 1.811,00.$$

Para desenvolver o método computacional de modelos matemáticos simples, destacam-se os programas Excel® da Microsoft e o *What's Best* da LINDO (*Linear, Interactive, and Discrete Optimizer*). Neste estudo, utilizou-se a ferramenta *Solver* do Microsoft Excel®.

5. Resultados e Discussão

Com o uso da ferramenta *Solver*, foi possível resolver o modelo de forma a minimizar a função objetivo e assim encontrar os seguintes resultados ótimos, que otimizaram os custos para a quantidade de peças compradas nos meses de fevereiro, março e abril.

Ao lado do resultado ótimo, dentro de parêntesis encontram-se os valores reais que foram apresentados pela empresa da quantidade de cada peça comprada em cada mês, o que irá permitir uma melhor análise dos dois cenários.

Peça	Fevereiro	Março	Abril	Estoque Inicial
Filtro Lubrificante	0 (0)	2 (48)	10 (32)	27
Filtro da transmissão	0 (8)	8 (10)	4 (20)	12
Retentor de óleo	0 (0)	0 (20)	0 (10)	29
Filtro de óleo da transmissão	0 (1)	0 (0)	0 (6)	16
Rolamento Cônico Externo	0 (0)	0 (8)	0 (8)	15
Elemento de ar externo	0 (0)	0 (10)	0 (11)	13
Bomba d'água	0 (0)	2 (3)	2 (2)	4
Junta da tampa da válvula	0 (0)	0 (4)	0 (0)	10
Cilindro Mestre	0 (0)	0 (6)	0 (7)	9
Junta Cabeçote	0 (0)	0 (2)	1 (2)	4

Fonte: Autores (2017)

Tabela 4 – Estoque Inicial e Resultados encontrados.

A tabela acima apresenta a solução ótima com o custo mínimo igual a R\$ 1.783,44. No entanto, sabe-se que este cenário é apenas o ideal e não condiz ao que ocorreu na empresa de fato. Os valores representados dentro de parêntesis correspondem ao que realmente foi comprado de cada peça, e apresentam um custo estimado em R\$ 11.687,12. Percebe-se então que a utilização do modelo poderia ter reduzido os custos com compra de peças para a empresa em R\$ 9.903,68.

Dentro deste custo total que a empresa teve, destacam-se as peças filtro da transmissão, retentor de óleo e cilindro mestre por estas representarem em seus pedidos de compra uma quantia de R\$ 7.935,92. Com um cenário muitas vezes instável em relação à demanda (situação encontrada na empresa) torna-se arriscado trabalhar com pouca compra de peças. Porém foi percebido que estas aquisições atingiram valores mais altos do que o necessário, e

principalmente para estas três peças apresentadas deve-se ter um controle maior, por terem representado aproximadamente 70% do custo com compra nesse trimestre.

Como a utilização de estoque aumenta os custos, o modelo procurou reduzir todos ao seu limite mínimo, definido pelo estoque de segurança como um valor igual a duas unidades para cada tipo de peça. Por esse motivo, foi apontado que o melhor a se fazer para grande parte das peças seria não efetuar compra, dada a grande quantidade de peças em estoque inicial.

Portanto, para os três meses analisados, as peças retentor de óleo, filtro de óleo da transmissão, rolamento cônico externo, elemento de ar externo, junta da tampa da válvula, cilindro mestre não apresentaram necessidade de reposição.

Se for feita uma análise mensal dos custos com compra de peças, de acordo com o resultado ótimo gerado pelo modelo, percebe-se que não houve custo em fevereiro, e os custos nos meses de março e abril foram respectivamente R\$930,6 e R\$759,12, deixando uma folga de capital, em relação ao custo máximo que poderia ser usado, de aproximadamente R\$3.743, que poderia ser usado para investimentos na empresa, pagamento de folha salarial, bonificações, entre outras possibilidades.

6. Conclusão

Este trabalho abordou a Pesquisa Operacional como meio de gerenciamento de produção para ajudar a empresa a obter melhores resultados. A partir da comparação entre os dados reais da empresa e o resultado otimizado do modelo proposto, conclui-se que o estudo conseguiu atingir seu objetivo de apresentar uma formulação matemática para minimizar os custos de compra e estocagem do setor de venda de peças da empresa estudada.

O resultado do modelo matemático mostrou que, caso a empresa adotasse o que fora proposto, seus custos com compra e estoque de peças poderiam ter uma redução de 84,74%, deixando de ser de R\$ 11.687,12 para ser de R\$ 1.783,44. Também apontou que, dentre as peças analisadas, as de maior preocupação são filtro da transmissão, retentor de óleo e cilindro mestre, por apresentarem em seus pedidos reais as maiores quantidades, quando comparado ao resultado otimizado. Além disso, o estudo indicou que, reduzindo o número de peças compradas ao mínimo necessário para atender a demanda, o estoque se reduz e, conseqüentemente, os custos de estocagem também.

Como proposta futura, indica-se a extensão da aplicação do modelo a todas as peças vendidas, o que – caso seja aplicado – possibilitará à empresa a oportunidade de reduzir significativamente seus custos nesse setor. Tal redução de custos permitirá que a empresa tenha maior lucro e mais recursos disponíveis para investimentos. Além disso, também destaca-se o estudo de previsão de demanda no setor de venda e locação de automóveis, visto que é um setor fundamental para a empresa.

Referências Bibliográficas

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

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. 8ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

LEWIS, C. *Linear Programming: Theory and Applications*. Whitman College Mathematics Department, 2008.

LUENBERGER, D. G.; YE, Y. *Linear and nonlinear programming*. 4ª ed. New York: Springer, 2016.

MORABITO, R. Pesquisa Operacional. In: BATALHA, M. O. *Introdução à engenharia de produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

RAGSDALE, C. T. *Modelagem e análise de decisão*. Cengage Learning. Edição revisada. 2009. São Paulo.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresa. *Boletim de Inteligência: Mercado de autopeças*, 2015. Disponível em <
<[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/960e4477c82d8031c7f345a349cc1b7c/\\$File/5847.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/960e4477c82d8031c7f345a349cc1b7c/$File/5847.pdf)>. Acesso em abr. 2017.

SILVA, E. M. et. al. *Pesquisa operacional: para os cursos de administração e engenharia*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

TAHA, H.A. *Operations Research: An Introduction*. 8ª Ed. New York: Pearson, 2007.

YANASSE, H.; ARENALES, M.; MORABITO, R.; ARMENTANO, V. *Pesquisa operacional para cursos de engenharia*. Editora Campus, 2007.