

UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL PARA A MAXIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO DE UMA EMPRESA DE RECAPAGEM DE PNEUS LOCALIZADA EM MARABÁ-PA



Mateus Braga Bressan (UEPA)

mb-bressan@outlook.com

Tassio Felipe Alves de Oliveira (UEPA)

tassio-felipe@hotmail.com

winicius de souza oliveira (UEPA)

winicios_oliveira@hotmail.com

DARLEM MARINHO SAMPAIO (UEPA)

darlem_sampaio@hotmail.com

JANINE CAMPOS BOTELHO (UEPA)

Jannybotelho@gmail.com

Este artigo teve como objetivo expor o uso da Pesquisa Operacional na maximização do rendimento em uma empresa de recapagem de pneus localizada em Marabá- PA. O estudo foi realizado com o auxílio da ferramenta Solver do Microsoft Office Excel. Depois de estabelecer todas as variáveis de decisão, os recursos e suas restrições, formulou-se um problema matemático para encontrar a solução que maximiza o rendimento da organização. Aplicando as formulas na ferramenta, percebeu-se que para maximizar o rendimento até o mais próximo do ótimo, é necessário que a mesma fabrique 626 pneus do tipo grande e nenhum pneu do tipo pequeno. Com isso ela conseguirá atingir um desempenho de 281.927,71 reais.



Palavras-chave: Pesquisa Operacional, Solver, maximizar, rendimento

1. Introdução

Atualmente as empresas e indústrias estão buscando aperfeiçoar cada vez mais seus processos produtivos, a fim de atender as exigências do mercado com o menor custo e maior lucratividade possível. Para maximizar receitas ou minimizar custos é aplicado um estudo que auxilia na gestão de recursos, sejam eles, humanos, materiais ou financeiros. Esse estudo é denominado Pesquisa Operacional (PO).

Prado (1999) define PO como uma ciência que objetiva fornecer ferramentas quantitativas ao processo de tomada de decisões. Para Loesch e Hein (1999) PO é uma ciência que estrutura processos, propondo um conjunto de alternativas, fazendo a previsão e comparação de valores, eficiência e de custos.

Para Silva et al (1998) pesquisa operacional consiste, em linhas gerais, na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através da experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema.

A Pesquisa Operacional (PO) oferece uma variedade de ferramentas de otimização, podendo ser utilizada para que a empresa desenvolva seu próprio mecanismo de formação de custos e preços, obtendo um modelo “ideal” que vai desde a programação da produção até a colocação do produto no mercado (HILLIER e LIEBERMAN, 2010).

Este artigo teve como objetivo expor o uso da Pesquisa Operacional na maximização do rendimento em uma empresa de recapagem de pneus. O estudo foi realizado com o auxílio da ferramenta *Solver* do *Microsoft Office Excel*. A escolha por essa empresa se dá em razão da atividade realizada ser altamente padronizada e conseqüentemente propícia para a aplicação dessa ferramenta.

2. Referencial Teórico

2.1. Reforma de Pneus e Empresas de Recapagem

Segundo a ABR (Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus) reformar pneus é uma grande saída para a redução dos custos na utilização de veículos em geral. A reforma de

pneus é em si a reposição da banda de rodagem do mesmo, que é desgastada pelo uso contínuo. Essa prática mundial teve como origem evitar o desperdício e emprega apenas 20% do material utilizado na fabricação de um pneu novo, mas proporciona a mesma durabilidade do original.

O Brasil é o segundo maior mercado na reforma de pneus em todo o mundo, ficando atrás somente dos Estados Unidos, essa atividade movimenta em torno de R\$ 4 bilhões de reais e gera índices de emprego bem elevados, 1.257 empresas geram serviços, totalizando cerca de 5.000 micros e pequenas empresas agregadas.

Uma transportadora, exemplificando, tem um custo considerável na manutenção dos pneus de sua frota, em cima disso, uma empresa recapadora pode auxiliar na economia desses custos podendo impactar indiretamente na redução dos preços dos produtos ou serviços prestados (MOREIRA & BITENCOURT ET AL, 2010).

Percebendo a alta aceitação no mercado dos produtos e serviços dessa área, além da lucratividade, empresas desse ramo estão fazendo inovações em seus aparatos tecnológicos para que o serviço desenvolva pneus reformados, mas com características próximas, iguais ou superiores aos originais. Por esses motivos, produtos desse tipo podem acarretar na economia de 57% no custo/km, em relação a um pneu novo (LOPES, 2005).

2.2. Pesquisa Operacional

Segundo Hillier & Lieberman (2010) a pesquisa operacional se aplica a problemas de coordenação das operações dentro de uma organização. Esta tem sido amplamente empregada em áreas distintas como manufatura, transportes, planejamento financeiro, etc.

Segundo Colin (2007) a pesquisa operacional é definida de várias maneiras, contudo três características devem estar presentes em todas estas, sendo estas, em ordem de importância: o uso de métodos matemáticos para resolver problemas, o desejo constante por otimização e a orientação a aplicações.

O termo “pesquisa” relembra a abordagem que é utilizada em campos de pesquisa científica usuais, assim, o método científico é usado para identificar os problemas da empresa. Inicia-se o processo formulando-se cuidadosamente o problema, e, posteriormente elabora-se um modelo científico (matemático) para simular o modelo real. Esse modelo é, hipoteticamente,

uma representação satisfatória das características essenciais do problema, e, com isso, as conclusões também são válidas para o modelo real.

A pesquisa operacional tenta solucionar conflitos de interesses entre as partes de uma organização, procurando uma melhor solução para a organização como um todo (HILLIER & LIEBERMAN, 2010). O objetivo da PO é identificar o melhor caminho a seguir, a melhor decisão a se tomar para alcançar a “otimalidade” no processo estudado.

O estudo de PO típico é dividido em várias fases, essas fases são sintetizadas em seis, que são de fundamental importância para desenvolver e construir este modelo. De acordo com Hillier & Lieberman (2010) essas etapas são:

1. Definir problema de interesse e coletar dados.
2. Formular um modelo matemático para representar o problema.
3. Desenvolver um procedimento computacional a fim de derivar as soluções para o problema a partir do modelo.
4. Testar o modelo e aprimorá-lo conforme necessário.
5. Preparar-se para a aplicação contínua do modelo conforme prescrito pela gerência.
6. Implementar.

Grande parte dos problemas que são enfrentados na prática pelas equipes responsáveis pela pesquisa operacional são descritos a eles de forma imprecisa. Assim, é de crucial importância estudar o sistema relevante e construir um enunciado bem elaborado sobre o problema em questão. Shamblin e Stevens Jr (1979, p.13) fazem uma observação que retrata claramente o que foi citado, que é: “É essencial em qualquer estudo de PO que o problema em consideração seja claramente definido”. E Hillier & Lieberman (2010, p.8) trazem uma afirmação que complementa essa ideia: “É difícil obter uma resposta correta a partir de um problema incorreto!”.

De acordo com Marins (2011) é possível afirmar que a PO tem impactado cada vez mais na administração de empresas, e com isso, é mais abrangente sua utilidade e suas aplicações. No próximo tópico será abordada uma área de PO muito importante na elaboração e solução de hipóteses, a programação linear.

2.3 Programação Linear

Segundo CAIXETA-FILHO (2014), programação linear é um aprimoramento da técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa relacionada com um comportamento que deve ser otimizado.

Marins (2011) complementa com o seguinte conceito de Programação Linear:

“A Programação Linear (PL) visa fundamentalmente encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares. A sua grande aplicabilidade e simplicidade devem-se a linearidade do modelo. A tarefa da PL consiste na maximização ou minimização de uma função linear, denominada função objetivo, respeitando se um sistema linear de igualdades ou desigualdades, que recebem o nome de Restrições do Modelo”.

De acordo com Andrade (2002), a programação linear é uma ferramenta que pode ser utilizada de maneira vasta para estudo de gestão, como na organização de transportes, determinação de política de estoques, estudos de fluxos de caixa e investimentos, estudos de sistemas de informações, além dos tradicionais problemas de produção de mistura de componentes.

A programação linear é o planejamento das atividades para a obtenção de um resultado ótimo, ou seja, um resultado que consiga alcançar o melhor objetivo entre todas alternativas viáveis. A palavra programação refere-se, não a um software ou computador, ela está mais relacionada com planejamento, planejar é perceber o que acontece, avaliar caminhos e decidir um referencial futuro, sempre pensando em melhorias e atingir objetivos.

Hillier & Lieberman (2010) diz que todo problema que a modelagem matemática se encaixe no formato para o modelo de programação linear, é um problema de programação linear, e, com o método simplex, que será abordado na próxima seção, é possível resolver problemas de programação linear de grandes dimensões.

A programação linear se baseia em restrições que determinam um Conjunto Viável. A melhor das soluções viáveis, que pertencem a esse conjunto, maximiza ou minimiza a função objetivo, e se chama Solução Ótima. A programação linear objetiva determinar a Solução Ótima (MARINS, 2011).

Para a resolução de um problema de Programação linear é preciso modelar-lo, e identificar as variáveis de decisão é um passo muito importante nessa modelagem. Marins (2011) recomenda algumas regras para que essa modelagem seja feita de forma correta. Segundo ele:

- a) É necessário avaliar a quantidade de itens que vão ser considerados no estudo, isto é uma variável de decisão.
- b) É preciso ter cuidado com as unidades de cada variável de decisão, como, por exemplo, moeda e tempo.
- c) Ter cuidado para não confundir as variáveis de decisão com as restrições do problema.

As restrições são tipicamente limite sobre quantidade de recursos disponíveis, requisitos contratuais para a produção e atendimento de demandas. Essas restrições também podem ser de ordem natural, como, por exemplo, os estoques, que ao final do mês, é o resultado do estoque inicial mais o que foi produzido menos o que foi vendido no mesmo mês (MARINS, 2011).

Para o melhor entendimento da formulação do problema, observe o exemplo a seguir:

Um alfaiate tem, disponíveis, os seguintes tecidos: 16 metros de algodão, 11 metros de seda e 15 metros de lã. Para um terno são necessários 2 metros de algodão, 1 metro de seda e 1 metro de lã. Para um vestido, são necessários 1 metro de algodão, 2 metros de seda e 3 metros de lã. Se um terno é vendido por R\$ 300,00 e um vestido por R\$ 500,00. O alfaiate deseja maximizar o seu lucro. Com esses dados, será formulado um modelo matemático que irá auxiliar na maximização do lucro (pt.scribd.com. Acessado em 01/06/2014).

A primeira coisa a ser feita é observar qual é o real problema, “quantos ternos e vestidos devem ser feitos para a maximização do lucro?”. E para melhor esclarecer é preciso representar as variáveis de decisão. Nesse problema, o número de ternos e vestidos produzidos. Observe:

$x_1 = \text{número de ternos produzidos.}$

$x_2 = \text{número de vestidos produzidos.}$

Para se obter a função objetivo analisa-se que a função objetivo será a receita dos ternos mais a receita dos vestidos, levando em consideração que todos os ternos e vestidos serão vendidos.

$$\text{Max } Z = 300x_1 + 500x_2 - \text{Função Objetivo.}$$

As variáveis x_1 e x_2 são limitadas por algumas restrições, nesse caso:

O alfaiate só tem a sua disposição 16 metros de algodão.

O alfaiate só tem a sua disposição 11 metros de seda.

O alfaiate só tem a sua disposição 15 metros de lã.

Após identificar as restrições, é preciso transformá-las em expressões matemáticas:

$$2x_1 + x_2 \leq 16 - \text{Restrição do Algodão.}$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 11 - \text{Restrição da Seda.}$$

$$x_1 + 3x_2 \leq 15 - \text{Restrição da Lã.}$$

De acordo com Hillier & Lieberman (2010) deve-se tomar outras duas restrições matemáticas para a formulação do problema, estas são:

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

A partir disso, temos matematicamente:

$$\text{Max } Z = 300x_1 + 500x_2$$

Sujeito a:

$$2x_1 + x_2 \leq 16$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 11$$

$$x_1 + 3x_2 \leq 15$$

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0$$

Onde:

As variáveis x_1 e x_2 precisam satisfazer todas as restrições.

As restrições são inequações lineares (Programação Linear).

2.4. Método Simplex

O simplex é um método iterativo que nos traz a solução de qualquer modelo de programação linear em um número finito de iterações. Ele mostra, também, se o modelo tem infinitas soluções ou não tem solução (MARINS, 2011).

Para Goldbarg e Luna (2005), o algoritmo Simplex é o método mais utilizado para a solução de problemas de programação linear. Segundo Fávero e Belfiore (2013) “o método Simplex é um procedimento algébrico iterativo que parte de uma solução básica factível inicial e busca, a cada iteração, uma nova solução básica factível com melhor valor na função objetivo, até que o valor ótimo seja atingido”.

Esse procedimento é empregado para identificar uma solução ótima do problema abordado, ele seleciona a melhor das soluções para o objetivo que é pré-determinado. Marins (2011) confirma essa ideia trazendo duas etapas na aplicação do Método Simplex, que são:

- i. Teste de Otimalidade da solução, identificar uma solução ótima.
- ii. Melhoria da solução, solução viável, melhor que a atual.

O método simplex é usado rotineiramente para resolver problemas de grande porte. Foi desenvolvido por George Dantzig em 1947 e provou ser um método muito eficiente. Esse método sempre é executado em um computador e em softwares altamente sofisticados, disponíveis em larga escala nos dias atuais. As extensões do método simplex são utilizadas para análise de pós-otimalidade, análise de sensibilidade, do modelo (HILLIER & LIEBERMAN, 2010).

Segundo Hillier & Lieberman (2010) a análise pós-otimalidade é a análise feita depois que se encontra uma solução ótima para a versão inicial do modelo, e, é muito importante nos estudos de pesquisa operacional. Essa análise é dividida em três passos:

- a) *Tarefa* (Depuração do modelo, validação do modelo, decisões sobre alocação de recursos, etc).

- b) *Propósito* (Encontra erros no modelo, demonstra a validade do modelo final, faz a divisão dos recursos, determina estimativas que podem afetar a solução ótima, determina o melhor equilíbrio).
- c) *Técnica* (Reotimização, Análise de Sensibilidade).

A análise de sensibilidade tem como objetivo identificar os parâmetros que não podem ser alterados sem alterar a solução ótima, esses parâmetros precisam ser estimados meticulosamente para que não se tenha uma solução ótima errada. Eles também precisam ser monitorados de perto quando o estudo é implementado. Se o verdadeiro valor de algum parâmetro difere do valor estimado no modelo, é necessário modificar a solução (HILLIER & LIEBERMAN, 2010).

2.5. Microsoft Excel e Solver

O uso de softwares para resolução de problemas de programação linear é frequente. Segundo Rodrigues e Santos (2013) o Solver é uma ferramenta que dispõe de grandes recursos dentro do Excel e que permite fazer vários tipos de simulações em uma planilha apresentando maior facilidade de manuseio e melhor disposição dos relatórios gerados pela operação. Faz parte de um conjunto de programas algumas vezes chamado de ferramentas de análise hipotética. O Microsoft Excel (programa de confecção e controle de planilhas) auxilia de forma significativa na obtenção de solução viável otimizada para modelos de pequena e grande complexidade. É através da ferramenta Solver que pode-se gerenciar os dados colocados em planilha, e previamente manipulados por fórmulas do próprio software. O Solver calcula a solução ótima, após a inserção de todos os dados referentes à realidade da produção, as restrições e a função objetivo, se modelo for corretamente inserido, o solver calcula a solução ótima do problema e faz a análise de sensibilidade (ANDRADE, 2002).

3. Metodologia

Optou-se por adotar nesta pesquisa o estudo de caso, que segundo Godoy (1995), “o estudo de caso se caracteriza como um tipo de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Visa o exame detalhado de um ambiente, de um simples sujeito ou de uma situação em particular” (p.25).

O problema apresentado neste artigo é: Como usar a Pesquisa Operacional para maximizar o rendimento de uma empresa de recapagem de pneus. Depois de estabelecer todas as variáveis de decisão, os recursos e suas restrições, formulou-se um problema matemático para encontrar a solução que maximiza o rendimento da empresa. A resolução deste problema se deu por meio da ferramenta *Solver* do *Microsoft Office Excel*.

4. Formulação do problema

A questão consiste em identificar a solução ótima, que maximiza o rendimento da empresa.

4.1. Variáveis de Decisão

As variáveis de decisão envolvidas no modelo matemático representam a modalidade dos dois tipos de pneus produzidos pela organização.

$X1 = \text{Pneu Grande.}$

$X2 = \text{Pneu Pequeno.}$

4.2. Função objetivo

A função objetivo do problema é maximizar o rendimento da empresa. Através das variáveis de decisão citadas acima, a tabela 1 apresenta os valores fornecidos pela empresa de cada pneu finalizado no processo produtivo.

Tabela 1– Preço dos tipos de Pneus.

	Pneu horas/mês	Pneu horas/mês
Preço	R\$ 450,00	R\$ 300,00

Fonte: Os Autores

A soma das receitas, multiplicado por suas respectivas quantidades de pneu produzido, irá resultar no rendimento total da empresa. Isso foi possível através da modelagem e resolução da função objetivo que maximizará o rendimento em questão.

$$\text{Max } Z = 450 X1 + 300 X2$$

4.3. Restrições da Função

O problema formulado possui dez restrições, que são as etapas do processo produtivo de recapagem, da limpeza até a montagem pneu. Todos os tempos das operações foram cronometrados e estão expostos na tabela 2. Os dados do total de horas/mês foram disponibilizados pela empresa.

Tabela 2 – Tabela de restrições.

	Pneus G	Pneus P	Total Horas/Mês
Limpeza	0,019	0,016	208
Exame Preliminar	0,51	0,021	416
Raspagem	0,105	0,056	208
Escareação	0,37	0,169	416
Concerto	0,33	0,166	208
Cabine de cimentação	0,28	0,266	208
Enchimento	0,092	0,053	208
Aplicação de banda	0,066	0,038	208
Envelopamento	0,008	0,005	104
Montagem	0,166	0,133	104
Preço	R\$ 450,00	R\$ 300,00	

Fonte: Os Autores

A primeira restrição diz respeito à quantidade de horas da etapa de limpeza de cada variável, multiplicada pelo montante produzido dos tipos de pneu. E as modelagens das restrições seguem o mesmo raciocínio para todas as etapas. Observe a representação matemática:

$$R1: 0,019 X1 + 0,016 X2 \leq 208$$

Assim, o problema apresenta o seguinte modelo:

$$\text{Max } Z = 450 X_1 + 300 X_2$$

S. A

$$R1: 0,019 X_1 + 0,016 X_2 \leq 208$$

$$R2: 0,51 X_1 + 0,021 X_2 \leq 416$$

$$R3: 0,105 X_1 + 0,056 X_2 \leq 208$$

$$R4: 0,37 X_1 + 0,169 X_2 \leq 416$$

$$R5: 0,33 X_1 + 0,166 X_2 \leq 208$$

$$R6: 0,28 X_1 + 0,266 X_2 \leq 208$$

$$R7: 0,092 X_1 + 0,053 X_2 \leq 208$$

$$R8: 0,066 X_1 + 0,038 X_2 \leq 208$$

$$R9: 0,008 X_1 + 0,005 X_2 \leq 104$$

$$R10: 0,166 X_1 + 0,133 X_2 \leq 104$$

$$R11: X_1 + X_2 \geq 0$$

$x_1 = \text{preço do pneu grande}; x_2 = \text{preço do pneu pequeno}$

Para a validação do modelo, foi feito o método dual que consiste em transpor a tabela para encontrar novas variáveis e outras restrições sem alterar a função objetivo (rendimento). O método dual pode ser visto na tabela 3 e 4:

Tabela 3 – Dual.

	Limpeza	Exame preliminar	Raspagem	Escareação	Concerto	Cabine cimentação
Pneu G	0,019	0,51	0,105	0,37	0,33	0,28
Pneu P	0,016	0,021	0,056	0,169	0,166	0,266
Total H-H	208	416	208	416	208	208

Fonte: Os Autores

Tabela 4 - Continuação.

Enchimento	Aplicação da banda	Envelopamento	Montagem	Preço
0,092	0,066	0,008	0,166	R\$ 450,00
0,053	0,038	0,005	0,133	R\$ 300,00
208	208	104	104	

Fonte: Os autores

Representação do problema:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 208Y_1 + 416Y_2 + 208Y_3 + 416Y_4 + 208Y_5 + 208Y_6 + 208Y_7 \\ & + 208Y_8 + 104Y_9 + 104Y_{10} \end{aligned}$$

S.A

$$\begin{aligned} 0,019Y_1 + 0,51Y_2 + 0,105Y_3 + 0,37Y_4 + 0,33Y_5 + 0,28Y_6 + 0,092Y_7 \\ + 0,066Y_8 + 0,166Y_9 + 0,008Y_{10} \geq 450 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,016Y_1 + 0,021Y_2 + 0,056Y_3 + 0,169Y_4 + 0,166Y_5 + 0,266Y_6 + 0,053Y_7 \\ + 0,038Y_8 + 0,005Y_9 + 0,133Y_{10} \geq 300 \end{aligned}$$

$Y(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, e 10) = \text{Total de Horas para cada operação.}$

5. Análise de resultados e conclusões

Este trabalho foi facilitado pelos dados coletados através da cronometragem de cada etapa feita na empresa em estudo. Aplicando as formulas na ferramenta *Solver* do *Microsoft Office Excel*, percebeu-se que para maximizar o rendimento até o mais próximo do ótimo, é necessário que a empresa em questão fabrique 626 pneus do tipo grande e nenhum pneu do tipo pequeno, com isso a mesma conseguirá um rendimento de R\$ 281.927,71.

Verificou-se também que o preço do pneu grande pode ser acrescido de 100 Unidades Monetárias e decrescido de 75,56 Unidades monetárias, ou seja, o preço do pneu pode Variar entre 550,00 e 374,44, que mesmo assim o valor da Função Objetivo, ou seja, o rendimento não se modificará.

Constatou-se ainda que a empresa tem um custo desnecessário de horas de trabalho (paga-se para o funcionário ficar ocioso). Isso acontece pelo fato de que a empresa tem mais horas de trabalho do que o necessário. Isso pode ser observado na tabela 5:

Tabela 5– Tempo ocioso.

	Horas disponíveis pela empresa (mês)	Horas necessárias para fabricação (mês)	Horas de tempo ocioso (mês)
Limpeza	208	11,9	196,09
Exame Preliminar	416	319,52	96,48
Raspagem	208	65,78	142,21
Escareação	416	231,81	184,19
Concerto	208	206,75	1,25
Cabine de Cimentação	208	175,42	32,58
Enchimento	208	57,64	150,36
Aplicação de Banda	208	41,35	166,65
Envelopamento	104	5,01	98,99
Montagem	104	104	0

Fonte: Os Autores

De acordo com a tabela pode-se observar que a única atividade da empresa em questão que não gera tempo ocioso para seus funcionários é a atividade denominada “montagem”, nessa atividade podemos considerar que a empresa é ótima pois ela usa todas as horas disponíveis para a atividade tornando assim a atividade Montagem a mais rentável para a empresa.

Existe também a possibilidade de demitir um certo quantitativo de funcionários, já que a quantidade de horas disponíveis pela empresa está bem acima do que a sua produção realmente necessita.

A pesquisa realizada pode se expandir com outras possibilidades de estudo, como por exemplo:

- Melhores formas de arranjo físico através da determinação do número mínimo de maquinários e funcionários;
- Determinação de estratégia para minimização dos custos;
- Determinação da quantidade de suprimentos a ser comprados e utilizados no processo de produção.

Como trabalhos futuros a utilização do planejamento e controle da produção torna-se viável, tendo em vista que o uso do PCP para organizar o processo produtivo da empresa à elevará para outros níveis no mercado.

REFERENCIAS

ABR – Associação Brasileira do Segmento de Reforma dos Pneus. **Dados do Segmento**. Disponível em: www.abr.org.br/dados.html. Acessado em: 26/04/2014.

ANDRADE, E. L. DE. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000, 2002.

COLIN, Emerson C. **Pesquisa Operacional, 170 aplicações em estratégia, finanças, logísticas, produção, marketing e vendas**. Editora LTC, 2007.

CAIXETA-FILHO. VICENTE, José. **Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2ª edição. São Paulo. Atlas, 2014.

DA SILVA, Ermes Medeiros. DA SILVA, Elio Medeiros. GONÇALVES, Valter. MUROLO, Afrânio Carlos. **Pesquisa Operacional**. 3ª Edição, São Paulo 1998. Editora Atlas.

FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P. **Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2005.

GODOY, Arilda Schmidt. **Introdução da pesquisa quantitativa e suas possibilidades**. RAE – Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n.2, p. 57-63, 1995.

HILLIER, Frederick S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª edição, Porto Alegre: AMGH, 2010. Editora Bookman.

LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa Operacional: fundamentos e modelos**. Blumenau: FURB, 1999.

LOPES, A. **Reforma é boa opção**. Revista Pnews. São Paulo, fev. 2005.

MOREIRA, Sheron Pereira De Lima; Bitencourt, Cleusa Marli Gollo. **Um estudo exploratório da cadeia produtiva de recapagem de pneus**. Vacaria. RS, 2010. Disponível em: <http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/872/337>. Acessado em: 26/04/2014.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução a Pesquisa Operacional**/ Fernando Augusto Silva Marins- São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró Reitoria de Graduação, 2011.

PRADO, D. S. do. **Programação Linear**. Belo Horizonte, Minas Gerais: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

RODRIGUES, E.C.N.; SANTOS, Y.B.I. **Aplicação da Programação Linear na Minimização dos Custos de Produção em uma Indústria de Processamento de Açai de Pequeno Porte no Município de Belém**. 2013 - XX SIMPEP. Disponível em: < http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=8 >. Acesso 29/04/2015.



SHAMBLIN, James E. & Stevens Jr, G.T. **Pesquisa Operacional – Uma Abordagem Básica**; editora Atlas, São Paulo/SP; p. 13 – 18, e p. 263 – 389; 1979.