

FERRAMENTA DE AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO NA PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA

Rhaysa WOLF¹
Celso Correia de SOUZA²
José Francisco Reis NETO³

RESUMO: O mercado consumidor globalizado, cada vez mais exigente, tem levado as empresas a um processo constante de mudanças no sentido de melhorar a qualidade dos produtos e com menor custo. Métodos e processos são adotados ao mesmo tempo em que as ferramentas da qualidades são aplicadas, melhorando a gestão administrativas e melhorando os processos de capacitação do pessoal. Diante dessa demanda crescente por produtos de melhor qualidade a baixo custo, torna-se vital tirar o maior proveito de todos os recursos disponíveis na organização, otimizando a utilização, controlando e reduzindo custos, aumentando a eficácia e maximizando os resultados. Conceitos ligados à Teoria das Restrições e a aplicação da Programação Linear tem auxiliado no processo de otimizar os recursos das empresas. Através da Programação Linear com a utilização da ferramenta Solver do Microsoft Excel, associada aos conceitos da Teoria das Restrições, efetuou-se um estudo de caso de uma indústria de fertilizantes, em que a principal atividade era a de produzir três tipos diferentes de fertilizantes com a finalidade de maximizar o lucro da empresa, levando-se em conta as restrições de mercado e de insumos para a produção dos fertilizantes. Os resultados expostos, após a utilização da Programação Linear, apresentaram uma série de informações estratégicas que possibilitam ao gestor da empresa na escolha das quantidades mínimas de insumos a serem usados, maximizando o seu lucro.

Palavras-chave: TOC, Programação Linear, Modelos matemáticos, Variáveis de decisão.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado consumidor tem se tornado cada vez mais globalizado, conseqüentemente, mais exigente, fazendo com que as empresas invistam em novas tecnologias na fabricação de produtos de melhores qualidades. O respeito ao meio ambiente também começa a ser considerado pelo consumidor na

¹ Acadêmico de 7º semestre do curso de Administração da Universidade Anahnguera- Uniderp de Campo Grande – MS. rha_wolf@hotmail.com . Bolsista PIBIC/CNPq.

² Professor do Programa de Mestrado em Produção e Gestão Agroindustrial da Universidade Anhanguera-Uniderp de Campo Grande – MS. falta a graduação celsouza@yahoo.com.br

³ Professor do Curso de Administração da Universidade Anhanguera-Uniderp de Campo Grande – MS. Doutorando em Economia e Administração pela Universidad de Salamanca, Espanha. jfrn@terra.com.br

hora de adquirir produtos, procurando comprar daquelas empresas que tem compromissos na preservação da qualidade de vida do ser humano.

A competição está cada vez mais acirrada, exigindo que as empresas se adaptem rapidamente, o que tem causado dificuldades às empresas de pequeno porte, que não dispõem de recursos compatíveis com as novas exigências. O conhecimento de todos os fatores que interagem e influenciam no processo de decisão, bem como recursos e atividades que limitam a produção e a qualidade, são de fundamental importância para que se possa produzir mais com melhor qualidade aumentando os ganhos com os recursos disponíveis da empresa.

Assim, tendo como foco os recursos disponíveis pela empresa, o que se pergunta é como avaliar o seu grau de utilização, o grau de eficácia com que os insumos estão sendo utilizados, no sentido da maximização dos lucros ou a minimização dos custos sem que haja novos investimentos.

Todas as decisões tomadas em uma empresa envolvem a utilização de recursos na produção na busca por melhores resultados. Dessa forma, otimização do recurso é um dos principais fatores que vão determinar o resultado. O gestor de uma empresa deve identificar os pontos mais vulneráveis da empresa (as restrições). São esses pontos que determinam o bom ou o mau desempenho da organização. Desse modo, aumentar o desempenho da empresa constitui em identificar e fortalecer as suas restrições, que podem ser insumos, máquinas, um setor da empresa e, até mesmo, capital para novos investimentos.

A Teoria das Restrições (TOC) podem auxiliar sobremaneira os gestores das empresas na identificação de restrições e na sua eliminação ou amenização dos seus efeitos. A TOC originalmente era uma heurística capaz de alcançar a solução ótima apenas em casos particulares. Após algumas melhorias introduzidas na TOC, o seu desempenho foi melhorado para condições mais gerais.

Aliando à TOC a programação linear que é um método matemático poderoso para resolver os problemas em que exista um objetivo, a ser atingido, mas sujeito a restrições, os problemas de gestão em um empresa ficam mais fáceis de serem resolvidos, ou amenizados.

Os problemas de programação linear buscam a distribuição eficiente de recursos limitados para atender a um determinado objetivo, em geral, maximizar lucros ou minimizar custos.

Esse trabalho teve como objetivo apresentar, através da programação linear em conjunto com a teoria das restrições, um modelo de gestão de produção, em que o administrador possa simular cenários e, conseqüentemente, melhorar o processo de tomada de decisões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Teoria das Restrições

A Teoria das restrições ou TOC (Theory of Constraints) como é conhecida, teve início na década de 70, criada pelo físico israelense Eliyahu Goldratt, mas foi no começo da década de 80 que ele publicou seu primeiro livro sobre sua teoria, "A Meta", publicado com o intuito de disseminar sua teoria. O livro foi escrito em forma de romance, e mostra a dificuldade de um gerente em

administrar uma fábrica, com o desenrolar da história o gerente vai descobrindo a teoria das restrições e a empresa recupera sua competitividade.

Em seu artigo Reinaldo Guerreiro (1996) publicou que, o ponto focal da teoria é que toda empresa tem uma meta a ser seguida. No processo de atingir sua meta, sempre apresenta uma ou mais restrições, caso contrário o desempenho do sistema seria infinito, no caso de uma empresa, sua lucratividade seria infinita.

Restrição quer dizer qualquer coisa que impeça um sistema de atingir a meta, as restrições não são boas ou ruins, elas simplesmente existem e são como ervas daninhas no jardim, quando eliminamos uma, nasce outra em outro lugar. Podemos escolher entre ignorá-las ou reconhecê-las e administrá-las. Se escolhermos ignorá-las elas tornam-se ruins. Se escolhermos reconhecê-las e administrá-las elas podem vir a ser uma oportunidade.

Para entender melhor essa teoria, faz-se uma analogia ao corpo humano. “Quando estamos doentes vamos ao médico, falamos para ele os sintomas que estamos sentindo. Ele pode pedir alguns exames. O que o médico está tentando fazer é entender os sintomas e com isso conseguir identificar a doença. Quando a doença é identificada e tratada eliminamos os sintomas”.

Goldratt (1994), compara o sistema organizacional com uma corrente, onde cada elo representa um setor da produção. Se puxarmos a corrente dos dois lados a força será aplicada com a mesma intensidade em todos os elos, se um elo for mais fraco que os demais este poderá se partir. Na empresa precisamos encontrar o elo mais fraco, que chamamos de gargalo, que é um setor ou uma pessoa da minha produção que recebe uma carga maior do que é capaz de produzir, esse é o primeiro passo da TOC identificar a restrição.

A meta da empresa é o propósito global da organização, podemos dizer então que a meta de uma empresa com finalidades lucrativas é ganhar dinheiro. A partir da definição da meta como o objetivo maior da organização, a Teoria das Restrições, define parâmetros para a ajuda na medição do grau do alcance da mesma:

- Lucro líquido, para Goldratt (1994), é definido como o ganho menos as despesas operacionais. É o quanto de dinheiro a empresa está gerando.

- Retorno sobre o investimento, é o lucro líquido dividido pelo inventário, dimensiona o esforço para alcançar um determinado nível de lucro.

- Fluxo de caixa, Goldratt (1994) diz que é mais uma necessidade da empresa do que uma medição para o alcance da meta.

Essas medidas são voltadas para a medição do desempenho total da empresa, no entanto precisamos de parâmetros que guiem as ações operacionais para o cumprimento da meta, Goldratt (1994) denomina esses objetos de ação como medidas operacionais globais. São definidos alguns parâmetros operacionais que sejam relacionados com as medidas de alcance da meta. São eles: ganho, inventário e despesa operacional.

A TOC possui cinco etapas (TOC), que são:

1. Identificar a restrição do sistema.

Numa fábrica haverá sempre um recurso que limita o seu fluxo máximo, assim como numa corrente, há sempre um elo mais fraco. Precisamos

identificar o elo mais fraco para aumentar a resistência da corrente, no caso da empresa aumentamos o desempenho do sistema. O recurso que estabelece o fluxo máximo é chamado de Recurso com Restrição de Capacidade (RRC).

2. Explorar a restrição do sistema.

O recurso que limita o desempenho da fábrica já foi identificado, agora é preciso tirar o máximo possível dele.

3. Subordinar tudo o mais à decisão acima.

Os outros recursos devem trabalhar ao passo da restrição. Eles não podem deixar faltar material para a restrição trabalhar, pois assim ela pararia e o desempenho do sistema seria afetado. E os recursos não-restrição não devem trabalhar mais rápido que a restrição pois assim estariam aumentando o nível de estoque, e não o nível de produção.

4. Elevar a Restrição do Sistema.

No segundo passo tentamos tirar o máximo da restrição, nessa etapa consideramos as várias alternativas para investir mais na restrição.

5. Se num passo anterior uma restrição foi quebrada volta à primeira etapa, mas não deixe que a inércia cause uma restrição no sistema.

Uma outra forma de entender os cinco passos da TOC é olharmos para três perguntas (TOC):

- O que mudar?

Nessa pergunta é preciso identificar a restrição.

- Para o que mudar?

É preciso desenhar a solução que irá mudar a realidade. Temos que decidir como explorar a restrição, e até mesmo como elevá-la.

- Como causar a mudança?

Não basta eu ter a solução, é preciso saber como convencer as pessoas de que a solução é boa e como implementá-la.

2.2 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional, ramo da Matemática Aplicada, apresenta uma característica importante que facilita o processo de análise e tomada de decisão em um sistema real, após simulações no modelo matemático que representa, com algumas restrições, esse sistema. A

solução obtida, a partir de uma simulação do modelo, permite que a decisão seja muito bem avaliada antes de implementada. A economia obtida e a experiência adquirida pela experimentação justificam a sua utilização.

Problemas de Otimização que envolvem a maximização ou minimização de funções de n variáveis num determinado domínio, normalmente definido por um conjunto de restrições nas variáveis, estão ligados à Pesquisa Operacional (LOESCH e HEIN, 1999). Já os problemas de Programação Matemática, que são uma classe particular de Problemas de Otimização, são muito aplicados nos campos da organização e da gestão econômica, em que o objetivo e as restrições são dadas como funções matemáticas e relações funcionais. São exemplos a programação linear, a linear inteira, a dinâmica, a estocástica e a não-linear.

2.2.1 Programação Linear

A programação linear é utilizada para analisar modelos onde as restrições e a função objetivo são lineares, a programação linear inteira se aplica a modelos que possuem variáveis inteiras (ou discretas), a programação dinâmica é utilizada em modelos onde o problema completo pode ser decomposto em subproblemas menores, a programação estocástica é aplicada a uma classe especial de modelos onde os parâmetros são descritos por funções de probabilidade e, finalmente, a programação não-linear que é utilizada em modelos contendo funções não-lineares.

A programação linear é um método matemático poderoso para resolver os problemas em que exista um objetivo, a ser atingido, mas sujeito a restrições. As restrições à aplicação dos recursos, podem ser tanto em relação à forma de emprego como em relação às quantidades existentes. Quer dizer, a programação linear tem um conjunto de procedimentos e métodos matemáticos para tratar, de forma lógica, problemas que envolvam o uso de recursos escassos.

A programação linear é uma das técnicas da pesquisa operacional mais utilizadas em se tratando de problemas de otimização. Os problemas de programação linear buscam a distribuição eficiente de recursos limitados para atender a um determinado objetivo, em geral, maximizar lucros ou minimizar custos. Em se tratando de programação linear, esse objetivo é expresso através de uma função linear, denominada “função-objetivo”.

A Programação Linear, agregada a pesquisa operacional e a teoria das restrições podem ajudar o administrador nesta tarefa. Com essa combinação de metodologias é possível avaliar o nível de otimização dos recursos da organização.

A Programação Linear (PL) foi desenvolvida após a segunda guerra mundial, com o objetivo de resolver problemas de logística militar. Em 1945, foi utilizada pela primeira vez por Stigler, em um problema referente à uma composição de uma mistura. De acordo com CAIXETA-FILHO (2001) a propagação foi devido ao jovem matemático norte-americano George B. Dantzing e sua equipe, que foram convocados na guerra, para oferecer subsídios técnicos para as tomadas de decisão que envolvesse uma distribuição ótima de tropas entre as diferentes frentes de batalhas.

O método desenvolvido por eles veio a público só em 1947, a ferramenta foi tão eficaz, que começou a ser utilizada em vários outros ramos.

Hoje existem softwares computacionais consolidados de baixo custo que permite uma solução rápida e ótima, com esse desenvolvimento tecnológico a PL passou a ser utilizada como ferramenta de gestão empresarial e tem sido aplicada para a resolução de vários problemas de produção, de armazenamento de produtos, distribuição dos recursos da indústria entre diversas alternativas de produção, avaliação da composição ótima de misturas, ligas e produtos químicos, considerando as especificações, preços e custos, programação de transporte, minimização do tempo de ajustamento de máquinas, distribuição racional dos operários, especificação de dietas, dentre outras vastas aplicações.

Segundo CORRAR e THEÓFILO, “a Programação Linear é um dos mais importantes instrumentos do campo da Pesquisa Operacional - área do conhecimento que fornece um conjunto de procedimentos voltados para tratar problemas que envolvem a escassez de recursos”.

Segundo Bregalda (2003), é utilizado para otimizar (maximizar ou minimizar) uma função linear denominada função objetivo, sujeita a uma conjunto de equações ou inequações lineares, denominadas restrições.

Um problema de otimização envolve maximizar ou minimizar uma função numérica, restrita a certas condições. A PL pode resolver esses problemas, buscando a melhor alocação dos recursos escassos, atingindo o objetivo de otimização, atendendo as restrições.

2.2.2 Modelagem

Para o estudo de programação linear é essencial o conceito de modelo matemático.

Os modelos matemáticos constituem uma abstração simplificada da realidade, representada por um conjunto de equações e relações. A partir dessa idealização simplificada, o modelo emprega símbolos matemáticos para representar as variáveis de decisão do sistema real. Podemos afirmar que com a facilidade dos processamentos computacionais, a definição do modelo é a parte mais difícil para a solução do problema.

A qualidade do modelo matemático está associada à exatidão com que ele representa a realidade e ao grau em que captura aspectos essenciais da realidade. É importante saber selecionar o que é relevante para a composição do modelo. Embora não exista uma única fórmula para a modelagem de um problema, sugerimos as seguintes etapas:

- Dividir o problema em problemas menores, se possível;
- Identificar as variáveis de decisão;
- Identificar possíveis relações entre as variáveis de decisão;

- Identificar o objetivo (maximizar produção, minimizar custo) e construir a função objetivo;

- Identificar os fatores restritivos (disponibilidade de recursos) e construir as restrições do modelo;

- Finalmente, construir o modelo matemático, (eq 01).

$$\text{Otimizar } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n & \{=, \leq, \geq\} & b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n & \{=, \leq, \geq\} & b_2 \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n & \{=, \leq, \geq\} & b_m \end{cases}$$

Sendo,

- Z, a função a ser otimizada;

- x_j ($j = 1, 2, \dots, n$), as variáveis de decisão do problema;

- c_j , coeficientes da função objetivo;

- a_{ij} , quantidade do produto i consumida na produção de uma unidade do produto j ;

- b_i , níveis de disponibilidade de recursos ou quantidade mínima a ser suprida.

A solução do modelo matemático (01) consiste em encontrar valores adequados das variáveis de decisão que otimizem o desempenho do sistema, segundo o critério desejado

A sua solução deve ser testada para a verificação da sua veracidade. Se a solução não atender, aproximadamente, a realidade, o modelo deve ser reformulado, adicionando e/ou eliminando hipóteses.

A confiabilidade da solução obtida através do modelo depende da validação do modelo na representação do sistema real. A validação do modelo é a confirmação de que ele realmente representa o sistema real. A diferença entre a solução real e a solução proposta pelo modelo depende diretamente da precisão do modelo em descrever o comportamento original do sistema. Um problema simples pode ser representado por modelos também simples e de fácil solução. Já problemas mais complexos requerem modelos mais elaborados, cuja solução pode vir a ser bastante complicada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma companhia produz três tipos de fertilizantes (A, B e C), a partir da mistura de ingredientes a base de nitrato, fosfato e potássio e de um componente inerte, conforme mostra o Quadro 1, que apresenta também os preços de venda dos fertilizantes. Dados sobre disponibilidade e custos dos ingredientes são apresentados no Quadro 2. O custo de mistura, empacotamento e promoção de vendas é estimado em \$ 300,00 por tonelada para quaisquer produtos. A companhia possui contrato de longo prazo para fornecimento mensal de 5.000 t de fertilizante A. Elabore o modelo de programação linear para a programação da produção para o próximo mês, com o objetivo de maximizar o lucro.

Quadro 1 - Proporção em peso dos ingredientes

Tipo de Fertilizante	Nitrato (%)	Fosfato (%)	Potássio (%)	Componente inerte (%)	Preço de mercado (R\$/t)
A	5	10	5	80	800
B	5	10	10	75	960
C	10	10	10	70	1.100

Quadro 2 – Disponibilidade de insumos e custo

Ingredientes	Disponibilidade (t)	Custo (R\$/t)
Nitrato	1.200	3.000
Fosfato	2.000	1.000
Potássio	1.400	1.800
Componente inerte	□	200

A solução desse problema foi encontrada utilizando a ferramenta solver do Microsoft Excel. Encontramos a seguinte solução (Quadro 3):

Quadro 3 – Solução encontrada através do Solver

Variáveis de decisão	Melhor Resultado
X_1 (Fertilizante A)	12.000
X_2 (Fertilizante B)	4.000
X_3 (Fertilizante C)	4.000

3 CONCLUSÃO

As teorias das restrições apresentam lógica e racionalidade. Como demonstra o exercício deste trabalho, as teorias conduzem a otimização de modelos matemáticos. Ambas podem ser utilizadas, mas como percebemos a TOC analisa restrição por restrição, enquanto que a Programação Linear consegue resolver um problema de otimização respeitando várias restrições de uma só vez, utilizando-se a ferramenta solver MS_Excel 2003.

Os resultados foram considerados bons, pois o objetivo do exercício foi alcançado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BREGALDA, P. F.; OLIVEIRA, A. F. de e BORNSTEIN, C. T. **Introdução à Programação Linear**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1988.

CAIXETA FILHO, **Pesquisa Operacional**. São Paulo. Editora Atlas. 2001.

GOLDRATT, Elyahu M. & COX, Jeff. **A Meta**. São Paulo: Editora Educadora 1994.

GUERREIRO, Reinaldo. **Artigo Os Princípios da Teoria das Restrições sob a Ótica da Mensuração Econômica**. São Paulo. 1996.

HADLEY, G. **Programação Linear**. Trad. Almir Paz de Lima, et al. Rio de Janeiro: Guanabara Dois. 1982.

HILLIER, F.S. e LIEBERMAN, G. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda./Editora USP, 1988.

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

MACULAN N. F., e PERREIRA, M. V. F. **Programação Linear**. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 1980.

PUCCINI, A.A. e PIZZOLATO, N.D. **Programação Linear**. Rio de Janeiro: LTC, 1989.

TOC – Theory of Constraints – Disponível em <<http://www.goldratt-toc.com.br/s/>>
Acesso em 07 junho 2010.