

Utilização da programação linear para maximização dos lucros da produção de pães em uma empresa de panificação

Diego Marques Cavalcante (Universidade Federal do Pará) dieegomc@hotmail.com

Edvan Santos dos Santos (Universidade Federal do Pará) edvanbol@gmail.com

Resumo:

A pesquisa operacional tem aplicabilidade em vários setores do que somente na indústria, um deles é o comércio. Com o desejo de aplicar tal conhecimento fora do ambiente acadêmico escolheu-se uma panificadora localizada no município de Abaetetuba no estado do Pará. O objetivo deste artigo foi mostrar a aplicação prática da pesquisa operacional e a obtenção da programação linear mais próxima do ótimo possível identificando a forma que permita o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para fabricação de pães, maximizando os lucros de produção da panificadora analisada. O método de pesquisa utilizado foi à observação minuciosa da panificadora a ser estudada, onde primeiramente escolheram-se as variáveis a serem usadas, itens mais vendidos na panificadora, que são o pão francês, pão de massa fina, pão de hambúrguer, pão de chocolate e pão de goiabada; posteriormente foram identificadas as respectivas restrições dos recursos quantidades disponíveis de trigo e fermento em kg, água em litro, entre outros. No presente estudo, a pesquisa operacional revelou-se como uma importante ferramenta de gestão que pode ser utilizada pelo gestor dono da panificadora para a tomada de decisão.

Palavras chave: Pesquisa operacional, Programação linear, Panificação.

Use of linear programming to maximize the profits of bread production in a baking company

Abstract

Operational research has applicability in several sectors than only in industry, one of them is trade. The aim of this article was to show the practical application of the operational research and to obtain the linear programming that is as close to the optimum as possible, identifying the form that allows the best use of available resources for brewing, maximizing the production profits of the analyzed bakery. The research method used was the careful observation of the bakery to be studied, where first the variables to be used were selected, the most sold items in the bakery, which are French bread, dough bread, hamburger bread, chocolate bread and guava bread; later on, the respective resource constraints were identified. Available quantities of wheat and yeast in kg, water in liter, among others. In the present study, the operational research has proved to be an important management tool that can be used by the manager of the bakery for decision making.

Key-words: Operational research, Linear programming, Bakery.

1. Introdução

É perceptível a aplicabilidade da pesquisa operacional em diversos setores empresariais, devido intervir na programação da linha de produção com o objetivo de aproximá-la do ótimo possível. Objetivando a aplicação de tais conceitos foi escolhida uma panificadora localizada

no município de Abaetetuba no estado do Pará. A panificadora possui uma jornada de 8 horas diárias de trabalho e disponibilizam aos clientes diversos produtos como pães, bolos, salgados, refrigerantes, entre outros.

De acordo com Hillier e Lieberman (2010, p.2):

A pesquisa operacional é aplicada a problemas envolvendo como conduzir e coordenar as operações (isto é, as atividades) em uma organização. A natureza das organizações é essencialmente secundária e, de fato, a PO tem sido largamente aplicada em áreas tão distintas como manufatura, transportes, construção, telecomunicações, planejamento financeiro, assistência médica, militar e serviços públicos, somente para citar algumas. Portanto, a gama de aplicações é excepcionalmente grande.

Ao colocar em prática os conceitos de pesquisa operacional (PO) e programação linear, é elaborado um modelo de distribuição dos recursos disponíveis no processo produtivo reduzindo desperdício de material, da mão de obra e custos.

A panificadora observada oferece uma variedade de produtos, mas foi focada na elaboração do presente artigo a fabricação de pães (tipo francês, massa fina e doce), por serem considerados os “mais populares” dentre os clientes.

Portanto o presente trabalho visou obter a programação linear mais próxima do ótimo identificando o modelo que permita o melhor aproveitamento dos recursos de fabricação dos pães, maximizando os lucros da produção. Objetivou-se também fazer a modelagem do problema, a aplicação da programação linear utilizando o software LINDO; fazer análise dos resultados encontrados com a modelagem do problema; e fazer um diagnóstico dos resultados encontrados propondo melhorias ao gestor da panificadora.

2. Referencial teórico

2.1. Pesquisa Operacional

Para Shablin e Stevens Jr (1979 apud Stacanelli et al 2015):

Pesquisa Operacional (PO) é “um método científico de tomada de decisão”. Com foco na solução de problemas reais, a Pesquisa Operacional tem foco na tomada de decisões, onde é aplicável conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas. No estudo de Pesquisa Operacional é muito importante que o problema esteja definido claramente, sendo quase impossível a obtenção de uma resposta certa partindo de um problema errado. O objetivo precisa ser bem estabelecido assim como as restrições e os limites, para encontrar a solução ótima.

Segundo Hillier e Lieberman (2010, p.1) “o início da atividade, assim denominada pesquisa operacional, geralmente é atribuído às atividades militares nos primórdios da Segunda Guerra Mundial”. Quando os aliados se viram confrontados com problemas de natureza logística, tática e de estratégia militar de grande dimensão e complexidade aplicaram método científico aos problemas que lhes foram sendo colocados e criaram modelos matemáticos, apoiados em dados e fatos, que lhes permitissem perceber os problemas em estudo e ensaiar e avaliar o resultado hipotético de estratégias ou decisões alternativas.

No pós-guerra, ainda segundo Hillier e Lieberman (2010, p.2) o sucesso da PO no empreendimento bélico despertou interesse na sua aplicação fora do ambiente militar. O segundo impulso ao crescimento do estudo de PO ocorreu após a revolução industrial e alcançou notável avanço com o surgimento dos computadores.

Portanto a pesquisa operacional adota um ponto de vista organizacional, procura elucidar os conflitos dentro das organizações de maneira que a solução para a organização como um todo seja, dentro das possibilidades, a melhor possível.

2.2. Programação Linear

Shamblin e Stevens Jr (1979 apud Stacanelli et al 2015), definem a programação linear como um meio matemático que auxilia a designar um montante fixo de recursos que satisfaça certa demanda de tal modo que alguma função objetivo seja otimizada e ainda satisfaça a outras condições definidas.

De acordo com Loesch e Hein (2011 apud Sampaio et al 2014), a programação linear vem a ser a resolução de problemas de maximização (como lucro) ou minimização (como custo) de algum objetivo, atendendo a um conjunto de restrições.

Na modelagem de programação linear devem ser estabelecidas as variáveis do problema, se trata de tudo que se pode controlar e que se deseja saber exatamente o valor, a função objetivo, sempre que se deseja maximizar ou minimizar determinado objetivo expresso em função das variáveis do problema e as restrições, que também são expressas em função das variáveis do problema e limitam as combinações das variáveis a determinados limites. Os benefícios oferecidos por esse tipo de programação linear são aqueles que se identificam dentro de qualquer empresa: diminuição dos custos e aumento de lucros.

Para Ragsdale (2009 apud Milhomem et al 2015), é possível expressar todas as funções de um modelo de PL como uma soma ponderada, ou combinação linear das variáveis de decisão. Assim, um modelo de PL possui uma função objetivo, e as demais são inequações que representam as restrições:

MAX. (ou MIN): $c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n$

Sujeito a: $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$

:

$a_{kn}X_1 + a_{k2}X_2 + \dots + a_{kn}X_n \geq b_k$

:

$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m$

Qualquer problema formulado dessa maneira é considerado como uma Programação Linear (PL).

A função objetivo mede o desempenho do sistema, ou seja, a capacidade de gerar lucro ou reduzir custos. Se o objetivo for maximizar o lucro, as restrições garantem que essa solução seja de acordo com as limitações técnicas impostas pelo sistema.

2.3. Panificação

Na cidade de Abaetetuba no estado do Pará, bem como no contexto brasileiro de forma geral, é perceptível a crescente do setor de serviços. O aumento significativo que se tem percebido todos os anos nessa área encontra justificativa, dentre outros fatores, no crescimento populacional. Um ramo deste setor que cresceu bastante nos últimos anos foi o que envolve alimentação.

Segundo o Instituto Tecnológico de Panificação e Confeitaria (ITPC) em parceria com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (Abip), através de pesquisa em mais de 1.018 empresas de todo o país, abrangendo representantes do setor de todos os portes, mostrou o desempenho do setor de panificação em 2015, o índice de crescimento das empresas de Panificação e Confeitaria em 2014 foi de 2,07% com o faturamento atingindo a casa dos R\$ 84,7 bilhões.

3. Metodologia

O presente trabalho foi realizado em uma panificadora, localizado no município de Abaetetuba, estado do Pará. A panificadora trabalha principalmente sob a forma de produção e venda direta de pães entre outros produtos de panificação.

Assim como na maioria das panificadoras que funcionam dessa forma, na panificadora estudada a produção dos pães e os outros produtos são produzidos de forma bastante artesanal, ficando sob a responsabilidade de pouquíssimos funcionários da empresa, e atendendo a demanda diária de acordo com os sabores e tipos, que apresentam bastante variedade.

O gerenciamento administrativo e financeiro e o modo de produção não têm um planejamento adequado e não são pautados de forma que se tenha um controle correto do que entra e do que sai, o que causa danos e prejuízos ao estabelecimento que passam despercebidos pelo dono.

Para a realização do estudo, onde foram abordados os custos do estabelecimento, selecionaram-se cinco diferentes tipos de pães em função de apresentarem as demandas mais significativas. São eles: Pão Careca, Hambúrguer, Massa Fina, Pão de Chocolate e de Goiabada. A massa para produzir os pães é feita da mesma forma e com os mesmos ingredientes, apenas com o acréscimo do açúcar nos pães doces, junto com o chocolate no pão de chocolate e a goiabada no pão de goiabada. Além dos ingredientes da massa, serão considerados também os materiais utilizados para fazer os pães doces de acordo com a demanda.

O objetivo do estudo consistiu na maximização dos lucros da panificadora, levando em consideração a demanda diária do estabelecimento para esses produtos. Essa demanda foi

estipulada com base na média das demandas de cada tipo de pão no decorrer do dia, fornecidos pela gerência da panificadora, assim como os outros dados utilizados. O foco do estudo foi calcular o lucro por unidade de pão e a quantidade de material gasto para a produção diária desses pães durante os dias da semana e o fim de semana, estando em conformidade com as limitações – de materiais em estoque, por exemplo - informadas pelo gestor da empresa.

Para a formulação do modelo, trabalhou-se com os seguintes dados:

- ☐ Quantidade em kg de trigo;
- ☐ Quantidade em kg de fermento;
- ☐ Quantidade em L de água;
- ☐ Quantidade em kg de chocolate;
- ☐ Quantidade em kg de goiabada.
- ☐ Quantidade em kg de açúcar;
- ☐ Quantidade em kg de materiais em estoque (por dia da semana e fim de semana);
- ☐ Lucro por unidade de pão;
- ☐ Demanda diária (por dia da semana e fim de semana);

Para se encontrar a solução ótima, contamos com auxílio do programa LINDO.

Com a resolução do problema foi possível fazer análises encontrando a melhor quantidade diária que deve ser produzida de cada tipo de pão obtendo um lucro máximo do processo representado pelo valor da função objetivo.

4. Estudo de caso

Com o intuito de aplicar os conceitos trabalhados no decorrer do artigo, escolheu-se uma panificadora na qual o objetivo principal a ser alcançado é a maximização do lucro. As variáveis utilizadas no estudo, são: o pão careca (C), o pão hambúrguer (H), o pão de massa fina (F), o pão de chocolate (CH) e o pão de goiabada (G) que apresentam respectivamente os lucros por unidade: R\$ 0,25, R\$ 0,23, R\$ 0,23, R\$ 0,05 e R\$ 0,10. A determinação das restrições foi feita com base nas receitas dos pães, ou seja, os materiais e suas respectivas quantidades necessárias para produzir determinada quantidade de outputs.

Os ingredientes são: o trigo (em Kg), fermento (em Kg), água (em L), açúcar (Kg), chocolate (Kg) e goiabada (Kg). É importante observar nas tabelas 1, 2 e 3 a organização das restrições, o total de recursos disponíveis está em razão dos recursos gastos para produzir a unidade dos produtos em estudo, e a demanda diária por produto foi estimada em cálculos feitos pelo próprio dono da panificadora, sendo a demanda por dia da semana diferente da demanda do fim de semana, no caso, o sábado. Coletaram-se com o administrador da panificadora os dados imprescindíveis à determinação da equação linear (função objetivo), e das inequações também lineares (restrições). Organizaram-se os valores colhidos nas tabelas abaixo.

ELEMENTOS	PÃO CARECA A	HAMBÚRGUE R	MASSA FINA	PÃO DE CHOCOLAT E	PÃO DE GOIABAD A
Trigo (kg)	75	7,84	19,46	3,92	5,88

Fermento (kg)	2,6	0,448	1,112	0,224	0,336
Água (L)	23	6,72	16,68	3,36	5,04
Açúcar (kg)	-	-	-	3	6,5
Chocolate (kg)	-	-	-	1	-
Goiabada (kg)	-	-	-	-	0,5
Lucro por Unidade (R\$)	0,25	0,12	0,12	0,3	0,25

Fonte: (Autores, 2016)

Tabela 1- Quantidade de material utilizado para a produção diária

ELEMENTOS	POR DIA DA SEMANA	FIM DE SEMANA
Trigo (kg)	548	525
Fermento (kg)	30	28
Água (L)	412	395
Açúcar (kg)	20	1,5
Chocolate (kg)	1	1
Goiabada (kg)	1	25,5

Fonte: (Autores, 2016)

Tabela 2 - Quantidade de material em estoque

TIPOS DE PÃO	POR DIA DA SEMANA	FIM DE SEMANA (SÁBADO)
Careca (unidade)	2100	1953
Hambúrguer (unidade)	230	300
Massa Fina (unidade)	558	420
Chocolate (unidade)	110	150
Goiabada (unidade)	165	210

Fonte: (Autores, 2016)

Tabela 3- Demanda dos produtos diariamente.

Com os dados organizados nas tabelas modelaram-se dois problemas:

– Para os dias da semana:

$$F.O: MAX 0,25C + 0,23H + 0,23F + 0,05CH + 0,10G$$

Restrições:

$$Trigo: 0,033C + 0,035H + 0,035F + 0,035CH + 0,035G \leq 548$$

$$Fermento: 0,0012C + 0,002H + 0,002F + 0,002CH + 0,002G \leq 30$$

Água: $0,01C + 0,03H + 0,03F + 0,03CH + 0,03G \leq 412$

Chocolate: $0,009CH \leq 1$

Goiabada: $0,003G \leq 1$

Açúcar: $0,03CH + 0,04G \leq 20$

Demanda:

$C \geq 2100$

$H \geq 230$

$F \geq 558$

$CH \geq 110$

$G \geq 165$

Não negatividade: $C, H, F, CH \text{ e } G \geq 0$

– Para o fim de semana:

F.O: $\text{MAX } 0,25C + 0,23H + 0,23F + 0,05CH + 0,10G$

Restrições:

Trigo: $0,033C + 0,035H + 0,035F + 0,035CH + 0,035G \leq 525$

Fermento: $0,0012C + 0,002H + 0,002F + 0,002CH + 0,002G \leq 28$

Água: $0,01C + 0,03H + 0,03F + 0,03CH + 0,03G \leq 395$

Chocolate: $0,009CH \leq 1,5$

Goiabada: $0,003G \leq 1$

Açúcar: $0,03CH + 0,04G \leq 25,5$

Demanda:

$C \geq 2100$

$H \geq 230$

$F \geq 558$

$CH \geq 110$

$G \geq 165$

Não negatividade: $C, H, F, CH \text{ e } G \geq 0$

Onde ocorrem apenas as mudanças da quantidade de material em estoque e as demandas dos dias da semana e do fim de semana.

Após a modelagem feita, inseriu-se a modelagem do problema no programa LINDO, adicionando todas as informações (não negatividade, maximização do lucro) necessárias à obtenção dos resultados. Buscando a interação satisfatória, encontraram-se os resultados organizados nas tabelas 4 e 5 a seguir:

TIPOS DE PÃO	QUANTIDADE	LUCRO POR UNIDADE (R\$)	LUCRO (R\$)
Pão Careca	15478	0,25	3869,50

Hambúrguer	230	0,23	52,90
Massa Fina	558	0,23	128,34
Pão de Chocolate	110	0,05	5,50
Pão de Goiabada	165	0,1	16,50
TOTAL	16541	0,86	4.072,74

Fonte: (Autores, 2016)

Tabela 4 - Resultado para os dias da semana

Para a produção do dia de semana, o programa atingiu a solução ótima, atendendo as demandas diárias para cada tipo de pão e produzindo 16.541 pães no dia e tendo um acréscimo de 13.378 pães carecas produzidos, por ter o maior lucro por unidade vendida, obtendo um lucro máximo de R\$ 4.072,74 e um lucro mensal de R\$ 105.891,24.

Se fosse atendida apenas as demandas informadas de 3.163 pães, o lucro seria de R\$ 728,24, tendo sobra do material contido em estoque.

TIPOS DE PÃO	QUANTIDADE	LUCRO POR UNIDADE (R\$)	LUCRO (R\$)
Pão Careca	14763	0,25	3690,75
Hambúrguer	300	0,23	69,00
Massa Fina	420	0,23	96,60
Pão de Chocolate	150	0,05	7,50
Pão de Goiabada	210	0,1	21,00
TOTAL	15843	0,86	3.884,85

Fonte: (Autores, 2016)

Tabela 5 - Resultado para o fim de semana

Já para a produção do fim de semana, o programa atingiu a solução ótima, atendendo a demanda para cada tipo de pão e produzindo 15.843 pães no dia e tendo um acréscimo de 12.810 pães carecas produzidos obtendo um lucro máximo de R\$ 3.884,85 com um lucro mensal de R\$ 101.006,10.

A demanda do dia necessária foi de 3.033 pães, e o lucro total da demanda foi de R\$ 682,35.

5. Conclusões

Para se obter uma programação da produção mais próxima da ótima possível, maximizando o lucro da empresa e trazendo-o ao valor de R\$ 4.072,74 durante os dias da semana e o valor de R\$ 3.884,85 no fim de semana (de acordo com os dados obtidos através da resolução do problema de programação linear pelo programa LINDO), se segue a linha de demanda para cada tipo de pão produzido e com o acréscimo de produção apenas do pão de massa grossa devido ao mesmo proporcionar maior lucro com a produção.

Atendendo apenas a demanda necessária diariamente continuar-se-ia tendo um lucro, só que menor do que a obtida na solução.

Produzindo apenas o pão careca, o lucro da empresa seria maior. Já os pães de hambúrguer (H), massa fina (F), de chocolate (CH) e de goiabada (G) não seriam produzidos por não gerarem grande impacto na maximização do lucro da padaria. Porém a realidade é um pouco diferente, pois por questões estratégicas e também de demanda pelos produtos H, F, CH e G (pães de massa fina), ocorrem à produção dos mesmos com o intuito de atender àqueles clientes que demandam por estes produtos.

No presente estudo, a PO revelou-se como uma importante ferramenta de gestão que pode ser utilizada pelo gestor dono da panificadora para a tomada de decisão. Com o auxílio da programação linear é possível montar um problema envolvendo todas as espécies de produtos fabricados pela panificadora e dessa forma é possível prever através de simulação e do LINDO se os estoques disponíveis são suficientes, e a partir dos resultados encontrados determinarem se há necessidade de fazer compras de matéria prima ou se haverá estoque.

Futuras pesquisas podem ser desenvolvidas nessa empresa de panificação, como o estudo de tempos e movimentos, para encontrar a capacidade produtiva da empresa e dessa forma estabelecer novas restrições de mão de obra humana, além de encontrar novas maneiras de realizar o trabalho, eliminando atividades que não agregam valor.

Referências

ABIP- Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria. Desempenho do setor de panificação e confeitaria brasileiro. Disponível em: <http://www.abip.org.br/site/sobre-o-setor-2015/>. Acesso em 16/06/2016.

HILLIER, Frederick; GERALD, J. Lieberman. Introdução à Pesquisa Operacional; tradução: Ariovaldo Griesse. – 8 ed. – Porto Alegre: AMGH, 2010.

MILHOMEM, Danilo Alcantara et al. Utilização da programação linear e do método simplex para otimização da produção de pães em uma empresa de panificação. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Perspectivas globais para a engenharia de produção, Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/publicacoes/>. Acesso em: 16/06/2016.

RAGSDALE, Clift T. Modelagem e Análise de Decisão. 6ª edição. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SAMPAIO, Gabriel Silva et al. Aplicação da Programação Linear para minimização de custos no processo produtivo de uma espetaria. XXI Simpósio de Engenharia de Produção: As demandas de infraestrutura logística para o crescimento econômico brasileiro, São Paulo, 2014.

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.

STACANELLI, Thais Machado et al. Aplicação da programação linear para a otimização da produção em um laticínio localizado na região centro oeste de Minas gerais. XXXV encontro nacional de engenharia de produção, Fortaleza CE. Disponível em:

www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?ano=2015&area=211&pchave=&autor=. Acesso em 14/06/2016.