



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE SYLVIO DE CAMARGO - CIASC
CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS DA MARINHA DO BRASIL

CT (QC-FN) JOAQUIM DARCY BAPTISTA SIMÕES JUNIOR

PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA DIMINUIÇÃO DE CUSTOS: ESTUDO DE CASO EM UM
RANCHO DE UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DA MARINHA DO BRASIL

Rio de Janeiro, RJ

2019

CT (QC-FN) JOAQUIM DARCY BAPTISTA SIMÕES JUNIOR

**PROGRAMAÇÃO LINEAR PARA DIMINUIÇÃO DE CUSTOS: ESTUDO DE CASO EM UM
RANCHO DE UMA ORGANIZAÇÃO MILITAR DA MARINHA DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística pela Universidade Federal do Rio Grande em cooperação com o Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo, Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil.

Orientador:

Prof. Dr. Marcos dos Santos

Resumo:

O estudo de caso foi realizado em um rancho de uma organização militar da Marinha do Brasil, localizado no distrito federal, onde se produz refeições variadas durante a semana. O objetivo do presente trabalho é desenvolver um modelo de programação linear, que no caso se caracterizou como uma ferramenta de gestão, para verificar as quantidades de ingredientes a serem comprados para a produção das refeições. Levou – se em consideração a demanda mensal de cada ingrediente e a disponibilidade financeira da organização militar. A simulação do modelo foi feita utilizando a ferramenta solver do software Microsoft Excel. Após a simulação foram obtidos como resultados dados muito semelhantes àqueles adotados pelo referido rancho, fazendo com que a ferramenta desenvolvida seja utilizada pela gestão para variações de dados.

Palavras-chave: Programação linear; Custos; Solver; Rancho militar.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 PESQUISA OPERACIONAL	5
2.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR	6
2.3 MODELAGEM MATEMÁTICA	8
2.4 RESTRIÇÕES	8
2.5 FUNÇÃO OBJETIVO	8
2.6 SOLVER DO EXCEL	8
2.7 MÉTODO SIMPLEX	8
2.8 UM EXEMPLO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO SOLVER	9
2.8.1 OBTER A SOLUÇÃO	11
2.8.2 ANÁLISE DA SOLUÇÃO	13
3. ESTUDO DE CASO	14
3.1 COLETA DE DADOS	14
3.2 MODELO MATEMÁTICO	16
3.3 FUNÇÃO OBJETIVO	16
3.4 RESTRIÇÕES	17
3.5 DERIVAR SOLUÇÕES A PARTIR DE UM MODELO	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 – INTRODUÇÃO

Em Brasília, bem como nas demais unidades da Federação, é única e exclusiva a forma obtida para a produção das refeições, independentemente da quantidade a serem produzidas. Haja vista que a produção das referidas refeições foram baseadas e um estudo realizado por uma Organização Militar da Marinha do Brasil, segundo o setor do rancho do departamento de intendência, foram realizados variados testes de aptidão física com inúmeros militares para que se chegasse a uma quantidade suficiente/ideal de alimentos (nutrientes) necessários para que os militares pudessem realizar suas atividades diárias sem comprometer seu desempenho.

O estudo foi realizado em um rancho, funcionando como um refeitório e trabalha produzindo refeições para os seus clientes, os quais são militares. O mesmo tem uma demanda fixa e segue um padrão único, pois serve aos seus “clientes” 200g de carne, peixe ou frango, 90g de arroz, 60g de feijão, 30g de macarrão e 40g de farofa. O rancho fica sob a responsabilidade de um tenente, o qual também é o chefe do refeitório.

Neste artigo, foi utilizada a pesquisa operacional para minimizar os custos na compra do material utilizado, considerando a demanda semanal, de forma a transformar o custo no menor possível.

Para que a pesquisa seja considerada válida, foi utilizado o modelo de programação linear, o qual foi resolvido com a ferramenta Microsoft Excel Solver, e em seguida comparada com os dados fornecidos pelo referido rancho.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) trata da modelagem matemática de fenômenos estáticos ou dinâmicos. Os problemas estáticos são denominados por determinísticos. Nestes problemas, todos os componentes são conhecidos a priori e nenhuma aleatoriedade em sua ocorrência é admitida. Os problemas dinâmicos são denominados estocásticos, e seus elementos apresentam uma probabilidade de ocorrência em uma determinada forma.

A pesquisa operacional tem sido muito utilizada nos anos mais recentes em empresas de pequeno, médio e grande porte. Muitas indústrias, inclusive a de aviação e mísseis, automóveis, comunicações, computadores, energia elétrica, eletrônica, alimentos,

metalúrgica, mineração, papel, petróleo e transporte, têm feito uso extensivo da pesquisa operacional. Mesmo instituições financeiras, agências governamentais e hospitais.

2.2 – Programação Linear

A Programação Linear é uma ferramenta que veio para auxiliar na solução dos problemas voltados para a otimização dos resultados, mais precisamente para a maximização da margem de contribuição. Para que o problema seja objeto de estudo da pesquisa operacional é necessário transformá-lo em um problema de programação matemática.

De acordo com Bronson (1985) recomenda a seguinte abordagem para esta transformação:

- Passo 1 – Determine a grandeza a ser otimizada e expresse-a como uma função matemática. Isto feito serve para definir as variáveis de entrada;
- Passo 2 - Identifique todas as exigências, restrições e limitações estipuladas e expresse-as matematicamente. Estas condições constituem as restrições.
- Passo 3 – Expresse todas as condições implícitas. Tais condições não são estipuladas explicitamente no problema, mas são evidentes a partir da situação física sendo modelada. “Geralmente estas condições envolvem requisitos de serem não negativos ou de serem inteiros os valores das variáveis de entrada”.

A segunda etapa da formulação do problema é a construção do modelo matemático que traduz o problema e o seu contexto. É a partir do modelo que se identifica qual a melhor técnica a ser aplicada para resolver o problema. O modelo matemático é composto de equações divididas em dois grupos: a função-objetivo e as restrições.

A função-objetivo representa o elemento dependente dos demais no problema. As restrições são os elementos que determinam a função-objetivo e que tem limites definidos. As equações, ou inequações, independente de serem função-objetivo ou restrições, podem conter dois tipos de variáveis: as controláveis e as incontroláveis.

As controláveis têm seus valores estabelecidos por quem formou o problema. Mas, podem existir variáveis que não estão sob o domínio do formulador do problema que são chamadas de incontroláveis.

Na programação linear, as equações ou inequações são necessariamente lineares. Logo, se o modelo matemático resultante atende a essa premissa, trata-se de um problema de Programação Linear.

De posse do modelo matemático e identificado qual a técnica a ser aplicada, parte-se para obtenção da solução.

Teoricamente, se pode obter a solução de um problema de programação linear de três formas:

- Solução gráfica;
- Solução Algébrica, e
- Solução pelo método SIMPLEX

Para Leone (2000) “A Programação Linear é uma técnica matemática, incluída no rol das técnicas da pesquisa operacional, que permite agerencia determinar com precisão a melhor solução – otimização de lucros – levando em consideração as variáveis limitações existentes”.

Segundo Oliveira Neto (2000) “A programação linear está inserida dentro da pesquisa operacional. A pesquisa operacional é um conjunto de métodos científicos voltados para a resolução de problema quantitativo, inicialmente desenvolvido para ser aplicado em problemas estratégicos e táticos provenientes da Segunda Guerra Mundial”.

Com isso entende-se que a ferramenta da programação linear poderá ser utilizada para calcular a otimização dos resultados a partir do conhecimento das operações da companhia ou através da compreensão dos problemas envolvendo estratégia e tática empresarial.

Corroborando Loesch (2002) que trata da programação linear, esclarece que poderá ser utilizada:

A ferramenta Solver da planilha eletrônica EXCEL (marca registrada da Microsoft Corporation). Embora permita a solução de problemas de programação matemática de forma geral, esta flexibilidade possui um preço adicional, exigindo certa dose de esforço na colocação do problema na planilha, pois as fórmulas que efetuam as combinações lineares das variáveis com os coeficientes do problema, tanto da função objetivo quanto ao das restrições, devem ser construídas em etapa prévia à resolução.

Após a análise das contribuições dos autores citados acima, percebe-se que, com o uso da informática, facilitou-se o trabalho para o cálculo de resultados com o objetivo da otimização dos resultados, mais precisamente da margem de contribuição total a ser atingida pelos gestores com o apoio da programação linear.

2.3 – Modelagem matemática

Modelos matemáticos são representações idealizadas, sendo expressas em forma de símbolos matemáticos e expressões. E, no caso da Pesquisa Operacional, os modelos apresentam como parte principal: as variáveis de decisão, a função objetivo e as restrições.

Sendo as constantes, presentes nas restrições e na função objetivo, consideradas os parâmetros do modelo. Dessa forma, o modelo poderá fazer as melhores escolhas para maximizar ou minimizar a função objetivo.

2.4 – Restrições

É necessário que informações sobre quais as atividades que consomem recursos e em que proporções os mesmos são consumidos sejam definidas, pois estas são apresentadas em forma de equações, as equações lineares, uma para cada recurso. Ao conjunto dessas equações e/ou inequações, denomina-se “Restrições do Modelo”. Normalmente se tem inúmeras maneiras de distribuir os recursos escassos entre as diversas atividades em estudo, bastando para com isso que essas distribuições estejam coerentes com as restrições do modelo.

2.5 – Função objetivo

Pode ser definido como objetivo do problema, ou seja, maximizar o lucro ou minimizar os custos. A função objetivo envolve todas as variáveis do problema e nos proporciona uma solução ótima. Logo, nos leva a melhor alternativa a ser seguida.

2.6 – Solver do Excel

Conforme o manual do usuário do Office 2003, o Solver faz parte de um conjunto de programas, que geralmente são chamados de ferramentas de análise hipotética, ou seja, uma ferramenta que possibilita encontrar um valor ideal para uma determinada equação. Para resolver problemas lineares e de números inteiros, o *Solver* utiliza o algoritmo *Simplex* com limites sobre as variáveis e o método de desvio e limite. Esse método foi produzido por *John Watson* e *Dan Fylstra*, ambos da *Frontline Systems, Inc.*

2.7 – Método Simplex

O Método Simplex caminha pelos vértices da região viável até encontrar uma solução que não possua soluções vizinhas melhores que ela. Esta é a solução ótima. A solução ótima pode não existir em dois casos: quando não há nenhuma solução viável para o

problema, devido a restrições incompatíveis; ou quando não há máximo (ou mínimo), isto é, uma ou mais variáveis podem tender ao infinito e as restrições continuarem sendo satisfeitas, o que fornece um valor sem limites para a função objetivo.

2.8 – Um exemplo através da utilização do Método Solver (Programação Linear)

Podemos citar, como exemplo, uma empresa que produz luvas, onde o diretor solicita ao seu contador que seja realizado um planejamento de como será compostos a margem de contribuição, os custos e os recursos para a produção de uma série de itens dessa empresa.

Buscou-se elencar um rol de informações sobre os itens, que serão demonstrados a seguir. Primeiramente, identificam-se quais são os estilos de luvas que a empresa pretende produzir e quais são seus principais centros de custos, identificando desta forma, também os custos variáveis de cada estilo, assim como a respectiva margem de contribuição.

Quadro 1: Estilos de Produtos, Preços, Custos Variáveis e Margem de Contribuição:

Produtos

	Luva A	Luva B	Luva C	Luva D
Preço de vendas	11,00	11,00	7,20	3,10
matéria-prima	2,20	2,10	1,20	0,22
Corte	0,10	0,05	0,19	0,21
Costura	1,00	1,31	0,80	0,80
Acabamento	1,99	0,22	1,01	-
Custo Variável	5,29	3,68	3,20	1,23
Margem	5,71	7,32	4,00	1,87

Demonstra-se no quadro acima um rol de produtos, com seus respectivos preços de venda, custos variáveis e margens de contribuição.

Em seguida far-se-á necessário identificar a quantidade de tempo necessário para a fabricação de cada unidade de cada tipo de produto.

Quadro 2: Distribuição dos Recursos consumidos em cada produto.

	Produtos	Produtos	Produtos	Produtos	Produtos
	Luva A	Luva B	Luva C	Luva D	Um.Medida
Matéria-prima por unidade	102,000	105.000	63,000	11,000	Cm2
Corte	0,029	0,01	0,007	0,0014	Horas
Costura	0,05	0,018	0,080	0,0050	Horas
Acabamento	0,23	0,08	0,12	-	Horas

No quadro analisado, obtiveram-se os dados do consumo de matéria-prima, quantidade e horas utilizadas para a produção e cada item.

- Custos Fixos R\$ 10.200.000,00
- Recursos Disponíveis:
 - Matéria Prima: 128.000.000cm2
 - Corte: 23.000 horas
 - Costura 90.000 horas
 - Acabamento: 180.000 horas

Demanda do Produto (em unidades)

Produto A: 600.000.

Produto B: 500.000.

Produto C: 500.000.

Produto D: 400.000.

Diante dessas informações, pretende-se maximizar a margem de contribuição deste processo produtivo com a seguinte equação:

Função-objetivo:

$$MCT = \{[(P_A - CV_A) * Q_A] + [(P_B - CV_B) * Q_B] + [(P_C - CV_C) * Q_C] + [(P_D - CV_D) * Q_D]\}$$

Isto é,

Maximizar $MCT = 5,71a + 7,32b + 4,00c + 1,87d$

Onde:

P = Preço

CV = Custo Variável

Q = Quantidade

a = Quantidade do Produto A

b = Quantidade do Produto B

c = Quantidade do Produto C

d = Quantidade do Produto D

Restrições:

a) Explícitas

Matéria Prima: $(102 \times a) + (105 \times b) + (63 \times c) + (11 \times d) \leq 128.000.000 \text{ cm}^2$

Corte: $(0,0290 \times a) + (0,0100 \times b) + (0,007 \times c) + (0,014 \times d) \leq 23.000 \text{ horas}$

Costura: $(0,05 \times a) + (0,018 \times b) + (0,0800 \times c) + (0,05 \times d) \leq 90.000 \text{ horas}$

Acabamento: $(0,23 \times a) + (0,08 \times b) + (0,12 \times c) \leq 180.000 \text{ horas}$

Produto A: $a \leq 600.000$

Produto B: $b \leq 500.000$

Produto C: $c \leq 500.000$

Produto D: $d \leq 400.000$

b) Implícitas

Restrição de não negatividade

$a \geq 0, d \geq 0, c \geq 0 \text{ e } d \geq 0$

2.8.1 – Obter a Solução

Para obter a solução do problema, basicamente transportam-se todos os dados para planilha eletrônica, na ferramenta Solver do EXCEL.

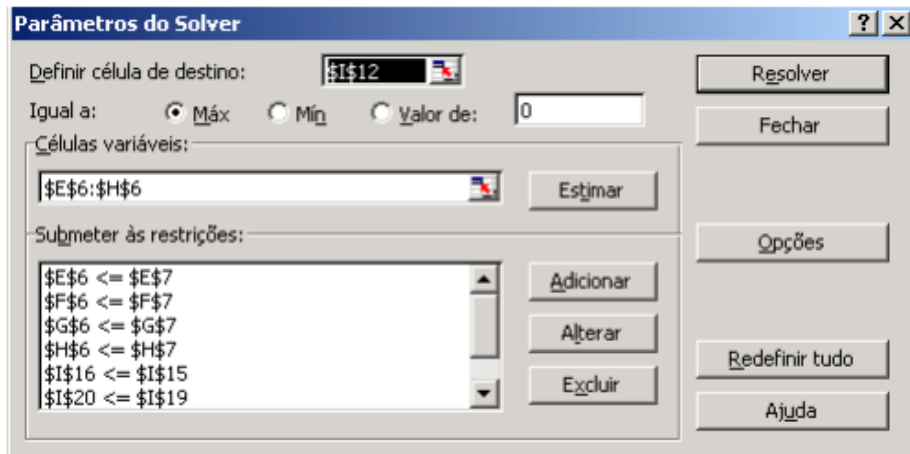
Os próximos passos, basicamente se concentram em identificar:

a) célula de destino: o sistema irá resolver a função-objetivo analisada anteriormente.

b) Deve indicar se o sistema irá maximizar ou minimizar os valores a serem calculados na função-objeto, neste exemplo, será maximizado.

- c) Identificar as células variáveis, onde o sistema irá calcular a quantidade necessária para a produção de cada produto, ou seja, são as variáveis que o sistema irá calcular.
- d) No final, faz-se necessário submeter o cálculo às restrições (matéria-prima, horas, demanda etc.) que a produção possui e o sistema calculará a solução ótima.

Figura 1: Parâmetros do Solver



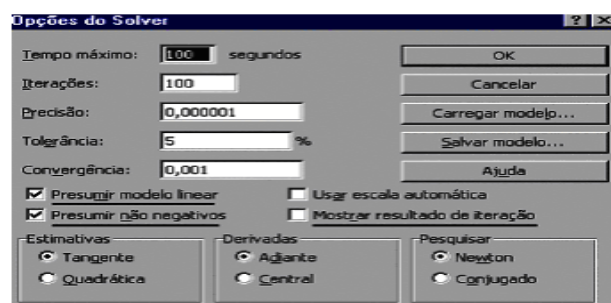
A célula de destino \$G\$12 será a função-objetivo a ser calculada.

As células variáveis \$C\$6:\$F\$6 serão as quantidades que o sistema irá calcular para serem produzidas conforme a função-objetivo e a demanda do mercado.

Somente será possível ao submeter-se às restrições do sistema produtivo, que na célula \$C\$6<=\$C\$7 significa que a quantidade a ser calculada através da programação linear deverá ser menor ou igual à demanda do mercado, e o processo é assim por diante descrito, passo a passo para cada departamento.

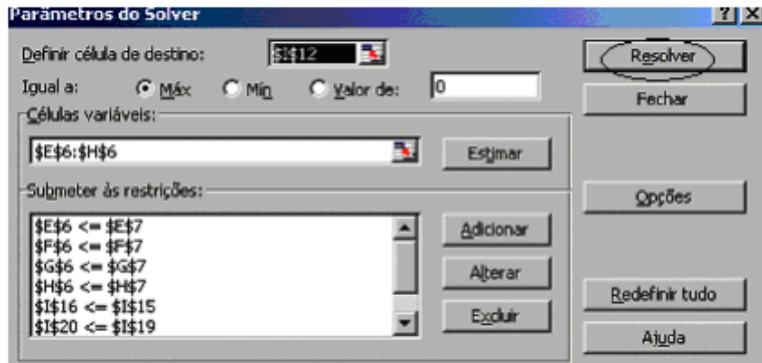
Deverá ser submetida em Opções do Solver, também a opção de “Presumir modelo linear” e “Presumir não negativa”. Esse último impede que as variáveis assumam valores negativos, que é a restrição implícita definida no modelo do problema em questão.

Figura 2: Opção do Solver no Excel.



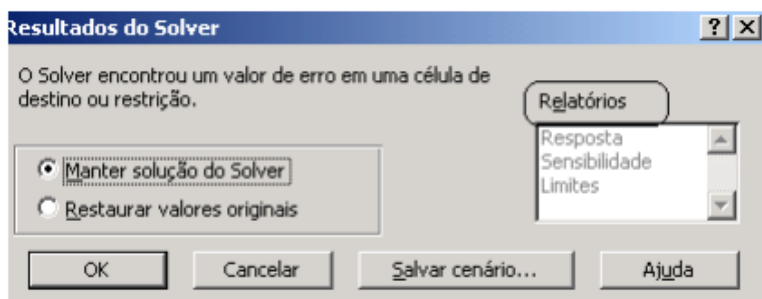
- e) O comando RESOLVER, ao ativar a resolução do problema a ferramenta calcula todas as soluções ótimas seja encontrada, isto é, maximização do resultado de acordo com a função-objetivo e das restrições do sistema produtivo analisado.

Figura 3: Função Resolver no EXCEL.



- f) O sistema irá emitir três relatórios que são: Relatório de RESPOSTA que contem os resultados obtidos, partindo-se de uma solução qualquer. O relatório de SENSIBILIDADE onde contem os valores das variações de uma unidade em relação às variáveis e restrições da função-objetivo a ser calculada. O relatório de LIMITES demonstra os limites inferiores e superiores que as variáveis poderão assumir dentro de um conjunto de soluções.

Figura 4: Relatórios de saída da solução do Solver.



2.8.2 – Análise da solução

A análise da solução é realizada sobre os resultados gerados pela ferramenta Solver, cuja maximização a função-objetivo em MCT =R\$ 8.394.087 para tanto a produção de cada produto que a planilha sugere de acordo com a demanda, percebe-se que:

Produto A: Tem-se uma demanda de 600.000 unidades contra uma programação linear de 347.826 unidades, sendo que a demanda não atendida é de 252.174.

Produto B: Tem-se uma demanda de 500.000 de unidade contra uma programação linear de 500.000.unidades sendo que toda a demanda foi atendida.

Produto C: Tem-se uma demanda de 500.000 de unidade contra uma programação linear de 500.000.unidades sendo que toda a demanda foi atendida

Produto D: Tem-se uma demanda de 400.000 unidades contra uma programação linear de 400.000 unidades, sendo que toda demanda foi atendida.

Para que a Programação Linear seja cumprida sugere-se um consumo total de matéria-prima equivalente a 128.000.000 cm².

Do total de horas disponíveis para suprir a demanda houve uma sobra de 25.462 horas nos departamentos.

É interessante ressaltar que através da simples análise da margem de contribuição de cada produto, o Produto D teve a menor margem, ou seja, foi de R\$1,87.

Em uma rápida decisão, de uma forma errônea, poder-se-ia reduzir ou até mesmo eliminar o produto “D” do rol de produção em concordância com os fatos restritivos analisados neste trabalho. Mas a Programação Linear permite apurar um resultado mais próximo da realidade em concordância com os fatos restritivos analisados neste trabalho.

3 – ESTUDO DE CASO

Foi realizado um estudo de caso pelo departamento de intendência de uma Organização Militar da Marinha do Brasil, localizado no Distrito Federal, na cidade de Brasília, onde o mesmo foi executado nas dependências do referido rancho. A equipe de aprovisionamento trabalha diretamente na produção de refeições para todo o seu efetivo, cuja demanda é fixa. A produção, o gerenciamento administrativo e o financeiro, assim como nas demais Organizações Militares seguem um padrão único, pois são submetidos a um regulamento/legislação ficando sob a responsabilidade do chefe do aprovisionamento. Estes processos e os gastos passam por rígido controle de análise e aprovação, para que se obtenha um processo otimizado.

3.1 – Coleta de dados

O objetivo do estudo de caso consistiu na minimização dos custos na compra dos produtos, através da criação de uma ferramenta de gestão para refeitórios, onde se levou em consideração a demanda semanal dos produtos que compõe uma porção. Então focalizou - se

neste estudo o cálculo da quantidade exata de produtos a serem comprados em determinado período para a produção das porções.

Para a proposição do modelo, utilizaram-se os seguintes dados:

- Custo do Kg do peixe e de cada tipo de carne;
- Custo do tempero por embalagem;
- Custo dos alimentos básicos (arroz, macarrão, feijão e farinha);
- Tempo médio de preparo de 1 kg de cada alimento;
- Demanda semanal de cada porção;
- Porcentagem de perda do peixe e de cada tipo de carne;
- Quantidade média utilizada de cada tempero no preparo dos alimentos;
- Quantidade de tempero vinda em cada embalagem;
- Verba disponível para compra dos produtos;
- Tempo semanal disponível para a produção das porções.

Os dados coletados estão dispostos nas tabelas abaixo:

Tabela 1 – Dados dos alimentos

Alimento	Custo por KG	Tempo Médio de Preparo (Min./KG)	Perda de Carne	Temperos Utilizados	Demanda Semanal
Carne	R\$ 15,98	1,09	10%	Óleo, Sal, Cebola, Alho, Coloral, Cominho, Pimentinha e Cheiro Verde	660
Peixe (Filé)	R\$ 22,00	1,25	0%	Óleo, Sal, Alho, Limão e Cheiro Verde	220
Frango	R\$ 8,50	1,35	8%	Óleo, Sal, Cebola, Alho, Coloral, Cominho, Pimentinha, Limão e Cheiro Verde	660
Arroz	R\$ 3,69	1,26	0%	Óleo, Sal, Cebola e Alho	1540
Macarrão	R\$ 3,08	3,03	0%	Óleo, Sal, Cebola e Alho	1540
Feijão	R\$ 8,49	3,07	0%	Óleo, Sal, Cebola, Charque, Bacon, Cheiro Verde, Pimentinha, Colorau e Abóbora	1540
Farofa	R\$ 3,20	0,29	0%	Margarina, Colorau, Cebola e Alho	1540

Tabela 2 – Dados das quantidades de Ingredientes / Porção

Alimento	Média utilizada em cada porção de carne	Média utilizada em cada porção de peixe	Média utilizada em cada porção de frango	Média utilizada em cada porção de arroz	Média utilizada em cada porção de macarrão	Média utilizada em cada porção de feijão	Média utilizada em cada porção de farofa	Quantidade em cada embalagem
Oleo	2,27 ml	9,09 ml	9,09 ml	0,91 ml	0,91 ml	1,14 ml	-	900 ml
Sal	0,0018 Kg	0,0023 Kg	0,0023 Kg	0,00091 Kg	0,0023 Kg	0,00045 Kg	-	1 Kg
Cebola	0,0045 Kg	-	0,0045 Kg	0,0016 Kg	0,0011 Kg	0,0016 Kg	0,0011 Kg	20 Kg
Alho	0,00045 Kg	0,00091 Kg	0,00091 Kg	0,00016 Kg	0,00016 Kg	0,00032 Kg	0,00016 Kg	5 Kg
Cominho	0,00023 Kg	-	0,00032 Kg	-	-	-	-	0,1 kg
Pimentinha	0,00045 Kg	-	0,00045 Kg	-	-	0,00023 Kg	-	5 Kg
Cheiro Verde	0,00045 Kg	0,00091 Kg	0,00045 Kg	-	-	0,00045 Kg	-	0,1 Kg
Limão	-	0,0045 Kg	0,0045 Kg	-	-	-	-	20 Kg
Colorau	-	-	0,0014 Kg	-	-	0,00023 Kg	0,00023 Kg	0,1 Kg
Charque	-	-	-	-	-	0,014 Kg	-	5 Kg
Bacon	-	-	-	-	-	0,014 Kg	-	5 Kg
Margarina	-	-	-	-	-	-	0,0018 Kg	1 Kg
Abóbora	-	-	-	-	-	0,0091 Kg	-	20 kg

Fonte: autoria própria – dados fornecidos pela instituição militar.

Verba Disponível Semanalmente - R\$ 7.000,00

3.2 – Modelo matemático

O modelo matemático de um problema de negócios é o sistema de equações e de expressões matemáticas relativas que descrevem a essência do problema. Portanto, se houver “n” decisões quantificáveis relacionadas a serem feitas, elas serão representadas na forma de variáveis de decisão.

No presente trabalho foi desenvolvido um modelo matemático com o intuito de se encontrar a solução ideal para o problema, que no caso é a diminuição dos custos na compra de produtos para a produção de alimentos, tendo em base os dados coletados na administração do rancho da organização militar estudada.

3.3 – Função objetivo

Variáveis de decisão: as variáveis de decisão são as incógnitas a serem determinadas pela solução do modelo. Nesse caso é a quantidade exata a ser comprada de cada produto na produção dos alimentos para que não haja desperdícios e assim se obtenha uma solução otimizada, ou seja, aquela de menor custo para a Instituição. Com isso a função objetivo relacionou a quantidade a ser comprada de cada produto com seu preço unitário, ficando da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 MIN Z = & (15,98 \times QCa) + (22 \times QPe) + (8,5 \times QFr) + (3,69 \times QAr) + (3,08 \times QMac) \\
 & + (8,49 \times QFe) + (3,20 \times QFa) + (2,55 \times QOl) + (0,4 \times QSal) \\
 & + (35 \times QCe) + (57,8 \times QAl) + (0,75 \times QCum) + (21,75 \times QPi) \\
 & + (1QC \times V) + (47 \times QLi) + (0,55 \times QCo) + (56,55 \times QCh) \\
 & + (48,6 \times QBa) + (5,12 \times QMar) + (35 \times QAb)
 \end{aligned}$$

Tabela 3 – Legenda das variáveis

Variáveis de decisão	
QCa	Quantidade do Kg da carne
QPe	Quantidade do Kg do peixe
QFr	Quantidade do Kg do frango
QAr	Quantidade do Kg do arroz
QMac	Quantidade do Kg do macarrão
QFe	Quantidade do Kg do feijão
QFa	Quantidade do Kg da farinha
QOl	Quantidade em unidades de embalagem de óleo
QSal	Quantidade em unidades de embalagem de sal
QCe	Quantidade em unidades de embalagem de cebola
QAl	Quantidade em unidades de embalagem de alho
QCom	Quantidade em unidades de embalagem de cominho
QPi	Quantidade em unidades de embalagem de pimentinha
QC. V	Quantidade em unidades de embalagem de cheiro verde
QLi	Quantidade em unidades de embalagem de limão
QCo	Quantidade em unidades de embalagem de colorau
QCh	Quantidade em unidades de embalagem de charque
QBa	Quantidade em unidades de embalagem de bacon
QMar	Quantidade em unidades de embalagem de margarina
QAb	Quantidade em unidades de embalagem de abóbora

3.4 – Restrições

As restrições dentro da Pesquisa Operacional são expressões ou equações que representam as limitações nos valores que podem ser atribuídos às variáveis de decisão.

Após as informações a nos serem repassadas, foram organizadas restrições de acordo com a demanda de cada alimento que compõe a porção e verba disponível para a compra dos produtos.

Restrição de demanda em relação às carnes, peixe e alimentos básicos.

$$Qt \geq Qut \times Dt$$

(Quantidade de alimento “t” comprada deve ser maior ou igual à quantidade desse alimento nas porções vezes a demanda do alimento utilizado).

A quantidade de carne e peixe nesse refeitório não varia e equivale a 200g, onde também foi levada em consideração a perda no preparo desses alimentos. Já a quantidade dos alimentos básicos varia sendo, portanto, distribuída da seguinte forma: Arroz = 90g, macarrão = 30g, feijão = 60g e farofa = 40g.

Restrição de demanda em relação aos temperos utilizados no preparo dos alimentos.

$$Qz \times X \geq Quz \times Dz$$

(A quantidade de embalagem do tempero “z” a ser comprada, deve ser maior ou igual à quantidade utilizada do tempero “z” pela porção dos alimentos em que é utilizada, multiplicada pela demanda desses alimentos).

Como cada tempero é comprado por embalagem com uma quantidade fixa que, geralmente, se difere da necessária para a produção das porções no quartel, procurou-se formular uma equação que restringisse o valor da quantidade utilizada ao número de embalagens a serem compradas.

Para isso, foi necessário multiplicar por uma constante “x” (quantidade vinda em cada embalagem que é específica de cada tempero) a quantidade de tempero a ser utilizada, que representaria a quantidade em quilogramas ou mililitros que cada embalagem contém, tornando assim, a quantidade a ser utilizado, sempre um número múltiplo da quantidade de cada embalagem.

Restrição financeira

$$7000 \geq \sum (C \times Q)$$

(O custo total para a compra dos materiais utilizados na semana deve ser menor ou igual a sete mil reais, que no caso é o total de verba disponível).

3.5 – Derivar soluções a partir de um modelo

Após a formulação de um modelo matemático para o problema em questão, a próxima fase em um estudo de PO é desenvolver um procedimento (normalmente baseado em computador) para derivar soluções para o problema desse modelo.

Para se obter uma solução ideal para este problema, foi utilizado a ferramenta Solver, disponibilizada no Microsoft Excel, que possibilita através do mesmo encontrar valores ideais para o problema de acordo com a função objetivo e as restrições impostas pelo problema, gerando também relatórios de fácil entendimento, como o de análise de sensibilidade e o dos valores encontrados, facilitando assim a tomada de decisões dos gestores.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a utilização da ferramenta *Solver* para a resolução do problema, obtivemos os dados relacionados a: quantidades de carne e peixe, quantidades de arroz, macarrão, feijão, farinha, as quantidade de embalagens de temperos a serem comprados e que serão utilizados no preparo dos alimentos para os 330 soldados semanalmente.

Tabela 4 – Quantidade de Alimentos

Alimento	Quantidade a ser comprada na semana (KG)
Carne	145,2
Peixe	44
Frango	142,56
Arroz	138,6
Macarrão	46,2
Feijão	92,4
Farinha	61,6

Tabela 5 – Quantidade de Tempero

Tempero	Quantidade a ser comprada na semana (Embalagem)
Óleo	16
Sal	9
Cebola	1
Alho	1
Cominho	4
Pimentinha	1
Cheiro verde	15
Limão	1
Colorau	17
Charque	5
Bacon	5
Margarina	3
Abóbora	1

As tabelas mostram as quantidades de produtos a serem comprados para a produção dos alimentos semanalmente.

Na tabela seguinte observa-se o custo semanal da Instituição na compra dos produtos, ficando uma folga de aproximadamente R\$ 1.100,00 pra eventuais necessidades e observou-se também que esses resultados são semelhantes aos valores já praticados no referido rancho do Grupamento de Fuzileiros Navais de Brasília indicando já um planejamento otimizado para a atual demanda.

Tabela 6 – Verba Utilizada

Custo Otimizado	
Custo Mínimo	R\$ 5.914,31

A criação dessa ferramenta de gestão é de fundamental importância para a Instituição, pois através dela podemos obter as quantidades necessárias de produtos a serem comprados para a produção das refeições em caráter excepcionais, como:

Regresso de um pelotão da missão de paz do Haiti (35 homens), com a ferramenta que foi desenvolvida pode-se calcular a quantidade otimizada de alimentos a serem comprados para atender a esta nova demanda.

As tabelas abaixo mostram as quantidades exatas de produtos a serem comprados que possam atender a nova demanda.

Tabela 7 – Quantidade de alimentos (nova demanda)

Alimento	Quantidade a ser comprada na semana (KG)
Carne	152,9
Peixe	51
Frango	150,12
Arroz	141,75
Macarrão	47,25
Feijão	94,5
Farinha	63

Tabela 8 – Quantidade de tempero (nova demanda)

Tempero	Quantidade a ser comprada na semana (Embalagem)
Óleo	17
Sal	10
Cebola	1
Alho	1
Cominho	4
Pimentinha	1
Cheiro verde	16
Limão	1
Colorau	17
Charque	5
Bacon	5
Margarina	3
Abóbora	1

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos resultados do trabalho, notou-se a importância da aplicação da pesquisa operacional em processos produtivos. Desde empresas de pequenos à grande porte, pois podemos utilizar a modelagem matemática para se buscar soluções ideais, auxiliando assim o gestor na tomada de decisão.

De acordo com os resultados encontrados a partir do modelo matemático proposto, concluiu-se que a Instituição já possuía um processo resumido, pois os dados obtidos com o modelo foram rigorosamente iguais aos dados fornecidos pela gerencia, dessa forma validando o modelo matemático.

Com o modelo validado, será possível utilizá-lo para auxiliar na tomada de decisão em relação à compra de produtos para diferentes demandas no referido rancho.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. da S.; SAMPAIO, G. S.; SANTOS, T. B. B.; SOUZA, R. L. de.; SANTOS, Y. B. I. **Aplicação da programação linear para minimização de custos no processo produtivo de uma espetaria.** In: As Demandas de Infraestrutura Logística para o Crescimento Econômico Brasileiro, Bauru/SP. Simpósio de Engenharia de Produção. 2014;

BRONSON, Richard. **Pesquisa Operacional.** Tradução: Bernardo Severo da Silva Filho, Othon Guilherme Pinto Bravo e Universidade Gama Filho. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985;

COLIN, Emerson C. **Pesquisa Operacional: 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, Logísticas, Produção, Marketing e Vendas.** São Paulo: Atlas, 2ª Ed. 2017;

FIGUEIREDO, Sandra M. A. de; MOURA, Heber J. de. **A utilização dos métodos quantitativos pela contabilidade para otimização de receitas e racionalização de custos** – Recife/PE, 2000;

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L.; **Otimização Combinatória e Programação Linear**, 2ª Ed. Editora Campus LTDA.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A Meta: Um processo de aprimoramento contínuo.** São Paulo: Educador, 1997;

GUERREIRO, Reinaldo. **Meta da empresa: seu alcance sem mistérios.** São Paulo: Atlas, 1996;

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões.** 1ª Ed. São Paulo: Pearson, 2009

LISBOA, Erico. **Método Simplex.** Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá, 2012

LOESCH, C. e HEIN, N. **Pesquisa Operacional: fundamentos e modelos.** Blumenau: Editora Saraiva, 2011.

LISBOA, Erico. **Método Simplex.** Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá, 2012

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos.** 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. **Introdução à pesquisa operacional**. Itajubá, 2009.

NOGUEIRA, F. M. A. **Programação Linear**. Disponível em
<<http://www.ufjf.br/epd015/files/2010/06/IntrodPL.pdf>> Acesso em 07 de Jun 2019.

PRADO, D. **Programação Linear**. Belo Horizonte: DG, 1999.

SILVA, R.B., et al. **Análise Multicritério Dos Motivadores Das Inovações No Sistema De Transporte No Setor De Logística**. Anais XXXVI Encontro Nacional De Engenharia De Produção. João Pessoa/PB, 2016