

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312041669>

# Pesquisa operacional aplicada aos valores diários de nutrição

Conference Paper · November 2014

CITATIONS

0

READS

108

1 author:



[Tábata Fernandes Pereira](#)

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

40 PUBLICATIONS 24 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Master's Thesis [View project](#)



Gestão do conhecimento em projetos de simulação a eventos discretos (Knowledge Management in Discrete Event Simulation projects) [View project](#)

## **PESQUISA OPERACIONAL APLICADA AOS VALORES DIÁRIOS DE NUTRIÇÃO**

**JULIANA HELENA DAROZ GAUDENCIO** - juliana\_hdg@yahoo.com.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

**TÁBATA FERNANDES PEREIRA** - tabatafp@gmail.com  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

**NAIA ANTUNIS DE REZENDE** - naiaantunis@yahoo.com.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

**PABLO PEDROSA TEIXEIRA DE OLIVEIRA** - pablo\_\_oliveira@hotmail.com  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

**JOSÉ ARNALDO BARRA MONTEVECHI** - montevechi@unifei.edu.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI

**Resumo:** *EM 1938 A CESTA BÁSICA FOI INSTITUÍDA NO BRASIL E ESTA CONSISTE NA ALIMENTAÇÃO ESSENCIAL MÍNIMA DE UM TRABALHADOR, SUFICIENTE PARA SATISFAZER SUAS NECESSIDADES NUTRICIONAIS DIÁRIAS E, MANTER SUA FORÇA DE TRABALHO, GARANTINDO SUA REPRODUÇÃO.. O OBJETIVO DESTES TRABALHOS É ENCONTRAR AS PORÇÕES NECESSÁRIAS DOS ALIMENTOS CONTIDOS NA CESTA BÁSICA NACIONAL QUE SUPREM AS NECESSIDADES DE UM TRABALHADOR ADULTO, DURANTE UM MÊS DE TRABALHO, MINIMIZANDO O SEU CUSTO E, AO MESMO TEMPO, MAXIMIZANDO SUA INGESTÃO DIÁRIA DE NUTRIENTES. O OBJETIVO FOI ATINGIDO PELA RESOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR, APLICADO À PESQUISA OPERACIONAL ATRAVÉS DO MÉTODO MODELAGEM MATEMÁTICA. OS PREÇOS DOS PRODUTOS DA CESTA BÁSICA NACIONAL FORAM COLETADOS NA CIDADE DE ITAJUBÁ, MG, E COMO RESULTADO FOI POSSÍVEL ENCONTRAR A PORÇÃO IDEAL DE CADA ALIMENTO A SER CONSUMIDO A UM BAIXO CUSTO.*

**Palavras-chaves:** CESTA BÁSICA NACIONAL; NUTRIÇÃO; PESQUISA OPERACIONAL

**Área:** 6 - PESQUISA OPERACIONAL

**Sub-Área:** 6.4 - MODELAGEM, ANÁLISE E SIMULAÇÃO

## OPERATION RESEARCH APPLIED TO DAILY VALUES OF NUTRITION

**Abstract:** *THE BASIC BASKET WAS INTRODUCED IN BRAZIL IN 1938 AND IS THE ESSENTIAL FOOD SUPPLY OF A WORKER ENOUGH TO MEET THEIR DAILY NUTRITIONAL NEEDS AS WELL AS MAINTAIN THEIR WORKFORCE AND ENSURE ITS REPRODUCTION. THE OBJECTIVE OF THIS WORK IS TO FIND THE NECESSARY PORTION OF EACH FOOD CONTAINED IN THE BASIC FOOD BASKET THAT MEET THE NEEDS OF AN ADULT WORKER OVER A MONTH, MINIMIZING YOUR COST AND AT THE SAME TIME MAXIMIZING YOUR DAILY INTAKE OF NUTRIENTS. THE GOAL WAS ACHIEVED BY SOLVING A LINEAR PROGRAMMING PROBLEM APPLIED TO OPERATIONAL RESEARCH THROUGH MATHEMATICAL MODELING METHOD. PRICES OF BASIC FOOD BASKET PRODUCTS WERE COLLECTED AT ITAJUBÁ, MG, AND CONCLUDE THAT IS POSSIBLE TO FIND THE IDEAL PORTION OF EACH PRODUCT CONSUMED AT A LOW COST.*

**Keyword:** *BASIC FOOD BASKET; NUTRITION; OPERATION RESEARCH*

## 1. Introdução

O problema envolvendo dietas foi um dos primeiros problemas de otimização estudado entre os anos 1930-1940 e foi criado pelo premiado Nobel em economia do ano de 1982, George Stigler. O problema da dieta teve o propósito de determinar, a um mínimo custo, a quantidade de alimentos que uma pessoa deve ingerir de forma a atender os níveis mínimos recomendados de nutrientes (STIGLER, 1945).

Já em 1947, Jack Laderman utilizou o método Simplex recentemente desenvolvido para solucionar o problema proposto por George Stigler e, assim, se tornando o primeiro modelo a ser desenvolvido em “larga escala” e solucionado pelo método Simplex (DANTZIG, 1990). Desde então, diversos pesquisadores revisam, derivam novas formulações e destacam a importância do modelo clássico desenvolvido por Stigler (GARILLE e GASS, 2001).

Desta forma, este trabalho visa contextualizar esse modelo clássico para os dias atuais explorando a Cesta Básica Nacional que deve conter quantidades balanceadas de nutrientes essenciais para o sustento e o bem estar de um trabalhador, em idade adulta. Em 1938, foi instituída a Ração Essencial Humana (cesta básica), juntamente com a lei do Salário-Mínimo e, tantos anos depois, esta continua sendo a única referência oficialmente reconhecida no país.

Considerando que o salário mínimo deve suprir as despesas de um trabalhador e sua família com alimentação, moradia, saúde, educação, vestuário, higiene, transporte, lazer e previdência, o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), estimou em julho de 2013, que o menor salário pago em São Paulo deveria ser de R\$ 2.750,83, ao invés do salário em vigor de R\$ 678,00. Ainda, segundo o DIEESE, a cesta básica em Belo Horizonte custa R\$ 293,48, cerca de 40% do salário mínimo líquido, e sendo esse número alarmante já que os cálculos da cesta básica foram realizados para apenas um homem adulto e não foram adicionados produtos de higiene pessoal e limpeza.

Portanto, considerando a relevância e necessidade de tentar reduzir o gasto mensal com alimentação, este trabalho visa à utilização da pesquisa operacional como uma ferramenta para minimizar o custo da Cesta Básica Nacional e, ao mesmo tempo, maximizar a ingestão diária de nutrientes de um trabalhador adulto durante um mês de trabalho.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Nutrientes

A Ingestão Diária Recomendada (IDR), do inglês *Reference Daily Intake (RDI)* é o nível de ingestão diária de um nutriente considerado suficiente para atender as exigências de 97-98% de indivíduos saudáveis em todos os lugares dos Estados Unidos onde este foi desenvolvido, mas, desde então, tem sido utilizado em vários países (FDA, 2013).

A IDR é utilizada para determinar o valor diário (%VD) dos alimentos que é impresso em seus rótulos como uma informação nutricional e, no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é o órgão responsável pela regulamentação desses rótulos visando à garantia da qualidade do produto e da saúde do consumidor (ANVISA, 2013).

A ANVISA também utiliza a *FDA (Food and Drug Administration)* como uma norma internacional de referência e, de acordo com essa norma, o IDR dos macronutrientes para indivíduos saudáveis, maiores de quatro anos, que ingerem 2.000 calorias por dia, são representados pela Tabela 1.

TABELA 1 - Ingestão diária recomendada de macronutrientes

Macronutrientes	IDR	Macronutrientes	IDR
Gordura total	65 g	Potássio	4,7 g
Ácidos graxos saturados	20 g	Carboidratos	300 g
Colesterol	0,3 g	Fibras	25 g
Sódio	2,3 g	Proteína	50 g

O guia alimentar para a população brasileira, publicado em 2005 e desenvolvido pelo Ministério da Saúde, contém as primeiras diretrizes alimentares oficiais desenvolvidas para os brasileiros e traz os alimentos divididos em grupos e, também, menciona a quantidade diária recomendada de ingestão desses grupos (dividida por porções), bem como, seu valor calórico.

A Tabela 2 mostra o número de porções, valor calórico médio por porção e a recomendação calórica média do grupo de alimentos, considerando as diretrizes e objetivos do guia alimentar desenvolvido pelo Ministério da Saúde - Anexo B (Ministério da Saúde, 2005).

TABELA 2 - Recomendação calórica média diária por grupos de alimentos

Grupos de alimentos	Recomendação calórica média do grupo (Kcal)*	Número de porções diárias do grupo	Valor energético médio por porção (Kcal)
Cereais, tubérculos, raízes e derivados	900	06	150
Feijões	55	01	55
Frutas e sucos de frutas naturais	210	03	70
Legumes e verduras	45	03	15
Leite e derivados	360	03	120
Carnes e ovos	190	01	190
Óleos, gorduras e sementes oleaginosas	73	01	73
Açúcares e doces	110	01	110

(\*) Esta distribuição atingiu 1.943Kcal

Ainda, no guia alimentar desenvolvido pelo Ministério da Saúde, Anexo C, alguns alimentos são representados por porções (gramas), como listados nas Tabelas 3 – 10.

TABELA 3 - Porções, em gramas, do grupo arroz, pães, massas, batata e mandioca

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (g)</b>
Arroz branco cozido	125
Batata inglesa corada picada	90
Farinha de mandioca	30
Mandioca cozida	96
Pão francês	50
Polenta sem molho	200
Torrada (pão francês)	33

TABELA 4 - Porções, em gramas, do grupo verduras e legumes

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (g)</b>
Alface	120
Almeirão	65
Cenoura crua (picada)	36
Chuchu cozido	57
Palmito em conserva	100
Rúcula	83
Tomate comum	80

TABELA 5 - Porções, em gramas, do grupo frutas

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (g)</b>
Abacaxi	130
Banana-prata	86
Banana-nanica	86
Laranja-pera	137
Maçã	252
Morango	240
Pera	133

TABELA 6 - Porções, em gramas, do grupo feijões

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (g)</b>
Ervilha seca cozida	72,5
Feijão branco cozido	48
Feijão preto cozido	80
Grão de bico cozido	36

TABELA 7 - Porções, em gramas, do grupo carnes e ovos

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (g)</b>
Bife de fígado frito	100
Bife grelhado	90
Carne moída refogada	90
Frango assado inteiro	100
Frango filé grelhado	100
Linguiça de porco cozida	50
Ovo cozido	90

TABELA 8 - Porções, em gramas, do grupo leites, queijos, iogurtes

<b>Alimentos</b>	<b>Peso (g)</b>
Coalhada	100

Iogurte integral natural - padrão	200
Leite em pó integral - padrão	30
Leite integral longa vida 3,5% gordura	182
Queijo tipo minas frescal	40
Queijo tipo mussarela	45
Requeijão cremoso	45

TABELA 9 - Porções, em gramas, do grupo óleos e gorduras

Alimentos	Peso (g)
Azeite de oliva	7,6
Bacon (gordura)	7,5
Creme vegetal	14
Manteiga	9,8
Margarina vegetal	9,8
Óleo vegetal de girassol	8,0
Óleo vegetal de milho	8,0

TABELA 10 - Porções, em gramas, do grupo açúcares e doces

Alimentos	Peso (g)
Açúcar cristal	28
Açúcar refinado	28
Doce de leite cremoso	40
Geleia de frutas	34
Mel	37,5

## 2.2 Cesta Básica

Segundo Galeazzi *et al.* (1999), a alimentação é um componente da despesa do trabalhador que representa grande parte de sua renda. Assim, quando foi estabelecida a remuneração mínima no Brasil foi também instituída a alimentação essencial mínima, elaborada de acordo com as características da população de cada macro-região.

A cesta básica analisada foi a “DIEESE E PROCON”, originada de uma Pesquisa de Padrão de Vida e Emprego no Município de São Paulo, mas que tem sido aplicada em todo o país e nesta são relacionados 13 produtos essenciais. Além disso, analisou-se a cesta básica de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, demonstrada na Tabela 11.

TABELA 11 - Quantidade dos alimentos da cesta básica de Belo Horizonte em julho de 2013

Produtos	Quantidades	Gasto Mensal		Variação Anual (%)	Tempo de Trabalho	
		Julho de 2012	Julho de 2013		Julho de 2012	Julho de 2013
Carne	6 Kg	R\$ 91,08	R\$ 93,24	2,37	32h13m	30h15m
Leite	7,5 L	R\$ 16,35	R\$ 18,98	16,09	5h47m	6h10m
Feijão	4,5 Kg	R\$ 22,95	R\$ 29,88	30,2	8h07m	9h42m
Arroz	3 Kg	R\$ 5,94	R\$ 6,93	16,67	2h06m	2h15m
Farinha	1,5 Kg	R\$ 3,27	R\$ 3,81	16,51	1h09m	1h14m
Batata	6 Kg	R\$ 9,48	R\$ 23,04	143,04	3h21m	7h29m
Tomate	9 Kg	R\$ 47,61	R\$ 19,44	-59,17	16h50m	6h18m
Pão	6 Kg	R\$ 42,00	R\$ 48,42	15,29	14h51m	15h43m



Café	600 g	R\$	8,03	R\$	8,23	2,49	2h50m	2h40m
Banana	7,5 dz	R\$	18,53	R\$	19,35	4,43	6h33m	6h17m
Açúcar	3 Kg	R\$	4,98	R\$	4,05	-18,67	1h46m	1h19m
Óleo	900 ml	R\$	3,32	R\$	2,85	-14,16	1h10m	0h55m
Manteiga	750 g	R\$	14,72	R\$	15,26	3,67	5h12m	4h57m
<b>Total da Cesta</b>		R\$	288,26	R\$	293,48	1,81	101h57m	95h14m

### 2.3 Pesquisa Operacional

Segundo Arenales *et al.* (2007), o termo Pesquisa Operacional (PO) surgiu na Inglaterra com o advento do radar em 1934 e durante a Segunda Guerra Mundial ganhou forças, pois os militares precisavam gerir melhor seus recursos, normalmente limitados, além de estudar problemas táticos associados à defesa aérea e terrestre de seus territórios.

Marins (2011) afirma que o rápido crescimento da PO no pós-guerra, deve-se ao desenvolvimento de técnicas específicas como, o método Simplex para a Programação Linear e ao grande progresso alcançado no desenvolvimento de computadores.

A Programação Linear (PL) tem por objetivo encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares. Sua tarefa 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 (ARENALES *et al.*, 2007).

Segundo Okiishi e Souza (2013), o algoritmo Simplex é o método mais utilizado para resolução de problemas na Programação Linear com a ideia de isolar a função-objetivo e os coeficientes das variáveis demonstrando as proporcionalidades entre elas.

Para Marins (2011), o Simplex é um procedimento iterativo que fornece a solução de qualquer modelo de PL em um número finito de iterações. Indica, também, se o modelo tem solução ilimitada, se não tem solução ou se possui infinitas soluções.

### 3. Método de Pesquisa

O método de pesquisa utilizado neste trabalho é a modelagem matemática. Bertrand e Fransoo (2002) descrevem que a modelagem, a princípio, foi utilizada como a base da pesquisa em engenharia, voltada principalmente para as áreas de consultoria gerencial e pesquisa operacional. Com o passar dos anos, a mesma ganhou destaque e atualmente é uma das grandes áreas de estudos na Engenharia de Produção.

Os mesmos autores definem a modelagem como a suposição de modelos objetivos que explicam parte do comportamento de processos operacionais da vida real ou podem capturar



parte do problema decisório enfrentado pelos gestores em suas empresas nos processos operacionais do dia a dia (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

Os principais passos da modelagem são: conceitualização, modelagem, resolução e implementação. Na conceitualização, o pesquisador cria o modelo conceitual do problema estudado, inserindo as variáveis e decidindo sobre o escopo do problema. No segundo passo, ele cria o modelo quantitativo, definindo relações entre as variáveis. Em seguida, o problema é resolvido onde, normalmente, a matemática é decisiva. Finalmente, os resultados são implementados podendo ser analisados.

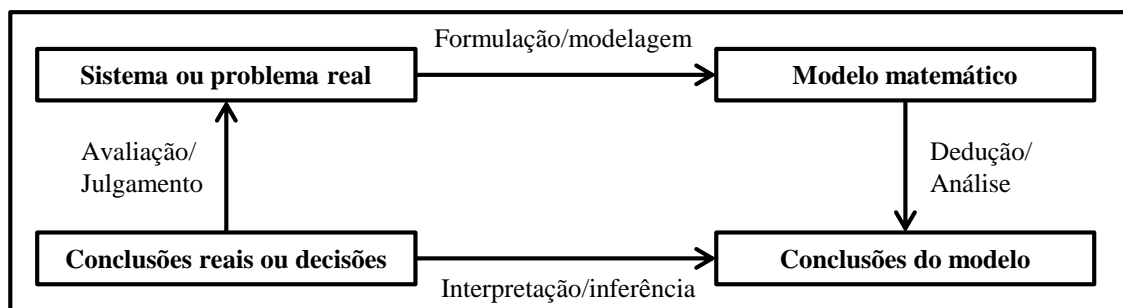


FIGURA 1 - Processo de modelagem. Fonte: Arenales *et al.* (2007)

Seguindo os passos citados anteriormente, foi conceitualizado a formulação da cesta básica, os itens nela contidos e os preços utilizados em Itajubá para a análise em questão. Em seguida, utilizando a programação linear, criou-se um modelo matemático, no qual foi retratado o objetivo de minimizar o custo da cesta básica conforme a descrição na seção 4.

## 4. Descrição do problema

O objeto de estudo deste trabalho é a Cesta Básica Nacional conforme já referenciada na seção 2.2. Tem-se como proposta a minimização do seu custo mensal através do auxílio da pesquisa operacional, mas levando em consideração as quantidades diárias recomendadas de ingestão dos macronutrientes: carboidratos, fibras, proteínas, gordura total e sódio e, também, considerando a porção mínima que deve ser ingerida diariamente de cada um dos grupos de alimentos já definidos na seção 2.1.

### 4.1 Desenvolvimento da metodologia

#### 4.1.1 Variáveis de decisão

As variáveis de decisão deste problema são 13 (treze) e representam a quantidade, em litros, do leite e do óleo, e, em quilos, da carne, feijão, arroz, farinha, batata, tomate, pão, café,

banana, açúcar e manteiga, consumidos diariamente por um indivíduo adulto saudável e com base em uma dieta diária de 2.000Kcal. As variáveis de decisão estão descritas na Tabela 12.

TABELA 12 - Variáveis de decisão

Variáveis de decisão	Significado
X1	Quantidade diária, em quilos, de <u>carne</u> ingerida por um indivíduo
X2	Quantidade diária, em litros, de <u>leite</u> ingerido por um indivíduo
X3	Quantidade diária, em quilos, de <u>feijão</u> ingerido por um indivíduo
X4	Quantidade diária, em quilos, de <u>arroz</u> ingerido por um indivíduo
X5	Quantidade diária, em quilos, de <u>farinha</u> ingerida por um indivíduo
X6	Quantidade diária, em quilos, de <u>batata</u> ingerida por um indivíduo
X7	Quantidade diária, em quilos, de <u>tomate</u> ingerido por um indivíduo
X8	Quantidade diária, em quilos, de <u>pão</u> ingerido por um indivíduo
X9	Quantidade diária, em quilos, de <u>café</u> ingerido por um indivíduo
X10	Quantidade diária, em quilos, de <u>banana</u> ingerida por um indivíduo
X11	Quantidade diária, em quilos, de <u>açúcar</u> ingerido por um indivíduo
X12	Quantidade diária, em litros, de <u>óleo</u> ingerido por um indivíduo
X13	Quantidade diária, em quilos, de <u>manteiga</u> ingerida por um indivíduo

#### 4.1.2 Função objetivo

A função objetivo deste problema visa minimizar o custo mensal da Cesta Básica Nacional, considerando os valores monetários dos alimentos da cidade de Itajubá, MG, entre 27 a 31 de agosto de 2013. Os valores dos alimentos estão descritos na Tabela 13.

TABELA 13 - Preços dos alimentos da Cesta Básica Nacional na cidade de Itajubá

Alimentos	Quantidade	Preço	Alimentos	Quantidade	Preço
Carne	1 Kg	R\$ 16,95	Pão	1 Kg	R\$ 6,59
Leite	1 Litro	R\$ 2,29	Café	1 Kg	R\$ 9,58
Feijão	1 Kg	R\$ 4,69	Banana	1 Kg	R\$ 2,98
Arroz	1 Kg	R\$ 2,99	Açúcar	1 Kg	R\$ 1,30
Farinha	1 Kg	R\$ 1,92	Óleo	1 Litro	R\$ 3,17
Batata	1 Kg	R\$ 3,17	Manteiga	1 Kg	R\$ 23,45
Tomate	1 Kg	R\$ 3,69			

A seguir, a Equação 1 demonstra a função objetivo do problema.

$$\text{Min } Z = 30*(16,95*x_1 + 2,29*x_2 + 4,69*x_3 + 2,99*x_4 + 1,92*x_5 + 3,17*x_6 + 3,69*x_7 + 6,59*x_8 + 9,58*x_9 + 2,98*x_{10} + 1,30*x_{11} + 3,17*x_{12} + 23,45*x_{13}) \quad (1)$$

#### 4.1.3 Restrições

O problema é limitado pela ingestão diária recomendada dos macronutrientes: carboidratos, fibras, proteínas, gordura total e sódio. Suas proporções, presente em cada um dos 13 alimentos da Cesta Básica Nacional, estão representadas na Tabela 14.

TABELA 14 - Proporção, em gramas, de carboidratos, fibras, proteínas, gordura total e sódio presentes nos alimentos da Cesta Básica Nacional

Alimentos	Ref.	Qtde de Carboidratos (g)	Qtde de Fibras (g)	Qtde de Proteínas (g)	Qtde de Gordura Total (g)	Qtde de Sódio (g)
Carne	1 Kg	0,0	45,0	220,0	90,00	0,490
Leite	1 L	45,0	0,0	30,0	30,00	0,185

Feijão	1 Kg	780,0	260,0	220,0	16,00	0,144
Arroz	1 Kg	780,0	0,0	70,0	0,00	0,000
Farinha	1 Kg	720,0	28,0	100,0	14,00	0,000
Batata	1 Kg	240,0	20,0	10,0	0,00	0,000
Tomate	1 Kg	50,0	10,0	10,0	0,00	0,400
Pão	1 Kg	506,6	29,6	94,6	39,60	5,800
Café	1 Kg	0,0	0,0	1,20	0,20	0,020
Banana	1 Kg	230,0	20,0	10,0	0,00	0,010
Açúcar	1 Kg	1.000,0	0,0	0,0	0,00	0,000
Óleo	1 L	0,0	0,0	0,0	923,08	0,000
Manteiga	1 Kg	0,0	0,0	0,0	800,00	6,000

A Equação 2 demonstra a restrição da ingestão diária mínima de carboidratos.

$$45*x_2 + 780*x_3 + 780*x_4 + 720*x_5 + 240*x_6 + 50*x_7 + 506,6*x_8 + 230*x_{10} + 1000*x_{11} \geq 300 \quad (2)$$

A Equação 3 demonstra a restrição da ingestão diária mínima de fibras.

$$45*x_1 + 260*x_3 + 28*x_5 + 20*x_6 + 10*x_7 + 29,6*x_8 + 20*x_{10} \geq 25 \quad (3)$$

A Equação 4 demonstra a restrição da ingestão diária mínima de proteínas.

$$200*x_1 + 30*x_2 + 220*x_3 + 70*x_4 + 100*x_5 + 10*x_6 + 10*x_7 + 94,6*x_8 + 1,2*x_9 + 10*x_{10} \geq 50 \quad (4)$$

A Equação 5 demonstra a restrição da ingestão diária mínima de gordura total.

$$90*x_1 + 30*x_2 + 16*x_3 + 14*x_5 + 39,6*x_8 + 0,2*x_9 + 923,08*x_{12} + 800*x_{13} \geq 65 \quad (5)$$

A Equação 6 demonstra a restrição da ingestão diária máxima de sódio.

$$0,49*x_1 + 0,185*x_2 + 0,144*x_3 + 0,4*x_7 + 5,8*x_8 + 0,02*x_9 + 0,01*x_{10} + 6*x_{13} \leq 2,3 \quad (6)$$

O problema também é limitado pela porção de ingestão diária recomendada por grupos de alimentos. Cada grupo possui porções recomendadas de ingestão diária que são representadas pela recomendação calórica média (Kcal), como já mencionada na seção 2.1.

As calorias dos alimentos da Cesta Básica Nacional estão representadas na Tabela 15.

TABELA 15 - Kcal dos 13 alimentos da Cesta Básica Nacional

Alimentos	Referência	Kcal	Alimentos	Referência	Kcal
Carne	1 Kg	1.900,00	Pão	1 Kg	3.000,00
Leite	1 Litro	600,00	Café	1 Kg	0,00
Feijão	1 Kg	1.100,00	Banana	1 Kg	814,00
Arroz	1 Kg	1.200,00	Açúcar	1 Kg	3.928,57
Farinha	1 Kg	5.000,00	Óleo	1 Litro	9.125,00
Batata	1 Kg	1.667,00	Manteiga	1 Kg	7.449,00
Tomate	1 Kg	187,50			

A Equação 7 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo cereais, tubérculos, raízes e derivados que representam o arroz, a farinha, a batata e o pão.

$$1200*x_4 + 5000*x_5 + 1667*x_6 + 3000*x_8 \geq 900 \quad (7)$$

A Equação 8 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo feijões que representa o feijão apenas.

$$1100*x_3 \geq 55 \quad (8)$$

A Equação 9 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo frutas e sucos de frutas naturais que representa a banana apenas.

$$814 * x_{10} \geq 210 \quad (9)$$

A Equação 10 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo legumes e verduras que representa o tomate apenas.

$$187,5 * x_7 \geq 45 \quad (10)$$

A Equação 11 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo leite e derivados que representa o leite apenas.

$$600 * x_2 \geq 360 \quad (11)$$

A Equação 12 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo carnes e ovos que representa a carne apenas.

$$1900 * x_1 \geq 190 \quad (12)$$

A Equação 13 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo óleos, gorduras e sementes oleaginosas que representam o óleo e a manteiga.

$$9125 * x_{12} + 7449 * x_{13} \geq 73 \quad (13)$$

A Equação 14 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do grupo açúcares e doces que representa o açúcar apenas.

$$3928,57 * x_{11} \geq 110 \quad (14)$$

Os grupos de alimentos que possuem mais de um alimento da Cesta Básica Nacional – grupo dos cereais, tubérculos, raízes e derivados e o grupo de óleos, gorduras e sementes oleaginosas – também devem possuir restrições para os seus alimentos, individualmente, a fim de que os alimentos impactem na minimização do custo mensal.

A Equação 15 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do arroz.

$$1200 * x_4 \geq 150 \quad (15)$$

A Equação 16 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, da farinha.

$$5000 * x_5 \geq 150 \quad (16)$$

A Equação 17 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, da batata.

$$1667 * x_6 \geq 150 \quad (17)$$

A Equação 18 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do pão.

$$3000 * x_8 \geq 150 \quad (18)$$

A Equação 19 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, do óleo.

$$9125 * x_{12} \geq 73 \quad (19)$$

A Equação 20 demonstra a restrição da ingestão diária mínima, em calorias, da manteiga.

$$7449 * x_{13} \geq 73 \quad (20)$$

#### 4.1.4 Restrições adicionais

Todas as variáveis de decisão do problema são positivas e iguais a zero.

### 5. Discussão dos Resultados

O modelo matemático proposto na seção anterior foi realizado com o auxílio da ferramenta Solver do *software* Microsoft Office Excel® e, a seguir, os resultados obtidos serão analisados.

A análise da cesta básica “DIEESE & PROCON” desenvolvida no presente trabalho reafirmou o conceito de que uma alimentação adequada é essencial para o dia a dia do ser humano. Verificou-se que com a diminuição do custo da cesta básica, que garante o mínimo de nutrientes e calorias diárias, as quantidades dos alimentos foram alteradas em relação a cesta básica de referência. Na Tabela 16 ficam claras as diferenças entre a cesta básica adotada e a calculada.

TABELA 16 - Comparação das quantidades de alimentos entre a cesta básica de referência e a calculada

Alimento	Referência	Calculada	Proporção
Carne (Kg)	6,00	3,00	- 50,0%
Leite (L)	7,50	18,00	+ 140,0%
Feijão (Kg)	4,50	1,50	- 66,7%
Arroz (Kg)	3,00	3,75	+ 25,0%
Farinha (Kg)	1,50	2,70	+ 80,0%
Batata (Kg)	6,00	2,70	- 55,0%
Tomate (Kg)	9,00	7,20	- 20,0%
Pão (Kg)	6,00	1,50	- 75,0%
Café (Kg)	0,60	0,00	- 100,0%
Banana (Kg)	7,50	7,74	+ 3,2%
Açúcar (Kg)	3,00	0,84	- 72,0%
Óleo (L)	0,90	0,85	- 5,6%
Manteiga (Kg)	0,75	0,29	- 61,3%
<b>Custo</b>	<b>R\$ 293,48</b>	<b>R\$ 194,25</b>	<b>-33,8%</b>

Nota-se que houve um aumento na quantidade de leite, arroz, farinha e banana. A quantidade de litros de leite aumentou 140% e de arroz aumentou 25%, a quantidade de farinha aumentou 80% e a banana teve um ligeiro aumento. Porém, os outros alimentos tiveram uma redução em sua quantidade: a carne teve uma diminuição de 50% em sua quantidade total, o feijão diminuiu cerca de 60%, a batata diminuiu 55%, o tomate diminuiu 20%, o pão diminuiu 75%, o açúcar diminuiu em torno de 70%, a manteiga diminuiu 60% e o

óleo teve uma pequena diminuição. Com esses novos valores, o custo mensal da cesta básica foi diminuído em 33,8% e ainda garantindo todos os nutrientes necessários.

De acordo com o relatório de sensibilidade listado na Tabela 17, verificou-se que foi utilizada toda a quantidade de gordura diária, por exemplo, e, desse modo, caso seja necessário aumentar uma unidade na quantidade de gordura ingerida, o valor de R\$ 0,10 será incrementado no custo final da cesta básica e, caso seja necessário diminuir uma unidade na quantidade de gordura ingerida, o valor de R\$ 0,10 será diminuído em seu custo final e, assim por diante, com os demais alimentos.

TABELA 17 - Análise de sensibilidade

Restrições	Final Valor	Sombra Preço (R\$)	Mínimo	Máximo
<b>Carboidratos</b>	374,56	0,00	0,00	374,56
<b>Fibras</b>	30,86	0,00	0,00	30,86
<b>Proteína</b>	79,36	0,00	0,00	79,36
<b>Gordura</b>	65,00	0,10	46,26	infinito
<b>Sódio</b>	0,61	0,00	0,61	infinito
<b>Feijões</b>	55	0,13	30,21	1343,06
<b>Verduras e Legumes</b>	45	0,59	0,00	835,04
<b>Frutas</b>	210	0,11	0,00	137403,21
<b>Açúcares e doces</b>	110	0,01	0,00	infinito
<b>Cereais</b>	900,00	0,01	600,00	7591,22
<b>Leite</b>	360	0,11	0,00	734,71
<b>Carnes</b>	190	0,26	0,00	585,53
<b>Arroz</b>	150	0,06	2,64	450,00
<b>Farinha</b>	450	0,00	0,00	450,00
<b>Batata</b>	150	0,05	0,00	450,00
<b>Pão</b>	150	0,05	0,00	450,00
<b>Óleos e gorduras</b>	331,2072957	0,00	0,00	331,21
<b>Óleo</b>	258,21	0,00	0,00	258,21
<b>Manteiga</b>	73,00	0,08	0,00	247,45

Ainda, na análise de sensibilidade, quando um destes valores é alterado, uma restrição também é alterada e, conseqüentemente, a região admissível do problema. Como consequência, é possível que a solução ótima deixe de estar em um dado vértice da região possível de solução e migre para outro vértice diferente. Os valores dados nas colunas “Mínimo” e “Máximo” são os limites alcançados sem que a solução ótima mude de vértice, por exemplo, o Coeficiente de Estabilidade dos carboidratos é  $0 \leq C_1 \leq 374,56$  e a restrição dos feijões varia entre  $30,21 \leq C_6 \leq 1343,06$  e, assim por diante, com os demais alimentos.

## 6. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi minimizar o custo da Cesta Básica Nacional, considerando uma dieta de 2.000 Kcal, seguindo a ingestão recomendada de carboidratos, proteínas, fibras, gorduras totais e sódio, conforme o Ministério da Saúde. Após a modelagem do problema em uma formulação matemática e sua resolução através da ferramenta Solver (Microsoft Excel®), pode-se notar que a cesta básica, respeitando as restrições impostas, teve seu custo diminuído em 33,8%, passando de R\$ 293,48 para R\$ 194, 25 mensais.

Desta maneira, se o custo da cesta básica for diminuído em, aproximadamente, 34%, o trabalhador poderá investir esse recurso decorrente da diminuição do valor da cesta em mais alimentos ou no que lhe for mais conveniente, como educação, saúde ou lazer.

Deve-se ressaltar, também, que este estudo foi feito levando-se em consideração a Ração Essencial descrita no Decreto Lei nº 399, de 30/04/1938. Devido à data do decreto, os autores acreditam que as quantidades dos alimentos possam estar defasadas, porém, satisfazem a dieta recomendada pelos órgãos competentes da área da saúde.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se que novas análises devam ser feitas, levando-se em consideração outros nutrientes, como vitaminas e minerais.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio concedido.

## Referências

- ANVISA. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos>> Acesso em: 28 ago. 2013.
- ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R., YANASSE, H. *Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BARRETTO, S. A. J. Análise nutricional e complementação alimentar de cesta básica derivada do consumo. *Rev. Saúde Pública*, 32 (1): 29-35, 1998.
- BERTRAND, J. W. M., FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.
- BRASIL. *Guia Alimentar para a População Brasileira*. Brasília, DF, Brasil, 2005. Disponível em: <[http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05\\_1109\\_M.pdf](http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05_1109_M.pdf)> Acesso em: 28 ago. 2013.
- DANTIZIG, G. B. The diet problem. *Interfaces*, v. 20, n.4, p. 43-47, 1990.
- DIEESE. *Cesta básica nacional*, 1993. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/metodologia/metodologiaCestaBasica.pdf>> Acesso em: 28 ago. 2013.
- DIEESE. *Queda do preço da Cesta básica é observada em todas as capitais*. Nota à imprensa. São Paulo, 06 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/analisecestabasica/2013/201307cestabasica.pdf>> Acesso em: 28 ago. 2013.
- FDA. U.S. Food and Drug Administration. Disponível em: <[www.fda.gov](http://www.fda.gov)> Acesso em: 28 ago. 2013.



- GALEAZZI, M. A. M.; SILVA, D.S.; FALCONI JÚNIOR, P.; PALMA, F. A. M.; MARINS, M. H. *Alimentação adequada para elaboração do sistema “Melhores Compras”*, Cadernos de Debate, vol. VII, 1999.
- GARILLE, S. G.; GASS, S. I. Stigler’s diet problem revisited. *Operations Research, Informis*, v. 49, n. 1, p. 1-13, 2001.
- MARINS, F. A. S. *Introdução à Pesquisa Operacional*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.
- OKIISHI, T. F.; SOUZA, L. F. R. Método simplex aplicado à minimização dos custos de transporte de uma rede de farmácias. *Revista Eletrônica de Educação e Ciência*, 3(1): 15-21, 2013.
- STIGLER, G. J. The cost of subsistence. *Journal of Farm Economics*, v. 27, n. 2, p. 303-314, 1945.