

Uma aplicação do problema da dieta para se encontrar o menor custo de refeições diárias para idosos na cidade de Monte Carmelo – MG**An application of the diet problem to find the lowest cost of daily meals for the elderly in the city of Monte Carmelo – MG**

DOI:10.34117/bjdv6n6-229

Recebimento dos originais: 01/05/2020

Aceitação para publicação: 10/06/2020

Danilo Elias de Oliveira

Doutor em Matemática Aplicada pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Rodovia LMG 746, Km 01, sala 1A401, Monte Carmelo - MG

E-mail: daniloelias@ufu.br

Ana Clara André Borges

Graduanda em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Rodovia LMG 746, Km 01, sala 1A401, Monte Carmelo - MG

E-mail: claraanaandre@hotmail.com

Vinycius Vieira da Silva

Vestibulando na escola preparatória Intelecto Pré – Vestibular

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Rodovia LMG 746, Km 01, sala 1A401, Monte Carmelo - MG

E-mail: vinyciusvdsilva@gmail.com

RESUMO

A programação linear é um importante e muito utilizado ramo da pesquisa operacional. O “problema da dieta” é uma classe de problemas da programação linear onde o objetivo consiste em selecionar um conjunto de alimentos que satisfaçam um conjunto de necessidades nutricionais diárias a um custo mínimo. O foco deste trabalho consistiu em resolver um problema desta classe considerando: alimentos mais usualmente consumidos na cidade de Monte Carmelo – MG, como por exemplo, arroz, feijão, frango, peixe, carne vermelha, verduras, legumes e frutas; o custo médio destes alimentos nos mercados da cidade; e as recomendações máximas e mínimas de ingestão diária de nutrientes para idosos (adultos acima de 70 anos). Os dados nutricionais destes alimentos foram obtidos a partir da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, criada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA. As recomendações de ingestão de nutrientes foram obtidas a partir do site do National Institutes of Health – NIH, centro de pesquisa do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos. De posse destas informações, criamos um modelo de programação linear que representa o problema da dieta para este público-alvo. Para resolver este modelo, utilizamos o software LINGO do qual obtivemos uma dieta no custo de R\$6,92 em refeições diárias. Um custo bem baixo, principalmente, quando comparado aos preços de refeições em restaurantes na cidade. Realizando pequenos ajustes no modelo, foi possível, também, verificar a importância do brócolis em uma dieta, por ser um alimento barato e possuir um alto valor nutricional.

Palavras Chave: Programação Linear, Problema da dieta, Idosos (mais de 70 anos).

ABSTRACT

Linear programming is an important and very used branch of operational research. The “diet problem” is a class of linear programming problems where the objective is to select a set of foods that satisfy a set of daily nutritional needs at a minimal cost. The focus of this work was to solve a problem of this class considering: foods most commonly consumed in the city of Monte Carmelo – MG, such as rice, beans, chicken, fish, red meat, vegetables and fruits; the average cost of these foods in city markets; and the maximum and minimum recommendations for daily nutrient intake for the elderly (adults over 70 years). The nutritional facts of these foods were obtained from the Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, created by the Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA. Nutrient intake recommendations were obtained from the website of the National Institutes of Health – NIH, the research center of the United States Department of Health and Human Services. With this information, we created a linear programming model that represents the diet problem for this target audience. To solve this model, we used the software LINGO, from where we obtained a diet on a cost of R\$ 6.92 in daily meals. A small cost, especially when compared to the prices of meals in restaurants in the city. By making minor adjustments to the model, it was also possible to verify the importance of broccoli in a diet, once this food is very cheap and has a high nutritional value.

Keywords: Linear programming, diet problem, elderly (older than 70 years).

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

De acordo com Arenales et al. (2007), “pesquisa operacional é a aplicação de métodos científicos a problemas complexos para auxiliar no processo de tomada de decisões, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos.” Assim, identificada uma situação onde se deseja utilizar a pesquisa operacional, o primeiro passo consiste em transformar esta situação em um modelo matemático, isto é, um problema matemático com fórmulas e expressões que represente esta situação de forma detalhada, mas que seja simples o suficiente para ser resolvido por métodos matemáticos. A este processo damos o nome de modelagem matemática. Em seguida, este modelo matemático é resolvido e após uma análise da solução, é verificada a viabilidade de sua implementação para resolver a situação. Caso esta solução não seja viável, o ciclo é reiniciado com uma nova modelagem da situação.

A programação linear é uma das técnicas mais utilizadas na abordagem de problemas em pesquisa operacional, como podemos ver em Silva (1998). Nela, o modelo matemático é composto de uma função objetivo linear e restrições técnicas representadas por um grupo de inequações lineares. A função objetivo deve ter um único princípio, que poderá ser de maximização ou minimização. Um método muito utilizado para se resolver problemas de programação linear é o Método Simplex desenvolvido pelo matemático George Dantzig em 1947. Para fins didáticos, Prado (1999) e Caixeta Filho (2004) sugerem a utilização do software LINGO (disponível no site <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>).

Podemos encontrar a utilização da programação linear em diversas áreas, como por exemplo, na engenharia de produção com Cavalcante e Santos (2019), Pereira e Cunha (2019) e Cenci (2019);

na agricultura com Baio et al. (2013) e Couto et al. (2012); na roteirização com Berger et al. (2003), entre outras áreas.

O problema da dieta é uma classe de problemas da programação linear cujo objetivo consiste em selecionar um conjunto de alimentos que satisfaçam um conjunto de necessidades nutricionais diárias a um custo mínimo. Proposto inicialmente por Stigler (1945) esta classe de problemas tem sido utilizada em diversas situações, como por exemplo, no planejamento de cardápios universitários, Justus, Spak e Colmenero (2012), em empresas de refeições, Santos (2017), na minimização do consumo de calorias, Kripka e Peccati (2014) e até na elaboração de ração para animais, Santos e Quintal (2016).

Utilizando notação matricial, o problema da dieta pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \min \quad & c^t x \\ \text{s. a.} \quad & Ax \geq b \\ & Ax \leq d \\ & x \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

onde $x, c \in R^n, b, d \in R^m$ e $A \in R^{m \times n}$, sendo que:

x_j representa a quantidade de alimentos j na dieta;

c_j representa o custo do alimento j ;

b_i representa a quantidade mínima do nutriente i na dieta;

d_i representa a quantidade máxima do nutriente i na dieta;

a_{ij} representa a quantidade do nutriente i no alimento j .

Uma nutrição adequada é a principal ferramenta para se ter boas condições físicas e mentais, porém, as necessidades nutricionais variam de acordo com o gênero da pessoa, sua idade e condições de saúde. No caso dos idosos, a dieta é baseada na idade avançada do paciente, que conta com fatores que devem ser considerados como alterações na capacidade de mastigar e digerir os alimentos além da absorção dos nutrientes pelo organismo. Escolhas erradas na hora de se alimentar colocam os pacientes em idade avançada em risco, principalmente com consumo de alimentos com grande teor

de gordura que causam o aceleração do processo de envelhecimento e dão margem para a manifestação de doenças crônicas degenerativas. Por isso, se faz tão importante que o profissional de saúde se atente bem às condições do idoso para que seja traçada a melhor dieta, com todos os nutrientes necessário para manter o paciente saudável.

O foco deste trabalho consistiu em resolver um problema da dieta considerando: alimentos mais usualmente consumidos na cidade de Monte Carmelo – MG, como por exemplo, arroz, feijão, frango, peixe, carne vermelha, verduras, legumes, frutas, etc.; o custo médio destes alimentos nos mercados da cidade; e as recomendações máximas e mínimas de ingestão diária de nutrientes para idosos (adultos acima de 70 anos). Após a análise destas informações, foi elaborado um modelo matemático semelhante ao modelo (1). E, para resolver este modelo, foi utilizado o software LINGO.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados nutricionais dos alimentos considerados neste trabalho foram obtidos a partir da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, criada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA e disponível em <http://www.nepa.unicamp.br/taco/index.php>. Nesta tabela, podemos encontrar informações nutricionais detalhadas sobre vários alimentos consumidos no Brasil, como por exemplo, frutas, legumes, verduras, vários tipos de carnes, massas, etc. Ao analisarmos a tabela TACO, identificamos 62 alimentos que são facilmente encontrados e consumidos na cidade de Monte Carmelo. Estes alimentos são apresentados na Tabela 1, bem como o preço médio de cada alimento nos principais supermercados da cidade. Os valores são expressos por 100 g de produtos uma vez que os valores nutricionais da tabela TACO também são expressos em porções com este peso.

TABELA 1: Preço médio de porções de 100 g dos alimentos utilizados no problema da dieta para idosos na cidade de Monte Carmelo – MG. Estes valores foram obtidos nos principais supermercados da cidade.

ALIMENTO	PREÇO / 100 g	ALIMENTO	PREÇO / 100 g
Abacate, cru	R\$ 0.42	Feijão, carioca, cozido	R\$ 0.57
Abacaxi, cru	R\$ 0.39	Frango, coxa, sem pele, cozida	R\$ 0.69
Abóbora, cabotian, cozida	R\$ 0.28	Frango, sobrecoxa, sem pele, assada	R\$ 1.52
Abóbora, moranga, refogada	R\$ 0.66	logurte, natural	R\$ 1.89
Abobrinha, italiana, refogada	R\$ 0.30	Laranja, pêra, crua	R\$ 0.29
Alface, americana, crua	R\$ 0.71	Lasanha, massa fresca, cozida	R\$ 2.33

Arroz, integral, cozido	R\$ 0.45	Leite, de vaca, desnatado, UHT	R\$ 0.24
Arroz, tipo 1, cozido	R\$ 0.36	Maçã, Argentina, com casca, crua	R\$ 0.69
Atum, conserva em óleo	R\$ 3.59	Macarrão, Trigo, cru	R\$ 0.98
Banana, prata, crua	R\$ 0.55	Mamão, Papaia, cru	R\$ 0.27
Batata, doce, cozida	R\$ 0.27	Mandioca, cozida	R\$ 0.29
Batata, inglesa, cozida	R\$ 0.35	Manteiga, sem sal	R\$ 1.99
Batata, inglesa, frita	R\$ 0.35	Melão, cru	R\$ 0.52
Berinjela, cozida	R\$ 0.29	Merluza, filé, assado	R\$ 2.69
Beterraba, cozida	R\$ 0.29	Merluza, filé, frito	R\$ 2.69
Biscoito, doce, maise0	R\$ 0.98	Milho, verde, cru	R\$ 0.81
Biscoito, doce, recheado com chocolate	R\$ 0.77	Mingau tradicional,	R\$ 1.69
Biscoito, doce, recheado com morango	R\$ 0.78	Óleo, de girassol	R\$ 0.68
Biscoito, doce, wafer, recheado de chocolate	R\$ 2.25	Ovo, de galinha, inteiro, cozido/10minutos	R\$ 0.66
Bolo, pronto, chocolate	R\$ 1.69	Ovo, de galinha, inteiro, frito	R\$ 0.66
Brócolis, cru	R\$ 0,40	Pão, aveia, forma	R\$ 0.99
Café, infusão 10%	R\$ 1.95	Pão, trigo, francês	R\$ 0.99
Canjica, com leite integral	R\$ 0.50	Pêssego, enlatado, em calda	R\$ 1.67
Carne, bovina, contra-filé, sem gordura, grelhado	R\$ 3.59	Porco, pernil, assado	R\$ 1.29
Carne, bovina, fígado, grelhado	R\$ 0.89	Presunto, sem capa de gordura	R\$ 1.69
Cenoura, cozida	R\$ 0.31	Queijo, minas, meia cura	R\$ 3.00
Chocolate, meio amargo	R\$ 4.99	Queijo, mozzarella	R\$ 2.39
Chuchu, cozido	R\$ 0.28	Sardinha, conserva em óleo	R\$ 2.77
Couve-flor, cozida	R\$ 0.72	Tomate, com semente, cru	R\$ 0.45
Farinha, láctea, de cereais	R\$ 2.41	Uva, Itália, crua	R\$ 1.22
Feijão, broto, cru	R\$ 0.52	Uva, suco concentrado, envasado	R\$ 1.90

Neste estudo, foram considerados um total de 19 nutrientes que podem ser encontrados na Tabela 2 acompanhados das recomendações máximas e mínimas de ingestão diária segundo o site do National Institutes of Health – NIH, centro de pesquisa do Departamento de Saúde e Serviços

Humanos dos Estados Unidos. Estas informações foram obtidas no site <https://ods.od.nih.gov/health/information/dietary-reference-intakes.aspx> (acessado em 12 de março de 2019). As recomendações máximas e mínimas de energia foram obtidas no site https://www.lavanguardia.com/estilos-de-vida/20141024/54417328906/la-dieta-a-partir-de-los-70-anos.html?utm_campaign=botones_sociales&utm_source=whatsapp&utm_medium=social (acessado em 15 de março de 2019).

TABELA 2: Quantidades mínimas e máximas de ingestão diária para idosos (adultos acima de 70 anos) de acordo com o NIH. Os valores -1111 indicam que não existe uma recomendação máxima de ingestão diária do nutriente.

NUTRIENTES	QUANTIDADE MÍNIMA RECOMENDADA	QUANTIDADE MÁXIMA RECOMENDADA	UNIDADE
Energia	1700	2500	kcal
Proteína	70	84	g
Carboidrato	130	-1111	g
Fibra alimentar	30	-1111	g
Cálcio	1200	2000	mg
Magnésio	420	770	mg
Manganês	2.30	11	mg
Fósforo	700	3000	mg
Ferro	8	45	mg
Sódio	1200	2300	mg
Potássio	4700	-1111	mg
Cobre	0.90	10	mg
Zinco	11	40	mg
Vitamina A_1 (Retinol)	900	3000	mcg
Tiamina	1.20	-1111	mg
Riboflavina	1.30	-1111	mg
Vitamina B_6 (Piridoxina)	1.70	100	mg
Niacina	16	35	mg
Vitamina C	90	2000	mg

Não foram consideradas recomendações máximas e mínima de ingestão diária da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, uma vez que não foram encontradas tais recomendações por parte desta agência, foram encontradas apenas recomendações ideais de ingestão diária.

3 RESULTADOS

Na Tabela 3, são apresentadas 4 dietas obtidas com a resolução do problema da dieta (1) considerando os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, além das informações nutricionais dos alimentos da Tabela 1, que podem ser obtidas no site do projeto TACO. Na primeira coluna temos os nomes dos alimentos utilizados nas 4 dietas e nas 8 colunas seguintes temos a quantidade e o custo das porções destes alimentos em cada dieta. O símbolo (-) indica que o alimento não faz parte da respectiva dieta.

Nas duas últimas linhas da Tabela 3 são apresentados o custo diário e a quantidade total (kg) de alimentos que serão consumidos por dia em cada dieta. Destacamos aqui que este custo e quantidade de alimentos a serem ingeridos são referentes a todas as refeições em um dia. Por exemplo, a dieta 1 possui um custo de R\$6,92 e um total 1,47 kg de alimentos a ser ingerido por dia. Assim, as quantidades dos alimentos descritos na dieta 1 devem ser divididas em partes para serem consumidas no café da manhã, almoço, café da tarde e jantar.

TABELA 3: Soluções do problema da dieta para idosos da cidade de Monte Carmelo – MG, considerando o custo dos alimentos nos supermercados da cidade e as recomendações máximas e mínimas de ingestão diária de nutrientes segundo o NIH. O símbolo (-) indica que o alimento não faz parte da respectiva dieta.

ALIMENTO	DIETA 1		DIETA 2		DIETA 3		DIETA 4	
	QTDE	CUSTO	QTDE	CUSTO	QTDE	CUSTO	QTDE	CUSTO
	(g)	(R\$)	(g)	(R\$)	(g)	(R\$)	(g)	(R\$)
Arroz integral, cozido	-	-	-	-	273	1,23	-	-
Banana prata, crua	-	-	-	-	-	-	196	1,07
Batata, inglesa, frita	257	0,90	295	1,03	541	1,89	251	0,88
Beterraba, cozida	-	-	-	-	239	0,69	-	-
Biscoito, doce, recheado com chocolate	26.5	0,20	-	-	-	-	-	-
Brócolis, cru	882	3,53	393	1,57	-	-	-	-
Carne bovina, fígado, grelhado	5	0,04	-	-	4	0,03	3	0,03
Chocolate, meio amargo	-	-	88	4,39	-	-	96	4,80
Farinha, láctea, de cereais	-	-	162	3,91	-	-	97	2,34

Feijão carioca, cozido	-	-	-	-	-	-	250	1,43
Frango, coxa, sem pele, cozido	3	0,02	-	-	60	0,42	-	-
Leite de vaca uht, desnatado	111	0,26	-	-	623	1,46	-	-
Mingau tradicional, pó	16	0,27	9	0,15	26	0,44	4	0,07
Pão, aveia, forma	171	1,70	91	0,90	127	1,26	-	-
Porco, pernil, assado	-	-	-	-	-	-	49	0,63
Presunto, sem capa de gordura	-	-	-	-	-	-	2	0,02
Sardinha, conserva em óleo	-	-	62	1,73	-	-	152	4,21
Custo da dieta (R\$)	6,92		13,68		7,42		15,48	
Quantidade total de alimentos ingeridos por dia (kg)	1,472		1,1		1,893		1,1	

De acordo com a Tabela 3, podemos ver que o menor custo para as refeições diárias foi obtido com a dieta 1 no valor de R\$6,92 e com um consumo diário de 1,472 kg de alimentos, sendo 882 g de brócolis. Por ser uma quantidade muito grande de alimentos a ser consumida em um único dia, foi realizado um ajuste no problema da dieta limitando o consumo diário em 1,1 kg. Desta forma, o resultado obtido pelo LINGO foi de que o problema é do tipo infactível, ou seja, não possui solução. Porém, o próprio software fez a sugestão de diminuir a quantidade mínima de potássio para 4100 mg, pois desta forma seria possível encontrar uma solução factível para o problema. Assim, foi realizado um novo ajuste no modelo matemático, agora, na quantidade mínima de ingestão de potássio. O resultado obtido é a dieta 2 apresentada na Tabela 3.

A dieta 2 possui um custo de R\$13,68 e, novamente, a maior porção de alimento a ser consumida foi o brócolis, agora com aproximadamente 400 g.

Como o intuito de comprovar a importância do brócolis na dieta, foram obtidas as dietas 3 e 4 semelhantes às dietas 1 e 2, respectivamente, porém excluindo o brócolis da lista de alimentos disponíveis. Comparando as dietas 1 e 3 podemos ver um pequeno aumento no custo da dieta, R\$0,50, porém um grande aumento na quantidade de alimentos a ser ingerida, 421 g. As dietas 2 e 4 possuem o mesmo consumo diário de alimentos, 1,1 kg, porém o custo da dieta aumentou de R\$13,68 para R\$15,48.

Considerando as 4 dietas, a quantidade de ingestão de cada nutriente se encontra entre os valores mínimos e máximos recomendados pelo NIH. A única exceção é o potássio nas dietas 3 e 4, como descrito acima.

4 CONCLUSÕES

Considerando as recomendações de ingestão de nutrientes do NIH para idosos e o custo médio dos alimentos nos supermercados da cidade de Monte Carmelo – MG, o menor custo com refeições diárias é de R\$6,92 com uma ingestão diária de, aproximadamente, 1,5 kg de alimentos, sendo aproximadamente 900 g de brócolis. Um custo bem baixo, principalmente, quando comparado com o preço médio de R\$25,00 por quilo em restaurantes da cidade.

De forma adicional, podemos ver que o brócolis desempenhou um importante papel na resolução do modelo por ser um alimento barato e possuir um alto valor nutricional. Porém, dificilmente, alguém conseguiria ingerir uma quantidade tão grande de um único alimento em um único dia. Destacamos mais uma vez que o objetivo deste estudo consistiu em encontrar o menor custo das refeições diárias, e por isso, não foi foco deste estudo considerar o “sabor” dos alimentos nas refeições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENALES M. et. al. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2007.

BAIO, F.H.R.; RODRIGUES, A.D.; SANTOS, G.S.; SILVA, S.P. Modelagem matemática para seleção de conjuntos mecanizados agrícolas pelo menor custo operacional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 402-410, 2013.

BERGER, R., TIMOFEICZYK Jr, R., CARNIERI, C., LACOWICZ, P. G., JUNIOR, J. S., & BRASIL, A. A. (2003). Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. *Floresta*, 33(1).

CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CAVALCANTE, D. M., & dos SANTOS, E. S. (2019). Utilização da programação linear para maximização dos lucros da produção de pães em uma empresa de panificação/Use of linear programming to maximize the profits of bread production in a baking company. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 28501-28511.

CENCI, V. R. (2019). Otimização de receita de uma escola de idiomas através do uso da programação linear/Recovery optimization of a language school through the use of linear programming. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 30773-30783.

COUTO, R.F.; CUNHA, J.P.B.; REIS, E.F. Modelo de programação linear para seleção de diferentes formas de pulverização agrícola para cana-de-açúcar. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v. 20, n. 6, p. 529-536, 2012.

JUSTUS, C. C., SPAK, M. D. S., & COLMENERO, J. C. (2012). Planejamento de dietas para restaurantes universitários utilizando programação linear inteira e programação por metas. *Revista ADMPG*, 5(2).

KRIPKA, R. M. L., & PECCATI, C. (2014). **UMA VARIAÇÃO PARA O PROBLEMA CLÁSSICO DA DIETA: A MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE CALORIAS**. *Revista CIATEC-UPF*, 6(1).

PEREIRA, M. R., & da CUNHA, R. F. (2019). Aplicação do simplex para a otimização de lucratividade de um posto de combustível/Application of simplex for profitability optimization of a fuel station. *Brazilian Journal of Development*, 5(7), 8833-8844.

PRADO, D. S. **Programação linear**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

dos SANTOS, M.; SAMPAIO, R. T.; MARTINS, E. R.; WALKER, R. A. **Aplicação da programação linear na formulação de uma dieta de custo mínimo: estudo de caso de uma empresa de refeições coletivas no Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: Anais do XIII Encontro Mineiro de Engenharia de Produção – EMEPRO. Juiz de Fora (MG), 2017.

dos SANTOS, M., & QUINTAL, R. S. (2016). Problema de Programação Linear da Dieta Aplicado à Nutrição de Suínos. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 9(2), 251-271.

SILVA, E. M. et al. **Pesquisa operacional: programação linear, simulação**. São Paulo: Atlas, 1998.

STIGLER, G. (1945). The Cost of Subsistence. *Journal of Farm Economics*, 27(2), 303-314.