# O PROBLEMA DA DIETA E A APLICABILIDADE DA PESQUISA OPERACIONAL: RESULTADOS PRELIMINARES
# XX INIC / *XVI* EPG / VI INID - UNIVAP 2016

***Edilaine Barbosa do Amaral[1], Geisibel Ramos de Almeida[2], Maria Teodora Ferreira[3]***

[1]Faculdade Bilac, R. Francisco Paes, nº 84, São José dos Campos, SP,iredilainepmmi@gmail.com
[2]Faculdade Bilac, R. Francisco Paes, nº 84, São José dos Campos, SP, geisibel.03@gmail.com
[3]Faculdade Bilac, R. Francisco Paes, nº 84, São José dos Campos, SP, maria.ferreira@bilac.com.br
[3]Univap, Praça Cândido Dias Castejón, nº 116, São José dos Campos, SP, mariateodora@univap.br

**Resumo –** A Pesquisa Operacional (PO) pode ser utilizada para resolver problemas como, por exemplo: alocação de serviços ou recursos, maximização de lucros, minimização de gastos, os quais são problemas encontrados no cotidiano. Para resolver este tipo de problema podem-se usar técnicas de Programação Linear (PL), sendo que a solução de um Problema de Programação Linear (PPL) pode ser obtida utilizando o método simplex. Neste trabalho apresenta-se um estudo de minimização de custos em que uma dieta deve ser realizada segundo informações de um nutricionista, sendo que o paciente tem como objetivo obter uma dieta saudável e que esteja dentro de seu orçamento financeiro.

**Palavras-chave:** Dieta, Pesquisa Operacional, Problema de Programação Linear, Método Simplex.
**Área do Conhecimento:** Ciências Exatas e da Terra / Ciência da Computação.

## Introdução

A Pesquisa Operacional (PO) surgiu quando pesquisadores de diversas áreas reuniram-se para tentar solucionar problemas de estratégia e de tática associados com a defesa de seu país. Este tipo de estudo tinha como objetivo tomar decisões com relação à utilização eficiente de recursos militares que, durante a Segunda Guerra Mundial, eram limitados.

A Pesquisa Operacional pode ser entendida como um método científico de tomada de decisão a qual baseia-se em um conjunto de ferramentas desenvolvidas em caráter multidisciplinar e que, fundamentalmente, são modelos artificiais de problemas do cotidiano, conforme exposto em Lachtermacher (2009).

Um dos tipos de problemas que a pesquisa operacional trata é o conhecido Problema de Programação Linear (PPL). O PPL é um problema matemático composto por variáveis de decisão e parâmetros, uma função objetivo e as restrições associadas ao problema.

O método simplex é um dos métodos que pode ser utilizado para resolver um PPL, para mais detalhes veja em Lachtermacher (2009).

Neste trabalho apresenta-se um problema de programação linear envolvendo uma dieta, no qual o objetivo é minimizar o custo e proporcionar uma alimentação saudável.

## Metodologia

Um Problema de Programação Linear (PPL) refere-se a um problema de programação matemática cujo modelo segue uma estrutura padrão composta por uma função objetivo, um critério de otimização (maximizar ou minimizar) e um conjunto de restrições. Neste tipo de problema a função objetivo e as restrições são lineares, conforme apresentado em Andrade (2008).

Para modelar um PPL, inicialmente deve ser definido o objetivo básico do problema, ou seja, o critério de otimização a ser alcançado. O objetivo será representado por uma função objetivo, a ser maximizada ou minimizada. Para que esta função objetivo seja matematicamente especificada, devem ser definidas as variáveis de decisão e os parâmetros envolvidos no problema. Estas variáveis normalmente estão sujeitas a uma série de restrições, normalmente representadas por inequações.

Segundo Raiffa (1977), o objetivo de um PPL é encontrar os valores das variáveis de decisão, denotadas por $x_1, x_2, \ldots, x_n$, de forma a otimizar a função objetivo, denotada por $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$. A função $Z$ está sujeito às seguintes restrições:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \sim b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \sim b_2$$
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \sim b_m$$
$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \ldots, x_n \geq 0,$$

em que o operador $\sim$ podem ser do tipo: $<, \leq, >, \geq, =$.

Qualquer especificação de valores para as variáveis de decisão $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ é chamada solução, independente dela ser desejável ou até mesmo ser uma opção admissível.

Uma técnica utilizada para encontrar a solução viável é o método simplex. O método simplex é um procedimento algébrico e iterativo que fornece a solução exata de qualquer PPL em um número finito de iterações, para detalhes veja em Erlich (1985).

Com o objetivo de encontrar a solução ótima, ou seja, uma solução viável que tem o valor mais favorável da função-objetivo, podendo ser única ou não, pode-se utilizar a ferramenta Solver, a qual executa o algoritmo baseado no método simplex.

Nem todos os PPLs estão em sua forma padrão, para maiores detalhes veja em Lachtermacher (2009) e Shamblin (1985). A solução ótima obtida pela ferramenta Solver pode ser encontrada usando o PPL na forma padrão ou na forma não padrão, sem interferência do resultado final, como pode ser visto na Figura 1 e na Figura 5, expostas na Seção de Resultados.

## Resultados

A aplicação apresentada teve como base os estudos desenvolvidos por Silva et al. (2015), sendo que as informações nutricionais e os preços foram atualizados tendo como referência os sites: http://www.tabelanutricional.com.br e http://busca.deliveryextra.com.br, ambos acessados em 9 agosto de 2016.

O PPL estudado tem como objetivo minimizar o gasto com os alimentos arroz, ovos, leite e feijão, na dieta de uma determinada pessoa, com o objetivo de trazer um equilíbrio na alimentação da mesma, e para que não ocorra disperdícil de nenhum alimento.

Observando a Tabela 1 é possível identificar a quantidade que cada alimento pode produzir de energia, proteína e cálcio, e seu respectivo preço em centavos.

Tabela 1- Alimento e suas respectivas informações nutricionais e seu respectivo preço.

| Alimento | Tamanho da porção | Energia (kcal) | Proteína (g) | Cálcio (mg) | Preço p/ porção (Centavos) |
|---|---|---|---|---|---|
| Arroz | 100g | 128,3 | 2,5 | 3,5 | 0,45 |
| Ovos | 1un | 70,875 | 5,76 | 10,5 | 0,65 |
| Leite | 237ml | 120 | 3,4 | 125 | 0,85 |
| Feijão | 100g | 76 | 4,8 | 29 | 1,49 |

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2015).

Segundo as informações de um nutricionista, a quantidade ideal de consumo dos nutrientes é de no mínimo $2000\,kcal$ de energia, $65g$ de proteínas e $800mg$ de cálcio que devem ser consumidas diariamente para obter os nutrientes necessários para o dia-a-dia de uma pessoa.

Com o objetivo de modelar este PPL, primeiramente é necessário destacar quais são as variáveis de decisão envolvidas no problema. De acordo com o problema é possível destacar as seguintes variáveis de decisão: quantidade de arroz, quantidade de ovos, quantidade de leite e a quantidade de feijão. As variáveis de decisão são denotadas por: $x_1$ = quantidade de arroz, $x_2$ = quantidade de ovos, $x_3$ = quantidade de leite e $x_4$ = quantidade de feijão.

O segundo passo é construir a função objetivo, denotada pela letra $Z$, a qual é dada pela quantidade de alimento e seus respectivos preços em centavos, representado por: $Z = 0{,}45\,x_1 + 0{,}65x_2 + 0{,}85x_3 + 1{,}49x_4$.

De acordo com a aplicação, o critério de otimização é o de minimização, visto que se quer minimizar os gastos na compra dos alimentos, ou seja, minimizar $Z$.

Note que as restrições são do tipo maior ou igual (≥), ou seja, são dadas por condições que não podem ser ultrapassadas. Como o nutricionista solicitou ao paciente, ele deve consumir no mínimo $2000\ kcal$ de energia, lembrando que possui quatro variáveis e que cada uma delas possui um valor diferente sendo ele menor ou maior de acordo com o alimento.

Como pode ser visto na Tabela 1, verifica-se que para a informação da energia tem-se : $x_1 = 128{,}3$, $x_2 = 70{,}875$, $x_3 = 120$ e $x_4 = 76$, obtendo-se a seguinte restrição: $128{,}3x_1 + 70{,}875x_2 + 120x_3 + 76x_4 \geq 2000$. Com relação ao consumo de proteína, a mesma não pode ser menor que $65g$, e para cada alimento tem-se o valor $x_1 = 2{,}5, x_2 = 5{,}76, x_3 = 3{,}4$ e $x_4 = 4{,}8$, obtendo-se então a seguinte restrição para a proteína: $2{,}5x_1 + 5{,}76x_2 + 3{,}4x_3 + 4{,}8x_4 \geq 65$. Considerando o cálcio tem-se as restrições pré-definidas: $x_1 = 3{,}5, x_2 = 10{,}5, x_3 = 125$ e $x_4 = 29$, obtendo a restrição: $3{,}5x_1 + 10{,}5x_2 + 125x_3 + 29x_4 \geq 800$. Note que as variáveis de decisão são as quantidades dos alimentos, os quais não podem assumir valores negativos, sendo necessário considerar as restrições de não-negatividade dadas por: $x_1, x_2, x_3$ e $x_4 \geq 0$.

O PPL final que minimiza os gastos é então dado por:

*Minimizar* $Z = 0{,}45x_1 + 0{,}65x_2 + 0{,}85 + 1{,}49x_4$

*Sujeito a:*

$$128{,}3x_1 + 70{,}875x_2 + 120x_3 + 76x_4 \geq 2000$$
$$2{,}5x_1 + 5{,}76x_2 + 3{,}4x_3 + 4{,}8x_4 \geq 65$$
$$3{,}5x_1 + 10{,}5x_2 + 125x_3 + 29x_4 \geq 800$$
$$x_{1,}x_{2,}x_3 \text{ e } x_4 \geq 0$$

Este PPL não se encontra em sua forma padrão, pois a função objetivo está na forma de minimização e as restrições do modelo são do tipo maior ou igual (≥).

Este PPL na forma padrão é dado por:

*Maximizar* $Z = -0{,}45x_1 - 0{,}65x_2 - 0{,}85x_3 - 1{,}49x_4$

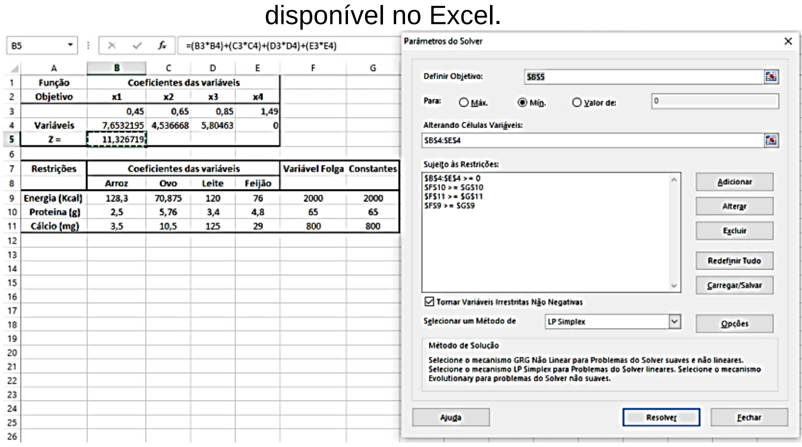
*Sujeito a:*

$$128{,}3x_1 + 70{,}875x_2 + 120x_3 + 76x_4 \leq 2000$$
$$2{,}5x_1 + 5{,}76x_2 + 3{,}4x_3 + 4{,}8x_4 \leq 65$$
$$3{,}5x_1 + 10{,}5x_2 + 125x_3 + 29x_4 \leq 800$$
$$x_{1,}x_{2,}x_3 \text{ e } x_4 \geq 0$$

Após a modelagem do PPL, o próximo passo é obter a solução ótima. Afim de encontrar esta solução, neste artigo propõem-se a utilização da ferramenta Solver disponível no Excel do pacote Office.

A Figura 1 apresenta a montagem, execução e resultado do PPL, na forma não padrão, na ferramenta Solver discponível no Excel. Ao observar os resultados, mostrados na Figura 1, é identificado que a alimentação não será saudável, pois na linha das variáveis de decisão (linha 4) a pessoa irá consumir o equivalente a 4 ovos e meio ($x_2 = 4{,}53$) e não irá consumir feijão ($x_4 = 0$).

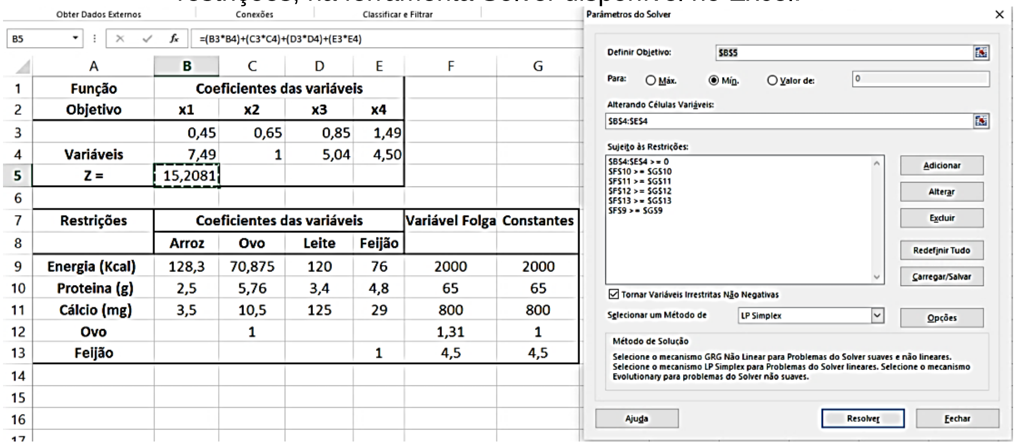
Figura 1- Montagem, execução e resultado do PPL, na forma não padrão, na ferramenta Solver disponível no Excel.



Dessa forma o problema acima sugere a inserção de uma nova restrição com o objetivo de equilibrar a dieta. Logo, serão adicionadas as restrições no consumo de ovos e de feijão, sendo elas $x_2 \geq 1$ e $x_4 \geq 4{,}5$.

Após adicionar essas novas restrições a modelagem do PPL na ferramenta Solver pode ser vista na Figura 2.

Figura 2- Montagem, execução e resultado do PPL, na forma não padrão, considerando as novas restrições, na ferramenta Solver disponível no Excel.



| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Função | Coeficientes das variáveis | | | | | |
| 2 | Objetivo | x1 | x2 | x3 | x4 | | |
| 3 | | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,49 | | |
| 4 | Variáveis | 7,49 | 1 | 5,04 | 4,50 | | |
| 5 | Z = | 15,2081 | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | Restrições | Coeficientes das variáveis | | | | Variável Folga | Constantes |
| 8 | | Arroz | Ovo | Leite | Feijão | | |
| 9 | Energia (Kcal) | 128,3 | 70,875 | 120 | 76 | 2000 | 2000 |
| 10 | Proteina (g) | 2,5 | 5,76 | 3,4 | 4,8 | 65 | 65 |
| 11 | Cálcio (mg) | 3,5 | 10,5 | 125 | 29 | 800 | 800 |
| 12 | Ovo | | 1 | | | 1,31 | 1 |
| 13 | Feijão | | | | 1 | 4,5 | 4,5 |

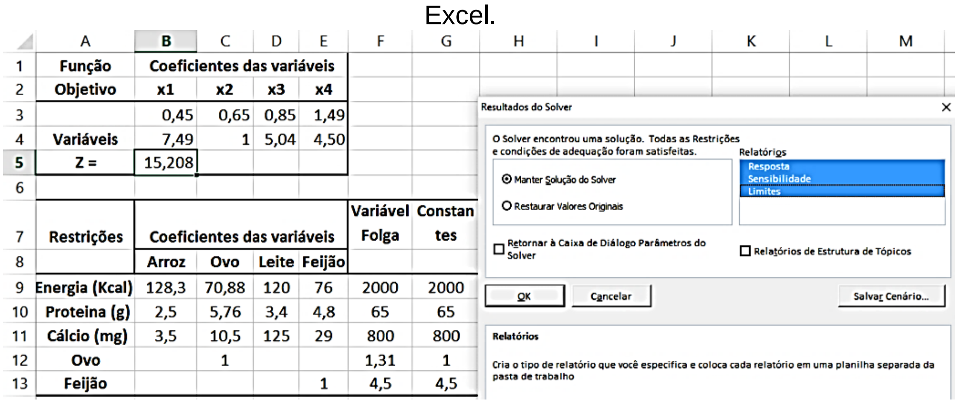


Note na Figura 2 que os valores obtidos com a adição das novas restrições traz um equilíbrio na alimentação e o valor correspondente da função objetivo $Z$ é quivalente a $R\$\,15{,}20$ reais. Assim os valores nos campos das variavéis (linha 4) é correpondente a quantidade multiplicada pelo tamanho da porção na Tabela 1. Dessa forma:

- $x_1$: quantidade de arroz: $7{,}49g \times 100g = 749g$.
- $x_2$: quantidade de ovo: 1 unidade.
- $x_3$: quantidade de leite: $5{,}04\ ml\ \times 237ml = 1194.48\ ml$.
- $x_4$: quantidade de feijão: $4{,}50 \times 100g = 450g$.

A ferramenta Solver também disponibiliza relatórios que podem ser usados para chegar ao melhor valor da função objetivo, conforme pode ser visto na Figuras 3 e 4.

Figura 3- Resultados do PPL, na forma não padrão, usando a ferramenta Solver disponível no Excel.



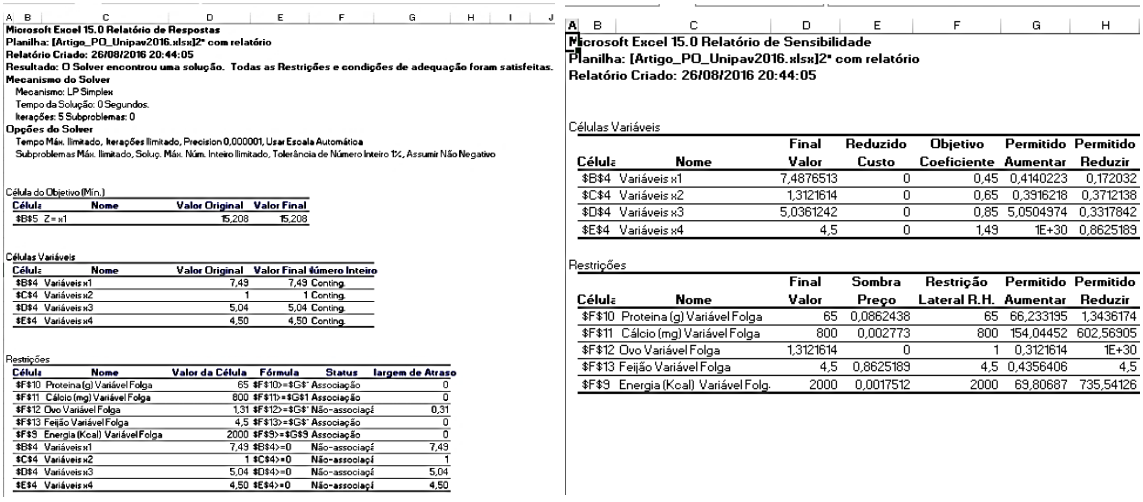
| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Função | Coeficientes das variáveis | | | | | |
| 2 | Objetivo | x1 | x2 | x3 | x4 | | |
| 3 | | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,49 | | |
| 4 | Variáveis | 7,49 | 1 | 5,04 | 4,50 | | |
| 5 | Z = | 15,208 | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | Restrições | Coeficientes das variáveis | | | | Variável Folga | Constantes |
| 8 | | Arroz | Ovo | Leite | Feijão | | |
| 9 | Energia (Kcal) | 128,3 | 70,88 | 120 | 76 | 2000 | 2000 |
| 10 | Proteina (g) | 2,5 | 5,76 | 3,4 | 4,8 | 65 | 65 |
| 11 | Cálcio (mg) | 3,5 | 10,5 | 125 | 29 | 800 | 800 |
| 12 | Ovo | | 1 | | | 1,31 | 1 |
| 13 | Feijão | | | | 1 | 4,5 | 4,5 |



O Solver disponibiliza o relatório de resposta, de sensibilidade e de limites, conforme pode ser visto na Figura 4.

A utilização da ferramenta Solver é de grande inportância para resolver problemas de Programação Linear. Os relatórios disponíveis permitem visualizar até quanto é possível reduzir ou aumentar o valor das restrições e das variáveis de decisão, bem como apresenta o valor da função objetivo e das variáveis de decisão. A utilização dos relatórios é fundamental para observar qual variável pode ser alterada para que seja possível encontrar a solução ótima do problema.

Figura 4- Relatório de resposta, sensibilidade e limites da resolução do PPL na forma não padrão.



**Microsoft Excel 15.0 Relatório de Respostas**
**Planilha: [Artigo_PO_Unipav2016.xlsx]2° com relatório**
**Relatório Criado: 26/08/2016 20:44:05**
**Resultado: O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas.**
**Mecanismo do Solver**
Mecanismo: LP Simplex
Tempo da Solução: 0 Segundos.
Iterações: 5 Subproblemas: 0
**Opções do Solver**
Tempo Máx. Ilimitado, Iterações Ilimitado, Precision 0,000001, Usar Escala Automática
Subproblemas Máx. Ilimitado, Soluç. Máx. Núm. Inteiro Ilimitado, Tolerância de Número Inteiro 1%, Assumir Não Negativo

Célula do Objetivo (Mín.)

| Célula | Nome | Valor Original | Valor Final |
|---|---|---|---|
| $B$5 | Z = x1 | 15,208 | 15,208 |

Células Variáveis

| Célula | Nome | Valor Original | Valor Final | Número Inteiro |
|---|---|---|---|---|
| $B$4 | Variáveis x1 | 7,49 | 7,49 | Conting. |
| $C$4 | Variáveis x2 | 1 | 1 | Conting. |
| $D$4 | Variáveis x3 | 5,04 | 5,04 | Conting. |
| $E$4 | Variáveis x4 | 4,50 | 4,50 | Conting. |

Restrições

| Célula | Nome | Valor da Célula | Fórmula | Status | Margem de Atraso |
|---|---|---|---|---|---|
| $F$10 | Proteina (g) Variável Folga | 65 | $F$10>=$G$' | Associação | 0 |
| $F$11 | Cálcio (mg) Variável Folga | 800 | $F$11>=$G$1 | Associação | 0 |
| $F$12 | Ovo Variável Folga | 1,31 | $F$12>=$G$' | Não-associaçã | 0,31 |
| $F$13 | Feijão Variável Folga | 4,5 | $F$13>=$G$' | Associação | 0 |
| $F$9 | Energia (Kcal) Variável Folga | 2000 | $F$9>=$G$9 | Associação | 0 |
| $B$4 | Variáveis x1 | 7,49 | $B$4>=0 | Não-associaçã | 7,49 |
| $C$4 | Variáveis x2 | 1 | $C$4>=0 | Não-associaçã | 1 |
| $D$4 | Variáveis x3 | 5,04 | $D$4>=0 | Não-associaçã | 5,04 |
| $E$4 | Variáveis x4 | 4,50 | $E$4>=0 | Não-associaçã | 4,50 |

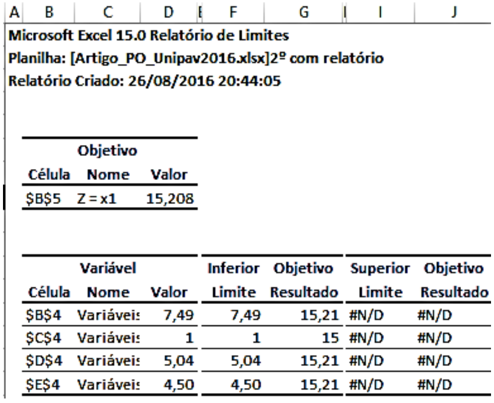
**Microsoft Excel 15.0 Relatório de Sensibilidade**
**Planilha: [Artigo_PO_Unipav2016.xlsx]2° com relatório**
**Relatório Criado: 26/08/2016 20:44:05**

Células Variáveis

| Célula | Nome | Final Valor | Reduzido Custo | Objetivo Coeficiente | Permitido Aumentar | Permitido Reduzir |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $B$4 | Variáveis x1 | 7,4876513 | 0 | 0,45 | 0,4140223 | 0,172032 |
| $C$4 | Variáveis x2 | 1,3121614 | 0 | 0,65 | 0,3916218 | 0,3712138 |
| $D$4 | Variáveis x3 | 5,0361242 | 0 | 0,85 | 5,0504974 | 0,3317842 |
| $E$4 | Variáveis x4 | 4,5 | 0 | 1,49 | 1E+30 | 0,8625189 |

Restrições

| Célula | Nome | Final Valor | Sombra Preço | Restrição Lateral R.H. | Permitido Aumentar | Permitido Reduzir |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $F$10 | Proteina (g) Variável Folga | 65 | 0,0862438 | 65 | 66,233195 | 1,3436174 |
| $F$11 | Cálcio (mg) Variável Folga | 800 | 0,002773 | 800 | 154,04452 | 602,56905 |
| $F$12 | Ovo Variável Folga | 1,3121614 | 0 | 1 | 0,3121614 | 1E+30 |
| $F$13 | Feijão Variável Folga | 4,5 | 0,8625189 | 4,5 | 0,4356406 | 4,5 |
| $F$9 | Energia (Kcal) Variável Folg. | 2000 | 0,0017512 | 2000 | 69,80687 | 735,54126 |



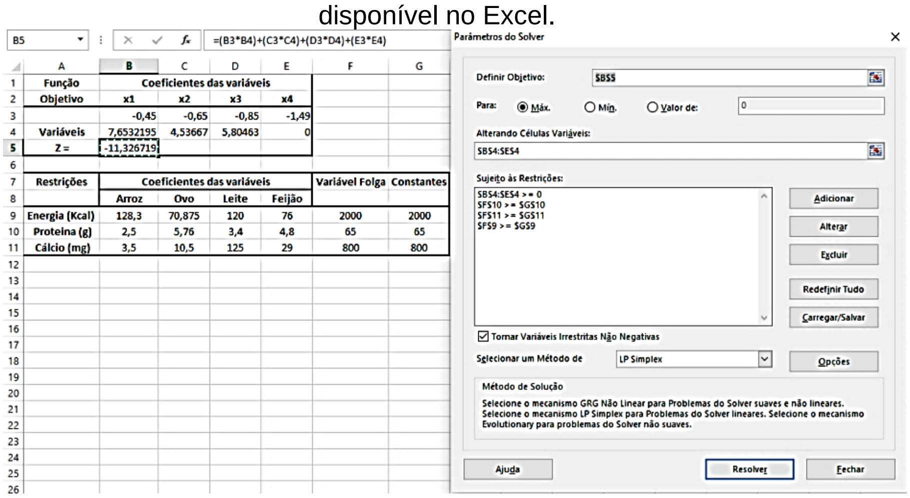
**Microsoft Excel 15.0 Relatório de Limites**
**Planilha: [Artigo_PO_Unipav2016.xlsx]2º com relatório**
**Relatório Criado: 26/08/2016 20:44:05**

| Objetivo Célula | Nome | Valor |
|---|---|---|
| $B$5 | Z = x1 | 15,208 |

| Variável Célula | Nome | Valor | Inferior Limite | Objetivo Resultado | Superior Limite | Objetivo Resultado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $B$4 | Variáveis | 7,49 | 7,49 | 15,21 | #N/D | #N/D |
| $C$4 | Variáveis | 1 | 1 | 15 | #N/D | #N/D |
| $D$4 | Variáveis | 5,04 | 5,04 | 15,21 | #N/D | #N/D |
| $E$4 | Variáveis | 4,50 | 4,50 | 15,21 | #N/D | #N/D |

O problema da dieta também pode ser representado no PPL na forma padrão (maximizar). Como é apresentado na Figura 5, na qual ilustra a modelagem do PPL, na forma padrão, na ferramenta Solver, não contendo as restrições de ovo e feijão.

Figura 5- Montagem, execução e resultado do PPL, na forma padrão, na ferramenta Solver disponível no Excel.

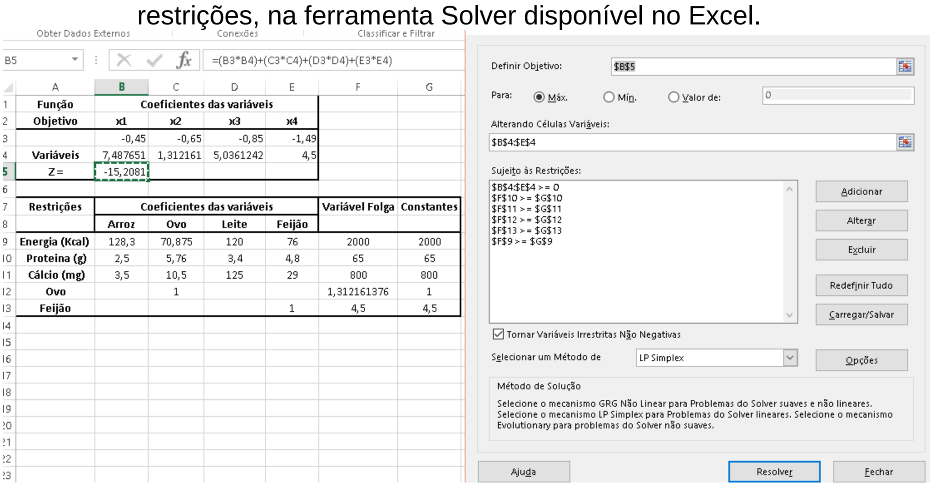


B5 =(B3*B4)+(C3*C4)+(D3*D4)+(E3*E4)

| Função Objetivo | Coeficientes das variáveis x1 | x2 | x3 | x4 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | -0,45 | -0,65 | -0,85 | -1,49 | | |
| Variáveis | 7,6532195 | 4,53667 | 5,80463 | 0 | | |
| Z = | -11,326719 | | | | | |
| **Restrições** | **Coeficientes das variáveis** Arroz | Ovo | Leite | Feijão | **Variável Folga** | **Constantes** |
| Energia (Kcal) | 128,3 | 70,875 | 120 | 76 | 2000 | 2000 |
| Proteina (g) | 2,5 | 5,76 | 3,4 | 4,8 | 65 | 65 |
| Cálcio (mg) | 3,5 | 10,5 | 125 | 29 | 800 | 800 |

A Figura 6 ilustra a modelagem do PPL, na forma padrão, já com o valor das novas restrições de ovo e feijão.

Figura 6- Montagem, execução e resultado do PPL, na forma padrão, considerando as novas restrições, na ferramenta Solver disponível no Excel.



| | A | B | C | D | E | F | G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Função | Coeficientes das variáveis | | | | | |
| 2 | Objetivo | x1 | x2 | x3 | x4 | | |
| 3 | | -0,45 | -0,65 | -0,85 | -1,49 | | |
| 4 | Variáveis | 7,487651 | 1,312161 | 5,0361242 | 4,5 | | |
| 5 | Z= | -15,2081 | | | | | |
| 7 | Restrições | Coeficientes das variáveis | | | | Variável Folga | Constantes |
| 8 | | Arroz | Ovo | Leite | Feijão | | |
| 9 | Energia (Kcal) | 128,3 | 70,875 | 120 | 76 | 2000 | 2000 |
| 10 | Proteína (g) | 2,5 | 5,76 | 3,4 | 4,8 | 65 | 65 |
| 11 | Cálcio (mg) | 3,5 | 10,5 | 125 | 29 | 800 | 800 |
| 12 | Ovo | | 1 | | | 1,312161376 | 1 |
| 13 | Feijão | | | | 1 | 4,5 | 4,5 |



## Conclusão

No primeiro PPL apresentado é observado que apenas as restrições propostas pelo nutricionista não são satisfatórias para a saúde do paciente, devido a não distribuição dos alimentos adequadamente.

Após estudos nos relatórios gerados pela ferramenta Solver, foi proposta uma nova dieta acrescentada às restrições de ovo e feijão. A nova dieta é satisfatória tanto para a saúde do paciente quanto para obtenção da solução ótima. As alterações sugeridas possibilitaram atingir o objetivo de consumir todos os alimentos necessários como também obter o menor custo.

Neste trabalho, o PPL na forma padrão e não padrão foi resolvido utilizando a ferramenta Solver disponível no Excel.

Para trabalhos futuros deseja-se inserir novos elementos na dieta.

## Referências

ANDRADE, E.L. Introdução a Pesquisa Operacional. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

ERLICH, P.J. Pesquisa Operacional – Curso Introdutório. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1985.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa Operacional na Tomada de decisões. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

RAIFFA, H. Teoria de decisão. Petrópolis: Vozes, 1977.

SHAMBLIN, J.E; STEVENS Jr., G.T. Pesquisa Operacional uma abordagem básica. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1985.

SILVA, A.C; ZANINI, D.L; ROBIATTI, E; MATOS, O.A. Resolução três problemas reais de programação linear, variando-se o sinal das inequações nas restrições. Anais do Sciencult, v.1, n.3 (1), 2015. Disponível em: http://www.periodicos.uems.br/novo/index.php/anaispba/article/view/226/158. ou http://eventos.sistemas.uems.br/pagina/p/sciencult-midia/anais
Acesso em 8 out. 2015.