

# O problema da ração suína: Um estudo de caso

Pablo Garcia de Oliveira <sup>1</sup>, Flávio Lucio de Paula Gonzaga Júnior <sup>2</sup>, Alexandre Bartoli Monteiro<sup>3</sup>  
Ricardo Silveira Sousa<sup>4</sup>

1. Graduando do curso Superior em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG) – Câmpus Barbacena; 2. Graduando do curso Superior em Tecnologia em Sistemas para a internet do IF Sudeste MG – Câmpus Barbacena; 3. Professor do Núcleo de informática do IF Sudeste MG – Câmpus Barbacena; 4. Professor adjunto III da Universidade Federal Fluminense (UFF).

[pablo.g.oliveira@hotmail.com](mailto:pablo.g.oliveira@hotmail.com) ; [flpgjr@gmail.com](mailto:flpgjr@gmail.com) ; [alexandre.bartoli@ifsudestemg.edu.br](mailto:alexandre.bartoli@ifsudestemg.edu.br) ;  
[rsilveiras@hotmail.com](mailto:rsilveiras@hotmail.com)

## 1. Introdução

A abordagem pela otimização linear desfruta de ampla aceitação devido à habilidade de modelar importantes e complexos problemas na tomada de decisões e da capacidade de seus métodos para produzir soluções em tempo razoável. Hoje em dia, problemas com milhares de restrições e variáveis são resolvidos em microcomputadores.

O método dual simplex com busca unidimensional tem um ótimo desempenho em problemas de programação linear, em especial para modelos matemáticos que podem representar problemas do mundo real (Sousa *et al.*, 2005).

O problema da mistura aplicado à produção de ração suína é de grande relevância, pois qualquer erro em uma ou mais etapas do processo pode acarretar em prejuízos econômicos expressivos, já que os gastos com a alimentação correspondem à maior parte do custo de produção dos animais suínos.

**Palavras chave:** Lingo, modelo matemático, ração suína.

**Categoria/Área:** BIC/Ciências Exatas e da Terra.

## 2. Objetivo

Determinar a composição de uma ração suína balanceada e de menor custo que atenda as exigências nutricionais requeridas para a correta alimentação dos animais.

## 3. Material e métodos

O trabalho foi realizado no IF Sudeste MG - Câmpus Barbacena, localizado no campo das Vertentes, em Minas Gerais. Inicialmente foram realizados levantamentos bibliográficos cujos temas abordassem programação linear e

produção de suínos com ênfase em modelagem matemática, o problema da mistura e a produção de ração suína.

Foram realizadas reuniões com o Prof. Dr. Marcelo José Milagres de Almeida, professor de zootecnia do IF sudeste MG - Câmpus Barbacena com o objetivo de levantar e armazenar dados referentes a todo o processo de produção da ração suína de forma a propor uma ração capaz de atender as exigências nutricionais requeridas pelos animais.

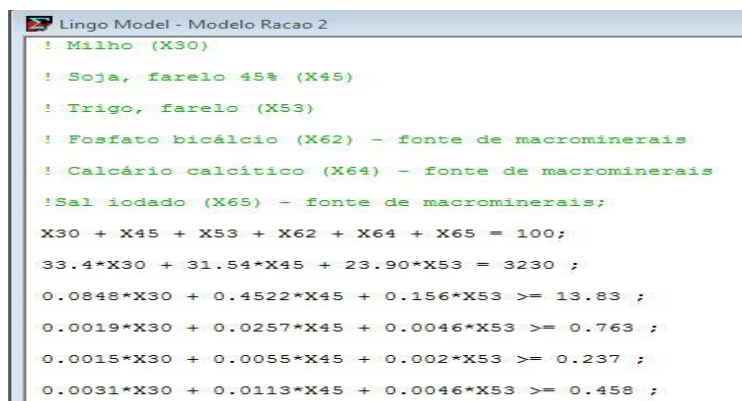
A partir de um estudo de caso foi desenvolvido um modelo matemático em forma de um sistema linear composto por equações e inequações, para retratar o problema da produção da ração suína. O modelo matemático simulava uma ração para suínos na fase de terminação contendo como ingredientes milho moído, farelo de soja 45%, farelo de trigo, fosfato bicálcio, calcário calcítico e sal iodado, a qual deveria perfazer 100 kg, atender as exigências nutricionais dos suínos e apresentar o menor custo possível.

Tal modelo foi desenvolvido baseado na composição dos alimentos e nas exigências nutricionais dos suínos (proteína bruta, energia metabolizável, aminoácidos essenciais digestíveis, sódio, cálcio, fósforo digestível e fósforo disponível) para fase de terminação I (70 a 100 Kg de peso vivo, 113 a 140 dias) de acordo com as Tabelas Brasileiras para aves e suínos 2011, sendo testado posteriormente no programa Lingo, versão 14.0 demonstrativa.

O modelo foi implementado com o uso do software LINGO (Language for Interactive General Optimizer), desenvolvido por LINDO Sistem's Inc. O LINGO foi utilizado para auxiliar na criação de modelos matemáticos.

#### 4. Resultados e discussão

**Figura 1- Modelo rodando no programa lingo**



```
Lingo Model - Modelo Racao 2
! Milho (X30)
! Soja, farelo 45% (X45)
! Trigo, farelo (X53)
! Fosfato bicálcio (X62) - fonte de macrominerais
! Calcário calcítico (X64) - fonte de macrominerais
! Sal iodado (X65) - fonte de macrominerais;
X30 + X45 + X53 + X62 + X64 + X65 = 100;
33.4*X30 + 31.54*X45 + 23.90*X53 = 3230 ;
0.0848*X30 + 0.4522*X45 + 0.156*X53 >= 13.83 ;
0.0019*X30 + 0.0257*X45 + 0.0046*X53 >= 0.763 ;
0.0015*X30 + 0.0055*X45 + 0.002*X53 >= 0.237 ;
0.0031*X30 + 0.0113*X45 + 0.0046*X53 >= 0.458 ;
```

Com o pressuposto de solucionar o problema da ração suína para fase de terminação usada no IF Sudeste MG – câmpus Barbacena foi realizado o teste do modelo matemático proposto, no programa Lingo, versão 14.0 demonstrativa, com os ingredientes: milho moído (X30), farelo de soja 45% (X45), farelo de trigo (X53), fosfato bicálcio (X62), calcário calcítico (X64) e sal iodado (X65), todos mostrados na figura 1.

**Figura 2- Resultado do modelo solvido pelo Lingo**

Solution Report - Modelo Racao 2		Variable	Value
Total solver iterations:	7		
Elapsed runtime seconds:	0.04		
Model Class:	LP	X30	70.00000
Total variables:	6	X45	27.95511
Nonlinear variables:	0	X53	0.4307928
Integer variables:	0	X62	0.6814981
Total constraints:	26	X64	0.5791448
Nonlinear constraints:	0	X65	0.3534580
Total nonzeros:	64		
Nonlinear nonzeros:	0		

Apesar dos resultados obtidos fazer com que a ração obtida via modelo matemático supere e ou atenda todas as exigências nutricionais exigidas pelos suínos na fase de terminação I (Peso vivo, Kg: 70 – 100; Idade em dias: 113 a 140 dias), dois ingredientes, farelo de soja 45% (X45) e farelo de trigo (X53), encontram-se respectivamente acima e abaixo dos níveis de inclusão dos ingredientes na ração como podemos observar na figura 2.

De acordo com o nível prático e nível máximo de inclusão dos alimentos nas rações de suínos para a fase de terminação Rostagno *et al.* ( 2011), em uma ração de 100 Kg o nível máximo de inclusão do ingrediente milho deve ser de 70 Kg, do ingrediente farelo de soja 20 Kg, e do ingrediente farelo de trigo 15 Kg.

Porém a ração obtida via modelo excede em 7,96 Kg a quantidade de farelo de soja (X45) (27,96 - 20). Se analisarmos o ingrediente farelo de trigo (X53) a quantidade em quilos do mesmo deveria estar entre 8 e 15 Kg, porém a quantidade desse ingrediente encontra-se insuficiente, não atingindo se quer o nível mínimo (prático) de inclusão do ingrediente na ração.

O segundo teste do mesmo modelo matemático, porém sem considerar as exigências em proteína bruta obtiveram os mesmos resultados apresentados anteriormente, podendo ser observado na figura 3.

**Figura 3- Resultado do modelo solvido pelo Lingo sem proteína bruta**

Solution Report - Modelo Racao 2 sem proteína		Variable	Value
Feasible solution found.			
Infeasibilities:	0.000000		
Total solver iterations:	7		
Elapsed runtime seconds:	0.05	X30	70.00000
Model Class:	LP	X45	27.95511
Total variables:	6	X53	0.4307928
Nonlinear variables:	0	X62	0.6814981
Integer variables:	0	X64	0.5791448
Total constraints:	25	X65	0.3534580
Nonlinear constraints:	0		
Total nonzeros:	61		
Nonlinear nonzeros:	0		

Contudo, o terceiro teste do mesmo modelo, Figura 4, desconsiderando as exigências em energia metabolizável faz com que o teor de farelo de soja 45 %(X45) caia aproximadamente 5,5 Kg (27.95511 - 22.49720) e ao mesmo tempo contribui para que haja um aumento do farelo de trigo (X53) de 0.4307928 Kg para 15 Kg. Essa nova ração atinge o nível máximo de inclusão do ingrediente farelo de trigo (15 Kg) e se aproxima do nível ótimo de inclusão do ingrediente farelo de soja 45% (20 Kg).

**Figura 4 - Resultado do modelo solvido pelo Lingo sem energia metabolizável**

Solution Report - Modelo Racao 2 sem energia		Variable	Value
Total variables:	6	X30	60.95890
Nonlinear variables:	0	X45	22.49720
Integer variables:	0	X53	15.00000
Total constraints:	25	X62	0.5158423
Nonlinear constraints:	0	X64	0.6746358
Total nonzeros:	61	X65	0.3534226
Nonlinear nonzeros:	0		

É possível notar também que o quarto teste, todavia sem a presença das exigências de energia metabolizável e de proteína bruta apresentam os mesmos resultados em quantidade de quilos se comparado com o teste sem a exigência em energia metabolizável, Figura 5.

**Figura 5 - Resultado do modelo solvido pelo Lingo sem energia metabolizável e sem proteína bruta**

Solution Report - Modelo Racao 2 sem energia e proteina		Variable	Value
Feasible solution found.			
Infeasibilities:	0.000000		
Total solver iterations:	5	X30	60.95890
Elapsed runtime seconds:	0.05	X45	22.49720
Model Class:	LP	X53	15.00000
Total variables:	6	X62	0.5158423
Nonlinear variables:	0	X64	0.6746358
Integer variables:	0	X65	0.3534226
Total constraints:	24		
Nonlinear constraints:	0		
Total nonzeros:	58		
Nonlinear nonzeros:	0		

## 5. Conclusão

Através do Lingo, programa de otimização linear, que implementa internamente métodos para programação linear, e também com o aumento da capacidade de processamento e de memória dos computadores atuais aliado ao avanço das técnicas de implementação do método Simplex, foi possível a realização de testes computacionais visando a validação dos modelos obtidos.

Apesar de o presente trabalho não ter chegado a sua totalidade ao objetivo inicial, o qual seria a construção de um software para calcular ração para suínos na fase de terminação I com o menor custo possível e que atenderia as exigências nutricionais dos animais de suínos nessa fase, foi desenvolvido um modelo matemático capaz de avaliar se uma determinada ração suína atende ou não as exigências requeridas pelos animais, e futuramente, através de ajustes e de um melhor estudo sobre as variáveis em questão tal modelo poderá ser validado e

implementado no software, sendo uma ferramenta útil não só para técnicos, mas também para os criadores de suínos.

## **6. Referências bibliográficas**

1. SOUSA, R. S. (2005) “Métodos Tipo Dual Simplex para Problemas de Otimização Linear Canalizados.” Tese de Doutorado, ICMC-USP.
2. ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252 p.
3. SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. **Suinocultura Intensiva: Produção, Manejo e Saúde do Rebanho.** Brasília: EMBRAPA, 1998, p.135-162.
4. ARENALES, M.N., ARMENTANO, V.A., MORABITO R.L. E YANASSE, H. H. **Pesquisa Operacional – Modelagem e Algoritmos,** Editora Elsevier, 2006.