SISTEMA AMIGAVEL PARA MINIMIZAÇÃO DO CUSTO DA RAÇÃO

Camilo de Lelis Gomide

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE POS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSARIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIENCIAS (M.Sc.) EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

PROF. CLAUDIO THOMAS BORNSTEIN
(PRESIDENTE)

PROF. HORACIO S. ROSTAGNO

PROF. ANTONIO A. F. DE OLIVEIRA

RIO DE JANEIRO, RJ-BRASIL
JANEIRO DE 1988

GOMIDE, CAMILO DE LELIS

Sistema Amigável para Minimização do Custo da Ração (Rio de Janeiro) 1988.

X, 84 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M. Sc., Engenharia de Sistemas, 1987)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Programação Linear de Pequeno Porte

I. COPPE/UFRJ II. Sistema Amigável para Minimização do Custo da Ração

A minha esposa Nize Maria

A minha filha Janaína

AGRADECIMENTOS

Aos professores Claudio Thomas Bornstein e Horàcio S. Rostagno, pela orientação e constante dedicação durante a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientìfico e Tecnològico(CNPQ) e á CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Jose Luiz Braga, pela amizade e orientação desde a graduação.

Aos professores Heleno Nascimento dos Santos e Manoel Vieira, pela amizade, apoio e incentivo.

Ao Carlos Antônio Alvares Soares Ribeiro,pela colaboração recebida durante a realização deste trabalho.

Ao Ney Sant'Anna e Laurice Gibaile Sant'Anna pelo apoio dado durante a realização deste trabalho.

Ao Paulo Ney Gibaile Sant'Anna que gentilmente cedeu o microcomputador, para a realização deste trabalho.

A minha mãe e irmãos.

Aos Colegas do Curso e á todos que, de algum modo contribuiram para a realização deste trabalho.

Agradeço á minha esposa, Nize Maria, pelo apoio, compreensão e ajuda durante toda a realização deste trabalho.

Resumo da Tese Apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessàrios para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

SISTEMA AMIGAVEL PARA MINIMIZAÇÃO DO CUSTO DA RAÇÃO

Camilo de Lelis Gomide

JANEIRO DE 1988

Orientador: Claudio Thomàs Bornstein

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Foi desenvolvido neste trabalho um sistema para calcular rações de mínimo custo, balanceadas nutricionalmente. Para desenvolvê-lo foram utilizadas tècnicas computacionais de programação linear. Trata-se de um sistema amigàvel, de fàcil uso, podendo ser utilizado por usuàrios leigos em computação.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirementes for the degree of Master of Science (M. Sc.)

USER FRIENDLY SYSTEM FOR FEED COST MINIMIZATION

Camilo de Lelis Gomide

JANEIRO - 1988

Chairman: Claudio Thomàs Bornstein

Department: Engenharia de Sistemas e Computação

A system was developed to calculate minimum cost feed mix. The simplex and other Linear Programming techniques were used. The system is user-friendly and easy to use even for person without knowledge in L.P. or computational techniques.

ÍNDICE

Página

Página

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Na àrea de alimentação de animais, um dos aspectos da mais alta importância è o da formulação de ração, o que exige prèvio conhecimento sobre os ingredientes a serem utilizados, seus preços no mercado e as exigências nutricionais.

Com a utilização da programação linear pode-se chegar a uma ração de mínimo custo nutricionalmente balanceada.

Atualmente, existem vàrios programas para resolver problemas de programação linear (PPL). Porèm, tais programas estão apenas relacionados com a programação linear (PL) de um modo geral, não existindo uma fase intermediària entre a PL e a formulação de ração de custo mínimo. Por consequência, exigem que os usuàrios tenham, alèm do conhecimento nutricional, um conhecimento da PL. São programas que exigem grande esforço do usuàrio quanto ao fornecimento de dados, pois para formular diferentes rações o usuàrio tem que fornecer novamente todos os dados necessàrios, e para formular diferentes tipos de rações esse fornecimento de dados torna-se desgastante.

O objetivo do trabalho desenvolvido è construir um sistema relacionado com a formulação de ração para animais, fazendo com que este, alèm de formular uma ração de mínimo custo atravès da utilização da PL, apresente outras prestações de serviços e, o mais importante, que seja simples de ser operado. É um sistema amigàvel, conversacional, que apresenta vàrias "TELAS" ao decorrer do processamento, o que permitirà ser utilizado por usuàrios que não tenham conhecimento de PL e computação.

CAPITULO II

A IMPORTANCIA DA RAÇAO NA ALIMENTAÇAO DE AVES, SUINOS E BOVINOS

2.1. Introdução

A criação de animais exige uma sèrie de cuidados do criador para que seja realmente produtiva e eficiente. Antes de mais nada, o criador deve contar com um bom plantel e manter sua eficiência no mais alto nivel, atravès da seleção continua de reprodutores. Adequadas pràticas de manejo devem ser tambèm adotadas visando obter bons resultados. No tocante à alimentação, o criador deve se preocupar em adquirir uma ração de boa qualidade.

2.2. A Ração

De acordo com as normas existentes atualmente, a ração animal è definida como sendo "qualquer mistura de ingredientes capaz de atender às necessidades nutritivas para a manutenção, desenvolvimento e produtividade dos animais a que se destina", veja IPEA [6].

A formulação de um certo tipo de ração exige prèvio conhecimento sobre os ingredientes a serem utilizados, seus preços no mercado e a tècnica do preparo.

Com o desenvolvimento da tecnologia associado à pesquisa sobre a nutrição animal, nos ùltimos anos foi possivel obter um conhecimento bem mais detalhado sobre as exigências nutricionais. Mas, para que se obtenha uma melhor vantagem dessas informações, torna-se necessário recorrer a métodos mais sofisticados de formulação de rações, de modo a se conseguir misturas que contenham todos os nutrientes aos níveis adequados e à um custo compatível.

2.3. A Produção de Ração

As primeiras fábricas de rações surgiram no Brasil no período de 1940-1950, mas somente no fim da década de 60 é que a ração passou a ter uma maior importância, veja Agroanalysis |15|..

A produção de ração no Brasil teve grande expansão devido a dois fatores, tendo como o mais importante a implantação de tecnologia na criação de aves e o desenvolvimento das lavouras de milho e soja, veja Agroanalysis |15|.

Já na década de 70 o governo deu incentivo à produção de ração, favorecendo a avicultura voltada para a exportação. Com isso, o número de indústrias de rações aumentou 43%, alcançando 651 unidades, veja Agroanalysis |15|.

Atualmente o setor de indústrias de rações dispõe de tecnologia atualizada, em condições de concorrer com as de países desenvolvidos.

Pode ser observado através do Quadro (I) e do Gráfico (I) a evolução da produção de ração no Brasil.

QUADRO I - Produção Nacional de Rações: Quantidades Produzidas 1965/1985 (em 1.000 toneladas).

ANOS	INDÚSTRIA	COOPERATIVAS E PRODUTORES	TOTAL
1965	1.400	280	1.680
1966	1.600	320	1.920
1967	1.700	340	2.040
1968	1.900	380	2.280
1969	2.300	460	2.760
1970	2.500	500	3.000
1971	2.772	554	3.329
1972	3.214	643	3.857
1973	4.018	804	4.821
1974	5.223	1.045	6.268
1975	5.736	1.147	6.883
1976	6.634	1.327	7.965
1977	7.771	1.554	9.325
1978	8.826	1.937	10.763
1979	10.563	2.893	13.456
1980	11.156	4.338	15.494
1981	9.569	4.712	14.281
1982	8.552	4.049	12.602
1983	7.975	3.588	11.563
1984	7.078	3.745	10.823
1985	7.223	4.014	11.237

Fonte: Agroanalysis |15| e Sindirações |22| .

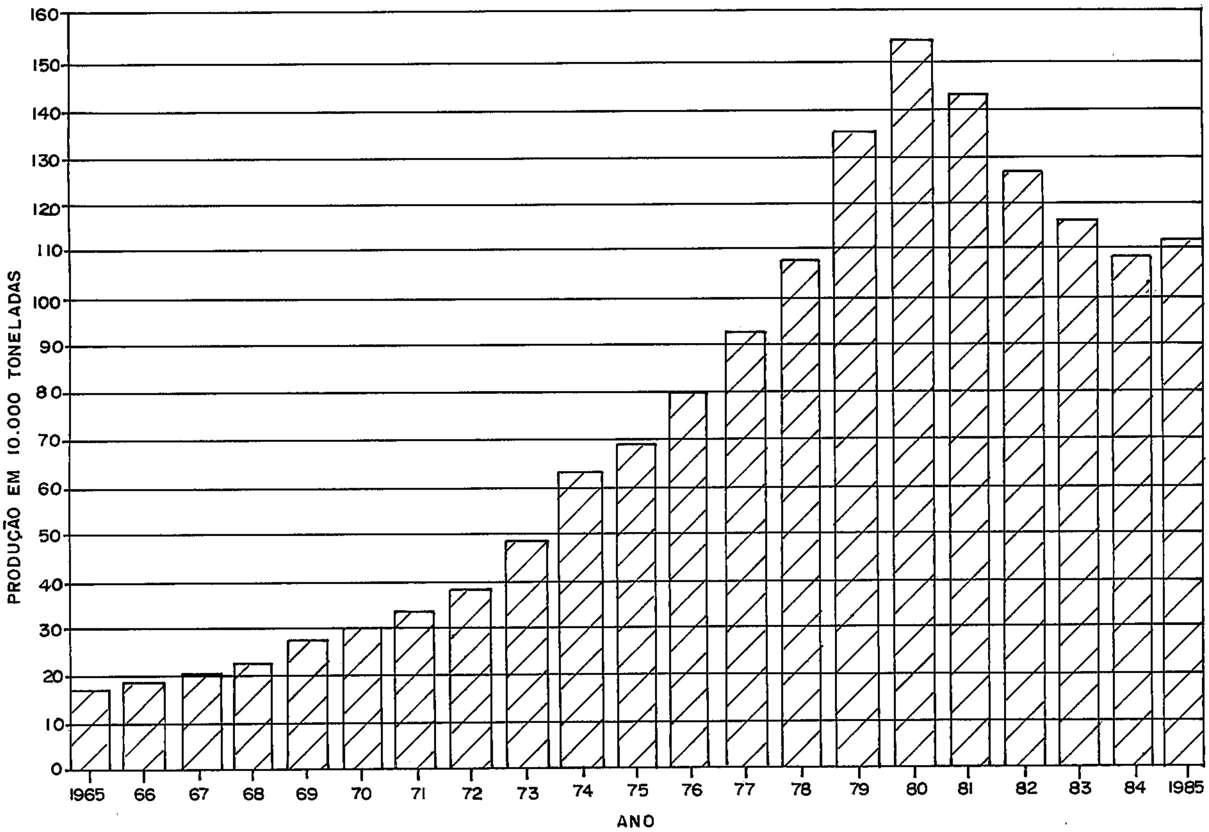


GRÁFICO 1 - Produção Nacional de Ração (1965 / 1985) - Indústria, Cooperativa, Produtores

A participação do setor avícola no consumo da produção nacional da indústria de ração è o que mais se destaca, o que pode ser observado através do Quadro (II) e do Gráfico (II). As rações se subdividem em diversos tipos de acordo com a idade, sexo, raça e finalidade dos animais. Por exemplo, os diferentes tipos de rações fabricadas para a avicultura são pintos para corte, pintos para postura, pintos para reprodução, frangos para corte, frangos para postura, frangos para reprodução, poedeiras, reprodutoras leves, reprodutoras pesadas e galos reprodutores.

A principal matèria-prima na fabricação das rações è o milho, que participa em mèdia com 65% nas fòrmulas comerciais. Um outro importante componente bàsico da ração balanceada è o farelo de soja, que participa em mèdia com 15% de uma ração balanceada, veja Agroanalysis |15|.

2.4. Relação Custo da Ração Versus Produção de Aves

Quanto ao custo total de frango de corte e de suinos para abate, a ração pronta representa de 70 a 80 % do custo total.

Como exemplo, tem-se o custo total da produção de suinos, que è apresentado no Quadro (III).

Um grande fator que se tem influência no seu custo è o comportamento do mercado nacional e internacional, de acordo com a última safra do milho e da soja.

QUADRO II - Produção Nacional de Ração[1] Segundo a Destinação (em 1.000 toneladas).

ANO	AVICULTURA	SUINOCULTURA	PECUARIA	OUTROS	TOTAL
1971	2.148	316	238	69	2.771
1972	2.436	395	298	86	3.215
1973	3.044	491	375	108	4.018
1974	3.958	642	484	140	5.224
1975	4.135	821	607	172	5.735
1976	4.261	1.555	690	132	6.638
1977	4.771	2.059	784	155	7.769
1978	5.225	2.551	917	133	8.826
1979	6.063	3.317	1.014	169	10.563
1980	6.794	3.224	981	157	11.156
1981	5.856	2.771	862	134	9.569
1982	5.233	2.429	770	120	8.552
1983	4.897	2.169	757	152	7.975
1984	4.374	1.974	560	170	7.078
1985	4.358	2.066	586	213	7.223

Fonte: Agroanalysis |15| e Sindirações |22|.

[1] Inclui concentrados convertidos; refere-se à produção das indústrias filiadas ao Sindirações.

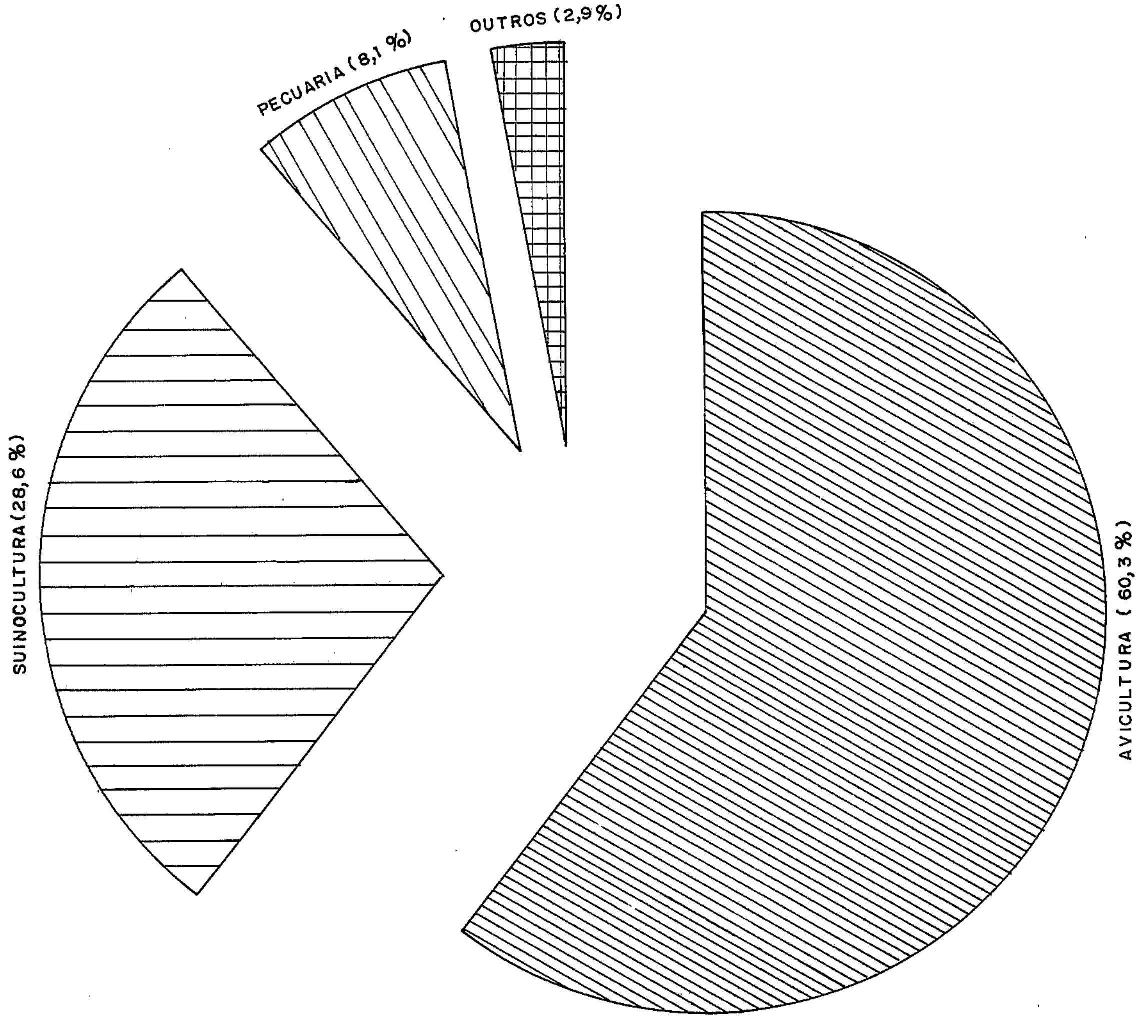


GRÁFICO 2 - Produção Nacional de Ração (1985) - Segundo a Destinação

QUADRO III - Participação mèdia percentual das variàveis que compoẽm o custo de produção de suinos, por quilo e por animal terminado.

VARIAVEIS DE CUSTO	CUSTO / KG DE SUINO VIVO	PARTICIPAÇÃO (%) DAS VARIAVEIS DO CUSTO
Alimentação	9,09	78,52
Mão-de-obra	0,80	6,90
Gastos Veterinàrios	0,07	0,62
Transporte	0,55	4,79
Despesas de energia e combustiveis	0,02	0,19
Despesas de manutenção e conservação	0,12	1,00
Despesas Financeiras	0,03	0,23
FUNRURAL	0,36	3,13
Eventuais	0,53	4,62
CUSTO VARIAVEL MEDIO	11,57	100,00

Fonte: EMBRAPA |11|.

A avicultura hoje em dia è considerada como uma indústria ou empresa. A utilização de tècnicas modernas para baixar o custo dos produtos avícolas fazem com que estes produtos sejam competitivos no mercado interno e externo. Um bom avicultor deve se preocupar principalmente em fabricar uma ração balanceada de mínimo custo, e esta por sua vez pode ser formulada utilizando-se ferramentas matemàticas com a ajuda de um microcomputador.

Atravès das pesquisas e das tècnicas desenvolvidas a avicultura brasileira ocupa um lugar de destaque. Hoje em dia, consegue-se produzir frangos na idade de abate em apenas 7 semanas, veja o Quadro (IV), e jà se fala em produzí-las em apenas 6 semanas.

A taxa de conversão alimentar (Kg de ração/Kg de frango vivo) e a taxa de mortalidade vem diminuindo a cada ano, como pode ser visto no Quadro (IV).

Com as pesquisas e tècnicas utilizadas, o Brasil iniciou sua exportação em 1975, e desde então vem apresentando uma taxa de crescimento contínuo, colocando-se a partir de 1982 em segundo lugar no quadro dos países exportadores de frango.

2.5. Importância da Programação Linear na Formulação de Ração

Se, por um lado, a formulação de ração è considerada um problema bem complexo, por outro lado, torna-se extremamente simples quando se conta com a ajuda do microcomputador e da programação linear para se obter rações balanceadas.

QUADRO IV - Peso Mèdio, Idade de Abate, Taxas de Conversão Alimentar e de Mortalidade - Brasil - Frango Comercial (1934/1994).

ANO	PESO MEDIO (KG)	IDADE DE ABATE DIA	TAXA DE CONVERSÃO ALIMENTAR[2]	MORTALIDADE (%)
1934	1,30	95	4,30	13,0
1944	1,35	84	3,90	10,0
1954	1,40	74	3,00	7,0
1964	1,58	63	2,30	5,5
1974	1,70	59	2,00	5,0
1984	1,89	47	1,96	4,5
1994[1]	2,05	42	1,82	4,5

Fonte: Agroanalysis |15|.

1: Projeção

2: Kg de ração / Kg de peso vivo

Em 1947 J. B. Dantzig apresentou um mètodo matemàtico capaz de otimizar uma função linear sujeita a um sistema de inequações também lineares. Este mètodo ficou conhecido com o nome de Programação Linear.

Quando se tem o objetivo de calcular uma ração de custo mínimo e que os nutrientes estejam compreendidos entre o limite superior e inferior (balanceadas nutricionalmente), a programação linear è a tècnica mais adequada, veja GOMA |12|.

Na àrea de alimentação de aves, um dos aspectos da mais alta importância è o da formulação de ração, veja SILVESTRE e ROSTAGNO |21|, e a PL contribui grandemente para a obtenção de uma ração balanceada, pois fornece, em poucos segundos, resultados precisos e confiàveis, a menos que os valores das composições químicas e outros dados a serem utilizados pela PL não estejam corretos.

Em trabalhos realizados sobre formulação de ração para frango de corte com o auxilio da programação linear, SILVEIRA |20| observou que as aves alimentadas com tais rações (que são de custo mínimo) obtiveram melhores resultados de performance e custo de produção que aquelas que receberam rações formuladas pelo mètodo convencional.

FRANQUEIRA et alli |8| perceberam, em experimento realizado com poedeiras, o bom desenvolvimento econômico nas aves submetidas a alimentação com dietas formuladas por programação linear.

Em trabalhos realizados por FRANQUEIRA e ROSTAGNO |9|, visando estabelecer comparações econômicas entre o uso de formulações usando programação linear e o mètodo convencional, como fatores de influência nos custos de produção das aves de corte, conclui-se que a programação linear è o mètodo de formulação de ração que permite menores custos de produção.

Desde 1978, o Departamento de Economia Rural e o Centro de Processamento de Dados da Escola Superior de Agricultura de Lavras têm feito càlculos de ração para bovinos de leite, contribuindo para uma redução de custos de atè 30% comparados com rações similares no mercado, veja Informe Agropecuàrio |17|.

Devido à grande importância da programação linear na formulação de rações, temos que atualmente 90% das rações para aves são calculadas atravès da PL.

A PL também pode auxiliar o usuàrio na indicação do preço que um ingrediente deve ser comprado para que o sistema o utilize na formulação. Ainda, quando os preços dos ingredientes se elevarem, o sistema poderà fornecer o preço màximo a ser atingido pelo ingrediente, a fim de que o mesmo não seja rejeitado na formulação.

Um outro aspecto de grande utilidade è a indicação, caso não encontremos a solução òtima, de quais as exigências nutricionais que estão impossibilitando a obtenção da formulação òtima da ração.

2.6. Consequências de uma Ração de Custo Mínimo

A programação linear, além de atender às exigências biológicas impostas por um nutricionista, também proporciona melhorias no custo da ração que são relevantes se levarmos em conta a escala de produção.

Em um país como o Brasil, onde a maioria da população é carente e apresenta deficiência protéica, essa diminuição no custo da ração faz com que os produtos avícolas, que são boa fonte de proteína, possam chegar à mesa do consumidor como um produto de alta qualidade por um custo bem reduzido.

A diminuição do custo da ração faz com que os produtos avícolas brasileiros se tornem competitivos no mercado externo, aumentando assim as dívidas para o Brasil.

CAPÍTULO III

A FORMULAÇÃO DE RAÇÃO COMO UM PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

3.1. Introdução

A utilização da programação linear permite ao nutricionista chegar à formulação de ração de custo mínimo para animais de produção de um modo geral. A programação linear torna-se extremamente útil quando existe no mercado grande número de alimentos disponíveis.

3.2. O Modelo Matemático

A metodologia a ser utilizada será a programação linear. Esta ferramenta matemática pode combinar rapidamente todos os nutrientes disponíveis, fornecendo uma ração de custo mínimo, levando em consideração as restrições impostas.

O cálculo de rações balanceadas aparece sempre com uma série de restrições, tais como as quantidades de nutrientes exigidas pelo animal. Por exemplo: níveis mínimos e máximos de cálcio, nível mínimo de proteína, de energia, nível máximo de fibras etc...

Segundo SILVESTRE e ROSTAGNO [21], para calcular uma ração balanceada de custo mínimo utilizando a PL, necessita-se de cinco tipos de informações:

1. Preços dos alimentos

2. Alimentos disponíveis

3. Composição química dos alimentos

4. Exigências nutricionais dos animais

5. Restrições ou limitações de quantidade dos alimentos.

Logo, este problema de programação linear (PPL) pode ser definido como sendo:

Minimizar $C = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \ldots + c_nx_n$

Sujeito a:

$$
\begin{array}{cccccccc}
b_1 \leq & a_{11}x_1 & + & a_{12}x_2 & + & a_{13}x_3 & + \ldots + & a_{1n}x_n \leq b'_1 \\
b_2 \leq & a_{21}x_1 & + & a_{22}x_2 & + & a_{23}x_3 & + \ldots + & a_{2n}x_n \leq b'_2 \\
\vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
b_m \leq & a_{m1}x_1 & + & a_{m2}x_2 & + & a_{m3}x_3 & + \ldots + & a_{mn}x_n \leq b'_m
\end{array}
$$

$$L_i \leq X_i \leq U_i \qquad i = 1, 2, 3, \ldots, n$$

sendo:

- C o custo total da ração:

- c_i $(i = 1, 2, 3, \ldots, n)$ o custo unitário do alimento "i" utilizado na formulação da ração;

- X_i $(i = 1, 2, 3, ..., n)$ a quantidade de alimento "i" que deve ser utilizado na ração.

As exigências nutricionais que deverão ser atendidas são representadas por:

$$b_j \leq \sum_i a_{ji} X_i \leq b'_j \quad , \qquad j = 1, 2, 3, ..., m$$

$$i = 1, 2, 3, ..., n$$

sendo:

- b_j , b'_j os níveis mínimos e máximos de nutrientes a serem considerados;

- a_{ji} a quantidade de cada nutriente "j" nos diversos alimentos "i".

As limitações das quantidades com que cada alimento deve participar da formulação da ração são representadas por:

$$L_i \leq X_i \leq U_i \qquad ; \qquad i = 1, 2, 3, ..., n$$

sendo:

- L_i , U_i, as quantidades mínima e máxima que cada alimento pode participar.

Podemos representar o PPL da ração de uma forma mais compacta, da seguinte maneira:

PPL: Minimizar CX

Sujeito a:

$$b \leq AX \leq b'$$

$$L \leq X \leq U$$

A tècnica a ser utilizada para resolver o PPL è o simplex revisado com variàveis e restrições limitadas, veja BAZARAA |2|.

No PPL de formulação de ração as exigências nutricionais, as composições quìmicas dos alimentos e as variações dos preços dos alimentos certamente não são conhecidas com exatidão. Portanto, è de grande interesse saber como a solução òtima se comporta caso ocorram modificações nos coeficientes sem ter que resolver novamente o PPL. A esse estudo das modificações dos coeficientes dà-se o nome de anàlise de pòs-otimização. Logo, o usuàrio è capaz de saber se a solução continua òtima quando os custos dos alimentos ou exigências nutricionais forem mudadas.

3.3. Exemplo de Modelagem do Problema de Programação Linear da Ração

Deseja-se obter uma combinação dos alimentos disponíveis que poderão fazer parte de uma ração para frango de corte (29 a 42 dias), de forma que seja uma ração balanceada nutricionalmente e o custo desta seja mínimo.

No Quadro (V) são mostradas as exigências nutricionais, retiradas das Tabelas de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos |18| .

QUADRO V - Exigências Nutricionais para Frango de Corte (29 a 42 dias), em 100 Kg de ração.

NUTRIENTES	EXIGENCIAS	
	MÍNIMA	MÁXIMA
Proteína (PR)	19,70	-
Metionina (MET)	0,39	-
Cálcio (Ca)	0,89	1,20
Fósforo disponível (PI)	0,44	-
Energia metabolizada (EM)[1]	2.950,00	-

1 : Kcal por Kg de ração.

Os alimentos disponíveis com as suas composições químicas e com seu custo por cada Kg do alimento são mostrados no Quadro (VI).

QUADRO VI - Composição Química e Custos dos Alimentos

Alimentos Disponíveis	Nutrientes[1] PR	MET	Ca	Pl	EM_3	Custo[2] (CR$)
Milho	0,0851	0,0017	0,0002	0,0009	34,16	22,00
Farinha de soja (FS)	0,4560	0,0065	0,0036	0,0018	22,83	43,00
Farinha de carne (FC)	0,4520	0,0054	0,1160	0,0540	17,44	50,00
Raspa de mandioca (RMCA)	0,0309	0,0004	0,0014	0,0003	31,38	17,00
Calcário (CAL)	0,0000	0,0000	0,3700	0,0000	0,00	8,00
Fosfato bicálcico (PI)	0,0000	0,0000	0,2261	0,1703	0,00	81,00
METION	0,9800	0,9800	0,0000	0,0000	0,00	1.000,00
Sal	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	10,00
Supl. Mineral e vitamínico (SUPLEM)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	1.200,00

1 - Quantidade de Nutrientes por Kg de Alimentos, veja 18

2 - Custo referente ao ano de 1979

3 - Kcal/100

As quantidades mínima e máxima com que cada alimento pode participar na composição da ração estão representadas no Quadro (VII).

QUADRO VII - Limitações dos alimentos.

ALIMENTO	QUANTIDADE EM 100 Kg DE RAÇÃO MÍNIMA	MÁXIMA
Milho	0,00	100,00
FS	0,00	100,00
FC	0,00	6,00
RMCA	0,00	25,00
CAL	0,89	1,20
PT	0,44	100,00
METION	0,39	100,00
Sal	0,40	0,40
SUPLEM	0,20	0,20

Sabe-se ainda que se deseja calcular um formulado para 100 Kg de ração.

De posse dos cinco tipos de informações necessárias apresentadas pelos Quadros V, VI e VII, utilizando-se ainda a restrição de peso, pode-se então construir um modelo matemático para o cálculo de ração de custo mínimo.

A função objetivo será representada por:

Minimizar C = (22,0 x Milho) + (43,0 x FS) + (50,0 x FC) +
(17,0 x RMCA) + (8,0 x CAL) + (81,0 x PI) +
(1.000,0 x METION) + (10,0 x Sal) +
(1.200,0 x SUPLEM).

As restrições são:

PROTEINA:

$19,7 \leq (0,0851 \times Milho) + (0,456 \times FS) + (0,452 \times FC) +$
$(0,0309 \times RMCA) + (0,00 \times CAL) + (0,00 \times PI) +$
$(0,98 \times METION) + (0,00 \times Sal) + (0,00 \times SUPLEM) \leq 99999$

METIONINA:

$0,39 \leq (0,0017 \times Milho) + (0,0065 \times FS) + (0,0054 \times FC) +$
$(0,0004 \times RMCA) + (0,00 \times CAL) + (0,00 \times PI) +$
$(0,98 \times METION) + (0,00 \times Sal) + (0,00 \times SUPLEM) \leq 99999$

CALCIO:

$0,89 \leq (0,0002 \times Milho) + (0,0036 \times FS) + (0,116 \times FC) +$
$(0,0014 \times RMCA) + (0,37 \times CAL) + (0,2261 \times PI) +$
$(0,00 \times METION) + (0,00 \times Sal) + (0,00 \times SUPLEM) \leq 1,20$

FOSFORO DISPONIVEL:

$0,44 \leq (0,0009 \times Milho) + (0,0018 \times FS) + (0,054 \times FC) +$
$(0,0003 \times RMCA) + (0,00 \times CAL) + (0,1703 \times PI) +$
$(0,00 \times METION) + (0,00 \times Sal) + (0,00 \times SUPLEM) \leq 99999$

ENERGIA METABOLIZAVEL:

$2950,00 \leq (34,16 \times Milho) + (22,83 \times FS) + (17,44 \times FC) +$
$(31,38 \times RMCA) + (0,00 \times CAL) + (0,00 \times PI) +$
$(0,00 \times METION) + (0,00 \times Sal) + (0,00 \times SUPLEM) \leq 9999$

A restrição PESO pode ser representada por:

$$100,00 \leq Milho + FS + FC + RMCA + CAL + PI + METION + Sal + SUPLEM \leq 100,00$$

As limitações dos alimentos são:

$$0,00 \leq Milho \leq 100,00$$
$$0,00 \leq FS \leq 100,00$$
$$0,00 \leq FC \leq 100,00$$
$$0,00 \leq RMCA \leq 100,00$$
$$0,89 \leq CAL \leq 1,20$$
$$0,44 \leq PI \leq 100,00$$
$$0,00 \leq METION \leq 100,00$$
$$0,40 \leq Sal \leq 0,40$$
$$0,20 \leq SUPLEM \leq 0,20$$

O próximo passo é entrar com os dados fornecidos em um computador para calcular a ração de custo mínimo.

CAPITULO IV

TECNICAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR UTILIZADAS PARA RESOLVER O PROBLEMA DA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO

4.1. Introdução

O objetivo deste capitulo è descrever as tècnicas de programação linear utilizadas para resolver o problema da formulação de ração.

4.2. Regra do Menor Indice

4.2.1. Introdução

Uma tècnica de programação linear utilizada è a regra do menor indice, tambèm conhecida como regra de Bland. A utilização desta tècnica evita a ciclagem do mètodo simplex revisado utilizado para resolver o PPL da ração.

4.2.2. Enunciado da Regra do Menor Indice

Considere o problema de programação linear

minimizar $Z = CX$

sujeito a

$$AX = b$$

$$X_j \geq 0 \qquad \forall j \in \{1, 2, \ldots, n\}$$

Seja:

I_N = conjunto dos índices das variàveis não bàsicas

I_B = conjunto dos índices das variàveis bàsicas

Em uma dada iteração, se tivermos mais de uma variàvel candidata a entrar na base ($Z_j - C_j \geq 0$, $\forall j \in I_N$), segundo a regra de Bland, devemos escolher a variàvel de menor índice ($Z_K - C_K \geq 0$), onde:

$$K = \text{mínimo } \{j \mid Z_j - C_j \geq 0 \text{ , } \forall j \in I_N\}$$

A variàvel candidata a deixar a base (X_r, $r \in I_B$) serà a de menor índice, determinada por:

Supondo que:

$$L_K = \{i \mid Y_{iK} > 0, \ i \in I_B\}$$

então:

$$r = \text{mínimo } \{e \mid b_e / Y_{eK} = \min \ b_i / Y_{iK} \text{ , } i \in L_K\}$$

4.2.3. Teorema (R.G. Bland (1977))

"O mètodo simplex termina tão logo as variàveis candidatas a entrar e sair da base são selecionadas pela regra do menor índice à cada iteração".

A prova deste teorema poderà ser vista em CHVATAL |5| e BLAND |3| .

4.3. Método Simplex Revisado com Variáveis e Restrições Limitadas

4.3.1. Introdução

No PPL da formulação de ração, os alimentos e as exigências nutricionais são normalmente limitadas. Uma variável (alimento) X_j pode ser limitada inferiormente por l_j e superiormente por u_j. O mesmo pode ser aplicado para a restrição (exigência nutricional) que pode ser limitada inferiormente por b'_i e superiormente por b_i.

Considerando os limites das variáveis e os limites das restrições em formas de vetores, podemos escrever o PPL da ração como sendo:

minimizar CX

sujeito a

$$b' \leq AX \leq b \qquad (P1)$$

$$L \leq X \leq U$$

onde A é uma matriz (m x n); X, U, C são vetores (n x 1) dimensionais e b, b' são vetores (m x 1).

Para resolver este PPL utilizando o método simplex, bastaríamos fazer as seguintes considerações:

1) As variáveis limitadas seriam transformadas em equações lineares acrescentando vetores de folga X_1 e X_2.

Para:

$$L \leq X \leq U$$

teríamos:

$$X - X_2 = L$$
$$X + X_1 = U$$

2) As restrições limitadas seriam representadas da seguinte maneira:

de:

$$b' \leq AX \leq b$$

para:

$$AX \leq b$$
$$AX \geq b'$$

Acrescentando os vetores de folga X_3 e X_4, transformaríamos o problema (P1) no seguinte problema (P2) abaixo:

minimizar CX

sujeito a

$$\begin{aligned} AX + X_3 &= b \\ AX - X_4 &= b' \\ X + X_1 &= U \\ X - X_2 &= L \end{aligned} \qquad \text{(P2)}$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

Podemos observar que ocorreu um aumento no número de restrições e no número de variáveis, provocadas pelas desigualdades de (P1).

Portanto, a utilização do método simplex tradicional para resolver o PPL da ração ocupa maior espaço de memória e aumenta o esforço computacional para encontrar a solução do PPL da ração, veja COOPER |7| .

4.3.2. Problema de Programação Linear com Restrições Limitadas

Seja o PPL (com restrições limitadas)

minimizar CX

sujeito a

$$b_1 \leq AX \leq b_2 \qquad (4.3.2.1)$$
$$X \geq 0$$

Podemos fazer as seguintes transformações em (4.3.2.1):

$$AX \leq b_2 \qquad (4.3.2.2)$$
$$AX \geq b_1 \qquad (4.3.2.3)$$

Acrescentando os vetores de folga ≥ 0 e multiplicando a restrição (4.3.2.3) por (-1), temos:

$$AX + X_1 = b_2 \qquad (4.3.2.4)$$
$$-AX + X_2 = -b_1 \qquad (4.3.2.5)$$

Utilizando a operação elementar: multiplicar a equação (4.3.2.4) por 1 e somando com a (4.3.2.5), teremos para o sistema:

$$AX + X_1 = b_2$$

$$X_1 + X_2 = b_2 - b_1$$

Como X_1 , $X_2 \geq 0$, temos:

$$AX + X_1 = b_2$$

$$0 \leq X_1 \leq b_2 - b_1$$

Portanto (4.3.2.1) pode ser escrito como:

minimizar CX

sujeito a

$$AX + X_1 = b_2$$

$$X \geq 0$$

$$0 \leq X_1 \leq b_2 - b_1$$

Como podemos verificar, o PPL com restrições limitadas pode ser transformado em PPL com apenas variáveis limitadas.

4.3.3. Algoritmo do Simplex Revisado com Variáveis Limitadas Superiormente e Inferiormente

4.3.3.1. Considerações Gerais

Um PPL com variáveis limitadas superiormente e inferiormente pode ser definido como sendo:

minimizar $Z = CX$ (4.3.3.1.1)

sujeito a

$$AX = b \qquad (4.3.3.1.2)$$

$$L \leq X \leq U \qquad (4.3.3.1.3)$$

Onde:

A è uma matriz de $p(A) = m$, $C^T \in R^m$, L, U e b $\in R^m$

Supondo que o PPL acima admite uma solução básica viável, podemos escrever a matriz A como:

$$A = [B,\ N_1,\ N_2] \qquad (4.3.3.1.4)$$

onde B è uma matriz básica de $p(B) = m$, e $N_1 \cup N_2$ representa a matriz não básica.

De acordo com (4.3.3.1.4), podemos particionar o vetor X em :

$$X = [X_B,\ X_{N1},\ X_{N2}] \qquad (4.3.3.1.5)$$

e o vetor C em:

$$C = [C_B,\ C_{N1},\ C_{N2}] \qquad (4.3.3.1.6)$$

Substituindo (4.3.3.1.4), (4.3.3.1.5) e (4.3.3.1.6) no PPL e fazendo :

$$X_j = L_j, \ \forall j \in N1 \ \text{e} \ X_j = U_j, \ \forall j \in N2$$

teremos:

$$\text{minimizar} \quad Z = C_B X_B + C_{N1} X_{N1} + C_{N2} X_{N2} \qquad (4.3.3.1.7)$$

sujeito a

$$B X_B + N_1 X_{N1} + N_2 X_{N2} = b \qquad (4.3.3.1.8)$$

$$L_B \leq X_B \leq U_B \qquad (4.3.3.1.9)$$

$$X_{N1} = L_{N1} \qquad (4.3.3.1.10)$$

$$X_{N2} = U_{N2} \qquad (4.3.3.1.11)$$

Resolvendo (4.3.3.1.8) para X_B, teremos:

$$X_B = B^{-1} b - B^{-1} N_1 X_{N1} - B^{-1} N_2 X_{N2} \qquad (4.3.3.1.12)$$

Substituindo X_B no PPL, teremos:

$$\text{minimizar} \quad Z = C_B X_B + C_{N1} X_{N1} + C_{N2} X_{N2} \qquad (4.3.3.1.13)$$

sujeito a

$$X_B = B^{-1} b - B^{-1} N_1 X_{N1} - B^{-1} N_2 X_{N2} \qquad (4.3.3.1.14)$$

$$L_B \leq X_B \leq U_B$$

$$X_{N1} = L_{N1}$$

$$X_{N2} = U_{N2}$$

onde:

I_B è o conjunto dos índices das variàveis bàsicas:

$I_B = \{i \mid X_i$ seja bàsica de $AX = b$ para $A = [B, N_1, N_2]\}$

N1 è o conjunto das variàveis não bàsicas que assumem seu limite inferior:

$N1 = \{i \mid X_i = L_i$ para X_i não bàsica$\}$

N2 è o conjunto das variàveis não bàsicas que assumem seu limite superior:

$N2 = \{i \mid X_i = U_i$ para X_i não bàsica$\}$

N1, N2 representam a matriz não bàsica e N1, N2 representam os índices das colunas não bàsicas

Denominaremos:

i) $B^{-1} \mid N_1 \; N_2 \mid = Y = \| y_{ij} \|, i \in I_B$ e $j \in N1 \cup N2$;

ii) $W = C_B B^{-1}$

iii) $Z_j = C_B \; B^{-1} a_j = W a_j$; $a_j \in N_1$ ou $a_j \in N_2$

iv) $a_j \in R^m$; $j \in N1 \cup N2$

v) $\overline{Z} = C_B \; B^{-1} b = Wb$

vi) $B^{-1} b = \overline{b}$

Podemos, então, escrever o PPL sob a seguinte forma:

minimizar

$$Z = C_B\, B^{-1} b - \sum_{j \in N1} (Z_j - C_j) L_j - \sum_{j \in N2} (Z_j - C_j) U_j \qquad (4.3.3.1.15)$$

sujeito a

$$X_i = \bar{b} - \sum_{j \in N1} Y_j\, L_j - \sum_{j \in N2} Y_j\, U_j \qquad \forall i \in I_B \qquad (4.3.3.1.16)$$

$$L_i \leq X_i \leq U_i \qquad \forall i \in I_B$$

$$X_{N1} = L_{N1}$$

$$X_{N2} = U_{N2}$$

Feitas as considerações necessàrias, podemos então passar aos passos do algoritmo que resolverá o PPL.

Passo 0: Inicialização

1) Coloque as variàveis naturais em seus limites inferiores ou superiores.

$$X = X_j \qquad \forall j \in N1 \cup N2$$

2) Inicialize a matriz abaixo de acordo com as equações (4.3.3.1.15) e (4.3.3.1.16)

$$\left(\begin{array}{c|c} W & Z \\ \hline B^{-1} & \bar{b} \end{array}\right)_{m+1,\; m+1}$$

onde: m è o número de restrições.

3) Utilize o mètodo das duas fases para encontrar uma solução bàsica viàvel, veja BAZARAA |2|, BORNSTEIN |4| e COOPER |7|.

<u>Passo 1</u>: Critèrio de Otimalidade

$$\text{Calcule} \quad Z_j - C_j = Wa_j - C_j \qquad \forall j \in N1 \cup N2$$

onde:

$a_j \in R^m$ são colunas da matriz A.

1º caso) Se $Z_j - C_j \leq 0$ $\forall j \in N1$ então X_j não deverà entrar na base, pois senão X_j não diminuirà o valor de Z que pode ser verificado na equação (4.3.3.1.15).

Se $Z_j - C_j \geq 0$ $\forall j \in N2$ então X_j não deverà entrar na base, pois senão X_j não diminuirà o valor de Z que também pode ser verificado em (4.3.3.1.15).

2º caso) Se $\exists\, k \mid Z_k - C_k > 0$ $\forall k \in N1$ então X_k poderà entrar na base, pois, pela equação (4.3.3.1.15) se X_k entrar na base, com valor diferente de zero, diminuirà o valor de Z.

3º caso) Se $\exists\, k \mid Z_k - C_k < 0$ $\forall k \in N2$ então X_k poderà entrar na base, pois pela equação (4.3.3.1.15) se X_k entrar na base, com valor diferente de zero, diminuirà o valor de Z.

Se ocorrer o 1º caso, pare, pois a solução atual é ótima. Caso $\exists$ j para j $\in$ N1 ou j $\in$ N2 tal que $Z_j - C_j = 0$, temos uma infinidade de soluções ótimas. Vá para o Passo 7.

Se ocorrer o 2º caso ou 3º caso, X_k deverá entrar na base, onde o índice k deverá ser o menor de todos os outros índices não básicos, veja o item 4.2.2.

<u>Passo</u> 2: Cálculo de Y_k

- Usando B^{-1} podemos calcular

$$Y_k = B^{-1} a_k$$

Para uma melhor visualização, temos:

Base inversa	RHS	X_k
W	$C_B\bar{b}$	$Z_k - C_k$
B^{-1}	$\bar{b}_1$ $\bar{b}_2$ . . $\bar{b}_r$ . . $\bar{b}_m$	Y_{1k} Y_{2k} . Y_{rk} . . Y_{mk}

Se k $\in$ N1, vá para o Passo 3, senão vá para o Passo 4.

<u>Passo</u> 3: Càlculo de ΔK para $k \in N1$.

Δk è o acrèscimo que X_K poderà sofrer.

$$X_K = L_K + \Delta k$$

onde:

$$\Delta k = \text{mínimo } \{S_1, S_2, U_K - L_K\}$$

Segundo BAZARAA |2|, temos:

$$S_1 = \begin{cases} \underset{i \in I_B}{\text{mínimo}} \left\{ \dfrac{\bar{b}_i - L_i}{Y_{ik}} : Y_{ik} > 0 \right\} = \dfrac{\bar{b}_r - L_r}{Y_{rk}} & \text{se } Y_K > 0 \\ \infty \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots & \text{se } Y_K \leq 0 \end{cases}$$

$$S_2 = \begin{cases} \underset{i \in I_B}{\text{mínimo}} \left\{ \dfrac{U_i - \bar{b}_i}{- Y_{ik}} : Y_{ik} < 0 \right\} = \dfrac{U_r - \bar{b}_r}{- Y_{rk}} & \text{se } Y_K < 0 \\ \infty \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots & \text{se } Y_K \geq 0 \end{cases}$$

Se $\Delta k = \infty$, então e aumento de X_K è ilimitado, e pela equação (4.3.3.1.15) a solução serà ilimitada. Và para o Passo 7.

Se $\Delta k = U_K - L_K$, ocorrerà uma diminuição no valor da função objetivo, mas não deverão ocorrer alterações no quadro atual. Todas as variàveis bàsicas continuam na base, havendo apenas uma modificação no lado direito do quadro e a variàvel X_K deverà ir para o seu limite superior. Và para o Passo 6.

Se $\Delta k = S_1$ então X_k entrará na base no lugar de X_r, e essa então deixará a base e irá para o seu limite inferior. No caso de empate, X_r deverá ser a variável de menor índice, como foi mostrado no item 4.2.2.

Se $\Delta k = S_2$ então X_k entrará na base no lugar de X_r, e essa então deixará a base e irá para o seu limite superior. No caso de empate, X_r deverá ser a variável de menor índice, como foi mostrado no item 4.2.2.

Caso $\Delta k = S_1$ ou $\Delta k = S_2$, então vá para o Passo 5.

<u>Passo</u> 4: Cálculo de Δk para $k \in N2$

Δk é o decréscimo que X_k poderá sofrer.

$$X_k = U_k - \Delta k$$

onde:

$$\Delta k = \text{mínimo } \{S_1,\ S_2,\ U_k - L_k\}$$

Segundo BAZARAA |2|, temos:

$$S_1 = \begin{cases} \underset{i \in I_B}{\text{mínimo}} \left\{ \dfrac{\bar{b}_i - L_i}{-Y_{ik}} : Y_{ik} < 0 \right\} = \dfrac{\bar{b}_r - L_r}{-Y_{rk}} & \text{se } Y_k < 0 \\ \infty \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \text{se } Y_k \geq 0 \end{cases}$$

$$S_2 = \begin{cases} \underset{i \in I_B}{\text{mínimo}} \left\{ \dfrac{U_i - \bar{b}_i}{Y_{ik}} : Y_{ik} > 0 \right\} = \dfrac{U_r - \bar{b}_r}{Y_{rk}} & \text{se } Y_k > 0 \\ \infty \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \text{se } Y_k \leq 0 \end{cases}$$

Se $\Delta k = \infty$, então o aumento de X_k è ilimitado, e pela equação (4.3.3.1.15) a solução será ilimitada. Vá para o Passo 7.

Se $\Delta k = U_k - L_k$, ocorrerá uma diminuição no valor da função objetivo, mas não deverá ocorrer alterações no quadro atual. Todas as variáveis básicas continuam na base, havendo apenas uma modificação no lado direito do quadro e a variável X_k deverá ir para o seu limite inferior. Vá para o Passo 6.

Se $\Delta k = S_1$ então X_k entrará na base no lugar de X_r, e essa então deixará a base e irá para o seu limite inferior. No caso de empate, X_r deverá ser a variável de menor índice, como foi mostrado no item 4.2.2.

Se $\Delta k = S_2$ então X_k entrará na base no lugar de X_r, e essa então deixará a base e irá para o seu limite superior. No caso de empate, X_r deverá ser a variável de menor índice, como foi mostrado no item 4.2.2.

Caso $\Delta k = S_1$ ou $\Delta k = S_2$, então vá para o Passo 5.

<u>Passo</u> 5: Pivoteamento

Ocorre uma atualização no quadro apenas em B^{-1} e W. O elemento pivô è dado por Y_{rk}. A tècnica de pivoteamento poderá ser vista em BAZARAA |2| e BORNSTEIN |4|. Vá para o Passo 6.

<u>Passo</u> 6: Alteração do lado direito (RHS)

Se $k \in N1$, temos:

1) Para $\Delta k = U_k - L_k$, somente o lado direito será alterado. Esta alteração è dada de acordo com as equações, segundo BAZARAA |2|):

$$X_B = \bar{b} - Y_k \Delta k$$
$$Z = \bar{Z} - (Z_k - C_k) \Delta k$$

Ocorre uma atualização nos ìndices das variàveis:

$$N1 = N1 - k \quad \text{e} \quad N2 = N2 + k.$$

2) Para $\Delta k = S_1$ ou $\Delta k = S_2$, então X_k entra na base e X_r deixa a base. A coluna do lado direito è alterada de acordo com as equações:

$$X_B = \bar{b} - Y_k \Delta k$$
$$Z = \bar{Z} - (Z_k - C_k) \Delta k$$

exceto o novo X_k que è dado pela equação:

$$X_k = L_k + \Delta k$$

Ocorre uma atualização nos ìndices das variàveis:

Se $\Delta k = S_1$ então $I_B = I_B + k$ e $N1 = N1 + r$

Se $\Delta k = S_2$ então $I_B = I_B + k$ e $N2 = N2 + r$

$I_B = I_B - r$

Se $k \in N2$ temos:

1) Para $\Delta k = U_k - L_k$ somente o lado direito será alterado. Segundo BAZARAA |2|, esta alteração è de acordo com as equações:

$$X_B = \overline{b} + Y_k \Delta k$$
$$Z = \overline{Z} + (Z_k - C_k)\Delta k$$

Ocorre uma atualização nos índices das variáveis:

$N1 = N1 + k$ e $N2 = N2 - k.$

2) Para $\Delta k = S_1$ ou $\Delta k = S_2$, então X_k entra na base e X_r deixa a base. A coluna do lado direito è alterada de acordo com as equações:

$$X_B = \overline{b} + Y_k \Delta k$$
$$Z = \overline{Z} + (Z_k - C_k)\Delta k,$$

exceto o novo X_k que è dado pela equação:

$$X_k = U_k - \Delta k$$

Ocorre uma atualização nos índices das variáveis:

Se $\Delta k = S_1$ então $I_B = I_B + k$ e $N1 = N1 + r$

Se $\Delta k = S_2$ então $I_B = I_B + k$ e $N2 = N2 + r$

$I_B = I_B - r$

Volte ao Passo 1.

<u>Passo</u> 7: Fim

Pare, solução encontrada.

CAPITULO V

ANALISE DE POS-OTIMIZAÇÃO

5.1. Introdução

Neste capitulo serà feito um estudo sobre a anàlise de pòs-otimização para os coeficientes da função objetivo, para o termo independente, sendo que o problema de programação linear è com variàveis limitadas inferior e superiormente.

5.2. Considerações Gerais

Tomemos para desenvolvimento o seguinte problema:

minimizar CX

sujeito a

$$AX = b \qquad (P5)$$

$$L_j \leq X_j \leq U_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, n)$$

onde:

$$C^T \in R^m, \quad b \in R^m, \quad L \in R^m, \quad U \in R^m \quad e \quad A \in R^{mxn}$$

Particiona-se A em [B, N1, N2,] onde B è uma matriz não singular (quadrada) formada por m colunas de A e N1, N2 as demais colunas de A.

Sejam:

$I_B = \{i \mid X_i$ seja uma variàvel bàsica$\}$

$N1 = \{j \mid X_j$ seja uma variàvel não-bàsica em seu limite inferior$\}$

$N2 = \{j \mid X_j$ seja uma variàvel não bàsica em seu limite superior$\}$

$N1 \cup N2 = \phi$; $N_1 \ddagger N1$ e $N_2 \ddagger N2$

$N = N_1 \cup N_2$, demais colunas de A

$a_j \in R^m$ = j-èsima colunas de A, $j = 1, 2, \ldots, n$

$e_i \in R^m$ = i-èsima colunas de B^{-1}, $i = 1, 2, \ldots, m$

B^{-1} = matriz inversa de B

L, U = são limites inferiores e superiores das variàveis.

$(Y_{ij}) = (Y_j) = Y = B^{-1}N$

$\overline{X}_B = \overline{b} = B^{-1}b - B^{-1}NX_N$

$W = C_B\, B^{-1}$

$Z_j - C_j = Wa_j - C_j = C_B B^{-1} a_j - C_j$

Seja a matriz abaixo representante da solução ótima de (P5):

$$\left[\begin{array}{c|c} W & C_B b \\ \hline B^{-1} & \bar{b} \end{array}\right]_{m+1 \times m+1}$$

5.3. Mudança no Vetor do Lado Direito (RHS)

5.3.1. Introdução

Supondo que tenha sido encontrada uma solução ótima X^* para o problema (P5) e que desejamos saber qual é o intervalo de variação do i-ésimo componente de $\bar{b}$ tal que a viabilidade de (P5) seja mantida e a solução continue ótima.

5.3.2. Mudança no i-ésimo Componente de b

Consideremos:

$$b + d \quad \text{onde } d^T = (0\ 0\ \ldots\ d_i\ \ldots\ 0\ 0) \qquad (5.3.2.1)$$

a alteração introduzida no lado direito das restrições.

O valor de X^*_B e a viabilidade em (P5) são respectivamente:

$$X^*_B = \bar{b} = B^{-1}N_1X_{N1} - B^{-1}N_2X_{N2} \qquad (5.3.2.2)$$

$$L_B \leq \bar{b} \leq U_B \qquad (5.3.2.3)$$

Substituindo $\overline{b}$ em (5.3.2.3) por (5.3.2.2), temos:

$$L_B \leq B^{-1} b - B^{-1}N_1X_{N1} - B^{-1}N_2X_{N2} \leq U_B$$

Substituindo b por b + d, teremos:

$$L_B \leq B^{-1} (b + d) - B^{-1} N_1X_{N1} - B^{-1} N_2X_{N2} \leq U_B$$

$$L_B \leq B^{-1} b + B^{-1} d - B^{-1} N_1X_{N1} - B^{-1}N_2X_{N2} \leq U_B \qquad (5.3.2.4)$$

Substituindo (5.3.2.2) em (5.3.2.4), temos:

$$L_B \leq \overline{b} + B^{-1} d \leq U_B \qquad (5.3.2.5)$$

$$L_B - \overline{b} \leq B^{-1} d \leq U_B - \overline{b} \qquad (5.3.2.6)$$

Substituindo (5.3.2.1) em (5.3.2.6), tem-se:

$$L_B - \overline{b} \leq e_i\ d_i \leq U_B - \overline{b}$$

onde e_i è a i-èsima coluna de B^{-1}

Para encontrar o intervalo de variação de b_i, $\forall i \in \{1, 2, \ldots, m\}$, tem que se analisar dois casos:

1º caso) Se $e_{ji} > 0 \qquad \forall j \in \{1, 2, \ldots, m\}$

$$L_j - \overline{b}_j \leq e_{ji} d_i \leq U_j - \overline{b}_j \qquad (5.3.2.7)$$

$$(L_j - \overline{b}_j) / e_{ji} \leq d_i \leq (U_j - \overline{b}_j) / e_{ji}$$

Logo:

$$d_1 = \underset{1 \leq j \leq m}{\text{màximo}} \begin{bmatrix} (L_j - \overline{b}_j) / e_{ji} & \ldots \text{ se } e_{ji} > 0 \\ -\infty & \ldots \text{ se } e_{ji} = 0 \end{bmatrix}$$

$$d_2 = \underset{1 \leq j \leq m}{\text{mìnimo}} \begin{bmatrix} (U_j - \overline{b}_j) / e_{ji} & \ldots \text{ se } e_{ji} > 0 \\ \infty & \ldots \text{ se } e_{ji} = 0 \end{bmatrix}$$

onde:

d_1: è o decrèscimo màximo que b poderà ter sem alterar a otimalidade do problema.

d_2: è o acrèscimo màximo que b poderà ter sem alterar a otimalidade do problema.

2º caso) Se $e_{ji} < 0 \quad \forall j \in \{1, 2, \ldots, m\}$

$$L_j - \overline{b}_j \leq e_{ji} d_i \leq U_j - \overline{b}_j \qquad (5.3.2.7)$$

Podemos reescrever a expressão (5.3.2.7) do seguinte modo:

$$e_{ji} d_i \geq L_j - \overline{b}_j \qquad (5.3.2.8)$$

$$e_{ji} d_i \leq U_j - \overline{b}_j \qquad (5.3.2.9)$$

de (5.3.2.8) temos:

$$d_i \leq (\overline{b}_j - L_j) / (-e_{ji}) \qquad (5.3.2.10)$$

Logo:

$$d_2' = \min_{1 \leq j \leq m} \left\{ \begin{array}{ll} (L_j - \overline{b}_j) \,/\, e_{ji} & \ldots \text{ se } e_{ji} < 0 \\ \infty & \ldots \text{ se } e_{ji} = 0 \end{array} \right\}$$

de (5.3.2.9) temos:

$$d_i \geq (U_j - \overline{b}_j) \,/\, (e_{ji})$$

Logo:

$$d_1' = \max_{1 \leq j \leq m} \left\{ \begin{array}{ll} (U_j - \overline{b}_j) \,/\, e_{ji} & \ldots \text{ se } e_{ji} < 0 \\ -\infty & \ldots \text{ se } e_{ji} = 0 \end{array} \right\}$$

Portanto, o intervalo de variação será dado por:

$$b_i + d_i$$

onde:

$$\text{máximo } \{d_1,\ d_1'\} \leq d_i \leq \text{mínimo } \{d_2,\ d_2'\}$$

5.4. Mudanças dos Coeficientes da Função Objetivo

5.4.1. Introdução

Supondo que tenha sido encontrada a solução ótima para o problema (P5) e que desejamos saber qual o intervalo de variação que um coeficiente da função objetivo pode ter, tal que a viabilidade de (P5) seja mantida e que a solução continue ótima.

5.4.2. Mudança no Coeficiente da Função Objetivo para as Variáveis não Básicas

Supondo que desejamos trocar um dos C_j , $j \in N1 \cup N2$, no caso C_K , por um novo valor $\hat{C}_K$, onde:

$$\hat{C}_K = C_K + d_K \qquad (5.4.2.1)$$

Para o PPL com variáveis limitadas, uma variável não básica encontra-se em seu limite inferior ou superior. Portanto, há dois casos a serem considerados:

1º caso) Supondo que a variável X_K^* encontra-se no limite inferior.

A otimalidade de (P5) é dada por:

$$(Z_K - C_K) \leq 0 \qquad (5.4.2.2)$$

Substituindo C_k por $C_k + d_k$, temos:

$$(Z_k - (C_k + d_k)) \leq 0$$

$$(Z_k - C_k) - d_k \leq 0$$

$$d_k \geq (Z_k - C_k)$$

2º caso) Supondo que a variàvel X_k encontra-se no limite superior.

A otimalidade de (P5) è dada por:

$$(Z_k - C_k) \geq 0 \qquad (5.4.2.3)$$

Substituindo C_k por $C_k + d_k$, temos:

$$(Z_k - (C_k + d_k)) \geq 0$$

$$(Z_k - C_k) - d_k \geq 0$$

$$d_k \leq (Z_k - C_k)$$

5.4.3. Mudança no Coeficiente da Função Objetivo para as Variàveis Bàsicas

Supondo que desejamos trocar um dos C_i, $i \in IB$, no caso C_k, por um novo valor $\hat{C}_k$, onde:

$$\hat{C}_k = C_k + d_k$$

Ou seja:

$\forall j \in N1 \cup N2$, temos:

$$z_j - c_j = c_B B^{-1} a_j - c_j$$

$$z_j - c_j = c_B Y_j - c_j$$

$$z_j - c_j = \sum_{i \in I_B} c_i Y_{ij} - c_j$$

Substituindo $\hat{c}_k$ por $c_k + d_k$, tem-se:

$$\hat{z}_j - \hat{c}_j = \sum_{i \in I_B} c_i Y_{ij} + d_k Y_{kj} - c_j$$

$$\hat{z}_j - \hat{c}_j = (z_j - c_j) + d_k Y_{kj}$$

Logo:

$$\hat{z}_j - \hat{c}_j = \begin{cases} (z_j - c_j) + d_k Y_{kj}, & \forall j \in N1 \cup N2 \\ 0, & \forall j \in I_B \end{cases}$$

Como o índice j pode pertencer ao conjunto dos índices das variàveis em seu limite inferior ou superior, temos que analisar dois casos:

1º caso) Para que a otimalidade do PPL permaneça, temos que $\forall j \in N1$:

$$(Z_j - C_j) + d_K Y_{Kj} \leq 0$$

$$d_K Y_{Kj} \leq -(Z_j - C_j)$$

Logo:

$$d_2 = \text{mínimo } \{ -(Z_j - C_j) / Y_{Kj} \mid Y_{Kj} > 0 \}$$

$$d_1 = \text{máximo } \{ -(Z_j - C_j) /- Y_{Kj} \mid Y_{Kj} < 0 \}$$

2º caso) Para que a otimalidade do PPL permaneça, temos que $\forall j \in N2$:

$$(Z_j - C_j) + d_K Y_{Kj} \geq 0$$

$$d_K Y_{Kj} \geq -(Z_j - C_j)$$

Logo:

$$d_1 = \text{máximo } \{ -(Z_j - C_j) / Y_{Kj} \mid Y_{Kj} > 0 \}$$

$$d_2 = \text{mínimo } \{ -(Z_j - C_j) / -Y_{Kj} \mid Y_{Kj} < 0 \}$$

Portanto, a variação de C_K, $K \in I_B$, pode ser dada por $C_K + d_K$, tal que:

$$\text{máximo } \{d_1, d_1'\} \leq d_K \leq \text{mínimo } \{d_2, d_2'\}$$

CAPITULO VI

SISTEMA AMIGAVEL

6.1. Introdução

Inicialmente vamos definir alguns termos que serão utilizados neste capitulo:

USUARIO: O termo usuàrio tem como significado aquelas pessoas que não conhecem as tècnicas computacionais e matemàticas que foram utilizadas para construir o sistema, limitando-se apenas em "dialogar" com o sistema.

TELA: Tela è o que o usuàrio vê no visor do microcomputador.

MENUS: São aquelas telas que indicam quais são as opções que um usuàrio poderà escolher.

6.2. Sistemas Atuais para Càlculo de Ração de Custo Minimo

Atualmente, existem vàrios programas para resolver problemas de programação linear. Em computadores de grande porte, podemos citar o MPSX, Linear Programming da IBM e o Linear Programming Pac para micro-computadores Hewlett-Packard HP-85.

Os programas atuais estão apenas relacionados com a programação linear de um modo geral, existindo poucos programas especificos para a formulação de ração de custo minimo. Alèm disso, a maioria dos programas existentes exige que os usuários tenham, além do conhecimento em nutrição animal, um conhecimento de como utilizar a P.L. para resolver o problema.

Normalmente, são programas que exigem grande esforço do usuário quanto ao fornecimento de dados. Para formular diferentes rações, o usuário terá que fornecer novamente todos os dados necessários, como por exemplo, a composição química dos alimentos e outros, o que torna o trabalho desgastante.

Com relação aos resultados apresentados pelos sistemas atuais, estes são de confiabilidade, porém sem uma explicação objetiva e clara, a qual atenda ás necessidades do usuário que normalmente é um leigo em termos técnicos de P.L. Como os resultados vêm descritos em termos técnicos, o usuário acaba se interessando somente pela formulação da ração, sem atentar para os demais resultados fornecidos que podem ser de grande utilidade.

Devido à natureza dos programas atuais, os usuários são levados a consultar extensos manuais. As consultas aos manuais são incômodas, pois além de extensos e escritos em linguagem especializada, em caso de dúvida é necessário localizar a página em que se encontra a explicação.

De uma pesquisa dos softwares existentes no mercado nacional, conclui-se pela falta de sistemas amigáveis, isto é, que interajam amigavelmente com o usuário, e que ajudem a resolver o problema da formulação de ração.

6.3. Sistema Amigàvel

Um sistema amigàvel è um sistema de computação que se comunica bem, de fàcil uso e de grande utilidade para o usuàrio. E um sistema que torna transparente para o usuàrio os conceitos e termos computacionais, utilizando apenas os termos e conceitos que jà são familiares a eles.

Para uma melhor comunicação visual com o usuàrio, o sistema amigàvel utiliza a tècnica de "TELAS" formatadas, para transmitir uma mensagem, como se vê na Figura (1). As "TELAS" são totalmente explicativas, com palavras familiares ao vocabulàrio do usuàrio, evitando, assim, o uso contînuo dos manuais, veja HECKEL |14|, WASSERMAN e STINSON |24|.

ESTE MÓDULÓ PERMITE ATUALIZAR OS CUSTOS DOS ALIMENTOS

CUSTOS DOS ALIMENTOS

ALIMENTOS		CUSTO	UNIDADE
Far. Arroz	=	4.00000	Cz$/Kg
Far. Carne	=	19.50000	Cz$/Kg
Far. Osso	=	18.50000	Cz$/Kg
Raspa Mand	=	2.50000	Cz$/Kg
Milho Grão	=	4.00000	Cz$/Kg
Far. Peixe	=	28.0000	Cz$/Kg
Far. Sangue	=	11.0000	Cz$/Kg
Far. Soja	=	12.5800	Cz$/Kg
Sorgo Grão	=	3.20000	Cz$/Kg
Far. Trigo	=	5.00000	Cz$/Kg
Calcario	=	1.87000	Cz$/Kg
Fosfato Bi	=	22.1300	Cz$/Kg

Utilize as setas (↑ ↓) para localizar o custo desejado; para terminar tecle (F1)

FIGURA 1

Para que o usuàrio não faça perguntas como: "Onde estou ?", "O que estou fazendo ?", "O que vou fazer ?", as "TELAS" procuram indicar qual è a posição do usuàrio dentro do sistema, veja HECKEL |14|.

A passagem de uma "TELA" para outra è muito ràpida, fazendo com que o usuàrio não fique frustado com a espera.

Para proteger o usuàrio de erros de decisão, o sistema amigàvel torna suas ações provisòrias, ou seja, ele poderà cancelà-las caso tenha cometido algum engano. Tornar as ações do usuàrio provisòrias è importante por duas razões: torna o usuàrio menos defensivo e o encoraja a usar mais o sistema; torna-o capaz de ver mais coisas e o ajuda a formar em sua mente o que o sistema è capaz de fazer, veja HECKEL |14|, SHNEIDERMAN |19|.

O sistema trabalha com um arquivo provisòrio onde são armazenados aqueles dados que foram temporariamente alterados, evitando assim uma interferência sobre a Base de Dados permanente, que permanece fixa. No final de uma atividade, antes do usuàrio desligar o micro, o sistema amigàvel pergunta se ele deseja arquivar as alterações feitas.

Mensagens de erro são enviadas cada vez que o usuàrio toma alguma decisão impossìvel. Alèm disso, no caso de decisões muito importantes, o micro pede a confirmação da decisão, dando tempo para o usuàrio refletir e analisar as suas consequências.

Para ajudar o usuário a organizar seus pensamentos, o sistema amigável apresenta MENUS (Figura 2) para que ele tenha a oportunidade de reconhecer e escolher qual a opção que ele usará, veja HECKEL |14| . A escolha da opção no MENU è obtida simplesmente teclando-se o número da opção desejada ou indicando com a "seta" esta opção.

Portanto, o sistema amigável torna a tarefa do usuário mais interessante, simples e fácil de ser executada.

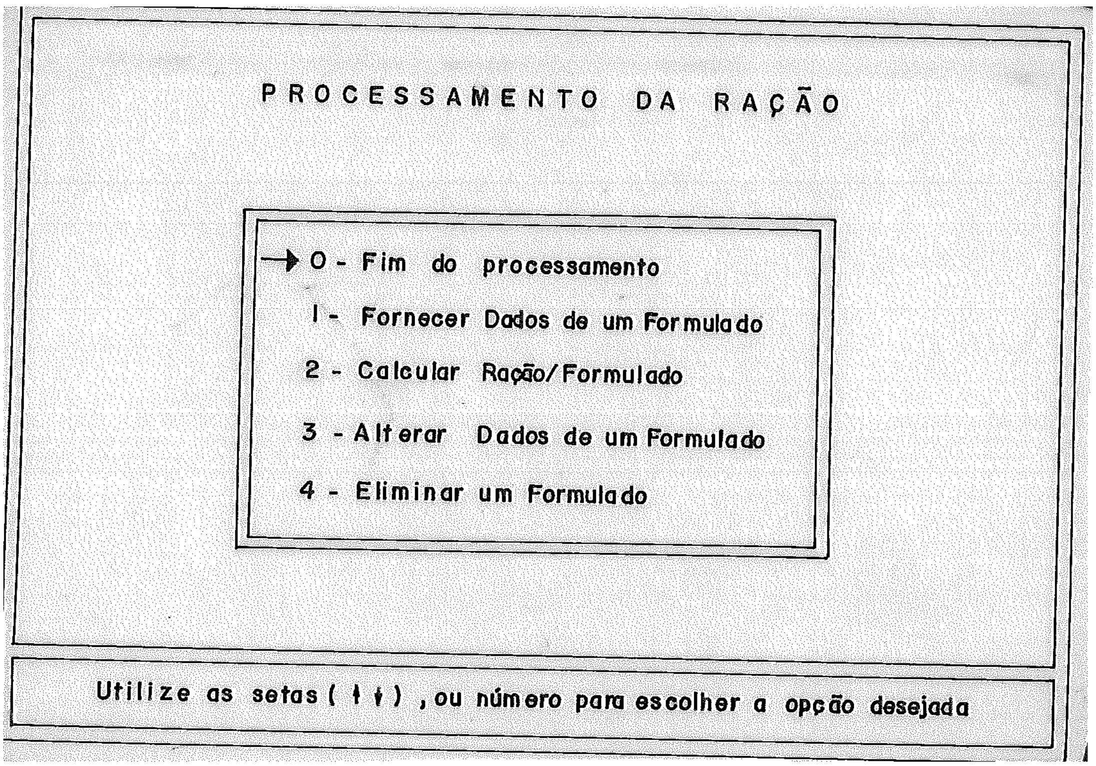

PROCESSAMENTO DA RAÇÃO
0 - Fim do processamento
1 - Fornecer Dados de um Formulado
2 - Calcular Ração/Formulado
3 - Alterar Dados de um Formulado
4 - Eliminar um Formulado
Utilize as setas (↑↓) , ou número para escolher a opção desejada

FIGURA 2

CAPÍTULO VII

SISTEMA PROPOSTO PARA MINIMIZAÇÃO DO CUSTO DA RAÇÃO (PPLAMI).

7.1. Introdução

Serão descritas neste capítulo as técnicas computacionais utilizadas para construir o sistema PPLAMI e também uma descrição geral do sistema.

7.2. Técnicas Computacionais Usadas para o Desenvolvimento do Sistema PPLAMI

Para construir o sistema PPLAMI foram utilizadas ferramentas computacionais da análise estruturada de sistemas, citados por GANE e SARSON |10| .

O sistema foi dividido em pedaços independentes, menores e mais simples, baseando-se na filosofia de "dividir e conquistar" da modularização. A implementação "top-down" foi utilizada levando sempre em consideração o usuário final. Para a programação dos módulos foi também utilizada uma linguagem estruturada, PASCAL, veja WIRTH |25|, GROGONO |13|, e TURBO PASCAL |23| . A metodologia da programação estruturada utilizada para construir o sistema foi baseada nas "Metodologias de Programação", veja MARTIN e Mc CLURE |16|.

O PPLAMI è um sistema inteiramente amigàvel, o que o torna fàcil de ser operado. Foi projetado de maneira a se obter um melhor aproveitamento da memòria e do meio de armazenamento externo de um microcomputador, obtendo-se então uma maior velocidade de processamento. Portanto, o sistema PPLAMI reune as principais qualidades de um sistema desenvolvido para microcomputadores, de acordo com o que foi citado por BARGUT e ROCHA |1| .

7.3. Descrição Geral do Sistema PPLAMI

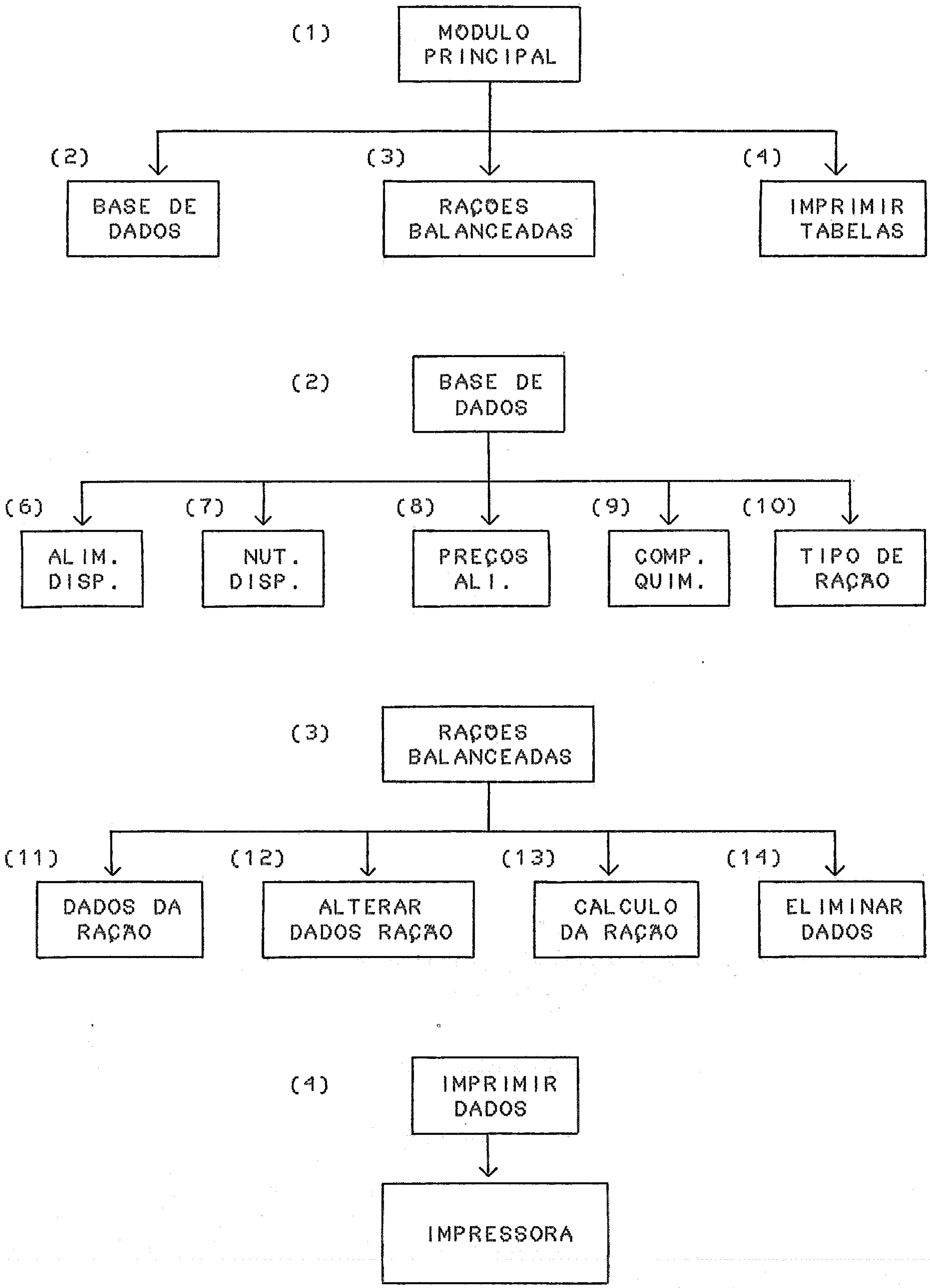
O sistema PPLAMI foi construído tendo como objetivos atingir três metas bàsicas:

1º) Calcular ração de custo mínimo.

2º) Ser um sistema amigàvel.

3º) Manter uma base de dados.

O esquema a seguir mostra o arranjo dos mòdulos do sistema. Cada quadro retangular representa um mòdulo. A flecha junta dois mòdulos com relacionamento de chamada.


(1)
MODULO PRINCIPAL
(2)
BASE DE DADOS
(3)
RAÇOES BALANCEADAS
(4)
IMPRIMIR TABELAS
(2)
BASE DE DADOS
(6)
ALIM. DISP.
(7)
NUT. DISP.
(8)
PREÇOS ALI.
(9)
COMP. QUIM.
(10)
TIPO DE RAÇAO
(3)
RAÇOES BALANCEADAS
(11)
DADOS DA RAÇAO
(12)
ALTERAR DADOS RAÇAO
(13)
CALCULO DA RAÇAO
(14)
ELIMINAR DADOS
(4)
IMPRIMIR DADOS
IMPRESSORA

7.3.1. Mòdulo Principal (1)

Este mòdulo gerencia todo o sistema e mostra um MENU, atravès de uma TELA, com as opções que o usuàrio poderà escolher.

7.3.2. Mòdulo Gerenciador da Base de Dados (2)

O PPL da ração necessita de grande quantidade de dados a cada vez que uma ração è calculada.

O gerenciador da Base de Dados mantèm arquivado todos os dados necessàrios para o processamento da ração, aumentando assim, a eficiência do sistema.

Algumas caracterìsticas do gerenciador da Base de Dados são:

. Reduz o témpo para preparar uma ração balanceada;

. Aumenta a confiança nos dados fornecidos;

. Os dados fornecidos podem ser facilmente adicionados, eliminados ou alterados, utilizando-se um mìnimo de esforço e conhecimento de programação;

. As informações existentes na Base de Dados podem ser impressas atravès de relatòrios ou vistas atravès do visor do micro, para uma simples verificação;

. O gerenciamento da Base de Dados è feito atravès de TELAS formatadas, facilitando assim a sua utilização.

A Base de Dados è constituída basicamente das seguintes tabelas:

- Tabela de Composição Química: inicialmente retirada das Tabelas de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos |18|. Na versão atual, o sistema permite a definição de atè 60 alimentos e 50 nutrientes. É permitido ao usuàrio a inclusão, exclusão e a alteração de um determinado alimento ou nutriente.

- Tabela de Preços dos Ingredientes: o usuàrio poderà alterar os preços dos ingredientes de acordo com as variações dos preços no mercado.

- Tabela de Especificação dos Nutrientes Bàsicos: neste mòdulo tambèm è permitido que o usuàrio especifique os "tipos de rações" que são utilizados com mais frequência, escolhendo os nutrientes e fornecendo as suas limitações. Na versão atual, o sistema permite especificar 20 tipos de rações mais comuns.

7.3.2.1. Alimentos Disponíveis (6)

Este mòdulo permite ao usuàrio incluir ou excluir alimentos na tabela de composição química.

7.3.2.2. Nutrientes Disponíveis (7)

Este mòdulo permite ao usuàrio incluir ou excluir nutrientes na tabela de composição química.

7.3.2.3. Preços dos Alimentos (8)

Este módulo permite ao usuário alterar os preços dos alimentos.

7.3.2.4. Composição Química (9)

Este módulo permite ao usuário alterar a composição química de um determinado alimento.

7.3.2.5. Tipos de Rações (10)

Este módulo permite ao usuário especificar os "tipos de rações" que são utilizados com mais frequência, escolhendo os nutrientes e fornecendo as suas limitações.

7.3.3. Módulo Gerenciador de Rações Balanceadas (3):

O módulo gerenciador de rações balanceadas caracteriza-se por manter um arquivo permanente de rações, com os dados já fornecidos, prontos para serem processados. Neste módulo é permitido realizar as seguintes atividades:

- Fornecer dados de uma ração;
- Alterar dados de uma ração;
- Calcular rações de custo mínimo;
- Eliminar dados de uma ração.

7.3.3.1. Fornecer Dados de uma Ração (11)

Neste módulo, o usuário fornecerá apenas a especificação básica de uma ração balanceada.

7.3.3.2. Alterar os Dados de uma Ração (12)

Para que o usuário encontre a ração desejada, o sistema PPLAMI permitirá que o usuário faça alterações nas rações já existentes. As alterações permitidas são:

- Alterar preços dos alimentos;
- Alterar limites das quantidades de cada alimento na ração;
- Alterar restrições nutricionais da ração.

7.3.3.3. Calcular Ração de Custo Mínimo (13)

O usuário, neste módulo, poderá calcular a ração de custo mínimo, apenas escolhendo a ração desejada. O sistema faz também a análise de pós-otimização e apresenta na "TELA" a solução encontrada, deixando para o usuário a opção de imprimir a solução.

7.3.3.4. Eliminar Dados de uma Ração (14)

Neste módulo o usuário poderá eliminar rações armazenadas no arquivo de dados.

7.3.4. Módulo de Impressão (4)

A função deste módulo é imprimir a Base de Dados de acordo com a opção do usuário, sendo permitido imprimir as seguintes tabelas:

- Tabela de composição química;
- Tabela de preços dos ingredientes;
- Tipos de rações básicas;
- Dados de uma ração.

7.4. Exemplo de Módulos do Sistema

7.4.1. Passos para Fornecer Dados de uma Ração

1º Passo) Entrar no módulo gerenciador de rações. Para isso deverá escolher a opção 2.

SISTEMA CONVERSACIONAL PARA MINIMIZAÇÃO DO CUSTO DA RAÇÃO

MÓDULO PRINCIPAL

→ 0 - Sair do sistema

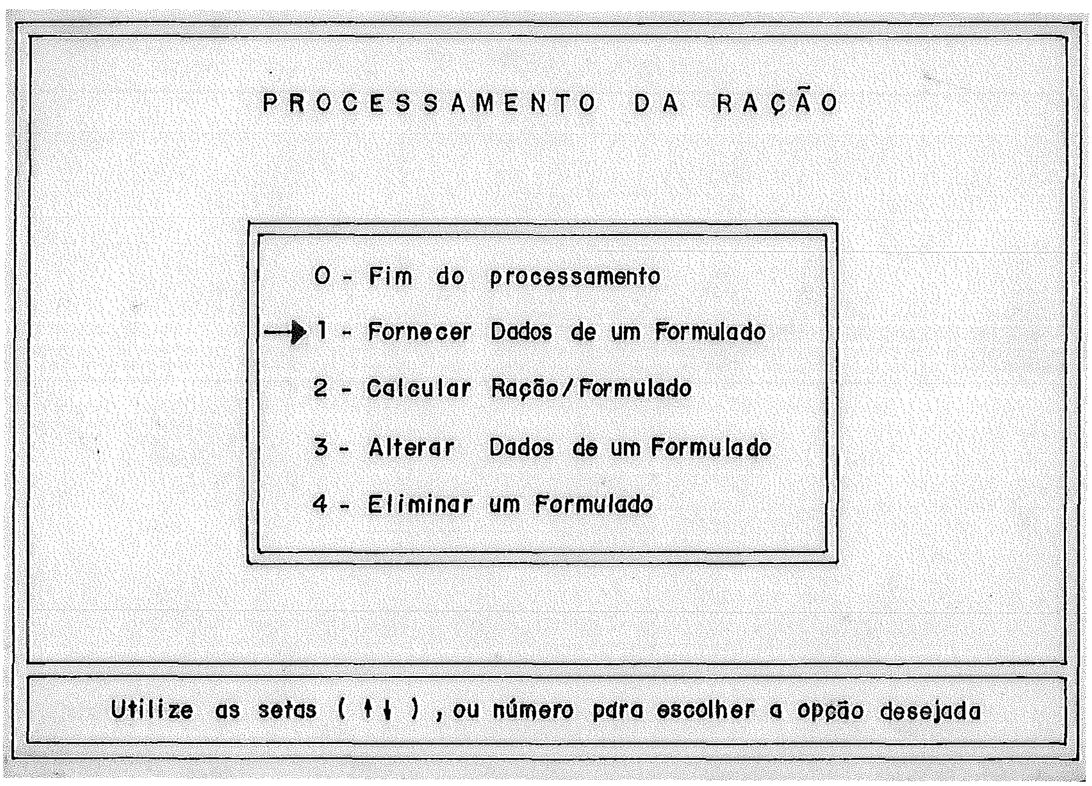
1 - Gerenciador de Dados

2 - Gerenciador de Rações

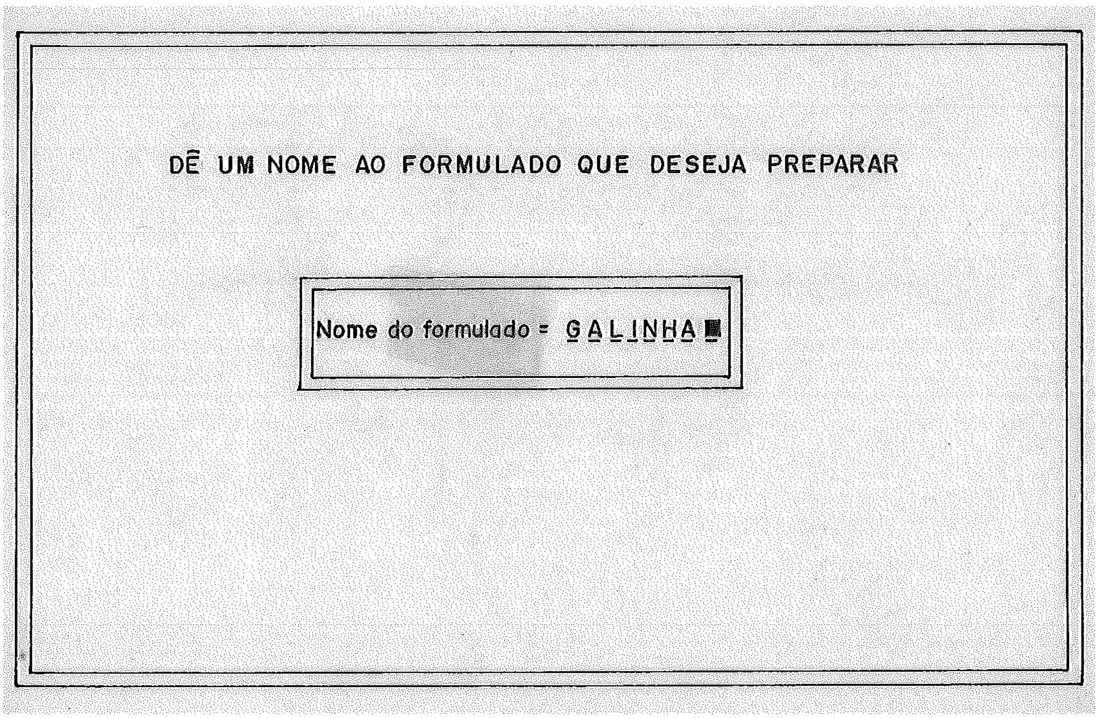
3 - Imprimir Dados

Utilize as setas (↑↓), ou número para escolher a opção desejada

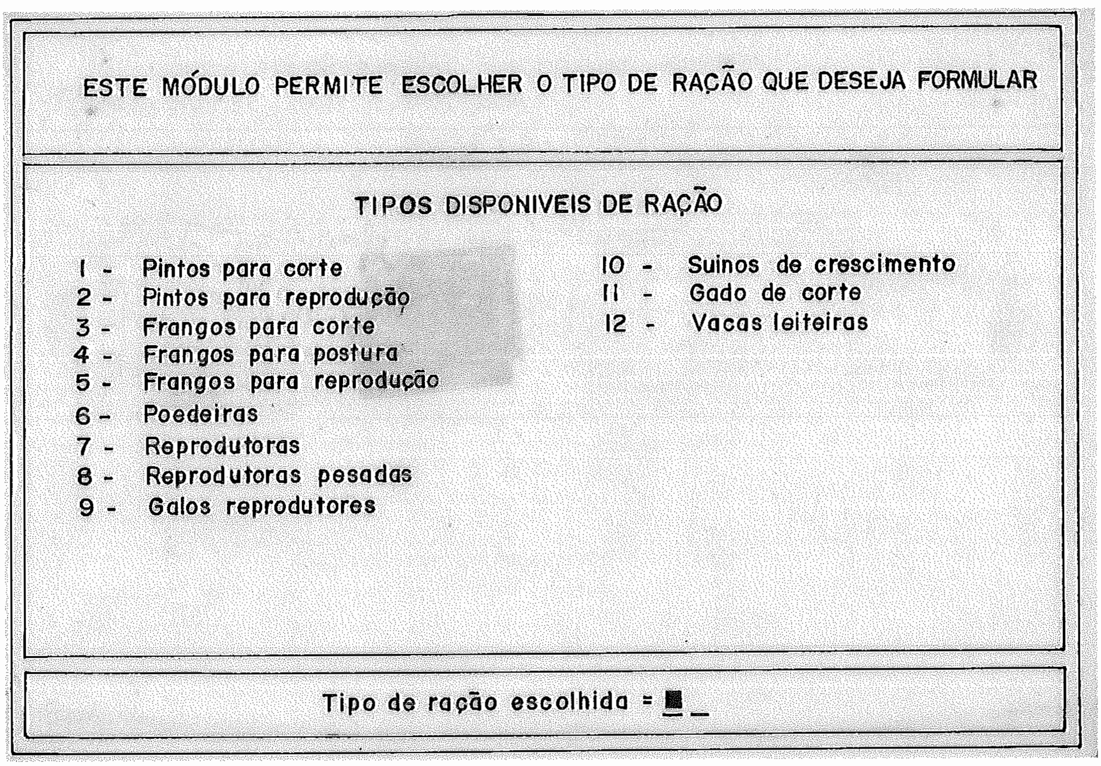
2º Passo) O usuàrio deverà escolher a opção 1, para formular uma ração.



3º Passo) O usuàrio fornece um nome para a ração que deseja preparar, para poder identificà-la posteriormente.



4º Passo) O usuário deverá escolher o tipo de ração que deseja preparar.



5º Passo) Neste passo o usuàrio deverà escolher os alimentos que deverão fazer parte da ração.

ESTE MÓDULO PERMITE ESCOLHER OS ALIMENTOS QUE DEVERÃO COMPOR O FORMUL.

FORMULADO: GALINHA TIPO DA RAÇÃO : POEDEIRAS

ALIMENTOS DISPONIVEIS

1 - Far. Arroz	13 - Far. Ostra	25 - Cana-Açuca	37 - Feno-Alfaf	49 -
2 - Far. Carne	14 - Sal	26 - Feno-Braqu	38 - Casca-Arroz	50 -
3 - Far. Osso	15 - DL-Metin98	27 - Feno-C-Ele	39 - Cama-Galin	51 -
4 - Raspa Mand	16 - SUPLEM	28 - Feno-C-Gor	40 - Fare-Algod	52 -
5 - Milho Grao	17 - Lisina	29 - Feno-Soja	41 - Fare-Gir as	53 -
6 - Far. Peixe	18 - Oleo	30 - Napier-E-M	42 - MilhoRolao	54 -
7 - Far. Sangue	19 - Ureia	31 - Cevada	43 -	55 -
8 - Far. Soja	20 - Milho-Sila	32 - Cev-Re-Cer	44 -	56-
9 - Sorgo Grão	21 - Sorgo-Sila	33 - Feijão	45 -	57-
10- Far. Trigo	22 - Capim-Mela	34- Raiz-Mandi	46-	58 -
11 - Calcario	23 - Capim-Elef	35 - Far. Sangue	47-	59 -
12 - Fosfato Bi	24 - Pango-Capi	36 - Aveia	48-	60-

Enumere os alimentos (0 - fim) : 0

ALI. : 2, 4, 5, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 0

6º Passo) O usuàrio fornece as quantidades mìnimas e màximas com que cada alimento deve participar da ração.

ESTE MÓDULO PERMITE FORNECER AS QUANTIDADES DOS ALIMENTOS

DA RAÇÃO : GALINHA

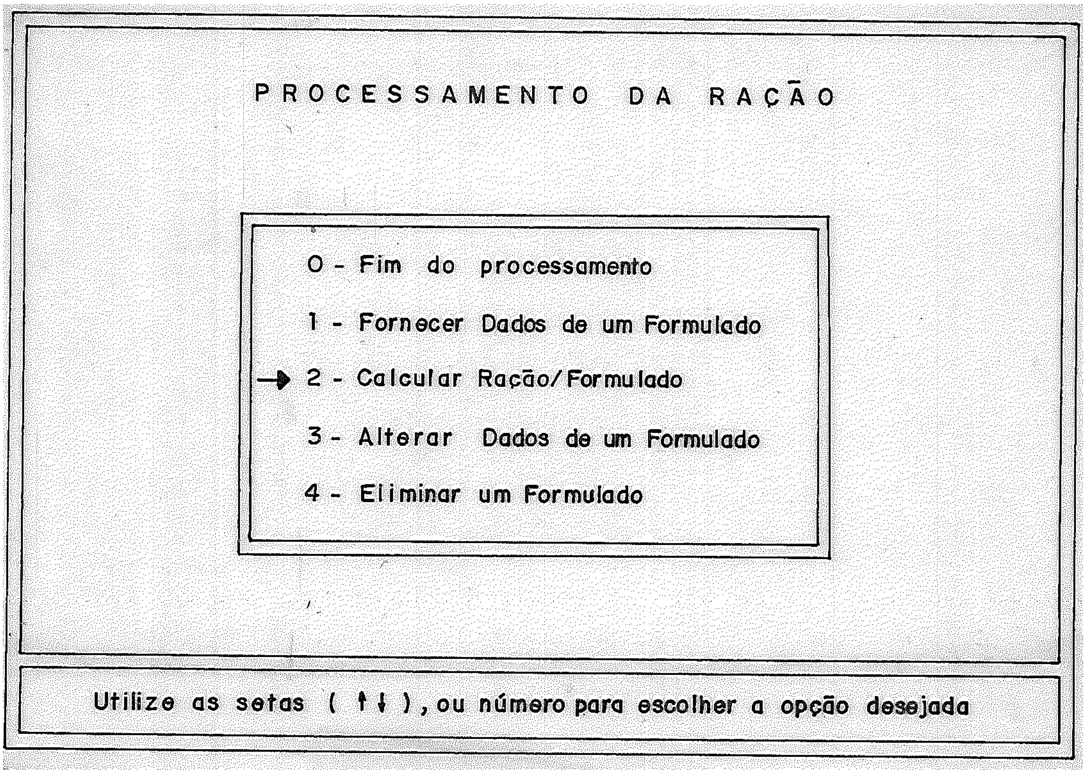
	Quantidade (em 100 Kg)		
Alimentos	Minima	Maxima	Unidade
Far. Arroz	000000	100.00	Kg
Far. Carne	000000	100.00	Kg
Far. Osso	000000	100.00	Kg
Raspa Mand	000000	100.00	Kg
Milho Grão	000 000	100.00	Kg
Far. Peixe	000 000	100.00	Kg
Far. Sangue	000000	100.00	Kg
Far. Soja	000000	100.00	Kg
Sorgo Grão	000000	100.00	Kg
Far. Trigo	000 000	100.00	Kg
Calcario	000 000	100.00	Kg
Fosfato Bi	000 000	100.00	Kg

Utilize as setas(← ↑ ↓ →) para localizar o nutriente ; para terminar tecle (F1)

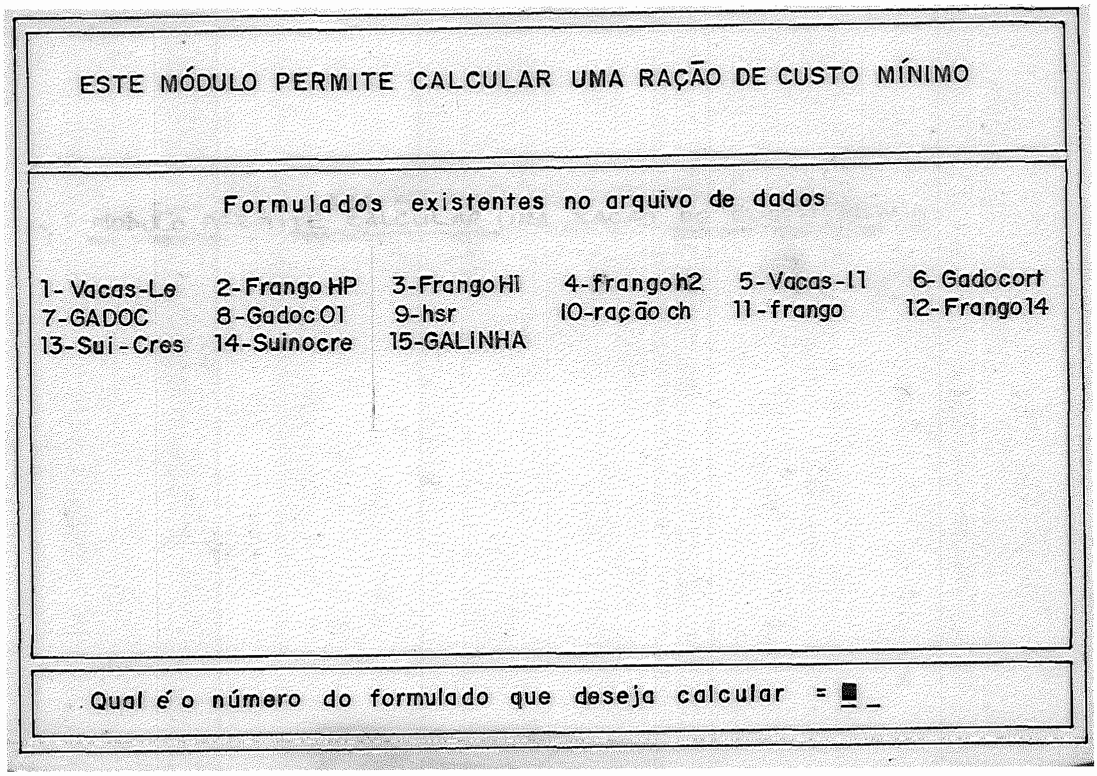
Com o formulado já preparado, o usuário poderá calcular a ração de custo mínimo.

7.4.2. Passos para Calcular uma Ração de Custo Mínimo

1º Passo) Escolher a opção para cálculo da solução (opção 2).



2º Passo) O usuário escolhe então o formulado que deseja calcular.



O sistema mostra então em poucos segundos, o resultado da solução e a análise de pós-otimização. Após o usuário analisar o resultado da solução o sistema permite, caso o usuário desejar, imprimir o resultado.

7.5. Características do PPLAMI

O sistema amigável para cálculo de ração de custo mínimo (PPLAMI) foi desenvolvido utilizando-se um micro-computador compatível com IBM-PC, com sistema operacional PCDOS 3.1. Para a construção do sistema foi utilizado o TURBO PASCAL [23]. A versão atual roda em qualquer micro-computador compatível com IBM-PC com a seguinte configuração:

- Capacidade de 256k memória.
- Um acionador de disco flexível.
- Uma impressora, se desejar imprimir algo.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÃO

Para implementação do sistema PPLCON foram utilizadas técnicas computacionais e matemáticas, sendo que o trabalho mais árduo se deu à parte computacional. Este trabalho maior foi devido à necessidade de projetar e programar todo o sistema, formatar Telas e testar o sistema, levando sempre em consideração o usuário final.

A construção do sistema amigável para PPL é de grande utilidade para quem está envolvido neste setor, seja na área acadêmica, profissional ou pesquisa.

Devido à natureza do problema da formulação da ração, o sistema não tem meios de controlar a qualidade dos dados, portanto, os dados fornecidos pelo usuário devem ser os mais exatos e confiáveis possíveis.

A utilização de técnicas de P.L. para resolução de problemas de pequeno porte e das técnicas para construir um sistema amigável fizeram com que o esforço necessário para que o usuário formulasse e processasse uma ração fosse o mínimo possível.

Os resultados obtidos com os testes realizados são resumidos na Tabela 1.

TABELA 1

RAÇÃO	NÚMERO DE VARIÁVEIS	NÚMERO DE RESTRIÇÕES	NÚMERO DE ITERAÇÕES	TEMPO DE SOLUÇÃO (seg)
A	7	6	16	3
B	17	11	38	26
C	11	6	21	6
D	5	7	9	2

Devemos ressaltar que não foi levado em consideração o tempo gasto para alimentar a Base de Dados, pois este trabalho sò è necessàrio uma ùnica vez, necessitando depois, de sua manutenção.

Os resultados do Sistema PPLAMI são apresentados de uma maneira simples e compreensível, facilitando a sua interpretação e a utilização de todos os resultados. A solução de um problema pode ser visto a seguir.

Resultado da Ração LEITE-A

ESTADO DA SOLUÇAO : SOLUÇAO OTIMA

COMPOSIÇAO ALIMENTAR

NOME DO ALIMENTO	QUANTIDADE OTIMA (KG)
Mel	0,341
Manteiga	0,102
Pão	0,500
Leite	2.500

ATENDIMENTO DAS EXIGENCIAS NUTRICIONAIS

NOMES DOS NUTRIENTES	ATENDIMENTO DAS EXIGENCIAS	EXIGENCIAS NUTRICIONAIS QUANTIDADE MINIMA	MAXIMA
Proteína	13.4841	12.50	17.50
Glicídio	65.7559	62.91	68.75
Lipídio	16.5600	13.89	16.56
Soma	466.0000	466.00	466.00

ANALISE DOS CUSTOS DOS ALIMENTOS

NOME DO ALIMENTO	CUSTO ATUAL DO ALIMENTO	VARIAÇÃO DO CUSTO MÍNIMO	MÁXIMO
Pão	0.76	****	3.22
Leite	0.28	****	0.54
Queijo	3.00	0.00	****
Mel	4.00	1.61	****
Manteiga	3.00	0.00	9.70

ANALISE DOS NUTRIENTES

NOME NUTRIENTE	QUANTIDADE FORNECIDA	QUANTIDADE MÍNIMA	MÁXIMA
Proteína	13.4841	9.4683	14.4683
Glicídio	65.7559	62.7617	68.6017
Lipídio	16.5600	16.2540	17.8162
Soma	466.0000	454.6165	468.7725

O principal objetivo do trabalho foi construir um sistema simples e de fácil uso, mas, nada impede que outros módulos, como por exemplo controle de estoque, sejam implementados no sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

|1| BARGUT, M.F. & ROCHA, A.R.C.da. *Caracteristicas de Qualidade de Programas para Microcomputadores* Anais do 6º SEMICRO, UFRJ, Núcleo de Computação Eletrônica, Rio de Janeiro , p. 1-6, 1986.

|2| BAZARAA, M.S. & JARVIS, J.J. *Linear Programming and Network Flows*. New York, John Wiley & Sons, 1977.

|3| BLAND, R.G. *New Finite Pivoting Rules for the Simplex Method*. Mathematics of Operaions Research, 2(103-107).

|4| BORNSTEIN, C.T.; OLIVEIRA, A.A.F. & BREGALDA, P.F. *Introdução à Programação Linear*, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1981.

|5| CHVATAL, V. *Linear Programming*, W.h. Freeman and Company, New York/San Francisco, 1983.

|6| CHAVES, A.M. (coord); SILVA, E.M.B.da. & CHAVES, M.M. *Tecnologia Moderna para a Agricultura*. Vol. 3. A Indústria Nacional de Rações Balanceadas e Concentrados. Brasília, IPEA, 277 p., 1987.

|7| COOPER, L. & STEINBERG, D. *Methods and Applications of Linear Programming*. Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1974.

|8| FRANQUEIRA, J.M.; ROSTAGNO, H.S.; FONSECA, J.B.; SILVA, M.A.e & SOARES, P.R. Rações de Mínimo Custo para Poedeiras Calculadas com Diferentes Valores de Composição Química e Energia Metabolozável. Anais do 6º Cong. Bras. Zoot. 8(3):516, 1970.

|9| FRANQUEIRA, J.M. & ROSTAGNO, H.S. Aspectos Econômicos do Uso da Programação Linear em Formulações de Rações para Aves. Anais do 7º Cong. Bras. Avicultura. Recife, Vol. (8),:402-413, 1981.

|10| GANE, C. & SARSON, T. Anàlise Estruturada de Sistemas, Rio de Janeiro, Livros Tècnicos e Cientificos. Editora S.A., 1984, 257 p.

|11| GIROTTO, A.F. Custo Mèdio de Produções de Suínos para Abate. Embrapa, comunicado tècnico, Nº 114, dez.:1-6, 1986.

|12| GOMA, I.P. Nuevas Tècnicas de Formulacion de Piensos Mediante Microordenador. Trabalho Apresentado no 4º Congresso Mundial de Alimentação Animal. Madri, Spain, 1986.

|13| GROGONO, P. Programming in Pascal. 2ª edição, 1983, 420p.

|14| HECKEL, P. The Elements of Software Design, New York, Warner Books, 1984.

|15| INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA. Mercado de Rações. Agroanalysis. 11 (1):2-24, 1987.

|16| MARTIN, J. & Mc·CLURE, C. Metodologia de Programação, Compucenter Sistemas, 2ª edição, 110p.

|17| REIS, R.P. & VIEIRA, G. A Pesquisa Operacional na Administração Rural. Informe Agropecuário, 12(143):10-15, 1986.

|18| ROSTAGNO, H.S.; SILVA , O.J.; COSTA, P.M.A.; FONSECA, J.B.; SOARES, P.R.; PEREIRA, J.A.A. & SILVA, M.A. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (Tabelas Brasileiras). Viçosa, Imprensa Universitària/UFV, 59 p., 1983.

|19| SHNEIDERMAN, B. Software Psicology: Human Factors in Computer and Information Systems - Winthrop Publishers, Inc. 1980

|20| SILVEIRA, J.J.M.. Avaliação Nutritiva de Rações para Aves, Formuladas por Programação Linear. Bol. Ind. Ani. (27-28):397, 1970.

|21| SILVESTRE, J.R.A. & ROSTAGNO, H.S. Mètodos de balanceamento de rações. Informe Agropecuàrio. 9(108):80-88, 1983.

|22| SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE RAÇÕES BALANCEADAS. Caderno Retrospectivo, 1985.

|23| TURBO PASCAL, versão 3.0, Manual de Referência, 2ª edição, 376 p., 1985.

|24| WASSERMAN, A.I. & STINSON, S.K. A Specification Method for Iterative Information Systems Medical Information Science University of California, San Francisco, CA 94143 pag. 68-79.

|25| WIRTH, N. Programação Sistemática, Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda., 197 p., 1978.