

RAÇÕES DE CUSTO MÍNIMO PARA FRANGOS DE CORTE
E PROCURA POTENCIAL PARA NOVOS INGREDIENTES

Teobaldo Campos Mesquita

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre.

Fortaleza — Ceará

Maio de 1975

Professor Orientador: - *Paulo Roberto Silva*
Professores Conselheiros: - *John Houston Sanders Jr.*
- *José Adalberto Gadelha*

Comissão Examinadora: - *Paulo Roberto Silva*
- *John Houston Sanders Jr.*
- *José Adalberto Gadelha*
- *John Louis Dillon*

Visto:

Prof. José Aluísio Pereira
Chefe do Deptº de Economia Agrícola

Prof. Mauro Barros Gondim
Coordenador do Curso de
Pós-Graduação em Economia Rural

O autor agradece.

Ao Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade concedida.

Ao Banco do Nordeste do Brasil S.A., pela ajuda financeira.

Ao Professor-Orientador, Paulo Roberto Silva e aos Professores-Conselheiros, John H. Sanders e José Adalberto Gadelha, pela colaboração.

Aos Professores Antônio Clécio Fontelles Thomas e Terezinha de Maria Bezerra Sampaio Xavier, pelo interesse e ajuda.

Aos demais professores do Departamento de Economia Agrícola, pelo esforço e dedicação.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, pelas informações e sugestões.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pela convivência e amizade.

A todas as demais pessoas e entidades que, sob qualquer forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

C O N T E Ú D O

		Pág.
	Lista dos Quadros.....	viii
	Lista das Figuras.....	x
CAPÍTULO		
I	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	0 Problema: Caracterização e Importância.	1
1.2	Objetivos.....	5
1.2.1	Objetivo Geral.....	5
1.2.2	Objetivos Específicos.....	5
1.3	Revisão Bibliográfica.....	6
II	MATERIAL E MÉTODO.....	7
2.1	Área Geográfica da Pesquisa.....	7
2.1.1	Justificativas da Escolha.....	7
2.2	Material.....	8
2.2.1	Obtenção dos Dados.....	8
2.3	Metodologia.....	9
2.3.1	Instrumento de Análise: Programação Li- near.....	9
2.3.1.1	Definição e Histórico.....	9
2.3.2	0 Problema da Dieta.....	10
2.3.2.1	Generalidades.....	10
2.3.2.2	Modelo Matemático.....	11
2.3.3	Determinação das Rações de Custo Mínimo para Frangos de Corte.....	12
2.3.3.1	Modelo Básico.....	12
2.3.3.2	Informações Relevantes.....	16
2.3.3.3	Aspectos Biológicos das Restrições.....	18
2.3.3.3.1	Ração Inicial.....	18
2.3.3.3.2	Ração Engorda.....	22

2.3.3.4	Aspectos Biológicos das Atividades - <u>Con</u> siderações Sobre Alguns Ingredientes....	23
2.3.4	Novos Ingredientes nas Rações de Custo Mínimo.....	27
2.3.4.1	Possibilidades Econômicas de Introdução de Novos Ingredientes.....	27
2.3.4.2	Procura Potencial para Novos Ingredien- tes.....	28
2.3.4.2.1	Sensibilidade das Soluções Ótimas às Mu- danças nos Preços dos Ingredientes.....	28
2.3.4.2.2	Determinação das Curvas de Procura Poten- cial.....	29
2.3.5	Sorgo e Milho nas Rações de Custo Mínimo.	32
2.3.5.1	Substituição de Milho por Sorgo.....	32
2.3.5.2	Curvas de Procura Potencial para Sorgo e Milho.....	33
III	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.1	Rações de Custo Mínimo.....	34
3.1.1	Ração "Inicial".....	35
3.1.1.1	Solução Ótima.....	35
3.1.1.2	Peso.....	36
3.1.1.3	Custo Total da Ração.....	36
3.1.1.4	Valores Nutritivos.....	37
3.1.1.5	Preços - Sombra.....	37
3.1.1.6	Estabilidade da Solução Ótima Face às Mu- danças de Preços dos Ingredientes.....	40
3.1.2	Ração "Engorda".....	40
3.1.2.1	Solução Ótima.....	41
3.1.2.2	Suplementação.....	41
3.1.2.3	Peso.....	41
3.1.2.4	Custo Total da Ração.....	42

3.1.2.5	Valores Nutritivos.....	42
3.1.2.6	Preços - Sombra.....	43
3.1.2.7	Estabilidade da Solução Ótima às Mudanças nos Preços dos Ingredientes.....	44
3.2.	Novos Ingredientes nas Rações de Custo Mínimo.....	45
3.2.1	Farelo de Gergelim.....	45
3.2.1.1	Possibilidades Econômicas de Utilização.....	45
3.2.1.2	Determinação da Curva de Procura Potencial.....	46
3.2.2	Farinha de Lagostas.....	49
3.2.2.1	Possibilidades Econômicas de Utilização.....	49
3.2.2.2	Determinação da Procura Potencial.....	50
3.3.	Sorgo e Milho nas Rações de Custo Mínimo.....	52
3.3.1	Substituição de Milho por Sorgo.....	52
3.3.1.1	Preço de Milho Fixo x Preço de Sorgo Variável.....	52
3.3.1.2	Preço de Sorgo Fixo x Preço de Milho Variável.....	54
3.3.2	Determinação das Curvas de Procura Potencial.....	57
3.3.2.1	Procura Potencial para Sorgo.....	57
3.3.2.2	Procura Potencial para Milho.....	59
IV	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	61
4.1	Conclusões.....	61
4.1.1	Relativas à Ração "Inicial".....	61
4.1.2	Relativas à Ração "Engorda".....	62
4.2	Sugestões.....	63
	R E S U M O	65

BIBLIOGRAFIA.....	66
APÊNDICES:.....	73
Apêndice A: Resolução de um Problema de Dieta pelo Método Simplex.....	73
Apêndice B: Valores Reais dos Custos das Rações.....	79
Apêndice C: Elasticidade-Preço da Procura para Alguns Componentes das Rações.....	82

LISTA DOS QUADROS

QUADRO		Pág.
2.1	Modelo Básico de um Problema de Ração de Custo Mínimo Através de Programação Linear.....	13
2.2	Dados Utilizados na Composição da Matriz.	17
3.1	Valores de Preço - Sombra para Ingredientes e Nutrientes, na Ração "Inicial"....	38
3.2	Valores Agregados e Participação dos Ingredientes e Nutrientes Escassos no Custo Total da Ração "Inicial".....	39
3.3	Valores do Preço-Sombra para Ingredientes e Nutrientes, na Ração "Engorda"....	43
3.4	Valores Agregados e Participação Relativa dos Ingredientes e Nutrientes Escassos no Custo Total da Ração "Engorda"...	44
3.5	Relações Preços x Quantidades para Farelo de Gergelim, na Ração "Inicial".....	47
3.6	Relações Preço x Quantidade para Farinha de Cefalotórax de Lagostas, na Ração "Engorda".....	50
3.7	Quantidades de Milho e Sorgo nas Rações "E ₁ ", com Preço de Milho (Pm) Fixo e Preço de Sorgo (Ps) Variável.....	53
3.8	Redução Percentual no Custo Total da Ração e Taxas de Substituição de Milho por Sorgo, com Preço de Milho (Pm) Fixo e Preço de Sorgo (Ps) Variável.....	54

3.9	Quantidades de Milho e Sorgo na Ração "E ₁ ": Preço de Milho (Pm) variável e Preço de Sorgo (Ps) Fixo.....	55
3.10	Redução Percentual no Custo da Ração e Taxas Percentuais de Substituição de Milho por Sorgo, com Preço de Milho (Pm) Variável e Preço de Sorgo (Ps) Fixo.....	56
3.11	Quantidades de Milho e Custos Totais das Rações "E ₂ " a Diversos Níveis de Preços de Milho (Pm).....	57
3.12	Intervalos de Preço e Quantidades Potencialmente Procuradas de Sorgo na Ração "E ₁ ".....	58
3.13	Intervalos de Preços e Quantidades Potencialmente Procuradas de Milho, na Ração "E ₁ ".....	59

QUADROS DOS
APÊNDICES

C.1.1	Elasticidade-preço da Procura para Farinha de Carne (Ração "Inicial").....	82
C.1.2	Elasticidade-preço da Procura para Metionina Sintética (Ração "Inicial").....	82
C.2.1	Elasticidade-preço da Procura para Sorgo (Ração "Engorda").....	82
C.2.2	Elasticidade-preço da Procura para Metionina Sintética (Ração "Engorda").....	82
C.2.3	Elasticidade-preço da Procura para Lisina Sintética (Ração "Engorda").....	83

LISTA DAS FIGURAS

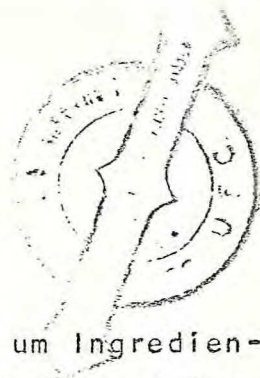


FIGURA		xi.
		Pág.
2.1	Variações na Quantidade de um Ingrediente, em Consequência de Variações no Preço deste Ingrediente.....	30
2.2	Curva de Procura Potencial para um Ingrediente, numa Ração de Custo Mínimo.....	31
3.1	Procura Potencial para Farelo de Gergelim, na Ração "Inicial".....	50
3.2	Procura Potencial para Farinha de Cefalotórax de Lagostas, na Ração "Engorda"...	53
3.3	Procura Potencial para Sorgo na Ração "E ₁ ", com Preço de Sorgo Variável e Preço de Milho = Cr\$ 0,90/Kg.....	60
3.4	Procura Potencial para Milho na Ração "E ₁ ", com Preço de Milho Variável e Preço de Sorgo Igual a Cr\$ 0,60/Kg.....	62

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - O Problema - Caracterização e Importância.

Dentre as atividades agrícolas e pecuárias exercidas no Estado do Ceará, a avicultura se destaca marcadamente das demais, pelo seu caráter intensivo e pelo sistema de administração empresarial com que está sendo conduzida.

Nos últimos anos, a produção de aves e ovos em Fortaleza e áreas adjacentes recebeu grande impulso, motivada pela elevação dos preços da carne bovina e ao mesmo tempo pela instabilidade e precariedade da oferta de outras carnes que substituissem satisfatoriamente a carne de boi.

Paralelamente, o êxito de alguns empreendimentos pioneiros provocou a entrada de outras empresas avícolas no mercado, predominando entre os novos estabelecimentos que se instalavam, os especializados em produzir frangos para corte.

Em consequência da interação de todos esses fatores, ocorreram modificações no padrão de preferência dos consumidores que antes exigiam o frango "caipira", no sentido de optarem pelas vantagens de higiene, sanidade, menor preço e maiores comodidades de aquisição e preparo proporcionados pelo frango de granja.

Visando conseguir subsídios para implementação de políticas de incentivo à avicultura, alguns estudos foram realizados objetivando identificar estruturas de oferta e demanda, processos de produção, comercialização de insumos e produtos, custos de produção e outros aspectos da atividade avícola da área.

Entre outros resultados, ficou evidenciado que a alimentação das aves é um dos principais itens dos custos de produção, constituindo-se mesmo num dos mais importan-

tes aspectos a serem considerados no planejamento das empresas que atuam no setor.

NOBRE (42) afirma que as despesas com ração representam mais de 60% dos custos totais de produção de aves em Fortaleza.

Segundo BARROSO et alii (2), o custo da alimentação representa, para os avicultores locais, um dos principais itens dos custos totais de produção dos frangos de corte, principalmente para os produtores já estabelecidos, uma vez que, neste caso, os demais custos são considerados fixos e são irrelevantes nas tomadas de decisão a curto prazo.

Analisando custos e investimentos na produção de aves e ovos em Fortaleza-Ceará, PEREIRA e OLIVEIRA (47) relacionaram o custo da alimentação com os custos variáveis de produção e concluíram que a sua participação corresponde a 83,3% do total. Segundo os mesmos autores, essa participação é alta, em comparação com a observada em outras regiões, onde a alimentação entra com 70% dos custos variáveis totais, podendo este resultado local ser atribuído a uma possível escassez no uso de certos insumos que se incluem também no total dos custos variáveis.

De um modo geral, porém, a grande participação do item "alimentação" nos custos de produção de aves de corte é devida aos elevados preços das rações, que em sua maioria são formuladas utilizando concentrados produzidos no sul do País, sem que se dedique maior atenção às possibilidades de preparação de concentrados locais, que possam reduzir substancialmente o custo das misturas.

Atualmente, um ingrediente muito usado nas misturas alimentícias para aves é o milho, comumente utilizado sob a forma de farelo. Na realidade, o farelo de milho constituiu-se no componente principal das rações, sob o ponto de vista quantitativo, implicando em que o custo das misturas seja grandemente afetado pelo preço do milho em grão.

Ademais, ocorrem oscilações bastante grandes na produção de milho da Região, levando-se em conta as exigências hídricas desta cultura, havendo declínio acentuado da produção nos anos de baixa pluviosidade. Conforme dados publicados pelo Banco do Nordeste do Brasil S.A., a produção de milho no Nordeste, em 1970, foi 42% inferior à de 1969, observando-se ainda, segundo a mesma fonte, decréscimos na produção, mesmo nos anos considerados normais, com relação à precipitação pluviométrica(6). Estes dados ilustram bem as variações na oferta do produto.

Quando a precipitação pluviométrica é adequada, a oferta é grande e os preços baixos. Porém, se as chuvas são escassas e mal distribuídas, a produção decresce e os avicultores e fabricantes de ração importam o produto de outros Estados ou Regiões, a preços mais elevados, pois são acrescidos dos gastos de transporte, onerando consideravelmente o custo das rações que contêm milho em sua fórmula.

Presentemente, tenta-se introduzir na Região Nordeste a cultura do sorgo em níveis mais técnicos. Potencialmente há possibilidade de que este cereal venha a substituir boa parte do milho na composição de rações para frangos de corte.

Desenvolvem-se atualmente no Nordeste algumas pesquisas relacionadas com o sorgo, visando criar condições para a execução de amplos programas de expansão de sua área cultivada, tendo como objetivo, entre outros, utilizá-lo para substituir parte do milho na alimentação animal, liberando este último para a alimentação humana.

Sabe-se que o sorgo, embora seja um pouco inferior ao milho, do ponto de vista nutritivo, mostra sobre este algumas vantagens: proporciona maior produção por unidade de área, suporta melhor os períodos de estiagem, é mais precoce e produz bem, mesmo tendo sido plantado tardiamente, o que possibilitaria a utilização anterior da área por outra

cultura (12,56).

Com relação a outros ingredientes, é sabido que existem na Região algumas fontes alimentares com boas possibilidades de serem aproveitadas nas rações para aves. Por exemplo, o farelo de gergelim, sub-produto da extração do óleo, é uma boa fonte de proteína, com teor equivalente ao da farinha de soja, em termos quantitativos (12). O gergelim é uma cultura que apresenta características favoráveis à sua implantação no Nordeste, pois se adapta bem às condições de clima e solo da Região. É uma planta de ciclo relativamente curto e de boa produtividade. (7).

Outra matéria prima abundante na área é o Cefalotórax de Lagosta, sub-produto da exploração lagosteira, que apresenta também boas possibilidades de ser utilizado em rações para aves, sob a forma de farinha e solúvel, em substituição à farinha e aos solúveis de peixes.

Esse material foi pesquisado por EASTOS et alii (3), tendo apresentado um rendimento de 20,4%, quando transformado em farinha e de 22,2%, na preparação de solúvel.

Os autores citados consideraram baixo este rendimento, ao compará-lo com o obtido por VIEIRA et alii (58), que conseguiram uma taxa de transformação da ordem de 30%.

Com relação ao uso da farinha e do solúvel de cefalotórax de lagostas na alimentação animal, GADELHA et alii (31) estudaram o comportamento desses ingredientes na composição de rações para frangos de corte e concluíram que seu valor nutritivo é praticamente igual ao da farinha de peixe.

Por outro lado, o cefalotórax da lagosta constitui dois terços do seu tamanho corporal e não é aproveitável para a alimentação humana. Por ocasião da captura do crustáceo, esta parte é separada do abdômen e devolvida ao mar, contribuindo para aumentar a poluição nas áreas de pesca, chegando mesmo a prejudicar a atividade pesqueira.

VIEIRA et alii(58) estimam que, entre 1965 e 1968, foram lançadas ao mar 30.000 toneladas de cefalotórax de lagostas. Estimativas mais recentes, obtidas junto às empresas que exploram pesca na Região, indicam que, de um total aproximado de 2.000 toneladas de lagostas exportadas em 1972, cerca de 4.000 toneladas de cefalotórax foram rejeitadas.

É possível que a identificação da economicidade da utilização da farinha e do solúvel de cefalotórax de lagostas na fabricação de rações para aves conduza ao aproveitamento deste material, o que implicará em nova fonte de lucros para a indústria pesqueira no Nordeste e na redução dos custos da alimentação avícola.

1.2 - Objetivos.

1.2.1 - Objetivo Geral:

Determinar rações de custo mínimo para frangos de corte e estudar as possibilidades econômicas da introdução de novos ingredientes, em substituição ou complementação a outros tradicionalmente utilizados na Região.

1.2.2 - Objetivos Específicos:

1.2.2.1 - Determinar as rações de custo mínimo para frangos de corte em dois períodos de produção (inicial e engorda), incluindo ingredientes tradicionais e outros potencialmente disponíveis na área considerada.

1.2.2.2 - Verificar as possibilidades econômicas da utilização da farinha de cefalotórax de lagostas e do farelo de gergelim nas rações de custo mínimo e estimar as curvas de procura potencial para estes ingredientes.

1.2.2.3 - Verificar as possibilidades econômicas e determinar as taxas percentuais de substituição de milho por sor-

go nas rações determinadas, a diversos níveis de preços destes cereais.

1.2.2.4 - Estimar curvas de procura potencial para sorgo e milho, nas rações de custo mínimo determinadas.

1.3. Revisão Bibliográfica.

As aplicações da Programação Linear no Brasil são relativamente recentes, em que pese o considerável grau de desenvolvimento e sofisticação alcançados por esta técnica em outros países.

Dentre os autores que publicaram trabalhos no Brasil, aplicando a programação linear especificamente aos problemas de dietas de custo mínimo, podem-se destacar:

SIMÕES E PATRICK(55), que estabeleceram várias dietas humanas de custo mínimo, em Cristalina, Estado de Goiás, baseando-se na composição dos principais alimentos disponíveis na área e nas exigências nutricionais humanas, fornecidas por tabelas e normas internacionais. Referidos autores determinaram uma dieta de custo mínimo absoluta e colocaram depois diversas restrições de gosto dos consumidores.

CHAVES(13) usou a programação linear para calcular rações de custo mínimo para frangos de corte, utilizando também alimentos disponíveis na área onde foi realizado o estudo.

Em 1973, SILVA et alii(53), usando a mesma técnica, calcularam misturas de custo mínimo para arração de galinhas poedeiras. Usaram informações sobre exigências nutricionais e composição de alimentos também fornecidas por tabelas e apresentaram várias alternativas de formulação das rações, comparando os custos mínimos obtidos em todas as alternativas.

Outros autores desenvolveram trabalhos de natureza teó

rica sobre o mesmo assunto:

VIEIRA et alii (57) elaboraram um exemplo de cálculo de rações de custo mínimo, oferecendo comentários sobre o procedimento computacional, através da utilização da rotina LP-MOSS (Linear Programming-Mathematical Optimization Subroutine System). Apresentaram os aspectos principais da codificação dos dados e da interpretação dos resultados de um problema de cálculo de rações executado pelo computador IBM-1130.

CESAL e MAGALHÃES (17) foram mais genéricos, tratando dos mais importantes aspectos teóricos da programação linear nas aplicações deste método à agro-pecuária e destacando as relações entre os resultados matemáticos e os conceitos econômicos.

CAPÍTULO II

MATERIAL E MÉTODO

2.1 - Área Geográfica da Pesquisa.

2.1.1 - Justificativas da Escolha:

A área escolhida para o presente trabalho foi o município de Fortaleza. A escolha baseou-se no fato dessa área ser, no Ceará, a que concentra o maior número de avicultores com produção em escala comercial, utilização de moderna tecnologia e existência de vários comerciantes e fabricantes de rações para aves.

Além disso, o desenvolvimento da área está a exigir melhoras constantes no setor de abastecimento de produtos de granja, oferecendo boas condições para a expansão de uma atividade como a avicultura, carente de pesquisas

deste tipo.

Efetivamente, a avicultura é a atividade pecuária mais desenvolvida no município de Fortaleza(29).

Segundo informações do Departamento de Economia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da UFC, em 1963, existiam em Fortaleza cerca de 220 granjas, 30% das quais eram especializadas em produzir frangos de corte.

2.2 - Material.

2.2.1 - Obtenção dos Dados:

Para o presente trabalho, foram utilizadas informações de origens diversas:

Os dados referentes aos valores nutritivos dos ingredientes usados para a composição da ração, bem como as informações relativas às exigências nutricionais das aves, foram obtidas de tabelas especiais ^{1/}.

Esses dados foram complementados e/ou corrigidos por especialistas em nutrição animal e em avicultura, do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

Informações adicionais foram ainda fornecidas pelo Instituto de Biologia, Instituto de Química e Laboratório de Ciência do Mar, órgãos da mesma Universidade.

O Banco do Nordeste do Brasil S.A., forneceu dados sobre a disponibilidade e possibilidade de utilização de algumas matérias primas consideradas neste trabalho como componentes de rações.

Aspectos da exploração, condições de aproveitamento e oferta de outros materiais também considerados como possíveis componentes de rações, como alguns sub-produtos da pesca, por exemplo, foram informados por empresas que

^{1/} - Para maiores detalhes, ver CAMPOS(12) e EWING(27).

atuam nesse setor na Região.

Ainda dentro do ponto de vista técnico, as características biológicas dos ingredientes e suas implicações na qualidade das misturas alimentares, foram fornecidas pela literatura especializada disponível.

Os custos dos diversos ingredientes foram obtidos no comércio de Fortaleza, tendo sido coletadas também algumas informações de preços junto aos fabricantes de rações.

Para alguns ingredientes (farinha de cefalotórax de lagostas e farelo de gergelim), para os quais inexistia na Região um mercado definido, tomou-se como base o custo de outros ingredientes de valores nutritivos e características biológicas semelhantes. Assim, a farinha de cefalotórax de lagostas teve um preço corrente igual ao da farinha de peixe, enquanto que para o farelo de gergelim foi estabelecido um custo aproximadamente igual ao da farinha de soja.

2.3 - Metodologia.

2.3.1 - Instrumento de Análise - Programação Linear.

2.3.1.1 - Definição e Histórico:

A Programação Linear é um método sistemático para determinar a alocação de recursos escassos entre atividades alternativas, visando atender a um determinado objetivo que pode ser, por exemplo, a maximização de lucros, a minimização de custos, o melhor aproveitamento de espaços para armazenagem de produtos ou a minimização das distâncias percorridas entre várias origens e vários destinos.

Consiste no estabelecimento de um sistema de equações ou inequações lineares, cuja solução deve estar condicionada à maximização ou minimização de uma função, também linear, denominada "Função Objetivo".

Numa definição mais simples, pode-se dizer que a programação linear é um método de determinar o máximo ou o mínimo de uma função que está sujeita a um conjunto de restrições.

Esse método foi desenvolvido durante a segunda guerra mundial, por um grupo de cientistas, sob a direção de Marshall K. Wood. Entretanto foi George B. Dantzing quem formulou o problema geral de programação linear e criou um algoritmo para sua resolução, chamado método simplex.

A programação linear foi então usada para determinar as rotas que minimizariam as distâncias a serem cobertas pelas limitadas disponibilidades de transportes das forças aliadas e para determinar a melhor alocação da força de trabalho, máquinas e instalações usadas na produção de equipamentos de guerra.

2.3.2 - O Problema da Dieta.

2.3.2.1 - Generalidades:

Este problema é uma aplicação clássica do método de programação linear. DORFMAN et alii (22) atribuem sua solução a Dantzing e Laderman, em 1947.

Foi inicialmente proposto como uma ilustração e teste para o método simplex, sendo posteriormente usado em aplicações práticas (21).

O princípio do problema consiste na determinação de uma dieta de custo mínimo que deve atender a certas especificações, através da combinação de componentes cujas qualidades nutricionais e custos unitários sejam conhecidos.

Para a formulação de uma dieta de custo mínimo através de programação linear, são necessárias, portanto, as seguintes informações:

- a) Os requerimentos mínimos da dieta, em termos nutricionais.
- b) Os alimentos a serem usados na mistura.
- c) A composição nutritiva desses alimentos.
- d) Restrições biológicas de ordem qualitativa e quantitativa.
- e) Os preços unitários de cada componente.

2.3.2.2 - Modelo Matemático:

O modelo matemático básico propõe a determinação das variáveis X_j ($j = 1, \dots, n$) que minimizam a seguinte função linear, denominada "Função Objetivo":

$$\text{Min } Z = P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3 + \dots + P_n X_n$$

Sujeita às restrições:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n \cong b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n \cong b_2$$

$$\begin{array}{cccccc} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n \cong b_m$$

E mais:

$$X_1 \cong 0$$

$$X_2 \cong 0$$

$$X_3 \cong 0$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$\cdot \quad \cdot$$

$$X_n \cong 0$$

Ou, mais sucintamente:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n P_j X_j$$

Sujeita ao conjunto de equações ou inequações lineares - "restrições" - abaixo:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_i \quad (i = 1 \dots m)$$

$$\text{e mais: } X_j \geq 0 \quad (j = 1 \dots n)$$

Onde:

Z = Custo total da dieta

X_j = Ingredientes ou componentes da dieta ($j=1\dots n$)

P_j = Preço unitário de cada componente ($j=1\dots n$)

a_{ij} = Quantidade do i -ésimo elemento nutritivo presente em cada unidade do j -ésimo ingrediente ($i=1\dots m$); ($j=1\dots n$).

b_i = Nível mínimo de cada elemento nutritivo que deve ser suprido pela dieta.

2.3.3 - Determinação das Rações de Custo Mínimo para Frangos de Corte.

2.3.3.1 - Modelo Básico:

O modelo básico utilizado para a formulação do problema aqui proposto é apresentado no Quadro 2.1.

QUADRO 2.1 - Modelo Básico de um Problema de Ração de Custo Mínimo Através de Programação Linear.

Váriáveis su- jeitas a res- trições (nu- trientes)	Atividades (ingredien- tes)			X_1	X_2	X_3	.....	X_n
	Unidades			Kg	Kg	Kg	.....	Kg
	Função Objetivo: Z			P_1	P_2	P_3	.....	P_n
	Uni- dades	Níveis das restrições	Si- nais	Coeficientes Técnicos				
a_1	Kcal	b_1	=	a_{11}	a_{12}	a_{13}	.....	a_{1n}
a_2	Kg	b_2	=	a_{21}	a_{22}	a_{23}	.....	a_{2n}
a_3	Kg	b_3	=	a_{31}	a_{32}	a_{33}	.....	a_{3n}
.
.
.
a_m	Kg	b_m	=	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	.....	a_{mn}

Váriáveis consideradas:

a) Atividades (Ingredientes)

<u>nome</u>	<u>código</u>	<u>símbolo</u>
Farinha de Soja	FARSOJA	X_1
Farinha de Carne	FARCARN	X_2
Farinha de Peixe	FARPEIX	X_3
Torta de Algodão	TORTALG	X_4
Milho	MILHO	X_5
Sorgo	SORGO	X_6
Farelo de Trigo	FARTRIG	X_7
Farinha de Lagostas	FARLAGS	X_8
Farelo de Gergelim	FARGERG	X_9
Farinha de Ossos	FAROSSO	X_{10}

<u>nome</u>	<u>código</u>	<u>símbolo</u>
Farinha de Ostras	FAROSTR	X ₁₁
Metionina Sintética	SINTMET	X ₁₂
Lisina Sintética	SINTLIS	X ₁₃

b) Nutrientes:

Energia Metabolizável	ENERGIA	a ₁
Proteína	PROTEIN	a ₂
Arginina	ARGININ	a ₃
Histidina	HISTIDI	a ₄
Isoleucina	ISOLEUC	a ₅
Leucina	LEUCINA	a ₆
Lisina	LISINA	a ₇
Metionina	METIONI	a ₈
Fenilalanina	FENILAL	a ₉
Treonina	TREONIN	a ₁₀
Triptofano	TRIPTOF	a ₁₁
Valina	VALINA	a ₁₂
Tirosina	TIROSIN	a ₁₃
Cistina	CISTINA	a ₁₄
Cálcio	CALCIO	a ₁₅
Fósforo	FOSFORO	a ₁₆
Fibra	FIBRA	a ₁₇

Além desses nutrientes, cujos níveis representam as restrições do modelo, foram consideradas ainda as restrições referentes a algumas variáveis, que serão apresentadas e discutidas em itens sub-sequentes.

Outros Ítens foram ainda considerados:

a) Função Objetivo:

$$Z = P_1 X_1 + P_2 X_2 + P_3 X_3 + \dots + P_n X_n$$

onde $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ são os preços por quilograma de cada ingrediente e Z é o custo final da mistura; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ representam os componentes da ração.

b) Níveis Nutricionais Mínimos:

Representados por $b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ indicam as condições que a ração deve satisfazer, para estar de acordo com as exigências nutritivas das aves. O nível b_2 indica, por exemplo, a exigência dos animais com relação ao nutriente a_2 (proteína), enquanto que b_8 representa a exigência das aves, quanto ao nutriente a_8 (metionina).

c) Sinais:

Indicam se uma restrição é de máximo ou de mínimo. Um sinal "maior ou igual" representa uma restrição de mínimo, enquanto que um sinal "menor ou igual" indica uma restrição de máximo.

Restrições de mínimo e de máximo significam que os níveis exigidos de cada nutriente na ração devem ser respectivamente iguais ou menores e iguais ou maiores que as quantidades daquele nutriente que são oferecidas pela ração.

d) Coeficientes Técnicos:

Estão simbolizados no Quadro 2.1 por $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1n}, \dots, a_{m1}, a_{m2}, a_{m3}, \dots, a_{mn}$ e correspondem às quantidades de cada nutriente por unidade de cada ingrediente da ração. Logo, a_{11} representa a quantidade do nutriente a_1 (energia metabolizável) em uma unidade do ingrediente X_1 (farinha de soja), enquanto que a_{44} indica a quantidade do nutriente a_4 (histidina) em uma unidade do ingrediente X_4 (torta de algodão).

2.3.3.2 - Informações Relevantes:

Todas as informações básicas necessárias à formulação do problema objeto deste trabalho estão reunidas no quadro 2.2.

Oportunamente, serão feitos alguns comentários de ordem biológica sobre os ingredientes e nutrientes usados para a determinação das rações de custo mínimo, a fim de situar o problema quanto ao aspecto zootécnico e de chamar a atenção sobre a importância de se definir bem cada restrição.

Quadro 2.2 - Elementos Utilizados na Composição da Matriz:

Nutrientes Exigidos pelas Aves (a _{ij} 's)	Níveis das Exigências (b _{ij} 's)							Ingredientes- ⁽¹⁾		FARSOJA	FARCARN	FARPEIX	TORTALG	MILHO	SCARGO	FARTRIG	(2) FARÇAGS	FARÇERG	FARÇSSO	FARÇSTR	SINTMET	SINTLIS		
	Ração "Inicial"			Ração "engorda"				Lim. Superior	20	10	5(**)	5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	18,00	20,00	
	unidade	max.	fix.	min.	max.	fix.	min.	Lim. Inferior	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia	Kcal	-	-	(***)	-	-	(***)		2427	2534	2706	2550	3300	3304	1670	2706	2646	-	-	-	-	-	-	-
Proteína	Kg	2,40	-	2,20	1,50	-	1,80		0,4500	0,5000	0,6130	0,2500	0,0930	0,1100	0,1600	0,3000	0,4800	-	-	-	-	-	-	-
Arginina	"	-	-	0,140	-	-	0,120		0,0306	0,0369	0,0353	0,0393	0,0037	0,0045	0,0053	0,0243	0,0430	-	-	-	-	-	-	-
Histidina	"	-	-	0,046	-	-	0,040		0,0116	0,0091	0,0159	0,0098	0,0021	0,0024	0,0035	0,0091	0,0110	-	-	-	-	-	-	-
Isoleucina	"	-	-	0,086	-	-	0,075		0,0267	0,0165	0,0365	0,0157	0,0038	0,0054	0,0067	0,0197	0,0160	-	-	-	-	-	-	-
Leucina	"	-	-	0,160	-	-	0,140		0,0373	0,0294	0,0508	0,0267	0,0123	0,0137	0,0056	0,0273	0,0280	-	-	-	-	-	-	-
Lisina	"	-	-	0,125	-	-	0,100		0,0298	0,0268	0,0549	0,0161	0,0021	0,0028	0,0053	0,0228	0,0120	-	-	-	-	-	0,9900	-
Metionina	"	-	-	0,053	-	-	0,045		0,0052	0,0070	0,0180	0,0066	0,0022	0,0021	0,0021	0,0070	0,0120	-	-	-	-	-	-	-
Fenilalanina	"	-	-	0,100	-	-	0,087		0,0204	0,0182	0,0270	0,0214	0,0042	0,0049	0,0049	0,0167	0,0200	-	-	-	-	0,5000	-	-
Treonina	"	-	-	0,080	-	-	0,070		0,0199	0,0165	0,0251	0,0135	0,0031	0,0032	0,0039	0,0201	-	-	-	-	-	-	-	-
Triptofano	"	-	-	0,023	-	-	0,020		0,0084	0,0020	0,0050	0,0057	0,0007	0,0011	0,0022	-	0,0060	-	-	-	-	-	-	-
Valina	"	-	-	0,100	-	-	0,085		0,0250	0,0238	0,0386	0,0193	0,0044	0,0057	0,0077	0,0361	0,0220	-	-	-	-	-	-	-
Tirosina	"	-	-	0,050	-	-	0,043		0,0087	-	0,0191	0,0096	0,0019	0,0018	0,0018	0,0197	0,0200	-	-	-	-	-	-	-
Cistina	"	-	-	0,033	-	-	0,025		0,0060	0,0060	0,0090	0,0082	0,0011	0,0015	0,0025	-	0,0060	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio	"	-	-	0,100	-	-	0,080		0,0032	0,1067	0,0549	0,0100	0,0002	0,0007	0,0124	0,1260	0,0205	0,3010	0,3800	-	-	-	-	-
Fósforo	"	-	-	0,070	-	-	0,040		0,0067	0,0522	0,0281	0,0020	0,0033	0,0036	0,0124	0,0140	0,0129	0,1450	-	-	-	-	-	-
Fibra	"	0,400	-	0,000	0,400	-	0,000		0,0600	0,0200	0,0100	0,2200	0,0200	0,0200	0,1000	0,1450	0,0500	-	-	-	-	-	-	-
Peso	"	-	9,8	-	-	9,8	-		1,0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

(2) - BASTOS et alii (3), à exceção do valor energético, suposto aqui como sendo equivalente ao da farinha de peixe. Referidos autores apresentam as dosagens de aminoácidos em 100 g de proteína. Foi feita a correção para a amostra com 38% deste nutriente, visto que os coeficientes devem fornecer as quantidades de aminoácidos por quilograma do material.

(*) - EWING (27)

(**) - Na ração "engorda" este valor deve cair para 3% (40)

(***) - As tabelas utilizadas para a confecção deste quadro sugerem níveis energéticos correspondentes a 3.200 Kcal/Kg de ração. Entretanto, tais níveis são considerados altos para as condições climáticas do Nordeste, segundo informações de nutricionistas do Departamento de Zootecnia da UFC.

Observações:

a) Os dados biológicos, em sua maioria, foram extraídos de CAMPOS(12). Outras fontes são citadas em notas de rodapé.

b) Os valores correspondentes aos "níveis" ($b_{i,s}$) em ambas as rações (inicial e engorda), expressam quantidades de nutrientes na ração.

A quantidade de ração a ser formulada deverá ser tal que permita a adição dos suplementos minerais, vitamínicos e de medicação profilática necessários a um correto balanceamento.

c) Os coeficientes técnicos estão expressos em valores absolutos. Representam as quantidades (em Kg) de elementos nutritivos contidos em uma unidade (Kg) de cada ingrediente usado para a determinação da ração.

d) Minerais, vitaminas, antibióticos e coccidiostáticos serão adicionados à ração em forma de suplementos. Por isso não foram considerados no conjunto de restrições e deixaram de ser incluídos no Quadro 2.2.

2.3.3.3 - Aspectos Biológicos das Restrições.

2.3.3.3.1 - Ração Inicial:

Foi considerada como ração inicial aquela destinada a alimentar os pintos desde o primeiro dia até a sexta semana de vida.

Esta ração deve atender a algumas especificações de ordem biológica, dentre as quais destacam-se:

a) Proteína:

Durante o seu crescimento, os animais desenvolvem primeiro as partes estruturais do corpo, seguindo-se o desenvolvimento dos músculos, de outros tecidos e finalmente da gordura.

Por causa disto, é necessário que lhes seja fornecido, nesta fase inicial, um suprimento adequado de proteína, para que sejam formadas as estruturas corporais indispensáveis a um bom crescimento e conseqüentemente uma boa produção de carne ^{3/}.

Recomenda-se, portanto, que as rações para pintos apresentem um bom nível proteico (22 a 24%), devendo-se dar atenção ainda à qualidade da proteína que está sendo fornecida, pois seu valor qualitativo é tão importante quanto o seu teor na ração (40).

b) Aminoácidos Essenciais:

A deficiência de aminoácidos essenciais, assim como de qualquer dos demais nutrientes, acarreta às aves sérios problemas de nutrição.

A carência de metionina, por exemplo, provoca redução na eficiência alimentar, ocasionando atraso no crescimento e lentidão na engorda (27).

Existem alguns aminoácidos que podem substituir parcialmente outros. Por exemplo, a cistina pode substituir até 40% da metionina (27). Entretanto, o fornecimento de cistina não é necessário na ração, desde que a quantidade de metionina presente na mesma seja suficiente para proporcionar às aves um suprimento adequado dos dois aminoácidos mencionados, ou seja, um mínimo de 0,86%, na ração inicial (40).

^{3/} - EWING (27) afirma que níveis sub-ótimos de proteína induzem a super consumo, aumentando a deposição de gordura e reduzindo a taxa de conversão alimentar.

A tirosina pode substituir cerca de 30% da fenilalanina em rações para aves (27). Assim, quando o teor de fenilalanina presente na ração atinge apenas 1%, não há verã deficiência se a tirosina estiver pelo menos ao nível de 0,8%.

A necessidade de um correto balanceamento da ração com relação aos aminoácidos essenciais decorre do fato de sua deficiência ser altamente prejudicial a um bom desenvolvimento das aves e de seu excesso não ser estocado no organismo, sendo eliminada a parte não utilizada (27).

c) Minerais e Vitaminas:

Especial atenção deve ser dada, no balanceamento de rações para pintos, aos teores de minerais e vitaminas.

Dentre os minerais, destacam-se como os mais importantes o Cálcio, e o Fósforo, o primeiro sendo exigido pelo rápido crescimento das aves e o segundo participando da própria constituição dos tecidos.

O Fósforo orgânico é de difícil assimilação pelas aves. Recomenda-se, por isso, que pelo menos 50% deste elemento esteja na ração sob a forma inorgânica (12).

Outros minerais importantes são: Sódio, Potássio, Manganês, Iodo, Zinco, Magnésio e Ferro.

As principais vitaminas a serem fornecidas às aves são: Vitamina A, as vitaminas do complexo B e as vitaminas D, E e K.

d) Valor Energético:

Considerando que as aves em início de crescimento necessitam de um suprimento considerável de proteína, não é aconselhável que as rações "iniciais" apresentem altos valores energéticos pois, neste caso, as aves comple

tam suas necessidades em energia com um menor consumo de alimentos, deixando de ingerir proteína em quantidades suficientes para a formação de seus tecidos.

Nos climas quentes recomendam-se rações menos energéticas, pois as aves têm suas necessidades de energia satisfeitas e mantidas com menores quantidades de alimentos e não se suprem satisfatoriamente de outros nutrientes que lhes são indispensáveis.

Esses problemas podem ser evitados, formulando-se uma dieta que apresente uma relação energia/proteína adequada, de modo a permitir que todos os elementos nutritivos da ração sejam absorvidos pelos animais em proporções convenientes. As tabelas do NRC (National Research Council) sugerem, para a ração inicial, uma relação energia/proteína em torno de 140:1 (ver tabelas em CAMPOS (12). Entretanto, para o nosso clima, esta razão é considerada alta, devendo ser corrigida para um quociente menor.

e) Fibras:

Sendo as aves animais monogástricos, têm pouca capacidade de digerir alimentos fibrosos, de modo que suas rações não devem apresentar altos teores de fibras.

Segundo MORRISON (40), as aves alimentadas com rações fibrosas despendem muito alimento por peso ganho.

ENRIQUEZ e ROSS, citados por GADELHA (30), afirmam que a elevação da quantidade de fibras de uma ração faz baixar a conversão alimentar, reduzindo o ganho de peso das aves.

Recomenda-se, por isso, que a percentagem de fibras em uma mistura alimentar para aves se restrinja aos níveis de 3 a 5 por cento (12, 27, 40).

2.3.3.3.2 - Ração Engorda:

A ração "engorda" é preparada para alimentar as aves a partir da 6.^a semana de vida, sendo ministrada até que as mesmas sejam retiradas para o abatedouro.

Esta fórmula difere basicamente da ração "inicial" em suas especificações, considerando que ela se destina a desempenhar uma função diversa: aumentar ao máximo o peso corporal da ave, que já deve estar com sua estrutura física completamente formada.

Apesar das diferenças específicas entre os dois tipos de dietas, os princípios básicos de formulação permanecem os mesmos, merecendo discussão apenas os pontos em que as diferenças se tornam mais importantes:

A proteína é exigida em nível mais baixo (18 a 19%), tendo em vista que a ave já está com os tecidos formados, necessitando apenas ganhar peso. Consequentemente, as exigências quantitativas de aminoácidos são também menores.

Observa-se aqui a mesma relação entre os aminoácidos metionina e cistina, como também entre fenilalanina e tirosina. Conforme já foi discutido anteriormente, o suprimento de cistina é dispensável quando a metionina está acima dos 0,70%, uma vez que a cistina pode ser sintetizada pela metionina e, a partir deste nível, há matéria prima de sobra para a síntese. O mesmo ocorre com a tirosina que, podendo ser sintetizada pela fenilalanina, não necessita ser oferecida na dieta, se o nível deste último aminoácido estiver igual ou maior do que 1,30%.

A diferença principal entre as rações "engorda" e "inicial" é quanto ao valor energético ou, mais caracteristicamente, quanto à relação energia/proteína. Isto se explica pelo fato já referido, de que o objetivo da alimentação, após a sexta semana, é o aumento do peso dos frangos, que pode ser conseguido com rações ricas em energia.

As tabelas do National Research Council apresentadas por CAMPOS (12) sugerem uma relação energia/proteína da ordem de 160:1, aproximadamente.

2.3.3.4 - Aspectos Biológicos das Atividades - Considerações Sobre Alguns Ingredientes.

a) Farinha de Soja:

É uma das mais ricas fontes protéicas vegetais. Sua proteína é de boa qualidade, podendo inclusive ser usada para substituir suplementos de origem animal na alimentação de aves.

Entretanto, se usada nas rações em altas percentagens, há necessidade de se fazerem correções de Cálcio, Fósforo, Riboflavina e outras vitaminas do Complexo B (40).

Além deste, parece existirem outros problemas com relação ao uso de grandes proporções de farinha de soja nas rações avícolas:

EWING (27) afirma que uma alta percentagem de farinha de soja pode dificultar o ajuste da metionina em uma ração para aves.

Segundo MORRISON (40), grandes quantidades de farinha de soja em rações para pintos podem determinar distúrbios digestivos, dificultando a eliminação das fezes, que se aglutinam ao redor da cloaca.

Levando em consideração a possibilidade de ocorrerem esses problemas, foi feita uma restrição ao uso de farinha de soja, cuja participação ficou limitada ao nível máximo de 20 por cento (Quadro 2.2).

b) Farinha de Carne:

É um alimento rico em proteína, lisina, vitamina B-12, niacina, colina, cálcio e fósforo (40).

Nas rações a serem determinadas, a utilização da farinha de carne foi limitada a 10%. Quando este ingrediente contém um alto teor de gordura, tem possibilidade de rancificar, podendo conferir à ração qualidades indesejáveis.

c) Farinha de Peixe:

Constitui também ótima fonte de proteína, cálcio, fósforo e iodo. Apresenta ainda fatores não identificados de crescimento, que recomendam seu uso nas rações iniciais ^{4/}.

Entretanto, a farinha de peixe imprime odor desagradável na carne e nos ovos. Por isso, foram estabelecidas restrições para permitir um nível máximo de 5% deste ingrediente na ração inicial e 3% na ração de engorda(40).

d) Sorgo:

É um alimento rico em energia, apresentando valores nutritivos bastante aproximados aos do milho, embora um pouco inferiores, com relação à proteína e a alguns aminoácidos.

Experiências realizadas para determinação do teor de proteína do grão de sorgo têm demonstrado que este teor é bastante variável. As diferenças quanto à quantidade de proteína no sorgo se manifestam entre diversas variedades, como também dentro de uma mesma variedade cultivada em regiões diversas.

Entretanto, a qualidade da proteína não apresenta diferenças significantes entre variedades, conforme

^{4/} - A farinha de peixe, assim como a farinha de carne, é usada também para equilibrar a qualidade da proteína de uma ração (40).

observações feitas por SHOUP et alii (52).

Como não contém xantofila nem caroteno, o sorgo não deve ser usado como único grão na dieta. Empregado em percentagens grandes nas rações de engorda, os grãos de sorgo são responsáveis pelo aparecimento de aves com pele e canelas despigmentadas, que apresentam também evidências de problemas carenciais de vitamina A. Adição de pigmentos artificiais e suplementação de vitamina A são necessários, nesses casos.

Pode-se também atenuar o problema da despigmentação com o uso de certa percentagem de milho amarelo na fórmula da ração (40). HARNS et alii, citados por EWING (27), recomendam que uma ração que contém sorgo em uma proporção grande deve conter pelo menos 15% de milho, em relação ao total.

O sorgo apresenta ainda outros problemas relativos ao seu emprego em larga escala no arraçamento de aves: não tem boa palatabilidade, fato atribuído à presença de tanino e, atribuem-se também a este elemento ou a substâncias a ele relacionadas, algumas propriedades tóxicas.

Em resultados experimentais obtidos por A.H. Sykes, vê-se que, aumentando o teor de tanino em uma ração para aves, o crescimento das mesmas, ao fim da oitava semana do experimento, apresenta-se menor do que o de um lote testemunha, cuja ração não contenha tanino (8).

RAYUDU et alii (48), pesquisando princípios tóxicos no grão de sorgo, referiram-se a alguns metabólitos do ácido tânico (pirogalol e pirocatecol), que agem como tóxicos para as aves. Estes metabólitos, presentes em 0,1% na ração, provocaram inibição do crescimento. Quando o seu nível foi aumentado para 2% houve mortalidade de todas as aves.

Dos metabólitos do ácido tânico, gálico foi o que apresentou menor toxidez. O próprio ácido tânico, porém, foi menos inibidor do crescimento do que seus metabólitos e não causou mortalidade, mesmo a 2%.

Pesquisadores do Instituto de Biologia da Universidade Federal do Ceará identificaram também no grão de sorgo alguns inibidores da tripsina, que presumivelmente prejudicam a digestibilidade deste alimento.

Acredita-se, não obstante, com base em informações de técnicos, fabricantes de rações e avicultores, que a combinação do sorgo com outros grãos e com fontes alimentares de natureza diversa seja eficiente para mascarar esses efeitos negativos, pois tem se observado, na prática, a alimentação de aves com rações contendo até 80% de sorgo, sem que ocorram os problemas mencionados (8).

e) Milho:

Sua participação nas rações a serem determinadas foi fixada em um nível mínimo de 15% para atender à recomendação mencionada no ítem anterior, referente aos problemas da ausência de caroteno e xantofila, provocados pelo uso de muito sorgo nas rações.

Do ponto de vista nutritivo, o milho é superior ao sorgo, uma vez que apresenta todas as suas vantagens, não tendo, porém, suas desvantagens: ausência de pigmentos, ocorrência de princípios tóxicos, baixa palatabilidade e presença de inibidores de tripsina.

f) Torta de Algodão:

Este ingrediente, apesar de ser relativamente barato e abundante na Região, tem algumas características que limitam o seu emprego em rações para aves:

- Presença de gossipol (tóxico).
- Alto teor de fibras, principalmente no Nordeste.

- Baixos teores de alguns aminoácidos essenciais, como: Metionina, Lisina e Triptofano. Por esses motivos, seu uso foi limitado a 5% sobre o peso total da ração, nas fórmulas determinadas.

É possível neutralizar o gossipol, pela adição de sulfato ferroso à torta de algodão.

RICE (50) diz que se pode usar até 30% de torta de algodão desintoxicada, em rações para aves. Esta percentagem, porém, nem sempre é viável na prática, por causa da ação limitante dos fatores acima enumerados.

2.3.4 - Novos Ingredientes nas Rações de Custo Mínimo.

2.3.4.1 - Possibilidades Econômicas de Introdução de Novos Ingredientes.

A solução ótima de um problema de ração de custo mínimo através de programação linear conduz à melhor combinação possível de ser obtida com as atividades incluídas no problema, dados os seus preços e o objetivo de minimizar o custo desta combinação.

No caso presente, deseja-se combinar um conjunto de ingredientes (atividades), para se obterem rações que sejam adequadas ao fim a que se destinam e sejam também de custo mínimo.

Tendo em vista que a combinação fornecida pela solução é a mais barata, considerados os níveis de preços estabelecidos para cada ingrediente e as restrições incluídas no modelo, pode-se concluir que, se uma determinada atividade ou ingrediente figura nesta combinação, sua utilização naquele tipo de ração é economicamente vantajosa, na quantidade indicada pela solução.

Este raciocínio foi usado para verificar as possibilidades econômicas de introdução de novos ingredientes nas rações para frangos de corte.

Os novos ingredientes aqui considerados foram a farinha de cefalotórax de lagostas e o farelo de gergelim.

O primeiro, não é ainda conhecido na prática como ingrediente de rações, embora suas propriedades nutritivas já tenham sido definidas por BASTOS et alii (3) e testadas por GADELHA et alii (31), enquanto que o segundo, apesar de conhecido tradicionalmente como alimento de boa qualidade, ainda não é utilizado com frequência pelos avicultores e fabricantes de rações para aves.

A economicidade da utilização da farinha de cefalotórax de lagostas e do farelo de gergelim nas rações de custo mínimo para frangos de corte foi determinada, portanto, pela presença ou ausência desses componentes nas dietas obtidas.

2.3.4.2 - Procura Potencial para Novos Ingredientes.

2.3.4.2.1 - Sensibilidade das Soluções Ótimas às Mudanças nos Preços dos Ingredientes:

Num problema de programação linear, encontrada a solução ótima, é possível analisar esta solução e conseguir informações muito úteis, do ponto de vista econômico. Às análises feitas a partir da solução ótima chamaremos "Análises Pós-Ótimas".

A análise pós-ótima realizada aqui foi a verificação da sensibilidade da solução às mudanças nos preços dos ingredientes.

Numa ração determinada pelo método em questão, pode ocorrer que se mudem os preços de um ou mais ingredientes e a fórmula da ração permaneça a mesma. Tal fato é possível caso as mudanças verificadas nos preços dos ingredientes considerados não forem bastante grandes para provocar mudanças na solução ótima. É necessária, então, uma alteração significativa nos preços dos ingredientes,

para que seja alterada a composição da ração.

Em outras palavras, existe uma amplitude de variação no preço de uma atividade, dentro da qual a solução ótima permanece estável. Diz-se então que, dentro desta amplitude, a solução é insensível às mudanças no preço daquela atividade.

As alterações na solução ótima ocorrerão somente quando forem atingidos os limites da faixa de variação dos preços. Portanto, tais alterações são descontínuas.

2.3.4.2.2 - Determinação das Curvas de Procura Potencial:

Através das análises pós-ótimas pode-se obter, dentre outras, as seguintes informações:

a) Os preços correntes de cada atividade, com as correspondentes quantidades na solução ótima.

b) Os limites máximo e mínimo entre os quais os preços podem variar, sem afetar a estabilidade da solução.

c) As quantidades de cada variável presente na solução ótima, quando forem atingidos os limites de preços evidenciados na análise, para esta variável. Fornece, portanto, para cada ingrediente, pontos discretos relacionando os preços às quantidades desses ingredientes na ração.

As mudanças na curva, de um desses pontos para outro, se fazem tão logo sejam atingidos os limites da faixa de preços que mantém a solução estável.

As informações obtidas podem ser apresentadas através da figura 2.1:

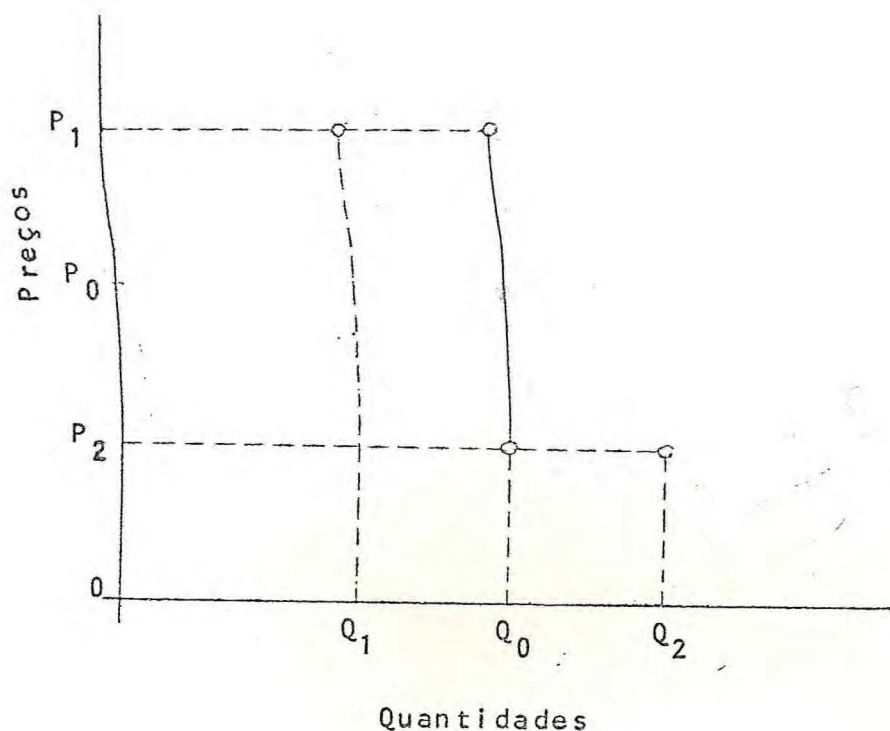


Fig. 2.1 - Variações na Quantidade de um Ingrediente na Ração, em Consequência de Variações no Preço deste Ingrediente.

P_0 é o preço corrente de uma determinada atividade que entrou na solução ótima a um nível Q_0 ; P_1 e P_2 são os preços-limite que determinam a faixa de variação de P_0 , ao longo da qual o nível da atividade na solução ótima continua sendo Q_0 .

Quando o preço da atividade chega a P_1 , a quantidade desloca-se para Q_1 ; o preço chegando a P_2 , o nível da atividade na solução ótima mudará para Q_2 .

Analogamente, outros pontos da curva podem ser determinados, tomando-se como custo corrente da atividade o preço P_1 ou o preço P_2 , repetindo-se para cada um deles o mesmo procedimento usado para o preço P_0 .

Obtem-se, assim, relações de preços versus quantidades, que fornecem a curva da procura potencial para o ingrediente estudado.

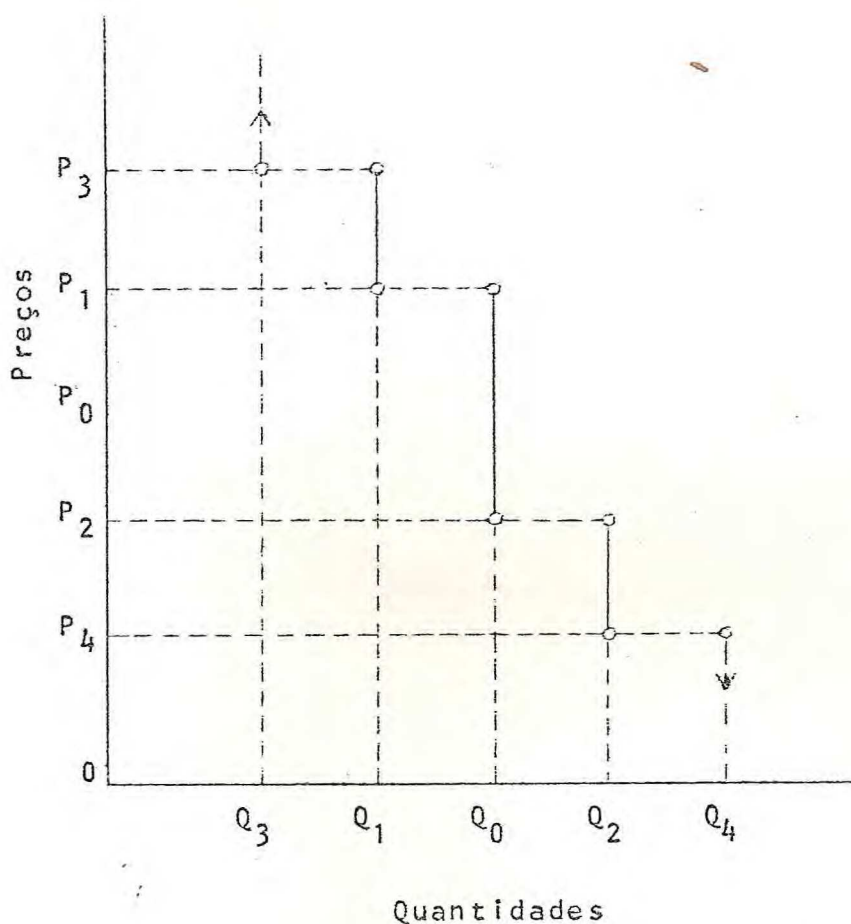


Fig. 2.2 - Curva de Procura Potencial para um Ingrediente; numa Ração de Custo Mínimo.

Como se vê na figura 2.2, que complementa a figura anterior (2.1), a solução ficará estável em Q_1 , até que a variação em P_1 atinja um certo limite (P_3), quando o nível da atividade na solução ótima passará para Q_3 . Do mesmo modo, a solução ficará estável em Q_2 , até que a variação em P_2 atinja o limite P_4 . A este preço, o nível da atividade na solução ótima mudará para Q_4 .

Determinaram-se as curvas de procura potencial para farinha de cefalotórax de lagostas e para farelo de gergelim.

As análises econômicas envolvendo esses ingredientes foram realizadas somente nos tipos de rações em que as percentagens dos referidos componentes foram mais significativas.

2.3.5 - Sorgo e Milho nas Rações de Custo Mínimo.

2.3.5.1 - Substituição de Milho por Sorgo:

Para analisar as condições econômicas de substituição de milho por sorgo nas rações de custo mínimo, foi feita uma comparação entre dois tipos de ração de engorda, uma contendo sorgo e outra que não continha este cereal.

Tal procedimento foi adotado, partindo-se da hipótese de que, ao ser introduzido sorgo numa ração que apresente milho como principal fonte energética, alguma quantidade desse sorgo deslocaria parcialmente o milho na fórmula original, substituindo-o ^{5/}.

A ração sem sorgo foi obtida partindo-se do mesmo grupo de restrições usado para a ração com sorgo, a fim de que as diferenças observadas entre as duas soluções pudessem ser atribuídas somente à presença ou ausência de sorgo nas fórmulas.

A ração com sorgo foi identificada como "E₁" e a ração sem sorgo foi identificada como "E₂".

Foi estudada a substituição de milho por sorgo, fazendo-se variar o preço do sorgo, com o preço do milho mantido constante. Para cada variação no preço do sorgo, foi obtida uma solução ótima, que foi comparada com a ração sem sorgo (E₂).

^{5/} - Na realidade, esta substituição é discreta e não à margem, já que em Programação Linear pressupõe-se que $TMS_{x_1x_2} = 0$ (Perfeita Complementaridade).

As quantidades de sorgo mostradas pelas soluções ótimas das rações "E₁" foram expressas como percentagens da quantidade de milho na ração "E₂" (sem sorgo), indicando as taxas percentuais a que o sorgo está substituindo o milho, sob as condições em que a análise foi feita.

É útil destacar aqui que, para atender a uma restrição imposta pelas exigências biológicas das aves, a entrada de milho foi forçada em todas as rações a um nível mínimo de 15% ^{6/}. Portanto, ao se interpretarem as taxas de substituição de milho por sorgo apresentadas, deve-se chamar a atenção para este aspecto.

Assim, é fácil concluir-se que as taxas de substituição encontradas atingirão, no máximo, a 85%, tendo em vista que esta é a proporção máxima de milho que pode ser deslocada pelo sorgo, dada a condição imposta.

2.3.5.2 - Curvas de Procura Potencial para Sorgo e Milho:

Com base na metodologia empregada para determinar as curvas da procura potencial para farinha de lagosta e farelo de gergelim, foram determinadas também as curvas de procura potencial para sorgo e milho.

A curva para sorgo foi determinada com o preço deste ingrediente variando nos seguintes níveis: Cr\$ 0,60; Cr\$ 0,75; Cr\$ 0,81 e Cr\$ 0,90 por quilograma e os preços dos demais ingredientes fixos em seus valores de custo corrente.

Para milho, a curva foi determinada variando-se o preço deste cereal nos níveis de Cr\$ 0,60; Cr\$ 0,75 e Cr\$ 0,90 por quilograma, com todos os demais preços fixos

^{6/} - Este nível mínimo destina-se a evitar o problema já mencionado, da deficiência de vitamina A e pigmentos carotenados na ração.

em seus níveis.

Em cada uma das soluções foram feitas análises pós-ótimas, a fim de verificar até onde as soluções encontradas não seriam afetadas pelas variações nos preços, tendo-se determinado assim outros pontos das curvas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Rações de Custo Mínimo:

O suprimento de minerais, vitaminas, anti-bióticos e coccidiostáticos foi feito sob a forma de suplementação ^{7/}. Portanto, estes elementos não entraram no cálculo para obtenção das soluções ótimas. Foi necessário deixar, no peso das fórmulas determinadas através da combinação de ingredientes disponíveis, uma parcela destinada aos suplementos da dieta, a fim de que o peso da ração fosse completado e todos os nutrientes fossem fornecidos nas proporções exigidas.

Foram adicionados como suplementação:

Sal comum:	0,050 Kg	(Cr\$ 0,60/Kg)
Lepemix A ^{8/} :	0,075 "	(Cr\$ 15,00/Kg)
NF-180 Pó ^{9/} :	0,005 "	(Cr\$ 37,00/Kg)

^{7/} - Este procedimento foi adotado para diminuir a dimensão da matriz, como também por ser o método usual no balançamento de rações.

^{8/} - Minerais, vitaminas e antibiótico.

^{9/} - Coccidiostático.

Perfazendo um total de 0,130 Kg de suplementos, com um custo de Cr\$ 1,34/Kg. (Esta suplementação foi sugerida pelo Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFC).

3.1.1 - Ração "Inicial":

Este tipo de ração deve ser fornecido às aves desde o primeiro dia até a sexta semana de vida e tem a função biológica de promover a formação dos tecidos animais, possibilitando às aves um rápido crescimento.

No cálculo desta ração, permitiu-se a entrada de farinha de peixe até um nível de 5%, visto que a retirada das aves para o abate somente será feita algumas semanas após o período inicial de crescimento, fazendo com que os efeitos de maiores percentagens deste ingrediente sobre o sabor da carne não sejam significantes.

3.1.1.1 - Solução Ótima:

A solução ótima fornece a combinação de ingredientes que entram na fórmula da ração e o custo da combinação, que é o mais baixo que pode ser conseguido com as restrições dadas.

Para a ração "inicial", os resultados obtidos foram:

Ingredientes	(Kg)
Farinha de soja:.....	1,924
Farinha de peixe:.....	0,500
Farinha de carne:.....	0,485
Torta de algodão:.....	0,227
Milho:.....	1,500
Sorgo:.....	3,816
Farelo de trigo:.....	0,937
Farelo de gergelim:.....	0,393

	.36.
Ingredientes	(Kg)
Metionina sintética:.....	0,015
Suplementos:.....	0,130
T O T A L :.....	9,927

3.1.1.2 - Peso:

Peso da mistura de ingredientes básicos:.....	9,797 Kg
Peso dos suplementos:.....	0,130 "
Peso Total:.....	9,927 Kg

3.1.1.3 - Custo Total da Ração:^{10/}

Custo da mistura fornecida pelo programa ^{11/} :.....	Cr\$ 9,03
Custo da suplementação:.....	Cr\$ 1,34
Custo Total:.....	Cr\$ 10,37

ou aproximadamente.....Cr\$ 1,04/Kg.

^{10/} - Com base nos preços de junho/74

^{11/} - Há uma pequena diferença (devida a erros de arredondamento) entre este valor e o obtido quando se multiplicam as quantidades dos ingredientes na solução ótima pelos seus preços unitários (ver apêndice B, ítem 1).

3.1.1.4 - Valores Nutritivos:

Nome do elemento	Unidade	Exigências		Conteúdo da Ração
		Máximas	Mínimas	
Energia metabolizável	Kcal/Kg	-	28.000	28.000
Proteína	Kg	2,400	2,200	2,370
Arginina	"	-	0,140	0,151
Histidina	"	-	0,046	0,056
Isoleucina	"	-	0,006	0,120
Leucina	"	-	0,160	0,208
Lisina	"	-	0,125	0,125
Metionina	"	-	0,053	0,053
Fenilalanina	"	-	0,100	0,103
Treonina	"	-	0,080	0,082
Triptofano	"	-	0,023	0,030
Valina	"	-	0,100	0,127
Tirosina	"	-	0,050	0,051
Cistina	"	-	0,033	0,033
Cálcio	"	-	0,100	0,100
Fósforo	"	-	0,070	0,088
Fibra	"	0,400	-	0,400

3.1.1.5 - Preços - Sombra:

A relação a seguir (Quadro 3.1) mostra os valores de preço-sombra para todas as variáveis que entraram na solução ótima, em limite superior ou inferior.

Quadro 3.1 - Valores do Preço-Sombra para Ingredientes e Nutrientes, na Ração "Inicial".

Variáveis	Preço-Sombra(*)
Farinha de peixe	- 0,481
Milho	- 0,330
Energia metabolizável	- 0,000
Lisina	-16,534
Metionina	-18,243
Cistina	-94,646
Cálcio	- 0,479
Fibra	- 3,896

(*) O sinal (-) indica que há algum valor significativo correspondente ao preço-sombra de energia metabolizável. Como este valor é muito pequeno, seu primeiro algarismo diferente de zero só apareceria depois da terceira casa decimal.

O preço-sombra fornece indicações interessantes em relação às variáveis que estão em algum limite-superior ou inferior.

Os valores apresentados como preço-sombra indicam o decréscimo que se verificaria no custo total da ração, para cada unidade adicional de uma determinada variável (ingrediente ou nutriente), se a restrição que limita essa variável fosse relaxada, isto é, diminuída (se fosse restrição de mínimo) ou aumentada (se fosse restrição de máximo)^{12/}. Sugerem, portanto, alguns pontos onde deveriam ser

^{12/} - Esta interpretação é consistente com o conceito de custo marginal ou custo de oportunidade dos ingredientes ou nutrientes.

introduzidas mudanças, a fim de se conseguir uma ração mais barata.

No balanceamento de rações, entretanto, os limites superiores e inferiores estabelecidos para as restrições são rígidos, de modo que as indicações oferecidas pelo preço-sombra tornam-se praticamente irrelevantes.

A informação produzida pelo preço-sombra permite também identificar quais os ingredientes ou nutrientes que mais estão onerando o custo total da ração.

Tal identificação foi feita, determinando-se as participações relativas destes ingredientes ou nutrientes, através do cálculo de seus valores agregados e dos percentuais que estes valores representam em relação ao custo total da ração, conforme demonstra o Quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Valores Agregados e Participação dos Ingredientes e Nutrientes Escassos no Custo Total da Ração "Inicial".

Ingredientes ou nutrientes escassos	Preço-Sombra (X)	Quantidade na ração (Y)	Valor Agregado (XY)	Participação Relativa (%) $XY/\sum XY \cdot 100$
Far. de peixe	0,481	0,500	0,240	2,83 %
Milho	0,330	1,500	0,495	5,83
Energia	0,000	28.000	0,000	0,00
Lisina	16,534	0,125	2,066	24,32
Metionina	18,243	0,053	0,966	11,37
Cistina	94,646	0,033	3,123	36,37
Cálcio	0,479	0,100	0,047	0,55
Fibra	3,896	0,400	1,558	18,34
T O T A L	xxxxxx	xxxxx	8,495	100,00 %

A cistina é o material mais caro da ração, pois participa com aproximadamente 36,4% na composição do custo total. Logo em seguida vêm: Lisina (24,3%), fibra (18,3%) e metionina (11,4%).

É interessante notar que a alta participação relativa da fibra no custo total da ração é devida à restrição que fixa a quantidade deste material em um máximo de 4% sobre o peso da mistura. Quanto menor o teor de fibra, melhor a qualidade da ração e, portanto, maior o seu custo.

3.1.1.6 - Estabilidade da Solução Ótima Face às Mudanças e Preços dos Ingredientes:

Estas informações são dadas pelas análises pós-ótimas realizadas. Os resultados desta análise indicam, para cada variável, uma amplitude dentro da qual o preço pode mudar, sem alterar a solução ótima.

Quando o preço da variável considerada atinge um dos limites (superior ou inferior) fixados para esta amplitude, o nível da atividade corrente na solução ótima muda para valores menores ou maiores (em sentido contrário à variação ocorrida nos preços).

3.1.2 - Ração "Engorda":

Esta fórmula destina-se ao arraçoamento das aves de corte, depois que elas atingem a sexta semana de vida.

Considerando que no período subsequente à fase de crescimento e completa formação da estrutura corporal as aves devem ganhar o máximo peso possível, uma ração para ser ministrada neste período deve ser rica em energia, não havendo mais a necessidade de altos teores proteicos. Esta é a diferença básica apresentada pela ração "engorda", em relação à "inicial".

O período de engorda termina, usualmente, por vol-

ta da 9^a ou 10^a semanas, idade em que as aves devem estar prontas para o abate.

Nesta fórmula, o limite máximo da quantidade de farinha de peixe foi reduzido de 5% para 3%, a fim de evitar que o cheiro e o sabor deste ingrediente se transmita à carne das aves.

3.1.2.1 - Solução Ótima:

Ingredientes	(Kg)
Farinha de soja:.....	1,124
Farinha de carne:.....	0,433
Farinha de peixe:.....	0,220
Torta de algodão:.....	0,500
Milho:.....	1,500
Sorgo:.....	5,480
Farinha de cefalotórax de lagostas.....	0,271
Farelo de trigo:.....	0,143
Farelo de gergelim:.....	0,102
Metionina (sintética):.....	0,016
Lisina (sintética):.....	0,008
T O T A L :.....	9,797

3.1.2.2 - Suplementação:

Elementos	(Kg)
Sal comum:.....	0,050
Lepemix A:.....	0,050
NF-180 Pó:.....	0,005
T O T A L :.....	0,105

3.1.2.3 - Peso:

Peso da mistura de ingredientes básicos:.....	9,797 Kg
Peso dos suplementos:.....	0,105 "
Peso Total:.....	9,902 "

3.1.2.4 - Custo Total da Ração:

Custo da mistura fornecida pelo Programa ^{13/}	Cr\$ 8,70
Custo da suplementação:.....	Cr\$ 0,96
Custo Total:.....	Cr\$ 9,66

ou aproximadamente Cr\$ 0,97/Kg

3.1.2.5 - Valores Nutritivos:

Nome do elemento	Unidade	Exigências		Conteúdo da ração
		Máximas	Mínimas	
Energia metabolizável	Kcal/Kg	-	30.000	30.000
Proteína	Kg	1,900	1,800	1,900
Arginina	"	-	0,120	0,120
Histidina	"	-	0,040	0,040
Isoleucina	"	-	0,075	0,075
Leucina	"	-	0,140	0,140
Lisina	"	-	0,100	0,100
Metionina	"	-	0,045	0,045
Fenilalanina	"	-	0,087	0,088
Treonina	"	-	0,070	0,070
Triptofano	"	-	0,020	0,020
Valina	"	-	0,085	0,107
Tirosina	"	-	0,043	0,043
Cistina	"	-	0,025	0,025
Cálcio	"	-	0,080	0,107
Fósforo	"	-	0,040	0,070
Fibra	"	0,400	-	0,386

^{13/} - Este valor difere um pouco do obtido através da multiplicação das quantidades de cada ingrediente na solução ótima, pelo seu preço unitário (ver Apêndice B, item 2). A diferença é atribuída aos erros de arredondamento.

3.1.2.6 - Preços-Sombra:

São relacionados a seguir (Quadro 3.3) os valores dos preços-sombra para todas as variáveis que estão na solução ótima, nos limites superior ou inferior.

Quadro 3.3 - Valores de Preço-Sombra para Ingredientes e Nutrientes, na Ração "Engorda".

Variáveis	Preços-Sombra
Torta de algodão	- 2,880
Milho	- 0,121
Energia Metabolizável	- 0,000
Proteína	-10,659
Arginina	-97,234
Lisina	-20,467
Metionina	-18,635
Treonina	-68,910
Tirosina	-38,908

Conforme já mencionado, o preço-sombra permite verificar quais os ingredientes ou nutrientes que mais estão onerando o custo total da ração, através do cálculo dos valores agregados e das participações relativas de cada ingrediente ou nutriente neste custo total. O quadro 3.4 apresenta os resultados destas determinações.

Quadro 3.4 - Valores Agregados e Participação Relativa dos Ingredientes e Nutrientes Escassos no Custo Total da Ração "Engorda".

Ingredientes ou nutrientes escassos	Preço-Sombra (X)	Quantidade na Ração (Y)	Valor Agregado (XY)	Participação Relativa (%) $XY/\sum XY.100$
Torta de Algodão	2,880	0,500	1,440	3,36 %
Milho	0,121	1,500	0,181	0,42
Energia	0,000	30.000	0,000	0,00
Proteína	10,659	1,900	20,252	47,18
Arginina	97,234	0,120	11,668	27,18
Lisina	20,467	0,100	2,046	4,77
Metionina	18,635	0,045	0,838	1,95
Treonina	68,910	0,070	4,823	11,24
Tirosina	38,908	0,043	1,673	3,90
T O T A L	xxxx	xxxx	42,921	100,00 %

Neste Quadro, tem-se o custo de alguns ingredientes ou nutrientes, em relação ao custo total da ração, enquanto que no Quadro 3.3., os resultados mostram o custo à margem, ou seja, o custo de cada unidade adicional de cada ingrediente ou nutriente.

Como se observa, o custo à margem difere do custo relativo, uma vez que este último está em função da quantidade total do ingrediente ou nutriente na fórmula.

3.1.2.7 - Estabilidade da Solução Ótima às Mudanças nos Preços dos Ingredientes:

Esta análise tem aqui o mesmo sentido da que foi realizada para a ração "inicial", mencionada no item 3.1.1.6.

3.2 - Novos Ingredientes nas Rações de Custo Mínimo:

3.2.1 - Farelo de Gergelim

3.2.1.1 - Possibilidades Econômicas de Utilização:

Com base na metodologia descrita no item 2.3.4.1, para verificar as possibilidades econômicas de introdução de novos ingredientes nas rações para frangos de corte, a utilização do farelo de gergelim apresentou resultado positivo somente na ração "inicial".

Ao preço de Cr\$ 1,20 por quilograma, considerado como custo corrente no cálculo da ração, o farelo de gergelim aparece com 0,393 Kg, representando esta quantidade um valor relativo de aproximadamente 4,00% do peso total da mistura.

A quantidade de farelo de gergelim permanece estável na solução, para quaisquer variações de preço, entre os limites de Cr\$ 1,15 e Cr\$ 1,29 por quilograma deste ingrediente.

Ao preço limite de Cr\$ 1,15/Kg, sua participação na fórmula chega aos 4,20%, enquanto que se este preço chegar a Cr\$ 1,29, este percentual cai para 3,45%.

O gergelim é um ingrediente que, apesar de suas reconhecidas qualidades alimentícias, não é ainda utilizado com frequência nas fórmulas de rações para frangos, certamente devido ao fato de o cultivo desta oleaginosa no Nordeste não ter expressão econômica, inexistindo praticamente uma oferta regular.

Em vista disso, o preço deste produto é bastante instável, sendo difícil estabelecer-se um nível que possa ser considerado seguramente como preço de mercado.

Para abranger uma faixa maior de variações no preço deste ingrediente, foram calculadas novas soluções ótimas para a ração "inicial", considerando como custo cor

rente da atividade, valores acima e abaixo daquele considerado na solução original.

Assim, foi determinada uma nova fórmula para a ração "inicial", considerando como custo corrente para o farelo de gergelim o preço de Cr\$ 1,35 por quilograma.

A quantidade de gergelim que entra na fórmula, a este custo, é 0,345 Kg, representando uma participação de 3,45% em relação ao peso total da ração.

Esta quantidade permanece, para qualquer valor de custo compreendido entre os limites de Cr\$ 1,29 e Cr\$1,56/Kg.

Com um preço abaixo de Cr\$ 1,29/Kg, a quantidade de farelo de gergelim estará incluída na faixa de estabilidade correspondente ao custo de Cr\$ 1,20/Kg (custo corrente da solução original). Portanto, tem-se 0,393 Kg deste ingrediente na ração. Sendo atingido o limite de Cr\$.. 1,56, o nível de gergelim na ração será de 0,205 Kg.

Determinou-se ainda uma terceira fórmula para o mesmo tipo de ração, com o farelo de gergelim entrando ao custo de Cr\$ 1,00/Kg. A este preço, a presença do ingrediente na mistura é da ordem de 0,573 Kg.

A faixa dentro da qual este novo custo pode variar, sem acarretar mudanças na fórmula da ração, é limitada pelos valores de Cr\$ 0,76/Kg e Cr\$ 1,14/Kg. No limite inferior desta faixa de preços, a quantidade de farelo de gergelim na ração aumenta para 0,648 Kg, chegando o preço ao limite superior, a participação deste ingrediente cai para 4,20%.

3.2.1.2 - Determinação da Curva de Procura Potencial:

Os resultados discutidos no ítem anterior fornecem diversas relações preço versus quantidades para o ingrediente considerado. Estas relações são apresentadas a seguir(Quadro 3.5).

Quadro 3.5 - Relações Preços x Quantidades para Farelo de Gergelim, na Ração "Inicial".

Faixas de Preços (Cr\$)	Quantidades (Kg)
$\leq 0,76$	0,648
0,76 - 1,14	0,573
1,15 - 1,29	0,393
1,29 - 1,56	0,345
$\geq 1,56$	0,205

Existe uma relação inversa entre preço e quantidade (o que é consistente com a lei da procura), onde os preços são crescentes e as quantidades são decrescentes, embora as mudanças nas quantidades se verifiquem de maneira descontínua.

Com base nessas relações, pode-se estabelecer a curva da procura potencial para farelo de gergelim na ração "Inicial" (Figura 3.1).

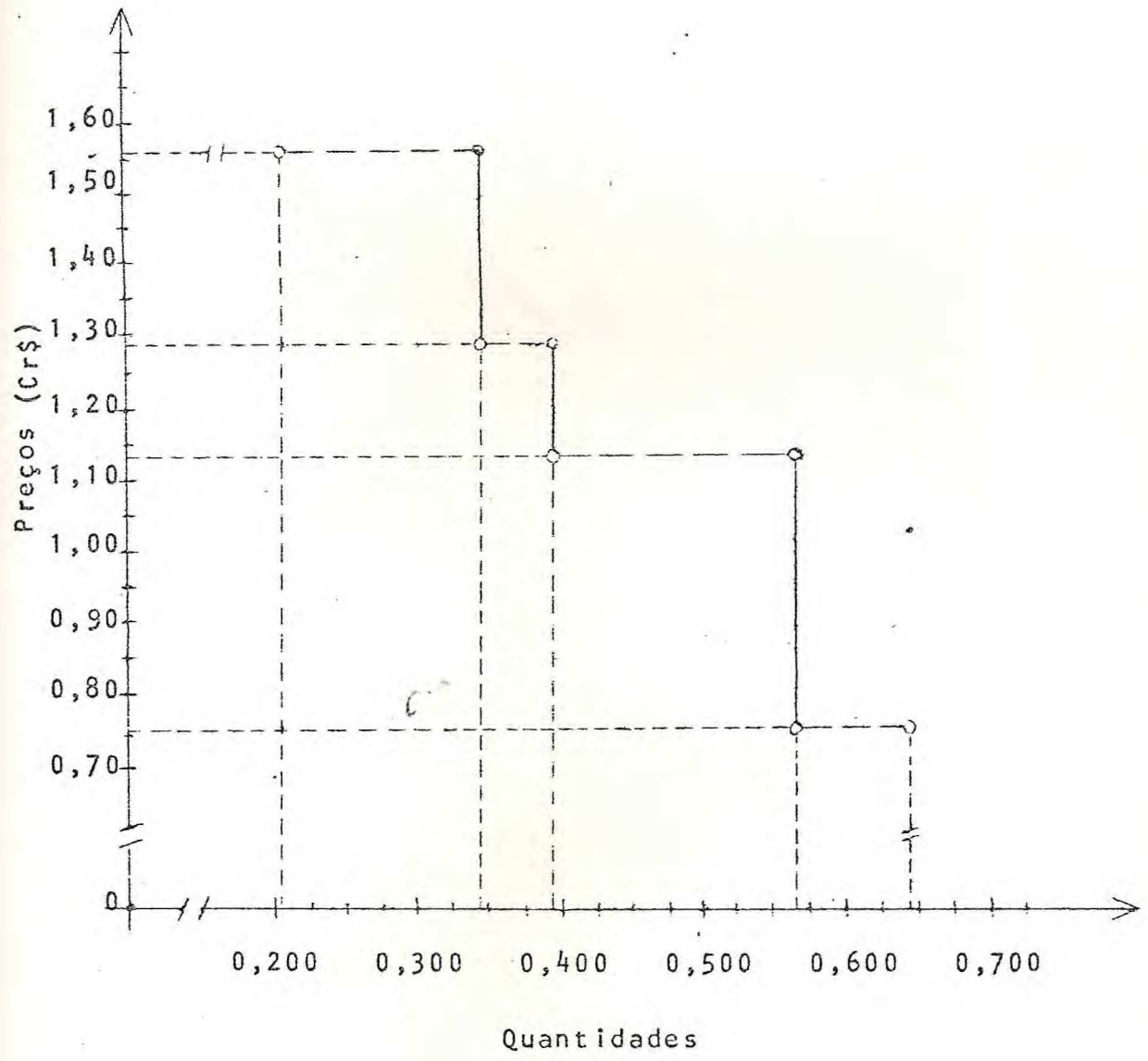


Fig. 3.1 - Procura Potencial para Farelo de Gergelim, na Ração "Inicial".

3.2.2 - Farinha de Lagostas

3.2.2.1 - Possibilidades Econômicas de Utilização:

Empregando metodologia análoga à que foi usada para estudar o farelo de gergelim, as possibilidades econômicas de introdução da farinha de cefalotórax de lagostas foram também analisadas.

A utilização desse ingrediente apresentou-se economicamente viável na ração "engorda", sendo esta a única fórmula em que o mesmo figurou.

A exemplo do farelo de gergelim, a farinha de lagosta não tem também um mercado definido, uma vez que sua preparação tem sido feita somente para fins experimentais. Por isso, o custo corrente do material foi suposto igual ao da farinha de peixe, no nível de Cr\$ 2,00 por quilograma. Nesse caso, a quantidade de farinha de lagosta na ração chegou a 0,271 Kg.

A amplitude das variações deste preço, que não implicam em mudanças na solução ótima, está compreendida entre Cr\$ 1,28 e Cr\$ 2,56 por quilograma. No limite inferior desta faixa, haverá uma mudança na quantidade de farinha de lagosta na ração, de 0,271 Kg para 0,398 Kg. No limite superior, o nível deste componente na fórmula será de 0,022 Kg.

Foram determinadas também outras fórmulas, com variações para mais e para menos no custo base, a fim de contemplar uma faixa suficientemente grande de oscilações de preços.

A solução determinada considerando o preço de farinha de lagosta ao nível de Cr\$ 1,20/Kg apresentou uma quantidade deste ingrediente equivalente a 0,398 Kg, correspondendo a aproximadamente 4% do peso total da mistura.

Esta solução ficará estável, para qualquer variação ocorrida no seu preço, entre os limites de Cr\$ 0,89 e

Cr\$ 1,28 por quilograma.

Ao preço de Cr\$ 0,89, a quantidade chegaria a 0,526 Kg e se fosse alcançado o limite de Cr\$ 1,28, a quantidade mudaria para 0,271 Kg.

Finalmente, considerando-se o preço igual a Cr\$ 2,60/Kg, figuram na fórmula de custo mínimo apenas 0,022Kg daquele componente. Esta quantidade é insensível às variações no preço considerado, desde que tais variações ocorram no intervalo de Cr\$ 2,56 a Cr\$ 3,07/Kg.

Atingido o valor de Cr\$ 2,56/Kg, a quantidade de farinha de lagosta na solução ótima passaria a ser 0,271 Kg, enquanto que se o preço atingisse Cr\$ 3,07/Kg, esta quantidade baixaria até zero e continuaria por valores negativos ^{14/}.

3.2.2.2 - Determinação da Procura Potencial:

As informações do item anterior podem ser observadas no Quadro 3.6. onde tem-se relações de preços e quantidades.

Quadro 3.6 - Relações Preço x Quantidade para Farinha de Cefalotórax de Lagostas, na Ração "Engorda".

Faixas de Preços (Cr\$)	Quantidades (Q)
$\leq 0,89$	0,562
0,89 - 1,28	0,398
1,28 - 2,56	0,271
2,56 - 3,07	0,022
$\geq 3,07$	0,000

^{14/} - Os resultados da LPANALYSIS admitem esta possibilidade.

As relações do Quadro 3.6. determinam pontos da curva da procura potencial para o ingrediente em análise e são representadas graficamente a seguir (Fig. 3.2).

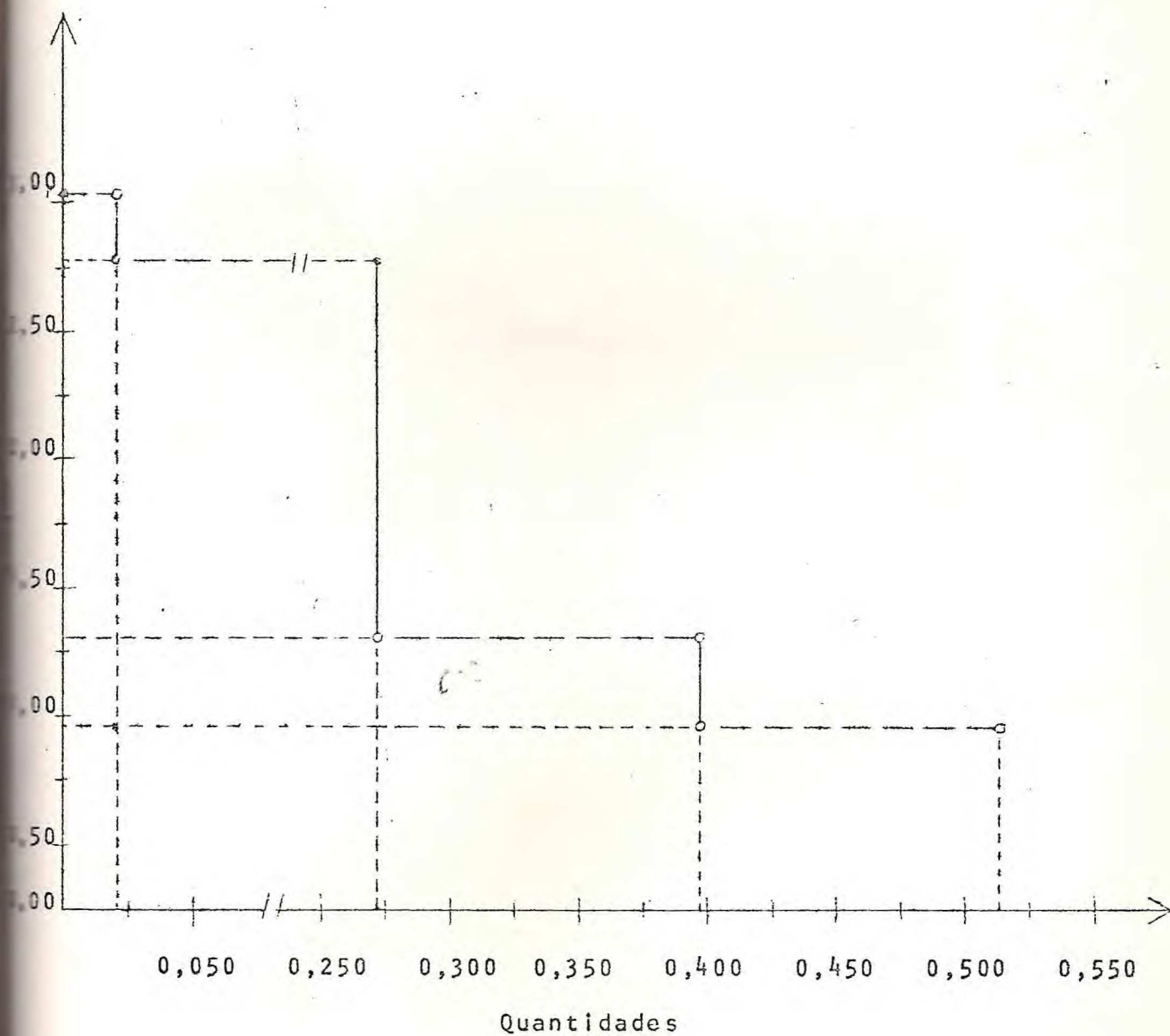


Fig. 3.2 - Procura Potencial para Farinha de Cefalotôrax de Lagostas, na Ração "Engorda".

3.3 - Sorgo e Milho nas Rações de Custo Mínimo.

3.3.1 - Substituição de Milho por Sorgo:

As condições de substituição de milho por sorgo nas rações de custo mínimo foram determinadas somente na ração "engorda", tendo em vista que esta é a fórmula em que estes componentes entram em maiores percentagens.

A fim de analisar a substituição entre os dois cereais, foi determinada inicialmente, para cada nível de preço considerado, uma ração incluindo ambos os ingredientes. As rações assim determinadas foram identificadas como "E₁" (ver item 2.3.5.1).

Cada uma dessas rações foi comparada com outra, formulada sob as mesmas condições das primeiras, porém sem a inclusão de sorgo ^{15/}. Esta ração foi identificada como ração "E₂" (ver item 2.3.5.1).

3.3.1.1 - Preço de Milho Fixo x Preço de Sorgo Variável:

Nesta primeira análise, o preço de milho foi fixado no nível de Cr\$ 0,90 por quilograma, fazendo-se variar o preço do sorgo de Cr\$ 0,60; Cr\$ 0,75; Cr\$ 0,81 e Cr\$ 0,90/Kg (Quadro 3,7).

^{15/} - A justificativa para este procedimento já foi comentada no item 2.3.5.1.

Quadro 3.7 - Quantidades de Milho e Sorgo nas Rações "E₁", com Preço de Milho (P_m) Fixo e Preço de Sorgo (P_s) Variável.

P _m (Cr\$)	P _s (Cr\$)	P _s /P _m	P _s /P _m .100	Q _m (Kg)	Q _s (Kg)	E _{ms} ^{16/}
0,90	0,60	2/3	66,66	1,500	5,480	
0,90	0,75	5/6	83,33	2,649	4,375	3,064
0,90	0,81	9/10	90,00	2,779	4,248	0,613
0,90	0,90	1/1	100,00	2,796	4,232	0,055

A determinação das taxas de substituição de milho por sorgo foi feita exprimindo-se as quantidades de sorgo obtidas nas rações "E₁" e apresentadas no Quadro 3.7., como percentagens da quantidade de milho obtida na ração "E₂".

Esta ração (E₂) apresentou um custo total de Cr\$ 11,11 (incluindo-se o custo da suplementação) e uma quantidade de milho equivalente a 6,969 Kg.

As percentagens referidas acima, podem ser apresentadas como as taxas a que o sorgo substitui o milho a vários preços daquele ingrediente (observando o fato mencionado no ítem 2.3.5.1, relativo à restrição de mínimo imposta para milho).

^{16/} - Elasticidade cruzadas milho x sorgo. Nota-se que, à medida em que os preços de sorgo vão aumentando, as elasticidades cruzadas vão se aproximando de zero. Isto demonstra que o grau de substituição de milho por sorgo vai diminuindo, em consequência dos aumentos na relação P_s/P_m.

O sinal positivo de E_{ms} indica claramente que os ingredientes milho e sorgo são substitutos. Esta medida da elasticidade cruzada deve ser entendida como uma aproximação, tendo em vista que as curvas de demanda potencial são descontínuas e, portanto, não diferenciáveis.

No Quadro 3.8 são indicadas as taxas de substituição calculadas, como também as reduções verificadas no custo total da ração, em consequência da substituição processada.

Quadro 3.8 - Redução Percentual no Custo da Ração e Taxas de Substituição de Milho por Sorgo, com Preço de Milho (P_m) Fixo e Preço de Sorgo (P_s) Variável.

P_m (Cr\$)	P_s (Cr\$)	$P_s/P_m \cdot 100$	Taxas de substituição (%)	Custo total da ração (*)	Redução no custo total (em %)
0,90	0,60	66,66	78,63	9,67	13,00
0,90	0,75	83,33	62,77	10,46	5,84
0,90	0,81	90,00	60,95	10,72	3,05
0,90	0,90	100,00	60,72	11,10	0,06(**)

(*) - Inclusive custo da suplementação.

(**) - A redução verificada no custo total da ração, quando a relação P_s/P_m é igual a 1, deve-se à recombinação de todos os ingredientes da ração "E₁", ocorrida face à modificação introduzida na função objetivo, pela variação no preço do sorgo.

3.3.1.2 - Preço de Sorgo Fixo x Preço de Milho Variável.

Neste ítem o preço de sorgo foi considerado fixo ao nível de Cr\$ 0,60/Kg, enquanto o preço de milho tomou os seguintes valores: Cr\$ 0,60; Cr\$ 0,72; e Cr\$ 0,90 por quilograma (Quadro 3.9).

Quadro 3.9 - Quantidades de Milho e Sorgo na Ração "E₁",
Preço de Milho (P_m) Variável e Preço de Sorgo
(P_s) Fixo.

P _s (Cr\$)	P _m (Cr\$)	P _s /P _m	P _s /P _m .100	Q _m (Kg)	Q _s (Kg)	E _{sm} ^{17/}
0,60	0,60	1/1	100,00	2,796	4,232	
0,60	0,72	5/6	83,33	2,649	4,375	0,135
0,60	0,90	2/3	66,66	1,500	5,480	1,262

Expressando as quantidades de sorgo das rações "E₁" apresentadas no quadro anterior, como percentagens das quantidades de milho das rações "E₂", podem-se calcular as taxas de substituição de milho por sorgo (Quadro 3.10).

^{17/} - Elasticidade cruzadas milho/sorgo. Como a relação P_s/P_m é decrescente neste caso, os coeficientes de elasticidade cruzada são crescentes, indicando que milho e sorgo são ingredientes substitutos (Elasticidade cruzada positiva). Indica ao mesmo tempo um aumento nos níveis de substituição de milho por sorgo.

Quadro 3.10 - Redução Percentual no Custo da Ração e Taxas Percentuais de Substituição de Milho por Sorgo, com Preço de Milho (P_m) Variável e Preço de Sorgo (P_s) Fixo.

P_s (Cr\$)	P_m (Cr\$)	$P_s/P_m \cdot 100$	Taxas de substituição %	Custo total da Ração(*)	Redução no custo total (em %)
0,60	0,60	100,00	60,72	8,99	0,28(**)
0,60	0,72	83,33	62,77	9,41	4,54
0,60	0,90	66,66	78,63	9,67	13,00

(*) - Inclusive custo da suplementação.

(**) - Mesmo quando a relação P_s/P_m é igual a 1, ainda se observa redução no custo da ração. Tal fato é atribuído à recombinação de ingredientes que ocorre quando se modifica a função objetivo, pela variação nos preços de milho.

Para cada nível de preço de milho, além de uma ração "E₁", foi também determinada uma ração "E₂", tendo em vista que este segundo tipo de ração deve obedecer às mesmas especificações do primeiro (ver item 3.3.1), em que o custo do milho é sempre diferente. Portanto, ao se calcularem as reduções percentuais no custo, os valores de custo das rações "E₂" considerados como referência para comparação com os custos das rações "E₁" variaram a cada nível de preço de milho. Estes valores são apresentados no Quadro 3.11.

Quadro 3.11 - Quantidades de Milho e Custos Totais das Rações "E₂" a Diversos Níveis de Preços de Milho (P_m).

P_m (Cr\$)	Q_m (Kg)	Custo Total da Ração (Cr\$)
0,60	6,969	9,02
0,72	6,969	9,86
0,90	6,969	11,11 (*)

(*) - O custo total da ração inclui também o custo da suplementação.

3.3.2 - Determinação das Curvas de Procura Potencial.

3.3.2.1 - Procura Potencial para Sorgo:

Considerando o preço de milho constante a um determinado nível (Cr\$ 0,90/Kg), foram introduzidas variações no preço do sorgo, a fim de se determinarem as quantidades procuradas desse ingrediente, sob as novas condições de custo.

As variações nas quantidades de sorgo, resultantes de variações em preços quando é mantido constante o preço do milho, são apresentadas no Quadro 3.12.

Quadro 3.12 - Intervalos de Preço e Quantidades Potencialmente Procuradas de Sorgo na Ração "E₁".

P_s (Cr\$)	Intervalo onde a solução é estável	Q_s (Kg)
0,60	= 0,726	5,480
0,75	0,726 a 0,786	4,375
0,81	0,786 a 0,877	4,248
0,90	0,877 a 0,901	4,232
	= 0,901	1,392

Estes valores determinam a curva da procura potencial para sorgo na situação enunciada acima (Figura 3.3).

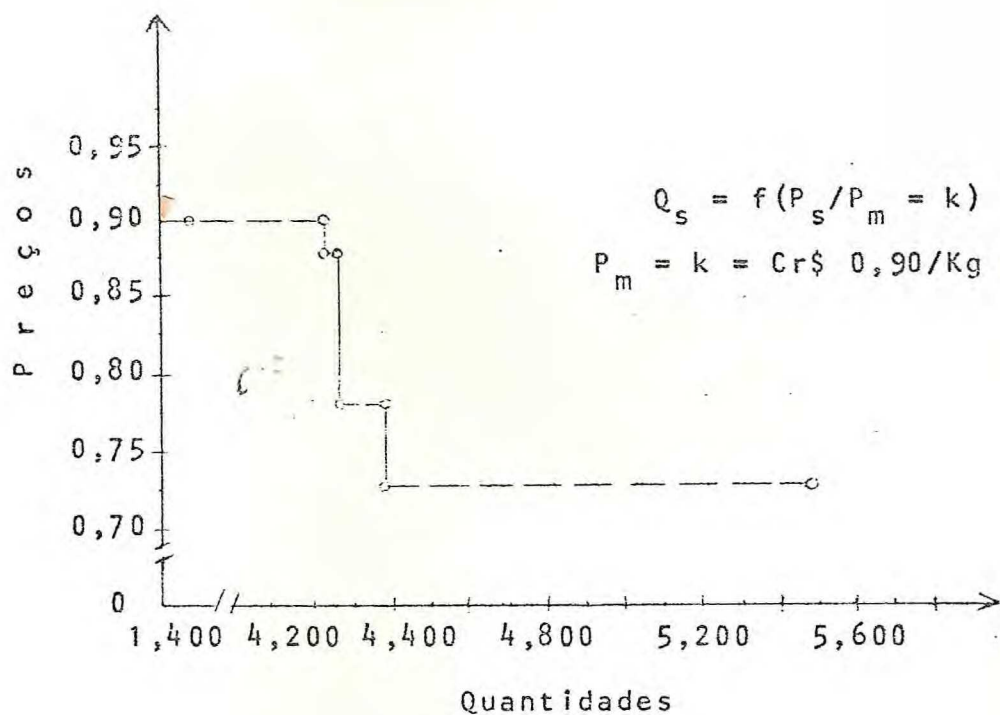


Fig. 3.3 - Procura Potencial para Sorgo na Ração "E₁", com Preço de Sorgo Variável e Preço de Milho = Cr\$ 0,90/Kg.

3.3.2.2 - Procura Potencial para Milho:

Variando-se agora o preço de milho e o preço de sorgo mantido constante em determinado valor (Cr\$ 0,60/Kg, no caso), são obtidas as quantidades de milho que seriam procuradas, aos diversos níveis de preços considerados para este cereal.

O Quadro 3.13 mostra como variam as quantidades de milho na ração, quando mudam os preços deste ingrediente, com o preço de sorgo permanecendo constante.

Quadro 3.13 - Intervalos de Preço e Quantidades Potencialmente Procurados de Milho, na Ração "E₁".

P _m (Cr\$)	Intervalo de preço onde a solução é estável			Q _m (Kg)
		≤	0,595	5,602
0,60	0,595	a	0,641	2,796
0,65	0,641	a	0,717	2,779
0,75	0,717	a	0,778	2,649
0,90	0,778	a	... (*)	1,500

(*) - Devido à restrição de mínimo imposta para milho, a partir de Cr\$ 0,778/Kg o preço deste ingrediente pode continuar aumentando, sem que o nível de 1,500 Kg na solução seja afetado, uma vez que a ração não pode apresentar quantidade menor do que esta em sua fórmula.

Os dados do quadro 3.13 estão representados na figura 3.4, mostrando a curva da procura potencial para milho.

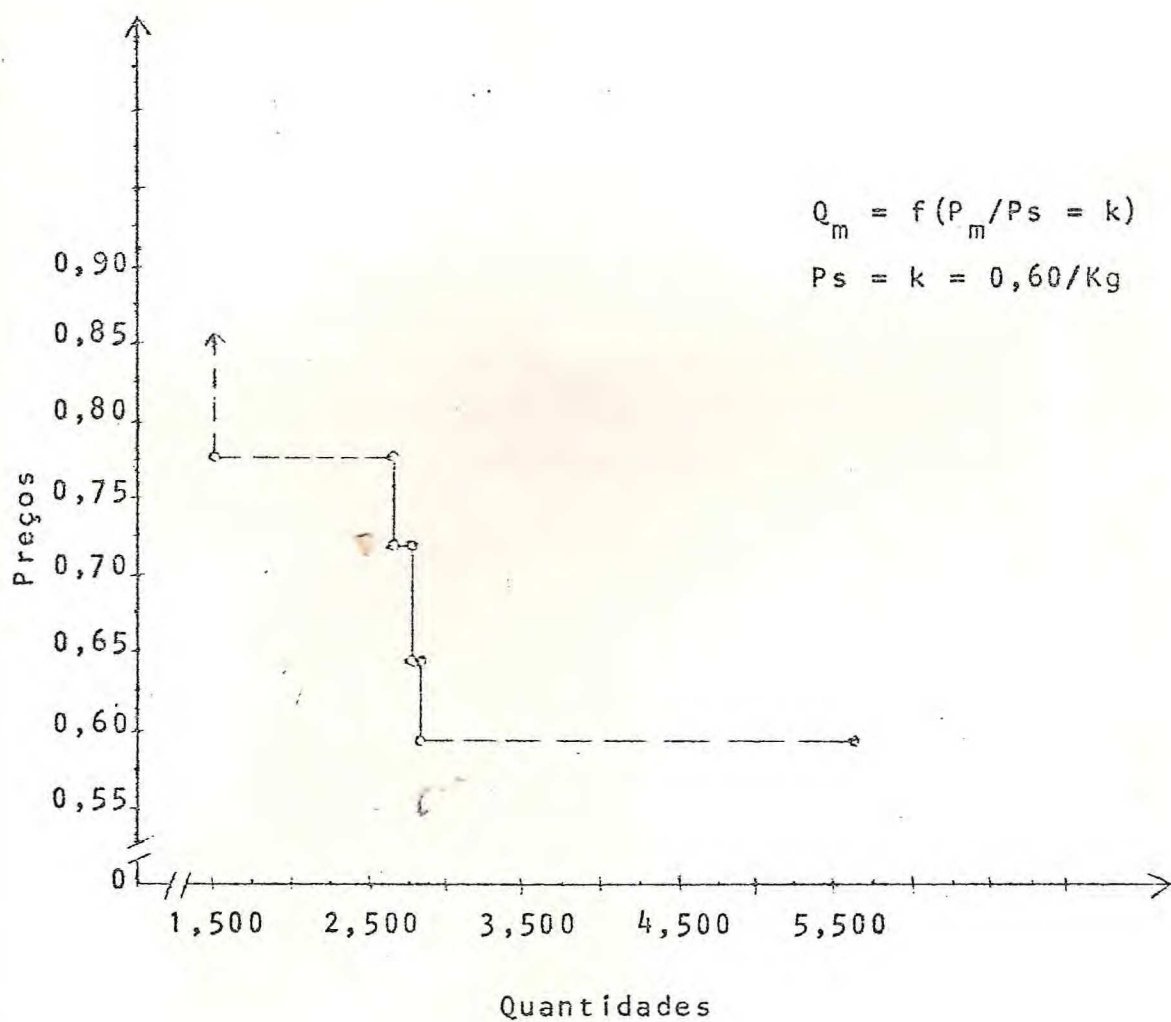


Fig. 3.4 - Procura Potencial para Milho na Ração "E₁", com Preço de Milho Variável e Preço de Sorgo Igual a Cr\$ 0,60/Kg.

CAPÍTULO IV
CONCLUSÕES E SUGESTÕES

4.1 - Conclusões.

4.1.1 - Relativas à Ração "Inicial":

Entre os elementos mais limitantes no balanceamento da ração incluem-se: Cistina, Metionina, Lisina e Fibra. O atendimento às especificações relativas a estes elementos foi o fator que mais onerou o custo da ração.

Os resultados das análises pós-ótimas (apêndice C, ítem 1.2) indicam que metionina sintética tem procura praticamente "inelástica", dada a larga faixa de variações de preço, na qual a quantidade deste ingrediente permanece estável.

- Inversamente, pode-se concluir que a procura para farinha de carne é relativamente "elástica", pois este ingrediente apresentou a menor faixa de estabilidade às variações em seu preço (os coeficientes de elasticidade-preço da procura para farinha de carne e metionina sintética na ração "inicial" são apresentadas no apêndice D, ítems 1.1 e 1.2) 17/.

17/ - A rigor, as medidas de elasticidade-preço da procura aqui referidas constituem-se medidas grosseiras, tendo em vista que as funções de procura encontradas são descontínuas no intervalo estudado, não sendo, portanto, diferenciáveis.

4.1.2 - Relativas à Ração "Engorda":

- Os elementos mais limitantes no balanceamento da ração "engorda" foram, pela ordem: Proteína, Arginina, Trepnina, Lisina, Tirosina e Metionina. Se nenhuma restrição (limite mínimo) tivesse sido imposto para tais elementos, o custo da ração teria sido reduzido substancialmente^{18/}.

- Metionina sintética e Lisina sintética demonstraram ter procura "inelástica", indicada pela estabilidade de seus níveis à variação nos preços respectivos. Aliás, tal fato é coerente com a natureza dos citados ingredientes que, apesar de terem sido incluídos na matriz visando a solução ótima, funcionam praticamente como suplementos, sendo quase obrigatórias suas presenças nas fórmulas, nas quantidades especificadas.

A menor faixa de solução estável nesta ração foi apresentada pelo sorgo. Entretanto, dentro dessa faixa, a diferença entre o custo corrente e o custo mais baixo é consideravelmente maior do que a diferença entre o custo mais alto e o custo corrente. Isto indica que, no intervalo abaixo do custo corrente, a procura para sorgo é "inelástica", tornando-se "elástica" no intervalo acima do custo corrente.

O fato de não variarem as quantidades de sorgo a preços baixos, causando a "inelasticidade" no intervalo referido, pode ser entendido como reflexo da restrição de mí-

^{18/} - Destaque-se que a ação limitante de ingredientes ou nutrientes está estreitamente relacionada ao grupo de restrições do modelo matemático utilizado. É possível que alguns dos ingredientes ou nutrientes aqui relacionados como limitantes não o sejam na prática, quando se empregam outros métodos para calcular rações.

nimo relacionada com o milho, cuja participação na fórmula foi fixada em 15%, no mínimo. Em vista disso, uma vez que o suprimento de energia da dieta foi completado pelo sorgo, não mais será possível a entrada de maiores quantidades de fontes energéticas, por menores que sejam os seus preços.

No apêndice D, são apresentados os coeficientes de elasticidade-preço da procura para sorgo, metionina sintética e lisina sintética, na ração "engorda" ^{19/}.

- Milho e sorgo são ingredientes substitutos na ração "engorda", conforme demonstram as relações Preço de sorgo vs. Quantidade de milho e Preço de milho vs. Quantidade de sorgo, apresentadas nos Quadros 3.7 e 3.9. Este fato é confirmado pelos sinais dos coeficientes de "elasticidade" cruzada dos dois ingredientes, que são positivos em todos os intervalos considerados.

4.2 - Sugestões:

Embora tenha sido propósito desta pesquisa abranger a maior parte dos aspectos referentes à formulação de rações de custo mínimo para aves de corte, os problemas encontrados na condução do trabalho evidenciam a necessidade de estudos complementares. Deste modo sugere-se a execução das seguintes pesquisas:

4.2.1 - Montagem de experimentos para testar as rações determinadas, quanto à conversão alimentar e valor biológico, acompanhados da análise econômica dos resultados físicos obtidos e do levantamento de dados comparativos das rações testadas, em relação a fórmulas já conhecidas.

^{19/} - Aplica-se também aqui a observação feita em nota anterior com relação aos coeficientes de elasticidade-preço da procura.

4.2.2 - Cálculo de rações de custo mínimo, considerando teores variáveis de proteína para os ingredientes utilizados e fazendo com que as restrições, ao invés de se relacionarem com níveis fixos pré-determinados, se refiram a valores probabilísticos, sequenciando outros estudos dessa natureza, já realizados por CHEN (16) e SILVA (54).

4.2.3 - Levantamento das possibilidades e dos custos de produção de farinha de lagosta no Nordeste, incluindo itens como: disponibilidade de matéria prima, potencial de oferta e estrutura de comercialização.

4.2.5 - Levantamento dos custos de produção de sorgo, considerando vários aspectos agro-econômicos da cultura (competição de variedades, adubação, expansão de áreas plantadas, política de preços) e identificação de fatores que possam melhorar as atividades de produção, comercialização e uso deste cereal em rações avícolas.

- R E S U M O -

Este trabalho objetivou, basicamente, determinar rações de custo mínimo para frangos de corte, estudar a economicidade da introdução de novos ingredientes, em substituição ou complementação a outros tradicionalmente utilizados e estimar curvas de procura potencial para os novos ingredientes considerados.

Foi utilizada a técnica de Programação Linear, em que se buscou minimizar uma função de custo (função objetivo), sujeita a restrições determinadas pelos requerimentos nutricionais mínimos das aves.

Os coeficientes usados na composição da matriz foram fornecidos por tabelas especiais, tendo sido adaptados ou corrigidos por nutricionistas do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

Os novos ingredientes estudados foram: Sorgo, farelo de gergelim e farinha de cefalotórax de lagostas. A economicidade de utilização destes materiais foi determinada pela presença ou ausência de cada um deles na fórmula de custo mínimo (solução ótima).

Aos preços considerados na análise, o uso do farelo de gergelim é economicamente vantajoso apenas na ração "inicial", enquanto que a farinha de cefalotórax de lagostas entra somente na ração "engorda". Já o sorgo mostra-se utilizável em proporções relativamente grandes, tanto na primeira fórmula, quanto na segunda.

Estabeleceram-se as curvas de procura potencial para sorgo, farelo de gergelim e farinha de cefalotórax de lagostas através das análises de sensibilidade das soluções ótimas encontradas.

As condições de substituição de milho por sorgo foram analisadas sob vários níveis de preços relativos ($\frac{P_s}{P_m}$), tendo se concluído que o sorgo substitui vantajosamente o milho, em todos os níveis de preços relativos considerados.

B I B L I O G R A F I A

- 1 - ACKOFF, Russel L. e SASIENE, Maurice W. - Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, Editora Universidade de São Paulo, 1971. 523 p.
- 2 - BARROSO, Nilo Alberto et alii. - Análise Econômica do Ponto Ótimo de Abate de Frangos. Boletim de Informação Agropecuária do BNB, Fortaleza, 04, 1969.
- 3 - BASTOS, José Raimundo et alii. - Obtenção da Farinha e Solúvel do Cefalotórax de Lagostas. Arquivos de Ciência do Mar, Fortaleza, 11(2):95-98, dezembro, 1971.
- 4 - BENEKE, Raymond R. e WINTERBOER, Ronald. - Linear Programming and Applications to Agriculture. 1. ed. Ames, Iowa State University, 1973. 244 p.
- 5 - BILAS, Richard A. - Teoria Microeconômica. Trad. por Paulo Neuhaus e Hêlio Oliveira Portocarrero Castro. 2. ed. Rio de Janeiro, Forense, 1972. 404 p. (Original em inglês).
- 6 - BNB. - A Agricultura no Nordeste. Separata do Relatório Anual de 1970. Fortaleza, junho. 1971.
- 7 - BNB/ETENE. - A Cultura do Gergelim e Suas Possibilidades no Nordeste. Fortaleza, Dez. 1970.
- 8 - BNB/ETENE. - Mercado Potencial para o Sorgo no Nordeste. Fortaleza, Outubro. 1974.
- 9 - BROKKEN, Ray F. - Formulating Beef Rations Performance Under Environmental Stress. American Journal of Agricultural Economics-AJAE, Menasha (Wisc.), 53(1): 79-91, Feb. 1971.

- 10 - BUNDY, Clarence E. e DIGGINS, Ronald V. La Produccion Avicola. Trad. por Angel Zamora de la Fuente. 3.ed., Mexico, Continental, 1966. (Original em Inglês).
- 11 - BURGOS, Alfonso et alii. - Comparison of Amino Acid Content and Availability of Different Soybean Varieties in the Broiler Chick. Poultry Science, 52 (5):1822-1827. 1973.
- 12 - CAMPOS, Joaquim. - Tabelas para o Cálculo de Rações. - 4. ed. Viçosa, 1972.
- 13 - CHAVES, Raimundo Nonato de Miranda. - Rações de Custo Mínimo para Frangos de Corte, Através da Programação Linear. Ceres, Viçosa, XVII(94), out/dez.1970.
- 14 - CHAVES, Raimundo Nonato de Miranda. - Programação Linear num Projeto de Armazenagem e Secagem de Grãos. Viçosa, 1970. (Tese de MS).
- 15 - CHAVES, Raimundo Nonato de Miranda. - Noções de Programação Linear. (Notas mimeografadas).
- 16 - CHEN, Joyce T. - Quadratic Programming for Least Cost feed Formulations under Probabilistic Protein Constraints. American Journal of Agricultural Economics-AJAE, Menasha (Wisc.), 55(2):175-183, may, 1973.
- 17 - CESAL, Lon e MAGALHÃES, Carlos A. - Programação Linear - Viçosa, UFV-DER, 1973. (mimeografado).
- 18 - COMBS, G. F. e NOTT, Hugh. - Improved Nutrient Composition Data of Feed Ingredients; Amino Acid and Other Nutrient Specification for Linear Programming Broiler Rations. Feedstuffs, oct. 21, 1967.
- 19 - CHRISTMAS, R.B. et alii. - Utilization of Soft Phosphate in Diets with and without Fish meal on Supplemental Calcium Phosphate. British Poultry Science, 14(3):229-318, 1973.

- 20 - CRISTANCHO, Carlos Maciel. - Maximização do Lucro na Empresa Agrícola, pela Programação Linear. Viçosa, 1965. (Tese de MS).
- 21 - IPEANE. - Curso Rápido Sobre Nutrição. Recife, 1967. (mimeografado).
- 22 - DORFMAN, Robert et alii. - Linear Programming and Economic Analysis. New York, McGraw. 1958. 525 p.
- 23 - DRIEBEEK, Norman J. - Applied Linear Programming. 1. ed. Cambridge (Mass.), Addison-Wesley, 1969. 230 p.
- 24 - EAPA/SUPLAN. - Sinopse Estatística da Agricultura Brasileira, de 1947 a 1970. Brasília, Ago. 1972.
- 25 - ENGLER, Joaquim J. de Camargo e MEYER, Richard L. - Trigo: Produção, Preço e Produtividade. Pesquisa e Planejamento Econômico. Rio de Janeiro, 3(2): 341-368, jun. 1973.
- 26 - ESTÁCIO, Fernando. - "A Programação Linear". In: Análise e Planejamento da Exploração Agrícola - Seminário. Lisboa, Fundação Calouste-Gulbenkian, Centro de Estudos de Economia Agrária, 1964.
- 27 - EWING, Ray W. - Poultry Nutrition. 5. ed. Pasadena - (Calif.), Ray Ewing, 1963.
- 28 - FERGUSON, C.E. - Microeconomic Theory. 3. ed., Illinois, Irwin Homewood, 1972.
- 29 - IBGE, Fundação. - Fortaleza. Coleção de monografias, 473. 1970.
- 30 - GADELHA, José Adalberto. - Farelo de Raspa de Mandioca na Alimentação de Pintos. Viçosa, 1968. (Tese de MS).
- 31 - GADELHA, José Adalberto et alii. - Substituição da Farinha de Peixe pela de Cefalotórax de Lagostas,

- em Rações para Frangos de Corte. Bol. Cear. de Agron., Fortaleza, 13:39-47. Jun. 1972.
- 32 - GADELHA, José Adalberto et alii. - Substituição da Farinha de Peixe pelo Solúvel de Cefalotórax de Lagostas, em Rações para Frangos de Corte. Bol. Cear. Agron. Fortaleza, 13:49-56, jun. 1972.
- 33 - HEADY, Earl O. et alii. - Novos Procedimentos para Estimar as Taxas de Substituição de Alimentos e Determinar a Eficiência Econômica na Produção de Carne de Porco. Research Bulletin, Ames(Iowa), 409. May, 1954.
- 34 - HEADY, Earl O. e CANDLER, Wilfred. - Linear Programming Methods 6. ed., Ames(Iowa), Iowa State University, 1969.
- 35 - IBM - "1130 Linear Programming-Mathematical Optimization Subroutine System (1130 LP-MOSS)". Program Reference Manual - H 20 0345 - 2.
- 36 - MAGALHÃES, Carlos Augusto et alii.- Análise da Pecuária Leiteira em Competição com Outros Empreendimentos Agropecuários, Através da Programação Linear, Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa, Imprensa Universitária, 1971.
- 37 - MARUSICH, W.L. et alii. - Effect of Roxarsone and Canthanxanthin on Broiler Pigmentation. British Poultry Science. 14(1):1-36, 1963.
- 38 - MINER, J.J. et alii. - Amino Acid Content of Ingredients and Poultry Ration Restrictions. Feedstuffs, aug. 19, 1967.
- 39 - MIRSHAWKA, Victor. - Programação Linear. 1. ed., São Paulo, Nobel. 1971.

- 40 - MORRISON, Frank B. - Alimentos e Alimentação dos Animais. 2. ed., Rio de Janeiro, Melhoramentos. 1966.
- 41 - NEVES, Evaristo Marzabal. - Alocação de Recursos e Combinação de Atividades pela Programação Linear, em Empresas Leiteiras da Região de Lins, Estado de São Paulo. Viçosa, 1972. (Tese de MS).
- 42 - NOBRE, José Maria Eduardo. - Mercado Consumidor de Aves e Ovos em Fortaleza. Boletim de Informação Agropecuária do BNB. Fortaleza, 02. 1968.
- 43 - OKAMOTO, Cyro. - Produtividade Marginal e Uso dos Recursos na Produção de Aves de Corte em São Paulo. Viçosa, 1970. (Tese de MS).
- 44 - OLIVEIRA, Antônio Jorge de. - Análise Econômica da Exploração Florestal e sua Combinação com Outras Atividades, Através da Programação Linear, Zona da Mata de Minas Gerais. Viçosa, 1971. (Tese de MS).
- 45 - PANAGIDES, Stahis S. et alii. - Estudos Sobre uma Região Agrícola: Zona da Mata de Minas Gerais. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, Série Monográfica nº 9. 1973.
- 46 - PATRICK, George F. - Effects of Alternative Government Policies on Northeastern Agriculture. Rio de Janeiro, Ipea, 1973 (mimeografado).
- 47 - PEREIRA, José Aluísio e OLIVEIRA, Ana Maria P. de. - Aspectos de Custos e Investimentos na Produção de Aves e Ovos em Fortaleza. Ciência Agrônômica, Fortaleza, 1(2):53-58, Dez. 1971.
- 48 - RAYUDU, G.V.N. et alii. - Toxicity of Tanic Acid and its Metabolites for Chickens. Poultry Science, 4(49):957-960. Jul. 1970.

- 49 - RIBEIRO, Ricardo Pinto. - Produtividade dos Fatores de Produção, na Avicultura de Postura, Manaus, Estado do Amazonas, 1972. Viçosa, 1973. (Tese de MS).
- 50 - RICE, James E. e BOTSFORD, Harold E. - Practical Poultry Management. 6. ed., New York, John Wiley, 1956.
- 51 - SEVERINO, Joaquim. - Programação Linear Aplicada ao Planejamento de Empresas Pecuárias. Revista Paranaense de Desenvolvimento, 39:9-39, nov/dez.1973.
- 52 - SHOUP, F.K. et alii. - Nutritive Value of Six Commercial Sorghum Grain Hibrids. Poultry Science, 49(4): 957-960, Jul. 1970.
- 53 - SILVA, José Francisco Graziano da. - Cálculo de Rações de Custo Mínimo para Poedeiras Através da Programação Linear. Série de Estudos nº 15, ESALO, Piracicaba, 1973 (mimeografado).
- 54 - SILVA, Paulo Roberto. Estimating Least Cost Human Diets in the Northeast of Brazil with Stochastic Programming-Theoretical Issues and Policy Implications. Michigan State University, 1974 (PhD Dissertation).
- 55 - SIMÕES, Maria Helena Ribeiro e PATRICK, George F. - Dietas Adequadas de Custo Mínimo em Cristalina, Estado de Goiás. Revista Experientiae, Viçosa, vol. 10, out. 1970.
- 56 - _____ "Sorgo Granífero, Ótima Segunda Cultura". Revista O Dirigente Rural, 9(11-12):9-12, Set/Out. 1970.
- 57 - VIEIRA, Amauri et alii. - Um Exemplo de Cálculo de Ração de Custo Mínimo, Utilizando o Programa LP-MOSS (Linear Programming-Mathematical Optimization Subroutine System). Série Didática nº 32, Piracicaba, 1973 (mimeografado).

58 - VIEIRA, G.H.F. et alii. - Informações Preliminares Sobre a Farinha de Lagostas. Pesca e Pesquisa, Rio de Janeiro, 2(3/4):115-117, 1969.

A P Ê N D I C E A

Resolução de um Problema de Dieta pelo Método Simplex.

1.1 - Dados (Hipotéticos)

1.1.1 - Ingredientes disponíveis: X_1 e X_2 1.1.2 - Preços: $X_1 = 50,00/\text{Kg}$ $X_2 = 20,00/\text{Kg}$

1.1.3 - Coeficientes técnicos (valores nutritivos):

Cada unidade de X_1 contem:10 unidades do nutriente a_1 10 unidades do nutriente a_2 Cada unidade de X_2 contem:0 unidades do nutriente a_1 20 unidades do nutriente a_2

1.1.4 - Especificações mínimas da mistura:

Nutriente $a_1 = 30$ unidadesNutriente $a_2 = 90$ unidades

1.1.5 - Resumo das informações:

Nutrientes	Ingredientes		Especificações
	X_1	X_2	
a_1	10	0	30
a_2	10	20	90
Preços/Kg	50	20	xxxx

1.2 - Expressão Matemática do Problema:

$$\text{Min } C = 50X_1 + 20X_2$$

Sujeito a

$$10X_1 \geq 30$$

$$10X_1 + 20X_2 \geq 90$$

$$\text{e } X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

1.3 - Preparação do modelo, para aplicação do método Simplex:

1.3.1 - Transformar o problema de minimização em problema de maximização.

$$\text{Max } C = 50X_1 + 20X_2$$

sujeito a

$$10X_1 \leq 30$$

$$10X_1 + 20X_2 \leq 90$$

$$\text{e } X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

1.3.2 - Introduzir as variáveis de folga, para transformar as desigualdades em igualdades:

$$\text{Max } C = 50X_1 + 20X_2$$

sujeito a

$$10X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 0X_4 = 30$$

$$10X_1 + 20X_2 + 0X_3 + 1X_4 = 90$$

$$X_1 \geq 0; \quad X_2 \geq 0$$

1.3.3 - Igualar a Função Objetivo a zero:

$$C - 50X_1 - 20X_2 = 0$$

1.4 - Aplicação do Método Simplex, utilizando o processo dos Quadros:

1.4.1 - Para que se torne possível a aplicação do Método Simplex é necessário que o sistema de equações esteja na forma canônica, isto é, que a matriz formada pelos coeficientes das variáveis básicas (variáveis de folga) seja uma matriz identidade.

Como podemos verificar no item 1.3.2, os coeficientes das variáveis básicas - X_3 e X_4 - atendem a esta condição 20/.

Portanto, o Método Simplex se inicia sempre com um quadro apresentando o sistema na forma canônica:

	C	x_1	x_2	x_3	x_4	b	
	1	-50	-20	0	0	0	(i)
(1) X_3	0	10	0	1	0	30	(ii)
X_4	0	10	20	0	1	90	(iii)
	(I)	(II)	(III)	(IV)			

A coluna (I) é formada pelas variáveis básicas e por isso tem o título "Base".

A coluna (II) estão os coeficientes do custo e das variáveis básicas na Função Objetivo.

20/ - Quando existem no modelo restrições de máximo e de mínimo, ocorre o chamado "Caso das Dificuldades". A forma canônica não se apresenta de início, havendo necessidade de um procedimento especial, para que a matriz identidade seja obtida.

O campo (iii) mostra os coeficientes de todas as variáveis do sistema (inclusive as variáveis de folga) e a coluna (IV) exhibe os níveis das restrições).

A função objetivo está expressa na linha (i) e cada uma das equações do sistema tem seus coeficientes relacionados nas linhas (ii) e (iii).

1.4.2 - Mudanças de Base:

A determinação das variáveis que vão se substituir na base é feita através do seguinte procedimento:

Entrará na base a variável que apresente o menor coeficiente na função objetivo (no caso, x_1). Para determinar qual das variáveis deve sair calcula-se linha por linha, os quocientes dos elementos da coluna (IV) sobre os elementos da coluna a que pertence a variável que vai entrar.

O menor quociente indica em que linha se encontra a variável que sairá da base ^{21/}.

Neste exemplo temos:

a - Quociente da linha (ii) sobre a coluna x_1 : $30/10 = 3$

b - Quociente da linha (iii) sobre a coluna x_1 : $90/10 = 9$

Como o menor quociente é 3, conclui-se que deverá sair da base a variável pertencente à linha (ii) e à coluna x_1 , no caso, a variável x_3 .

^{21/} - Esta linha é chamada "Linha Pivô", pois serve de base a todas as operações que se têm de fazer, quando há necessidade de transformar o sistema para a base canônica.

Pode-se então construir um novo quadro, introduzindo as mudanças descritas:

	C	x_1	x_2	x_3	x_4	b	
(2)	BASE	1	0	-20	5	0	150 (i)
	x_1	0	1	0	0,1	0	3 (ii)
	x_4	0	0	20	-1	1	60 (iii)

Colocadas as variáveis básicas, este quadro foi completado usando os elementos do quadro (1) e fazendo sobre eles as seguintes transformações:

- Linha Pivô do quadro (1) multiplicada por 5 e somada à linha (i) do mesmo quadro, para completar a linha (i) do quadro (2).
- Linha Pivô do quadro (1) multiplicada por 0,1, para obtenção da linha (ii) do quadro (2).
- Linha Pivô do quadro (1) multiplicada por -1 e somada à linha (iii) do mesmo quadro, para completar a linha (iii) do quadro (2).

Como ainda não foi conseguida a solução ótima, o que só ocorrerá quando todos os coeficientes da função objetivo forem não negativos, inicia-se uma nova iteração.

Há necessidade de se processar outra mudança de base. O procedimento para escolha da variável que entra e da que deve sair é o mesmo descrito na primeira iteração. Portanto, neste exemplo, x_2 passa a ser uma variável básica, em substituição a x_4 e o quadro (3) pode ser determinado:

	C	x_1	x_2	x_3	x_4	b	
(3)	Base	1	0	0	4	1	210 (i)
	x_1	0	1	0	0,1	0	3 (ii)
	x_2	0	0	1	-0,05	0,05	3 (iii)

Para completar o quadro (3) foram feitas sobre os elementos do quadro (2) as seguintes transformações:

- a - Linha Pivô multiplicada por 1 e somada à linha (i) do mesmo quadro, para completar a linha (i) do quadro (3).
- b - Repetição da linha (ii).
- c - Multiplicação da linha pivô por 0,05, obtendo-se a linha (iii) do quadro (3).

Todos os coeficientes da Função Objetivo são agora positivos ou nulos, indicando que a solução ótima foi alcançada.

Os elementos da coluna b representam, respectivamente, o custo da ração (linha i), a quantidade do ingrediente X_1 (linha ii) e a quantidade do ingrediente X_2 (linha iii).

1.5 - Verificação:

1.5.1 - Solução: $X_1 = 3$; $X_2 = 3$.

1.5.2 - Restrições:

$$A_1 = (10 \times 3) + (0 \times 3) = 30$$

$$A_2 = (10 \times 3) + (20 \times 3) = 90$$

1.5.3 - Custo:

$$C = 50X_1 + 20X_2$$

$$C = 50(3) + 20(3) = 150 + 60 = 210$$

A P Ê N D I C E B

Valores reais dos custos das rações:

1 - Ração "inicial":

Farinha de soja.....	1,924 Kg	x	1,30 =	Cr\$ 2,50
Farinha de carne.....	0,485	x	1,50 =	0,72
Farinha de peixe.....	0,500	x	2,00 =	1,00
Torta de algodão.....	0,227	x	0,70 =	0,15
Milho.....	1,500	x	0,90 =	1,35
Sorgo.....	3,816	x	0,60 =	2,28
Farelo de trigo.....	0,937	x	0,28 =	0,26
Farelo de gergelim.....	0,393	x	1,20 =	0,47
Metionina sintética.....	0,015	x	18,00 =	0,27
Suplementos.....	0,130	x	- =	1,34

T O T A L :..... = Cr\$10,34

2 - Ração "engorda" - "E₁" (com sorgo):

Farinha de soja.....	1,124 Kg	x	1,30 =	Cr\$ 1,46
Farinha de carne.....	0,433	x	1,50 =	0,64
Farinha de peixe.....	0,220	x	2,00 =	0,44
Torta de algodão.....	0,500	x	0,70 =	0,35
Milho.....	1,500	x	0,90 =	1,35
Sorgo.....	5,480	x	0,60 =	3,28
Farinha de Lagostas.....	0,271	x	2,00 =	0,54
Farelo de trigo.....	0,143	x	0,28 =	0,04
Farelo de gergelim.....	0,102	x	1,20 =	0,12
Metionina sintética.....	0,016	x	18,00 =	0,28
Lisina sintética.....	0,008	x	20,00 =	0,16
Suplementos.....	0,105		- =	0,96

T O T A L :..... = Cr\$ 9,62

3 - Ração "engorda" - "E₂" (sem sorgo):3.1 - P_m = Cr\$ 0,90/Kg

Farinha de soja:.....	1,359 Kg	x	1,30 =	Cr\$ 1,76
Farinha de carne:.....	0,509	x	1,50 =	0,76
Farinha de peixe:.....	0,300	x	2,00 =	0,60
Torta de algodão:.....	0,500	x	0,70 =	0,35
Milho:.....	6,969	x	0,90 =	6,27
Farelo de trigo:.....	0,066	x	0,28 =	0,01
Farelo de gergelim:.....	0,079	x	1,20 =	0,09
Metionina sintética:.....	0,009	x	18,00 =	0,16
Lisina sintética:.....	0,005	x	20,00 =	0,10
Suplementos:.....	0,105	-	=	0,96

T O T A L : = Cr\$11,06

3.2 - - P_m = Cr\$ 0,60/Kg

Farinha de soja:.....	1,359 Kg	x	1,30 =	Cr\$ 1,76
Farinha de carne:.....	0,509	x	1,50 =	0,76
Farinha de peixe:.....	0,300	x	2,00 =	0,60
Torta de algodão:.....	0,500	x	0,70 =	0,35
Milho:.....	6,969	x	0,60 =	4,18
Farelo de trigo:.....	0,066	x	0,28 =	0,01
Farelo de gergelim:.....	0,079	x	1,20 =	0,09
Metionina sintética:.....	0,009	x	18,00 =	0,16
Lisina sintética:.....	0,005	x	20,00 =	0,10
Suplementos:.....	0,105	x	- =	0,96

T O T A L : = Cr\$ 8,97

3.3 - $P_m = \text{Cr\$ } 0,72/\text{Kg}$

Farinha de soja:.....	1,359 Kg	x	1,30 =	Cr\$ 1,76
Farinha de carne:.....	0,509	x	1,50 =	0,76
Farinha de peixe:.....	0,300	x	2,00 =	0,60
Torta de algodão:.....	0,500	x	0,70 =	0,35
Milho:.....	6,969	x	0,72 =	5,01
Farelo de trigo:.....	0,066	x	0,28 =	0,01
Farelo de gergelim:.....	0,079	x	1,20 =	0,09
Metionina sintética:.....	0,009	x	18,00 =	0,16
Lisina sintética:.....	0,005	x	20,00 =	0,10
Suplementos:.....	0,105	-	=	0,96

T O T A L :..... = Cr\$ 9,80

A P E N D I C E C

Elasticidades-Preço da Procura para Alguns
Componentes das Rações

1 - Ração "Inicial":

1.1 - Farinha de Carne:

Preço (Cr\$)	Quantidade (Kg)	Elasticidade
1,45	0,581	$|-4,79| > 1$
1,50	0,485	$|-27,83| > 1$
1,51	0,395	

1.2 - Metionina sintética:

Preço (Cr\$)	Quantidade (Kg)	Elasticidade
0,23	0,180	
18,00	0,015	$|-0,118| < 1$
27,02	0,014	$|-0,113| < 1$

2 - Ração "Engorda" - "E₁":

2.1 - Sorgo:

Preço (Cr\$)	Quantidade (Kg)	Elasticidade
0,01	5,598	
0,60	5,480	$|0,003| < 1$
0,72	4,375	$|-1,008| > 1$

2.2 - Metionina sintética:

Preço (Cr\$)	Quantidade (Kg)	Elasticidade
0,01	0,082	$|-0,0004| < 1$
18,00	0,016	
112,12	0,014	$|-0,023| < 1$

2.3 - Lisina sintética:

Preço (Cr\$)	Quantidade (Kg)	Elasticidade
0,01	0,074	$|-0,0004| < 1$
20,00	0,008	$|-0,1247| < 1$
80,17	0,005	

Observações:

Os coeficientes de elasticidade preço da procura aqui apresentados, foram calculados tomando-se como base as variações de preços e de quantidades fornecidas pelos resultados das análises de sensibilidade realizadas. Como estas variações, em alguns casos, são relativamente bruscas, ocorrem variações igualmente bruscas nos coeficientes determinados.

Outro fator determinante dessas acentuadas variações é a substituição que ocorre entre ingredientes de propriedades nutritivas semelhantes, quando o preço de um aumenta em relação ao outro. Um pequeno aumento no preço da farinha de carne, por exemplo, pode conduzir a uma diminuição brusca na quantidade deste ingrediente na fórmula da ração, ocasionada pela entrada de uma maior quantidade de farinha de soja.

Finalmente, a variação nestes coeficientes de elasticidade preço da procura pode ser atribuída ao estabelecimento de restrições quantitativas para alguns ingredientes, tornando seus níveis na solução insensíveis a pequenas variações de custo, sendo necessárias mudanças relativamente grandes nos preços, para provocar um pequeno deslocamento nas quantidades.