

ANÁLISE ECONÔMICA DO ARRAÇOAMENTO DE
FRANGOS DE CORTE

RUBENS VALENTINI

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura «Luiz de Queiroz» da
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia

PIRACICÁBA
Estado de São Paulo
1970

À minha espôsa

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Rodolfo Hoffmann, orientador desta pesquisa e particular amigo, pelo dedicado apôio que nos prestou nas diferentes fases dêste trabalho.

Ao Professor Dr. Érico da Rocha Nobre, pelo estímulo constante e pela cuidadosa revisão crítica do texto original.

Ao Professor Dr. Paulo Fernando Cidade de Araújo, pelas valiosas críticas e oportunas sugestões que nos ofereceu.

Aos Professores Dr. Humberto de Campos, Irineu Humberto Packer e Roberto Dias de Moraes e Silva, pela inestimável colaboração dada nas diferentes etapas da pesquisa.

Às Sras. Elisa da Silva Peron e Thereza Watanabe e ao Sr. Lázaro Martins, pela eficiência e dedicação com que colaboraram conosco.

Aos bons amigos e companheiros do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da ESALQ, que contribuíram para que êste trabalho chegasse a bom têrmo.

Ao Escritório de Estatística, Análises e Estudos Econômicos (ESCO) do Ministério da Agricultura, que nos facilitou os recursos necessários à consecução dêste trabalho de pesquisa.

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DOS QUADROS	iv
LISTA DAS FIGURAS	vii
LISTA DOS APÊNDICES	ix
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1. Características Gerais da Avicultura Paulista	2
2. Objetivos do Trabalho	12
CAPÍTULO II - MATERIAL E METODOS	14
1. Tratamento Teórico da Análise Econômica da Produção	15
1.1. Ponto Extremo	15
1.2. Produto Físico Médio	17
1.3. Produto Físico Marginal	17
1.4. Elasticidades Parciais de Produção	17
1.5. Isoquantas	18
1.6. Taxa Marginal de Substituição	18
1.7. Isóclinas	19
1.8. Linha-Limite	20
1.9. Linha de Expansão	20
1.10. Os Estádios da Função de Produção	22

1.11. O Estádio Racional da Função de Produção	23
1.12. O Estádio II de uma Função de Produção com duas Variáveis Independentes	24
2. Os Modelos Matemáticos para Análise das Relações Fator-Fator	25
2.1. Modelo I - Função Polinomial "Raiz-Quadrada" com duas Variáveis Independentes..	27
2.2. Modelo II - Função Polinomial Quadrática com duas Variáveis Independentes	35
2.3. Modelo III - Função de Produção Cobb-Douglas com duas Variáveis Independentes.	42
3. A Idade Ótima de Abate de Frangos	47
3.1. O Modelo Algébrico	49
4. Os Modelos Estatísticos	52
4.1. Modelos para o Estudo das Relações Fator-Fator	52
4.2. Modelos para Determinação da Idade Ótima de Abate	54
5. Material	56
CAPÍTULO III - RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
1. Análises de Variância e Covariância	63
2. Relações Fator-Fator	65

2.1. Produtos Físicos Marginais	70
2.2. Isoquantas	72
2.3. Taxas Marginais de Substituição	73
2.4. Linhas-Limite	73
2.5. Linhas de Expansão	74
2.6. Combinações Ótimas de Energia e Proteína.	93
3. Idade Ótima para Abate de Frangos	96
3.1. Equações de Crescimento	96
3.2. Equações do Consumo de Ração	96
3.3. Equações de Receita e Equações de Custo .	97
CAPÍTULO IV - RESUMO E CONCLUSÕES	106
1. Resumo	107
2. Conclusões	111
SUMMARY AND CONCLUSIONS	115
1. Summary	116
2. Conclusions	120
BIBLIOGRAFIA	124

LISTA DOS QUADROS

	Pág.
1. Abate de Frangos Fiscalizado por Órgãos Oficiais; no Estado de São Paulo. Período 1965/69	3
2. kg de ingredientes por 100 kg das rações usadas no experimento com frangos de corte	58
3. Análise calculada das rações, com base nas tabelas de nutrientes proposta por TORRES (1969)	59
4. Níveis de Garantia da Ração Comercial (por kg) ..	60
5. Equações de regressão ajustadas ao ganho de peso de um frango macho, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses)	66
6. Equações de regressão ajustadas ao ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e teste "t" dos parâmetros (entre parênteses)	67
7. Equações de regressão ajustadas ao ganho de peso de uma franga, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses)	68
8. Equações do ganho marginal de peso de um frango macho, em função do consumo de Milho ($PFMa_M$) e Soja ($PFMa_S$)	71
9. Equações do ganho marginal de peso de uma ave representativa de um lote misto, em função do consumo adicional de Milho ($PFMa_M$) e Soja ($PFMa_S$). ..	71
10. Equações do ganho marginal de peso de uma franga, em função do consumo adicional de Milho ($PFMa_M$) e Soja ($PFMa_S$)	72

11. Funções Cobb-Douglas ajustadas ao ganho de peso (em gramas) por ave no Período I, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses) 76
12. Funções Cobb-Douglas ajustadas ao ganho de peso (em gramas) por ave, no Período II, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t". 76
13. Equações das linhas de expansão para as funções apresentadas no Quadro 5 77
14. Equações das linhas de expansão para as funções apresentadas no Quadro 6 77
15. Equações das linhas de expansão para as funções apresentadas no Quadro 7 77
16. Equações das linhas de expansão baseadas nas equações Cobb-Douglas ajustadas aos dados referentes aos Períodos I e II apresentadas, respectivamente, nos Quadros 11 e 12 77
17. Relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína para os diferentes pesos de frangos Machos, preditas pelos modelos I, II e III 93
18. Relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína para os diferentes pesos de uma ave de lote misto, preditas pelos modelos I, II e III . 94
19. Relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína para os diferentes pesos de Fêmeas, preditas pelos modelos I, II e III 95
20. Equações cúbicas ajustadas ao crescimento do peso médio por Ave (em gramas), em diferentes tratamentos em função do tempo, seus coeficientes de determinação e os respectivos testes "t" dos parâmetros 98

21. Equações de Gompertz ajustadas ao crescimento do peso médio por Ave (em gramas), em diferentes tratamentos em função do tempo, seus coeficientes de determinação e os respectivos testes "t" dos parâmetros 99
22. Equações cúbicas ajustadas ao consumo médio acumulado de Ração por ave (em gramas) em diferentes tratamentos, em função do tempo, seus coeficientes de determinação e os respectivos testes "t" dos parâmetros 100
23. Idades Ideais de Abate dos Frangos sob cada Tratamento e a Respectiva Taxa de Remuneração do Capital, por Semana 104

LISTA DAS FIGURAS

	Pág.
1. Linha de regressão ajustada aos dados do preço mensal médio pago ao produtor pelo quilo de carne de frango, na granja. Período 1965-69	7
2. Linha de regressão ajustada aos dados do custo mensal médio de produção de um quilo de carne de frango. Período 1965-69	8
3. Variação estacional do preço da carne de frango pago ao produtor, na granja. Período 1965-69 .	9
4. Variação estacional do custo de produção de carne de frango. Período 1965-69	10
5. Mapa de isoquantas, linha-limite e linha de expansão, derivadas da função polinomial "Raiz-Quadrada" ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período Total	78
6. Mapa de isoquantas, linhas-limite e linha de expansão, derivados da função polinomial Quadrática ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período Total	79
7. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período Total ...	80
8. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função polinomial "Raiz-Quadrada" ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período Total ...	81
9. Mapa de isoquantas, linhas-limite e linha de expansão, derivados da função polinomial "Quadrática" ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período Total	82

10. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada ao ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período Total.	83
11. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função polinomial "Raiz-Quadrada" ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período Total	84
12. Mapa de isoquantas, linhas-limite e linha de expansão, derivados da função polinomial "Quadrática" ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período Total	85
13. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados de ganho de peso de uma franga. Período Total ...	86
14. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período I.....	87
15. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período I.....	88
16. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período I	89
17. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período II	90
18. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período I.	91
19. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período II.....	92

LISTA DOS APÊNDICES

	Pág.
1. Condições Meteorológicas Verificadas em Piracicaba no Período 30/4/70 a 20/8/70	131
2. Valores Semanais Observados do Pêso das Aves por Parcela	135
3. Valores Semanais Observados para o Consumo Cumulativo de Ração pelas Aves e Número de Aves por Parcela	137
4. Análises de Variância e Covariância dos Dados Básicos	140
5. Equações das Isoquantas	206
6. Equações das Taxas Marginais de Substituição	208
7. Equações das Linhas-Limite	209
8. Representação gráfica das funções ajustadas aos dados do ganho de pêso, por ave	210
9. Representação gráfica das funções ajustadas aos dados do consumo de ração, por ave	220
10. Valores do custo de produção e da cotação de mercado do quilo de frango, mês a mês, período 1965/1969	230

C A P I T U L O I

INTRODUÇÃO

1. Características Gerais da Avicultura Paulista

A produção de frangos de corte, no Estado de São Paulo, é uma das atividades agrícolas que têm apresentado maior crescimento quantitativo e qualitativo.

A demanda crescente de proteína animal de baixo preço, o desenvolvimento de linhagens altamente especializadas, o aprofundamento dos conhecimentos sobre nutrição animal e a facilidade de importar essa tecnologia, aliados à melhoria das técnicas de manejo e à instalação de infra-estruturas industrial de insumos e de assistência técnica, respectivamente, parecem ser alguns dos principais fatores responsáveis por esse progresso.

Faltam séries temporais de dados que permitam análise mais minuciosa desse fenômeno. O Ministério da Agricultura mantém em São Paulo uma seção do ETIPOA - Equipe Técnica de Classificação e Inspeção de Produtos de Origem Animal - responsável pelo controle dos abatedouros e frigoríficos que enviam aves mortas para outros Estados. O Instituto de Zootecnia da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo deve, por lei, inspecionar o abate de aves destinadas ao mercado paulista. Ambos os órgãos mantêm registros estatísticos dos abates fiscalizados que constam, em parte, do Quadro 1.

Quadro 1. Abate de Frangos Fiscalizado por Órgãos Oficiais, no Estado de São Paulo. Período 1965/69.

Ano	I. Z. INST. DE ZOOTECNIA S.P.	ETIPOA	Total
65	4.010.982	5.470.222	9.481.204
66	5.938.956	6.718.382	12.657.338
67	8.082.437	8.097.029	16.179.466
68	8.246.450	9.863.716	18.110.166
69	(a)	10.546.463	-

(a) dado não disponível.

Êsses dados representam o total abatido de frangos, galos, patos e marrecos, sendo que só o grupo de frangos representa, em média, mais de 97% do total. Dada a inexistência de outros dados e o fato de que praticamente inexistente comércio inter-estadual de aves vivas, pode-se considerar que a totalidade dêsses frangos é criada em São Paulo.

A verdade, porém, é que os números do Quadro 1 subestimam tremendamente a realidade. Levantamentos ainda não oficiais feitos por técnicos que trabalham no setor e baseados na importação de "gerações de avós" e nas vendas de pintos de um dia, estimam uma produção estadual, em 1968, da ordem de 80 milhões de aves. Cálculos do SIRESP (1970) - Sindicato da Indústria de Rações do Estado de São Paulo - sugerem que a produção em 1970 deverá ser da ordem de 110 milhões de cabeças.

Estas estimativas parecem mais consistentes com a importância atual da avicultura, onde apenas os dados sôbre produção de ovos compilados pelo Instituto de Economia Agrícola levam-na a ocupar, em 1968 e 1969, respectivamente, o sétimo e sexto lugares na composição da renda bruta da agricultura paulista. A revista "Avicultura Brasileira" 1/, calculando a renda da produção industrial de frangos com base nas estimativas acima citadas, argumenta que os 192 milhões de cruzeiros provenientes dessa atividade elevariam a renda da avicultura - ovos e carne - em 1968, a casa dos 424 milhões de cruzeiros, o que a colocaria em terceiro lugar na classificação geral, com renda bruta apenas inferior à renda proveniente da pecuária bovina e da cana-de-açúcar.

Apesar da fragilidade dos dados, é inegável que nas duas últimas décadas a criação de aves para corte tem passado por desenvolvimentos constantes. O fenômeno é, aliás, internacional. Dados referentes aos Estados Unidos da América, por exemplo, apresentados por JAAP (1968) indicam que em 1946-47 os frangos de corte atingiam, em média, 1.180 g_g em dez semanas enquanto em 1965-66 alcançavam 1.950 g_g em oito semanas. CLAYTON (1969) cita dados seme-

1/ n^o 68, agosto de 1969, p. 54.

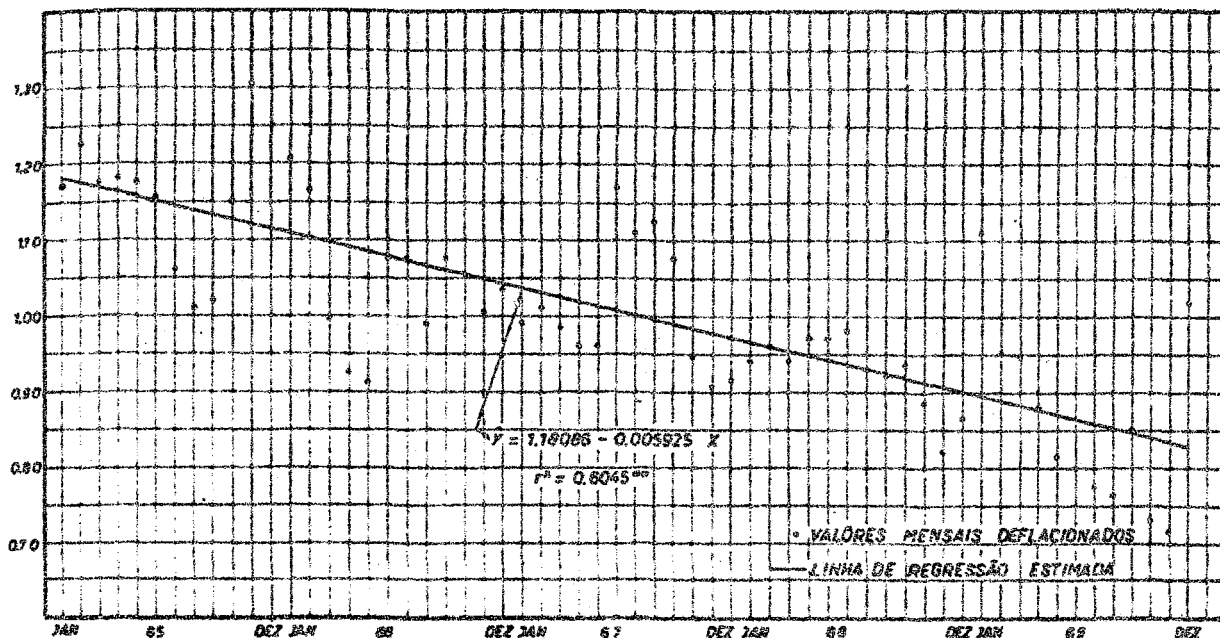
lhantes para a avicultura do Reino Unido: em 1954 as aves atingiam o peso de abate, em média, de 1.590 g., aos setenta e sete dias, sendo que, em 1963-64, atingiam o mesmo peso aos sessenta e três dias.

O mesmo fenômeno parece ter ocorrido no Brasil e especialmente em São Paulo. As razões desses avanços técnicos da avicultura de corte, como também da avicultura de postura, devem, por certo, ser atribuídas principalmente ao desenvolvimento de pesquisas genéticas, veterinárias e nutricionais sobre a criação de aves a partir do fim da Segunda Guerra Mundial. Raças de aves especializadas foram desenvolvidas, implementaram-se os estudos sobre as doenças das aves, sua prevenção e controle, e novos e aprofundados conhecimentos sobre nutrição foram alcançados. Essas técnicas, desenvolvidas em outros países, são de fácil importação e de aplicação quase imediata, requerendo poucas adaptações locais, e a partir de 1960 começaram a ficar ao alcance do avicultor brasileiro. Das duas dezenas de marcas de aves existentes no mundo, a maioria tem representantes entre nós; grandes grupos internacionais produtores de medicamentos, nutrientes e rações encontram-se, também, presentes no mercado nacional e, em grande parte, podem ser considerados os responsáveis pelo crescimento de nossa produção de carne de aves. Mas todo esse progresso técnico não foi suficiente

para garantir uma razoável estabilidade a essa importante atividade econômica. Seguindo o mesmo processo verificado em países de avicultura avançada, a avicultura brasileira encontrou, no princípio de seu crescimento, um mercado bastante favorável que estimulou sua expansão. A curto prazo, porém, rompeu-se o equilíbrio entre oferta e procura e começaram a alternarem-se épocas de preços altos e preços baixos. Ainda repetindo um processo já conhecido em outros países como, por exemplo, Inglaterra, Estados Unidos e Canadá, as melhorias alcançadas, respectivamente, na taxa de conversão alimentar - relação entre o número de quilos de ração necessários à produção de um quilo de carne - na taxa de mortalidade e nos sistemas de manejo, resultaram numa redução do preço real, por unidade, pago ao produtor.

A Figura 1, representando os preços mensais (fornecidos pela Cooperativa Agrícola de Cotia - CC), em cruzeiros constantes, pagos ao produtor por quilo de frango, no período 1965-69, e a equação de regressão a eles ajustada, ilustra bem a afirmativa precedente. O preço real recebido pelo criador por quilo de frango cai Cr\$ 0,0059 por mês, nos últimos cinco anos. É impossível, porém, dizer se esta redução é transferida ao consumidor final, uma vez que não existem séries históricas consistentes de preços de varejo.

Figura 1. Linha de regressão ajustada aos dados do preço mensal médio(a) pago ao produtor pelo quilo de carne de frango, na granja. Período 1965-69.

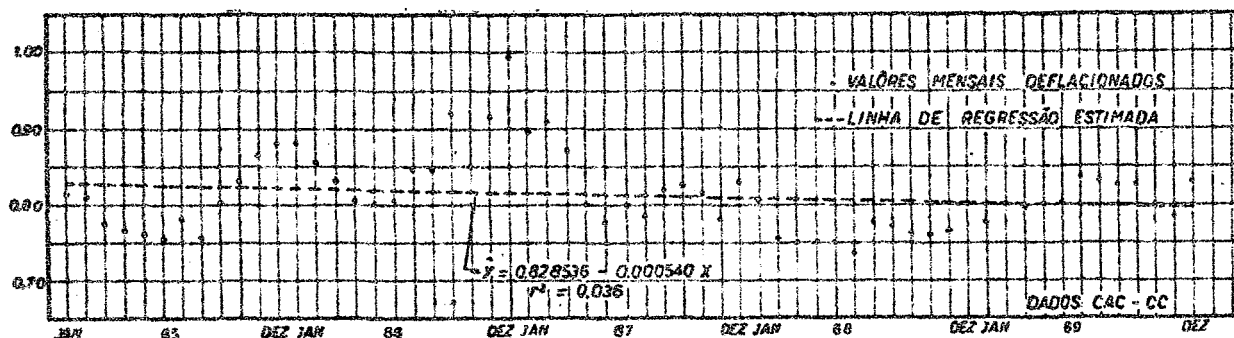


Dados básicos: Coop. Agr. Cetia - CC. Apêndice IX.

(a) Valores deflacionados pelo índice "2", F.G.V. 1965-67 = 100.

Os custos diretos de produção de frangos nesse mesmo período (de 1965-69) mantiveram-se constantes, como ilustra a Figura 2.

Figura 2. Linha de regressão ajustada aos dados do custo mensal médio(a) de produção de um quilo de carne de frango. Período 1965-69.

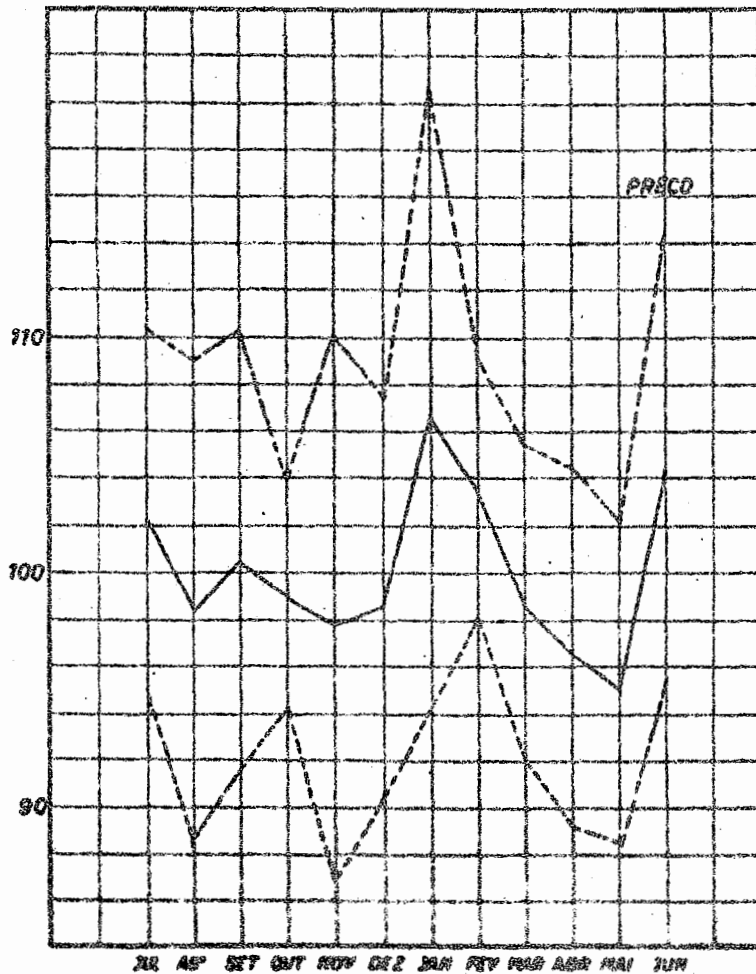


Dados básicos: Coop. Agr. Cotia - CC. Apêndice X.
 (a) Valores deflacionados pelo índice "2", F.G.V.
 1965-67 = 100.

Observa-se, assim, que têm sido comprimidas as margens de lucro do criador.

Ainda com relação aos preços da carne de frango, ao contrário do que se poderia esperar, praticamente inexistiu um padrão acentuado de variação estacional no período em exame, conforme se observa na Figura 3.

Figura 3. Variação estacional(a) do preço da carne de frango pago ao produtor, na granja. Período 1965-69.

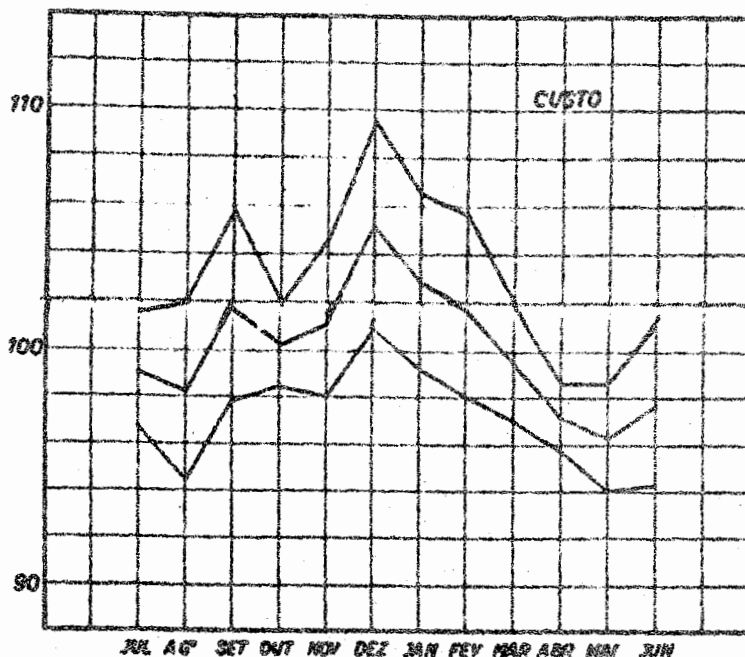


Dados básicos: Coop. Agr. Cotia - CC. Apêndice IX.
(a) Calculada pelo método da média geométrica móvel.

Do lado dos custos de produção, a Figura 4 mostra a existência de certa estacionalidade, embora esta com índices não muito elevados.

O padrão de estacionalidade dos custos de produção é bastante semelhante ao padrão estacional do preço do milho, o que seria de se esperar, uma vez que o milho é o elemento de maior peso dentre os itens do custo de produção.

Figura 4. Variação estacional(a) do custo de produção de carne de frango. Período 1965-69.



Dados básicos: Coop. Agr. Cotia - CC. Apêndice IX.
(a) Calculada pelo método da média geométrica móvel.

Os fatores de estacionalidade agem, assim, em determinados períodos do ano, em prejuízo das margens de lucro dos criadores.

De outra parte, porém, nas épocas ocasionais de boa lucratividade das explorações avícolas para corte, existem estímulos para a entrada de produtores marginais no mercado, acentuando as pressões no sentido da elevação desproporcional da oferta de carne. Os empresários que se dedicam de maneira estável à criação de frangos têm, normalmente, grandes investimentos no setor, o que os obriga a permanecer na atividade mesmo nas épocas ruins.

Dada a grande dispersão espacial das zonas de exploração avícola e as múltiplas fases da atividade criatória, "lato sensu", executadas por diversas empresas, torna-se difícil controlar a oferta com o objetivo de estabilizar os preços. As cooperativas, de uma forma geral, têm falhado nesse objetivo o que se pode concluir da redução de sua participação no mercado. Por outro lado, ainda, praticamente inexitem entre nós experiências de integração comercial. Como medida ao alcance mais imediato do criador para assegurar uma remuneração razoável para sua atividade e investimentos resta, apenas, a melhoria do manejo, com as consequentes reduções nos custos de produção.

2. Objetivos do Trabalho

Para a melhoria dos sistemas de manejo é útil o conhecimento das características econômicas da produção. Os custos com alimentação atingem, aproximadamente, 70% dos custos variáveis. Os custos da energia metabolizável e da proteína, por sua vez, representam os itens mais importantes dos custos com alimentação. Por outro lado, os zootecnistas argumentam que, embora as aves requeiram uma relação energia/proteína crescente durante seu desenvolvimento, são bastante amplos os limites entre os quais se processa o bom crescimento das aves.

O primeiro dos objetivos dêste trabalho é aplicar o instrumental da Economia da Produção visando a sugerir as combinações mais econômicas de Energia e Proteína para alimentação de frangos de corte, em diferentes idades. Em consequência de ser um dos primeiros estudos dessa natureza que se fazem no Brasil e, tendo em vista a escassez de dados básicos, damos ênfase a aspectos metodológicos no sentido de contribuir para o estabelecimento do modelo matemático que melhor se adapta a êstes estudos.

Como segundo objetivo, também de índole metodológica, procuramos desenvolver uma equação que permita determinar a idade ideal de abate dos frangos com a meta de maximizar a rentabilidade do capital do empresário, ao invés do procedimento usual de maximizar a receita líquida por lote.

C A P Í T U L O I I

MATERIAL E MÉTODOS

1. Tratamento Teórico da Análise Econômica da Produção

Consideremos a função de produção

$$Z = f(X, Y | U_1, U_2, \dots, U_n)$$

na qual

Z = quantidade física de produto

X, Y = quantidades dos fatores variáveis de produção

U_1, U_2, \dots, U_n = quantidades dos fatores fixos de produção

Desta equação, analizaremos os seguintes aspectos:

1.1. Ponto Extremo

Para a existência de um ponto extremo (X_0, Y_0) impõem-se que as derivadas parciais de primeira ordem para esse ponto sejam nulas

$$\frac{\partial Z}{\partial X} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\partial Z}{\partial Y} = 0 \quad (2.1)$$

Existindo o ponto (X_0, Y_0) , a determinação da natureza desse ponto extremo se faz pelo estudo das derivadas

parciais de segunda ordem. Denominemos as derivadas parciais de segunda ordem no ponto (X_0, Y_0) como se segue

$$A = \frac{\partial^2 Z}{\partial X^2} \quad B = \frac{\partial^2 Z}{\partial X Y} \quad C = \frac{\partial^2 Z}{\partial Y^2}$$

Tem-se, agora, as seguintes condições

$$a) B^2 - AC < 0 \quad e \quad A < 0 \quad (2.2)$$

ocasião em que a superfície apresenta um máximo relativo em (X_0, Y_0)

b) $B^2 - AC < 0$ e $A > 0$, ocasião em que a superfície apresenta um mínimo relativo em (X_0, Y_0)

c) $B^2 - AC > 0$, situação em que ocorre um ponto de sela em (X_0, Y_0)

d) $B^2 - AC = 0$, situação em que a natureza do ponto crítico (X_0, Y_0) continua indeterminada. Como dentro dos limites dêste trabalho temos um caso de fatores de produção substituíveis, a superfície de produção física deverá ser côncava em relação ao plano dos eixos coordenados X e Y, ou seja, deverá apresentar um ponto de máximo, satisfazendo a condição (2.2).

1.2. Produto Físico Médio

As equações do produto físico médio do fator X - $PFMe_X$ - e do produto físico médio do fator Y - $PFMe_Y$ - são dadas por

$$PFMe_X = \frac{Z}{X} \quad (2.3)$$

e

$$PFMe_Y = \frac{Z}{Y} \quad (2.4)$$

1.3. Produto Físico Marginal

As equações do produto físico marginal do fator X - $PFMa_X$ - e do produto físico marginal do fator Y - $PFMa_Y$ - são dadas por

$$PFMa_X = \frac{\partial Z}{\partial X} \quad (2.5)$$

e

$$PFMa_Y = \frac{\partial Z}{\partial Y} \quad (2.6)$$

1.4. Elasticidades Parciais de Produção

A elasticidade parcial da produção Z em relação ao fator X - E_X - é expressa por

$$E_X = \frac{\partial Z}{\partial X} \cdot \frac{X}{Z} \quad (2.7)$$

enquanto a elasticidade parcial da produção Z em relação ao fator Y - E_Y - se exprime por

$$E_Y = \frac{\partial Z}{\partial Y} \cdot \frac{Y}{Z} \quad (2.8)$$

Substituindo (2.3) e (2.5) em (2.7) podemos escrever

$$E_X = \frac{PFMa_X}{PFMe_X} \quad (2.9)$$

e, análogamente,

$$E_Y = \frac{PFMa_Y}{PFMe_Y} \quad (2.10)$$

1.5. Isoquantas

Para uma produção constante Z_0 , tem-se a função

$$X = \phi (Y|Z_0) \quad (2.11)$$

de onde se podem determinar as diferentes combinações de X e Y que proporcionam a quantidade Z_0 de produto.

1.6. Taxa Marginal de Substituição

Dada a equação (2.11) a relação entre a variação do fator Y e a variação relativa do fator X é medida pela

Taxa Marginal de Substituição de X por Y - $TMaS_{XY}$ ^{2/}

$$TMaS_{XY} = -\frac{dY}{dX} \quad (2.12)$$

A Taxa Marginal de Substituição do fator Y pelo fator X - $TMaS_{YX}$ - será dada pelo inverso da Taxa Marginal de Substituição de X por Y, ou seja,

$$TMaS_{YX} = \frac{dX}{dY} = \frac{1}{TMaS_{XY}} \quad (2.13)$$

1.7. Isóclinas

Uma isóclina é o lugar geométrico das combinações com iguais Taxas Marginais de Substituição entre os fatores, nos diferentes níveis de produção. Sua equação é obtida igualando-se a equação das Taxas Marginais de Substituição a uma constante (-k) ou seja,

$$\frac{dY}{dX} = -k \quad (2.14)$$

^{2/} Muitos autores definem a $TMaS_{XY}$ de maneira inversa, ou seja,

$$TMaS_{XY} = \frac{dX}{dY}$$

As duas relações são, no entanto, matematicamente corretas e adotamos a notação (2.12) por julgá-la mais apropriada à definição portuguesa de $TMaS$.

1.8. Linhas-Limite

As linhas-limite representam o caso particular em que as Taxas Marginais de Substituição entre os fatores são nulas. Desta maneira, suas equações são dadas por

$$TMaS_{XY} = \frac{dY}{dX} = 0 \quad (2.15)$$

e

$$TMaS_{YX} = \frac{dX}{dY} = 0 \quad (2.16)$$

Estas linhas-limite podem ser obtidas, também, igualando-se a zero as derivadas parciais de primeira ordem de Z em relação a X e Y, respectivamente.

1.9. Linha de Expansão

A cada nível de produção interessa ao empresário maximizar o seu lucro. Para a função em estudo, a equação de lucro será

$$L = ZP_z - XP_x - YP_y - M \quad (2.17)$$

onde P_z , P_x e P_y são os preços de Z, X e Y, respectivamente, e M os custos fixos.

representa

Para maximização de (2.17) devem ser satisfeitas condições da mesma natureza que (2.1) e (2.2).

Em consequência, para um ponto (X_1, Y_1) de lucro máximo, dada uma produção Z_1 , devemos ter

$$\frac{\partial L}{\partial X} = P_z \cdot \frac{\partial Z}{\partial X} - P_x = 0 \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial L}{\partial Y} = P_z \cdot \frac{\partial Z}{\partial Y} - P_y = 0 \quad (2.19)$$

e

$$\frac{\partial^2 L}{\partial X^2} < 0 \quad , \quad \frac{\partial^2 L}{\partial Y^2} < 0$$

e

$$\left(\frac{\partial^2 L}{\partial X \partial Y} \right)^2 < \frac{\partial^2 L}{\partial X^2} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial Y^2}$$

Transformando (2.18) e (2.19), e dividindo a primeira pela segunda, teremos

$$\frac{P_z \frac{\partial Z}{\partial X}}{P_z \frac{\partial Z}{\partial Y}} = \frac{P_x}{P_y} = \frac{PFM_{aX}}{PFM_{aY}} \quad \text{ou} \quad \frac{d_y}{d_x} = - \frac{P_x}{P_y} \quad (2.20)$$

onde a equação (2.20) permite calcular, para cada nível de produção, as combinações (X, Y) que minimizam os custos, ou seja, a linha de expansão. Temos, portanto, um caso particular de isóclina na qual $k = - \frac{P_x}{P_y}$.

1.10. Os Estádios da Função de Produção

Quanto ao uso racional dos fatores, as funções de produção são divididas em três estádios

1.10.1. Estádio I da função de produção

Vejamos o caso da função de produção $Z = F(X)$.

O primeiro estágio da função de produção é aquele no qual o $PFMa_X > PFMe_X$. Das relações (2.9) e (2.10) temos que, no estágio I,

$$E_X > 1 \quad (2.21)$$

O limite entre o primeiro e o segundo estádios da função de produção $Z = f(X)$ é o ponto onde a elasticidade é unitária.

1.10.2. Estádio II da Função de Produção

No segundo estágio de produção da função $Z = F(X)$ o $PFMa_X < PFMe_X$, sendo $PFMa_X > 0$.

Nestas condições teremos, para o segundo estágio

$$0 < E_X < 1 \quad (2.22)$$

O limite entre o segundo e o terceiro estádios de produção corresponde ao ponto de elasticidade nula.

1.10.3. Estádio III da função de produção

No terceiro estágio da função de produção $Z=F(X)$ o $PFMe_X$ é negativo, o que determina

$$E_X < 0 \quad (2.23)$$

1.11. O Estádio Racional da Função de Produção

Para definição do estágio racional de produção adotamos o critério apresentado por ZAGATTO e HOFFMANN(1969), uma vez que o critério usualmente apresentado nos livros texto para funções homogêneas lineares (ver, p. ex., LEFTWICH (1966) FERGUSON (1966)) e generalizado por MUNDLACK (1958) para funções homogêneas de grau k ($k > 0$) não se aplica ao caso geral.

Tratando-se ainda da função de produção $Z = f(X)$ e considerando-se agora os preços P_X e P_Z , interessa ao empresário, como vimos em 1.9., maximizar a receita líquida por unidade do fator utilizada. A condição (2.18) pode ser escrita

$$\frac{\partial Z}{\partial X} = PFMe_X = \frac{P_X}{P_Z}$$

Se a quantidade do fator variável X que maximiza o lucro se encontrasse no estágio I da função de produção, teríamos

$$\frac{P_X}{P_Z} = PF_{Ma_X} > PF_{Me_X} = \frac{Z}{X}$$

o que resultaria em

$$XP_X > ZP_Z$$

ou seja, os custos com o fator variável seriam maiores que o valor da produção obtida, o que mostra a irracionalidade de produzir neste estágio.

Por outro lado, como no estágio III da função de produção o PF_{Ma_X} é negativo, conclue-se que apenas uma quantidade X do fator variável situada entre os limites do estágio II interessa ao empresário. Em consequência o estágio II é denominado estágio racional de produção.

1.12. O Estádio II de uma Função de Produção com duas Variáveis Independentes.

No caso particular de funções de produção homogêneas do grau k ($k > 0$) com duas variáveis independentes, o

estádio I em relação ao fator de produção X corresponde ao estágio III em relação ao fator Y, e vice-versa, coincidindo o estágio II para um fator ao estágio II para o outro fator.

No caso geral das funções de produção não existe essa simetria e porções do estágio I em relação a um fator podem corresponder a porções do estágio II em relação ao outro, e vice-versa. Como decorrência, o estágio racional da função de produção com duas variáveis independentes fica restringido às combinações (X, Y) que apresentem, concomitantemente

$$0 < E_X < 1$$

e

$$0 < E_Y < 1$$

2. Os Modelos Matemáticos para Análise das Relações Fator-Fator

Os critérios mais objetivos de escolha de modelos matemáticos para os estudos de economia da produção são:

- a) a adaptabilidade das características do modelo às particularidades teóricas do fenômeno em questão.

b) as facilidades de operação matemática do modelo.

No caso presente, estudamos o ganho de pêsos das aves em função de duas variáveis - o consumo de milho e o consumo de farelo tostado de soja - pelo emprêgo de dois modelos polinomiais - modelo I, equação "raiz-quadrada" e modelo II, equação quadrática, ambos com duas variáveis independentes - e um modelo "potência" - modelo III, função Cobb-Douglas, também com duas variáveis independentes^{3/}.

Êsses modelos são sugeridos por HEADY, BALLOUN e McALEXANDER (1961) para estudos desta natureza, além de serem os mais comumente usados em economia da produção.

Espera-se, em trabalhos com frangos de corte, que as funções apresentem rendimentos decrescentes, uma vez que o ganho de pêsos diminui com a idade da ave até se tornar nulo na idade adulta. Outra característica desejável é que as funções permitam Taxas Marginais de Substituição decrescentes entre os fatores variáveis de produção, visto que, dentro de certos limites, o milho e a soja são considerados

^{3/} Um quarto modelo foi estudado, - trata-se do modelo "resistência" $Z = b_0 + b_1 X^{-1} + b_2 Y^{-1}$ - e abandonado em consequência de ter apresentado resultados bastante inferiores aos três modelos aqui discutidos.

substituíveis entre si. Uma terceira característica desejável das funções de produção é que elas apresentem isóclinas que combinem os dois fatores em proporções variáveis, já que são variáveis as relações de energia/proteína necessárias ao bom desenvolvimento das aves em diferentes idades.

2.1. Modelo I - Função Polinomial "Raiz-Quadrada" com duas Variáveis Independentes^{4/}

A forma geral da função "raiz-quadrada" com duas variáveis independentes aqui discutida é

$$Z = b_0 + b_1X + b_2X^{0,5} + b_3Y + b_4Y^{0,5} + b_5X^{0,5}Y^{0,5} \quad (2.24)$$

onde

Z = Produto Físico Total

X, Y = Fatores Variáveis de Produção

$b_i (i=0, \dots, 5)$ = Parâmetros da equação

2.1.1. Ponto Extremo

Para determinação do ponto extremo (X_0, Y_0) resolvemos o sistema de equações

^{4/} Para os aspectos matemáticos e estatísticos de uma função polinomial "Raiz-Quadrada" com três variáveis ver VIEIRA (1970).

$$\frac{\partial Z}{\partial X} = b_1 + 0,5b_2X^{-0,5} + 0,5b_5X^{-0,5}Y^{0,5} = 0 \quad (2.25)$$

e

$$\frac{\partial X}{\partial Y} = b_3 + 0,5b_4Y^{-0,5} + 0,5b_5X^{0,5}Y^{-0,5} = 0 \quad (2.26)$$

êste sistema só tem solução quando

$$\frac{0,5b_4b_5 - b_2b_3}{2b_1b_3 - 0,5b_5^2} > 0 \quad (2.27)$$

e

$$\frac{0,5b_2b_5 - b_1b_4}{2b_1b_3 - 0,5b_5^2} > 0 \quad (2.28)$$

Quando são satisfeitas as expressões (2.27) e (2.28) é preciso determinar a natureza do ponto extremo se gundo as condições (2.2). Para que (X_0, Y_0) seja um ponto de máximo, impõem-se que

$$\frac{\partial^2 Z}{\partial X^2} = -0,25X_0^{-1,5} \cdot (b_2 + b_5Y_0^{0,5}) < 0 \quad (2.29)$$

e

$$\left(\frac{\partial^2 Z}{\partial X \partial Y} \right)^2 < \frac{\partial^2 Z}{\partial X^2} \cdot \frac{\partial^2 Z}{\partial Y^2}$$

o que implica em

$$\left(\frac{b_2b_4}{X_0^{0,5}Y_0^{0,5}} + \frac{b_2b_5}{Y_0^{0,5}} + \frac{b_4b_5}{X_0^{0,5}} \right) < 0 \quad (2.30)$$

2.1.2. Produto Físico Médio

Para o modelo I as funções do produto físico médio dos atôres X e Y são dadas, respectivamente, por (2.31) e (2.32).

$$\begin{aligned} \text{PFMe}_X = \frac{Z}{X} = b_1 + X^{-0,5}(b_2 + b_5 Y^{0,5}) + \\ + X^{-1}(b_0 + b_3 Y + b_4 Y^{0,5}) \end{aligned} \quad (2.31)$$

$$\begin{aligned} \text{PFMe}_Y = \frac{Z}{Y} = b_3 + Y^{-0,5}(b_4 + b_5 X^{0,5}) + \\ + Y^{-1}(b_0 + b_1 X + b_2 X^{0,5}) \end{aligned} \quad (2.32)$$

As equações (2.31) e (2.32) definem curvas para os Produtos Físicos Médios que no estágio racional de produção tem, necessariamente, declividade negativa.

2.1.3. Produto Físico Marginal

A função "raiz-quadrada" com duas variáveis independentes apresentam, no caso normal, Produtos Físicos Marginais, para os dois fatores, sempre decrescentes. As equações desses Produtos Físicos Marginais são:

$$\text{PFMe}_X = \frac{\partial Z}{\partial X} = 0,5X^{-0,5} (b_2 + b_5Y^{0,5}) + b_1 \quad (2.33)$$

e

$$\text{PFMa}_Y = \frac{\partial Z}{\partial Y} = 0,5Y^{0,5} (b_4 + b_5X^{0,5}) + b_3 \quad (2.34)$$

No estágio racional da função de produção os Produtos Físicos Marginais de Z em relação a X e Y são menores que os respectivos Produtos Físicos Médios. Por outro lado, o PFMa em relação a um fator depende do nível de emprego do outro.

2.1.4. Elasticidades Parciais de Produção

As elasticidades parciais de produção, no modelo I, definidas por

$$\begin{aligned} E_X &= \frac{\partial Z}{\partial X} \cdot \frac{X}{Z} = \frac{\text{PFMa}_X}{\text{PFMe}_X} = \\ &= \frac{[b_1 + 0,5X^{-0,5}(b_2 + b_5Y^{0,5})] X}{Z} \end{aligned} \quad (2.35)$$

e

$$\begin{aligned} E_Y &= \frac{\partial Z}{\partial Y} \cdot \frac{Y}{Z} = \frac{\text{PFMa}_Y}{\text{PFMe}_Y} = \\ &= \frac{[b_3 + 0,5Y^{-0,5}(b_4 + b_5X^{0,5})] Y}{Z} \end{aligned} \quad (2.36)$$

são, no caso normal, curvas decrescentes, ou seja, as elasticidades parciais de produção diminuem na medida em que são aumentadas as quantidades utilizadas dos respectivos fatores variáveis.

2.1.5. Isoquantas

Com o fim de determinar as combinações dos fatores X e Y que permitem alcançar um dado nível de produção Z_0 , deve-se obter, da função de produção $Z = f(X, Y)$, a função $X = \phi(Y|Z_0)$. Assim, para o caso vertente, tem-se:

$$X = \phi(Y|Z_0) = b_1 X + (b_2 + b_5 Y^{0,5}) X^{0,5} + (b_0 + b_3 Y + b_4 Y^{0,5} - Z) = 0 \quad (2.37)$$

e

$$\phi(Y|Z_0)' = \left[\frac{-b_2 + b_5 Y^{0,5} \pm \sqrt{(b_2 + b_5 Y^{0,5})^2 - 4b_1(b_0 + b_3 Y + b_4 Y^{0,5} - Z)}}{2b_1} \right]^2$$

Para a determinação das raízes da equação (2.37) duas condições se fazem necessárias:

- a primeira, que o discriminante seja não negativo, isto é,

$$(b_2 + b_5 Y^{0,5})^2 - 4b_1 (b_0 + b_3 Y + b_4 Y^{0,5} - Z) \geq 0$$

a segunda, em se tratando da resolução de uma equação irracional, que a expressão entre colchetes seja também não negativa.

2.1.5.1. Características das isoquantas

As isoquantas cortam os eixos coordenados X e Y nos pontos cujas ordenadas são $(0, Y')$ e $(X', 0)$ sendo

$$Y' = \left[\frac{-b_4 \pm \sqrt{b_4^2 - 4b_3(b_0 - Z)}}{2b_3} \right]^2 \quad (2.38)$$

$$X' = \left[\frac{-b_2 \pm \sqrt{b_2^2 - 4b_1(b_0 - Z)}}{2b_1} \right] \quad (2.39)$$

sujeitos às mesmas condições necessárias à determinação das raízes da equação (2.37).

2.1.6. Taxas Marginais de Substituição entre Fatores

Como vimos, a Taxa Marginal de Substituição de X por Y é dada por

$$TMaS_{XY} = \frac{dY}{dX} \quad e \quad TMaS_{YX} = \frac{dX}{dY}$$

Sabe-se, por outro lado, que

$$\frac{d_Y}{d_X} = - \frac{\frac{\partial Z}{\partial X}}{\frac{\partial Z}{\partial Y}}$$

de onde resulta que

$$TMaS_{XY} = - \frac{PFMa_X}{PFMa_Y} = - \frac{0,5X^{-0,5}(b_2 + b_5Y^{0,5}) + b_1}{0,5Y^{-0,5}(b_4 + b_5X^{0,5}) + b_3} \quad (2.40)$$

2.1.7. Isóclinas

Igualando-se a Taxa Marginal de Substituição a uma constante ($-k$) e, a seguir, determinando-se o valor de X em função de Y , chegamos à equação geral de uma isóclina para o modelo I

$$X = \left[\frac{-(2kb_3 + kb_4Y^{-0,5} - 2b_1) \pm \sqrt{(2kb_3 + kb_4Y^{-0,5} - 2b_1)^2 + 4kb_5Y^{-0,5}(b_2 + b_5Y^{0,5})}}{2kb_5Y^{-0,5}} \right]^2 \quad (2.41)$$

com a condição de que o radicando e a expressão entre colchetes sejam não negativos.

Observa-se que as isóclinas são curvas que passam pela origem dos eixos e convergem para um ponto de máximo quando a superfície apresenta tal ponto.

2.1.8. Linhas-Limite

As linhas-limite podem ser encontradas igualando-se os $PFMa_X$ e $PFMa_Y$ a zero e dessas equações tirando-se, respectivamente, o valor de X em função de Y e vice-versa, o que resulta em

$$Y = \left[\frac{b_4 + b_5 X^{0,5}}{-2b_3} \right]^2 \quad (2.42)$$

e

$$X = \left[\frac{b_2 + b_5 Y^{0,5}}{-2b_1} \right]^2 \quad (2.43)$$

Analogamente aos casos anteriores de equações irracionais, é preciso, na ordem, que

$$\frac{b_4 + b_5 X^{0,5}}{-2b_3} \geq 0$$

$$\frac{b_2 + b_5 Y^{0,5}}{-2b_1} \geq 0$$

As linhas de fronteira interceptam os eixos coordenados X e Y nos pontos $(X', 0)$ e $(0, Y')$ definidos por

$$X' = 0,25b_2^2 b_1^{-2} \quad (2.44)$$

e

$$Y' = 0,25b_4^2 b_3^{-2} \quad (2.45)$$

2.1.9. Linha de Expansão

A linha de expansão é um caso particular de isóclina onde a constante k é igual à relação entre os preços dos fatores X e Y. Assim

$$TMaS_{XY} = - \frac{0,5X^{-0,5}(b_2 + b_5Y^{0,5}) + b_1}{0,5Y^{-0,5}(b_4 + b_5X^{0,5}) + b_3} = - \frac{P_x}{P_y} \quad (2.46)$$

Note-se que a linha de expansão só representa com binações (X,Y) economicamente ótimas dos fatores variáveis se os pontos se localizarem no estágio II da função da produção.

2.2. Modelo II - Função Polinomial Quadrática com duas Variáveis Independentes^{5/}

Consideremos a equação polinomial quadrática com duas variáveis independentes, de forma geral:

^{5/} Para maiores detalhes, ver TEIXEIRA (1969) em cujo trabalho baseamos esta seção.

$$Z = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3Y + b_4Y^2 + b_5XY \quad (2.47)$$

onde

Z = Produto Físico Total

X, Y = Fatores Variáveis de Produção

$b_i (i=0, \dots, 5)$ = Parâmetro da Equação

2.2.1. Ponto Extremo

Aplicando (2.1) obtemos o ponto extremo (X_0, Y_0) da função (2.47), dado por

$$X_0 = \frac{b_3 b_5 - 2b_1 b_4}{4b_2 b_4 - b_5^2} \quad (2.48)$$

e

$$Y_0 = \frac{b_1 b_5 - 2b_2 b_3}{4b_2 b_4 - b_5^2} \quad (2.49)$$

êsse ponto é um máximo da função se, de acôrdo com (2.2)

$$b_2 < 0 \text{ e } b_5^2 < 4b_2 b_4, \text{ o que implica em } b_4 < 0$$

Assim, para que a função apresente um ponto de máximo, é necessário que os parâmetros dos termos quadráticos sejam negativos.

2.2.2. Produto Físico Médio

Os Produtos Físicos Médios de Z, relativamente aos fatores X e Y, são dados pelas equações (2.50) e (2.51)

$$\text{PFMe}_X = b_1 + b_5 Y + b_2 X + \frac{b_0}{X} + \frac{b_3 Y}{X} + \frac{b_4 Y^2}{X} \quad (2.50)$$

$$\text{PFMe}_Y = b_3 + b_5 X + b_4 Y + \frac{b_0}{Y} + \frac{b_1 X}{Y} + \frac{b_2 X^2}{Y} \quad (2.51)$$

A concavidade ou convexidade das curvas de PFMe em relação ao eixo da variável dependente depende de suas derivadas de segunda ordem serem negativas ou positivas, respectivamente.

2.2.3. Produto Físico Marginal

As equações do Produto Físico Marginal de Z em relação aos fatores variáveis são

$$\text{PFMa}_X = \frac{\partial Z}{\partial X} = b_1 + 2b_2 X + b_5 Y \quad (2.52)$$

e

$$\text{PFMa}_Y = \frac{\partial Z}{\partial Y} = b_3 + 2b_4 Y + b_5 X \quad (2.53)$$

Pelo estudo das respectivas derivadas parciais de segunda ordem conclue-se que a função quadrática com duas

variáveis independentes que apresenta um ponto de máximo tem funções de produto físico marginal lineares decrescentes.

2.2.4. Elasticidades Parciais de Produção

De (2.9) e (2.10) podemos representar as Elasticidades Parciais de Produção da função (2.47) por

$$E_X = \frac{PFMa_X}{PFMe_X} = \frac{b_1 + 2b_2X + b_5Y}{b_1 + b_5Y + b_2X + b_0X^{-1} + b_3YX^{-1} + b_4Y^2X^{-1}} \quad (2.54)$$

$$E_Y = \frac{PFMa_Y}{PFMe_Y} = \frac{b_3 + 2b_4Y + b_5X}{b_3 + b_5X + b_4Y + b_0Y^{-1} + b_1XY^{-1} + b_2X^2Y^{-1}} \quad (2.55)$$

Por outro lado, do comportamento dos Produtos Físicos Médios e Produtos Físicos Marginais no estágio racional da função de produção, conclue-se que, na medida em que se incrementa o emprêgo dos fatores variáveis, decrescem as respectivas elasticidades parciais de produção.

2.2.5. Isoquantas

Seguindo o procedimento expôsto em 1.5., chegamos à equação

$$X' = (Y|Z_0)' = \frac{-(b_1 + b_5 Y) \pm \sqrt{(b_1 + b_5 Y)^2 - 4b_2(b_0 + b_3 Y + b_4 Y^2 - Z)}}{2b_2} \quad (2.56)$$

Para que X seja definido no campo real é necessário que o radicando seja não negativo. Como a solução de (2.56) nos fornece, geralmente, dois valores de X , para cada valor de Y , deve-se selecionar aquele que está no estágio II da função de produção.

2.2.5.1. Características das Isoquantas

Dada a natureza do modelo II, as isoquantas cortam os eixos coordenados em $(X', 0)$ e $(0, Y')$ o que dá a entender que certas quantidades Z de produto podem ser obtidas com o emprêgo apenas de um ou do outro fator variável.

Os valores X' e Y' são dados por

$$X' = \frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4(b_2)(b_0 - Z)}}{2b_2} \quad (2.57)$$

$$Y' = \frac{-b_3 \pm \sqrt{b_3^2 - 4(b_4)(b_0 - Z)}}{2b_4} \quad (2.58)$$

havendo necessidade que os radicandos sejam não negativos.

2.2.6. Taxas Marginais de Substituição entre Fatores

A função quadrática que interessa ao caso presente deve mostrar que as produtividades marginais dos dois fatores decrescem em função do nível de emprego de cada um dos fatores variáveis. As isoquantas, no estágio II, são convexas em relação à origem dos eixos. Desta forma, as Taxas Marginais de Substituição de um fator variável de produção pelo outro, no estágio racional, serão decrescentes. Tem-se,

$$TMS_{XY} = - \frac{PFMa_X}{PFMa_Y} = - \frac{b_1 + 2b_2X + b_5Y}{b_3 + 2b_4Y + b_5X} \quad (2.59)$$

$$TMS_{YX} = - \frac{PFMa_Y}{PFMa_X} = - \frac{b_3 + 2b_4Y + b_5X}{b_1 + 2b_2X + b_5Y} \quad (2.60)$$

2.2.7. Isóclinas

A equação das isóclinas é obtida igualando-se a equação da Taxa Marginal de Substituição a uma constante (-k) e determinando-se, em seguida, X em função de Y. Assim

$$TMS_{XY} = - \frac{b_1 + 2b_2X + b_5Y}{b_3 + 2b_4Y + b_5X} = - k$$

donde

$$X = \frac{(2kb_4 - b_5)}{2b_2 - kb_5} Y + \frac{kb_3 - b_1}{2b_2 - kb_5} \quad (2.61)$$

Nota-se que as isóclinas são lineares e apenas uma passa pela origem dos eixos, quando

$$a = \frac{kb_3 - b_1}{2b_2 - kb_5} = 0$$

2.2.8. Linhas-Limite

Determinam-se as linhas-limite a partir de sua definição em 1.8. igualando-se a zero as equações do produto físico marginal (2.52) e (2.53) obtendo-se

$$X = \frac{b_1 + b_5 Y}{-2b_2} \quad (2.62)$$

e

$$Y = \frac{b_3 + b_5 X}{-2b_4} \quad (2.63)$$

Estas linhas interceptam os eixos X e Y, respectivamente, nos pontos $(\frac{b_1}{-2b_2}; 0)$ e $(0; \frac{b_3}{-2b_4})$. Elas delimitam os estádios II e III, na ordem, para $Z = (X|Y)$ e $Z = \phi(Y|X)$.

2.2.9. Linha de Expansão

Esta isóclina é determinada como se segue:

$$TMS_{XY} = - \frac{b_1 + 2b_2X + b_5Y}{b_3 + 2b_4Y + b_5X} = - \frac{P_x}{P_y} \quad (2.64)$$

O que é a mesma coisa que substituir k por $\frac{P_x}{P_y}$ na equação (2.61).

2.3. Modelo III - Função de Produção Cobb-Douglas com duas Variáveis Independentes^{6/}

A função Cobb-Douglas, também chamada função "potência", é empregada neste trabalho com duas variáveis independentes sob a forma

$$Z = b_0 X^{b_1} Y^{b_2} \quad (2.65)$$

onde

Z = Produto Físico Total

X, Y = Fatores Variáveis de Produção

b_0, b_1, b_2 = Parâmetros da equação

^{6/} Para maiores detalhes, consultar GIRÃO (1965).

2.3.1. Ponto Extremo

A função Cobb-Douglas não admite um ponto extremo, uma vez que não há valores finitos de X e Y que tornem nulas as respectivas derivadas parciais de primeira ordem.

Com o aumento do nível de emprêgo de X ou de Y, a função Z cresce a taxas cada vez menores sem, no entanto, tender para uma assíntota. Isto pode ser verificado como se segue:

supondo $Z = F(X|Y)$ e $b_1 < 1$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{dZ}{dX} = 0$$

e

$$\lim_{x \rightarrow \infty} F(X|Y) = \infty$$

O mesmo ocorre para $Z = \phi(Y|X)$

2.3.2. Produtos Físicos Médios

O Produto Físico Médio de Z em relação a X e Y são expressos por

$$PFMe_X = b_0 X^{b_1-1} Y^{b_2} = b_0 \frac{Y^{b_2}}{X^{1-b_1}} \quad (2.66)$$

$$e \quad \text{PFMe}_Y = b_0 X^{b_1} Y^{b_2} = b_0 \frac{X^{b_1}}{Y^{1-b_2}} \quad (2.67)$$

Como se espera que os rendimentos marginais dos fatores variáveis de produção sejam decrescentes, os parâmetros b_1 e b_2 devem ser positivos e menores que um.

2.3.3. Produtos Físicos Marginais

Derivando parcialmente em relação ao fator X a expressão (2.60) obtém-se a Produtividade Marginal desse fator:

$$\text{PFMa}_X = b_0 b_1 X^{b_1-1} Y^{b_2} = b_1 \frac{Z}{X} \quad (2.68)$$

Analogamente, obtém-se

$$\text{PFMa}_Y = b_2 \frac{Z}{Y} \quad (2.69)$$

2.3.4. Elasticidades Parciais de Produção

Procedendo como exposto em 1.4., tem-se

$$E_X = b_1 \frac{Z}{X} \cdot \frac{X}{Z} = b_1 \quad (2.70)$$

e

$$E_Y = b_2 \frac{Z}{X} \cdot \frac{Y}{Z} = b_2 \quad (2.71)$$

Assim, os parâmetros b_1 e b_2 são as Elasticidades Parciais de produção respectivamente em relação aos fatores X e Y. A Elasticidade Total de produção corresponde à soma das Elasticidades Parciais. Segundo seja a Elasticidade Total maior, igual ou menor que um a função apresentará, na ordem, rendimentos crescentes à escala, rendimentos constantes e rendimentos decrescentes à escala.

2.3.5. Isoquantas

Dado um nível fixo de produção Z_0 e, exprimindo X em função de Y tem-se

$$X = \left(\frac{Z_0}{b_0 Y^{b_2}} \right) \frac{1}{b_1} \quad (2.72)$$

De (2.72) conclue-se serem as isoquantas curvas côncavas e assintóticas em relação aos eixos X e Y o que significa que ambos os fatores são limitativos, isto é, a produção não pode ser obtida com o emprêgo de apenas um deles. \checkmark

\checkmark A função de Cobb-Douglas pode ser transformada a fim de se superar limitações impostas por sua Elasticidade constante e pelo fato de suas isoquantas serem assintóticas aos eixos. (HEADY et alii (1956)). Não discutimos esse procedimento, porém, porque, como veremos adiante, foram usados outros artifícios mais expeditos.

2.3.6. Taxas Marginais de Substituição entre Fatôres

Como a Taxa Marginal de Substituição entre X e Y é, em módulo, a razão entre seus respectivos produtos físicos marginais, tem-se:

$$TMaS_{XY} = - \frac{b_1 \frac{Z}{X}}{b_2 \frac{Z}{Y}} = - \frac{b_1}{b_2} \cdot \frac{Y}{X} \quad (2.73)$$

Da expressão (2.73) conclue-se que a Taxa Marginal de Substituição entre Fatôres na função Cobb-Douglas é uma função linear da proporção em que os respectivos fatôres se combinam.

2.3.7. Isóclinas

Igualando-se a Taxa Marginal de Substituição entre Fatôres a uma constante (-k), obtém-se a equação das isóclinas

$$\frac{b_1}{b_2} \cdot \frac{Y}{X} = k$$

donde

$$X = \frac{b_1}{b_2 k} \cdot Y \quad (2.74)$$

Dai conclue-se que as isóclinas na Função Cobb-Douglas são retas que passam pela origem, o que faz com que ao longo delas se mantenham constantes as proporções em que se combinam os fatores produtivos.

2.3.8. Linhas-Limite

Na função Cobb-Douglas as linhas-limite se confundem com os eixos das variáveis independentes.

2.3.9. Linha de Expansão

A equação da linha de expansão é obtida substituindo a constante k pelo valor da relação $\frac{P_x}{P_y}$.

$$X = \frac{b_1 P_y}{b_2 P_x} \cdot Y \quad (2.75)$$

3. A Idade Ótima de Abate de Frangos

O procedimento mais usual na determinação da idade ótima para abate de frangos de corte é aquêle que visa maximizar a receita por lote em relação ao emprêgo do fator variável^{8/} de produção considerado^{9/}. Este procedimento

^{8/} O fator variável aqui considerado é o consumo de ração.

^{9/} Como exemplo dêsse caso ver BARROSO, de ALBUQUERQUE e VIEIRA DA SILVA (1969); HEADY, BALOUN e MCALEXANDER (1961) e ROY (1969). Esses autores, porém, fazem referência à importância do fator tempo.

porém, não é o mais realista. Isto porque leva em conta apenas os custos incorridos com um fator produtivo e, principalmente, deixa de lado o fato relevante de que ao produtor interessa o maior lucro anual possível e não o maior lucro por lote.

ALLEN (1965), baseado em WICKSEL e FISHER, discute um modelo teórico para determinar a época ideal de corte de um povoamento florestal e de venda de uma mercadoria estocada, comparando as taxas de aumento proporcional dos seus valores com a taxa de juros de mercado^{10/}.

HADLEY (1967) discute os métodos para seleção de projetos com base na comparação do valor atual do lucro que cada projeto pode proporcionar. Este autor alvitra, também, que um critério de seleção pode ser o da maximização da rentabilidade do capital investido no projeto, sempre que os lucros dêste puderem ser reaplicados com igual rentabilidade, o que é o caso quando o projeto puder ser repetido indefinidamente.

^{10/} Este modelo foi utilizado por HOFFMANN e MENDES THAME (1970) para determinar a época economicamente ideal para se realizar o primeiro desbaste em povoamento de *Pinus caribaea*.

Com base nesses trabalhos procurou-se estabelecer um modelo algébrico para determinação da idade ótima para abate de aves considerando o montante de capital necessário à sua criação, a receita bruta, que é função do preço e do peso das aves, e os custos variáveis em função do tempo de permanência das aves na granja.

3.1. O Modelo Algébrico

Na exploração de frangos de corte a maior parte do capital total diz respeito ao capital fixo (terra, instalações e equipamentos) sendo que esses investimentos definem a capacidade de produção da empresa. Os itens referentes ao capital circulante são de importância relativa menor e são função do tamanho e número dos lotes criados. Parece-nos, pois, mais objetivo que se procure maximizar a rentabilidade do capital total - fixo mais circulante, - em vez de maximizar a renda líquida. Uma vez que o período em jogo é curto, usaremos juros simples.

Façamos:

K = capital médio investido na empresa durante o período de execução do projeto - um ciclo de criação de frangos.

Este item inclui o montante do capital fixo e mais o montante do capital circulante (dinheiro para compra de rações; desinfetantes, vacinas e medicamentos; pintos de 1 dia; pagamento de salários e encargos sociais com os empregados; aquecimento para os pintos; impostos e taxas e energia elétrica)

t = tempo em semanas

$h_1(t)$ = despesas acumuladas com ração para alimentação das aves.

$h_2(t)$ = custos acumulados com pagamento de mão-de-obra, luz, amortização de capital no tempo, (sem incluir juros), compra dos pintos, aquecimento e energia elétrica.

$$h(t) = h_1(t) + h_2(t)$$

$g(t)$ = receita bruta que é obtida com a venda dos frangos em t semanas.

A Renda do Capital, por semana é

$$\frac{g(t) - h(t)}{t}$$

A rentabilidade do capital é

$$r = \frac{g(t) - h(t)}{K \cdot t} \quad (2.76)$$

Para maximizar a rentabilidade do capital deve-se ter, num ponto t considerado

$$a) \frac{dr}{dt} = 0$$

e

$$b) \frac{d^2r}{dt^2} < 0$$

Assim

$$a) \frac{dr}{dt} = \frac{t [g'(t) - h'(t)] - g(t) + h(t)}{Kt^2} = 0$$

de onde, no instante t ,

$$g'(t) - h'(t) = \frac{g(t) - h(t)}{t} \quad (2.77)$$

Substituindo (2.77) em (2.76) vem

$$r = \frac{g'(t) - h'(t)}{K} \quad (2.78)$$

b) No ponto t determinado, devemos ter

$$\frac{d^2r}{dt^2} = \frac{[g''(t) - h''(t)]t^2 - 2t[g'(t) - h'(t)] + 2[g(t) - h(t)]}{Kt^3} < 0$$

o que implica em

$$g''(t) < h''(t) \quad (2.79)$$

4. Os Modelos Estatísticos

4.1. Modelos para o Estudo das Relações Fator-Fator

As funções de produção com duas variáveis independentes foram transformadas a fim de, reduzidas à forma linear, poderem ser calculadas como regressões múltiplas.

$$\text{Modêlo I. } Z_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_{1i} + b_3 Y_i + b_4 Y_{1i} + b_5 W_i + e_i$$

onde

$$X_{1i} = X_i^{0,5}, \quad Y_{1i} = Y_i^{0,5} \quad \text{e} \quad W_i = X_i^{0,5} \cdot Y_i^{0,5}$$

$$\text{Modêlo II. } Z_i = b_0 + b_1 X_i + b_2 X_{1i} + b_3 Y_i + b_4 Y_{1i} + b_5 W_i + e_i$$

onde

$$X_{1i} = X_i^2, \quad Y_{1i} = Y_i^2 \quad \text{e} \quad W_i = X_i \cdot Y_i$$

$$\text{Modêlo III. } Z_{1i} = B_0 + b_1 X_{1i} + b_2 Y_{1i} + e_i$$

onde

$$Z_{1i} = \log Z_i$$

$$B_0 = \log b_0$$

$$X_{1i} = \log X_i \quad \text{e}$$

$$Y_{1i} = \log Y_i$$

Para os modelos I e III usaram-se, respectivamente,

Z = ganho de peso, em gramas

X = consumo de milho, em gramas

Y = consumo de farelo de soja, em gramas.

Os dados usados para os cálculos do modelo II foram considerados em quilogramas.

As análises de regressão feitas neste trabalho violam três das pressuposições estatísticas necessárias aos estudos de regressões:

a) Existe um erro associado às variáveis explicativas X e Y, uma vez que estas são resultantes de pesagens semanais das rações.

b) Dado que foi necessário trabalhar com as médias das parcelas e que algumas destas tiveram diminuído o número de aves devido a mortes, as variâncias de X e Y não são sempre as mesmas.

c) Em consequência de as séries de dados serem originárias de pesagens sucessivas dos lotes e das rações, o erro de uma observação está associado aos erros das observações anteriores.

Em grande parte dos estudos econômicos essas pressuposições não são muito realistas, e no caso presente não foi possível satisfazê-las. JOHNSTON (1963) discute essas exigências e sugere formas de corrigi-las, individualmente. Esse autor argumenta, no entanto, que, ao nível do conhecimento atual, é impossível tratá-las simultaneamente. Por esta razão, neste trabalho aplicaram-se os princípios da análise de regressão apesar das limitações impostas pelos dados experimentais.

A estimativa dos parâmetros foi feita pelo método dos quadrados mínimos.

4.2. Modelos para Determinação da Idade Ótima de Abate

Para o cálculo da idade ótima de abate o crescimento e o consumo de ração foram considerados função de tempo. Os modelos estatísticos das funções algébricas empregadas para representar o peso das aves foram

$$Z_i = b_0 + b_1 t_i + b_2 t_{1i} + b_3 t_{2i} + e_i \quad \text{- regressão cúbica}$$

onde

Z_i = Ganho de peso médio por ave até a semana i

t_i = tempo, em semanas

$$t_{1i} = t_i^2$$

$$t_{2i} = t_i^3$$

$b_i (i = 0, \dots, 3)$ = parâmetro da equação

e_i = erro e

$Z_i = b_0 b_1 R^{t_i}$ - regressão de Gompertz que, pela aplicação de logaritmos, se transforma em

$$Z_{1i} = B_0 + B_1 \cdot R^{t_i} + e$$

onde

Z_{1i} = logaritmo de Z_i , ganho de pêsos médio por ave até a semana i , em gramas.

B_0 = logaritmo do parâmetro b_0

B_1 = logaritmo do parâmetro b_1

R = constante

t_i = tempo em semanas

e_i = erro

Para representar o consumo semanal de ração empregou-se o modelo

$$C_i = b_0 + b_1 t_i + b_2 t_{i1} + b_3 t_{i2} + e$$

onde

C_i = consumo de ração, por ave, em gramas, até a semana

t_i

t_i = tempo em semanas

$t_{1i} = t_i^2$

$t_{2i} = t_i^3$

$b_i (i = 0, \dots, 3)$ = parâmetro da equação

e_i = erro

A estimativa dos parâmetros das regressões cúbicas foi feita pelo método usual e a dos parâmetros da função de Gompertz foi feita pelo método de STEVENS, apresentado por HOFFMANN (1970).

5. Material

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos de experimento especialmente realizado, em colaboração com os Engenheiros Agrônomos Roberto Dias de Moraes e Silva e Irineu Humberto Packer, Professôres Assistentes do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e conduzido nas dependências de Avicultura da ESAIQ.

No período de 30 de abril a 20 de agosto de 1970 foram criadas duzentas aves da "marca" comercial Indian River para corte, separadas quanto ao sexo pelo método Massui. O delineamento experimental foi o de um fatorial 3^2 sexo X ração, inteiramente casualizado, com duas repetições, mais um tratamento adicional à guiza de testemunha. Vinte parcelas de 10 aves cada uma foram alojadas em baterias metálicas do tipo comercial para frangos de corte. Até 28 dias as aves permaneceram em baterias com aquecimento elétrico uniforme, sendo então transferidas para baterias maiores, sem aquecimento.

Quanto ao sexo, os tratamentos foram grupos de dez machos, grupos de dez fêmeas e grupos mistos com cinco machos e cinco fêmeas cada um. A alimentação das aves, ministrada livremente, foi feita, para cada grupo de sexo, com três rações de diferentes níveis de proteína. Até a quarta semana - Período I - com rações de 23, 20 e 17 por cento de proteína, e da quinta à décima-sexta semana - Período II - com rações de nível de proteína dois por cento inferiores aos níveis das rações respectivas do Período I. As rações, apresentadas no Quadro 2, tiveram como únicos elementos variáveis o milho - principal fonte de carboidratos - e a soja - principal fonte de proteína.

Quadro 2. kg de ingredientes por 100 kg das rações usadas no experimento com frangos de corte.

Ingredientes	Período	Ração I		Ração II		Ração III	
		I	II	I	II	I	II
milho		59.58	64.26	67.40	72.52	72.20	80.40
farelo-soja		30.42	25.74	22.60	17.48	14.80	9.60
farinha de peixe		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
farinha de ossos		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
farinha de alfafa		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
farinha de ostras		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
sal		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Pré-Mix (a)		1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

(a) O Pré-Mix foi específico para cada fase e teve o nível dos nutrientes corrigido para cada ração.

Para o cálculo das rações usaram-se as Tabelas propostas por TORRES (1969) tendo sido feitas correções nos níveis de Vitamina A, Vitamina E, Lisina e Metionina segundo as sugestões de SCOTT (1968). A análise calculada, para as seis rações, é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3. Análise calculada das rações, com base nas tabelas de nutrientes proposta por TORRES (1969)

Item	Período	Ração I		Ração II		Ração III	
		I	II	I	II	I	II
Proteína %		23	21	20	18	17	15
Energia Metabolizável/kg		2921	2973	3004	3051	3076	3124
Relação Cal/Prot.		127	142	150	170	181	208
Ca%		1,10	1,10	1,08	1,08	1,05	1,05
P (disponível) %		0,55	0,55	0,60	0,60	0,50	0,50

O tratamento adicional constou de duas parcelas com cinco machos e cinco fêmeas cada, alimentados com ração comercial para frangos de corte - ração corte inicial no Período I e ração corte final no Período II. A composição destas rações, garantida pela fábrica, é apresentada no Quadro 4.

Quadro 4. Níveis de Garantia da Ração Comercial (por kg).

	Corte Inicial	Corte Final
Proteína %	20,00	18,00
Energia Metabolizável	2.200	2.300
Relação Fósforo/Cálcio	1:2	1:2
Matéria Mineral %	8,00	8,00
Matéria Graxa %	3,50	3,50
Fibra %	6,00	5,50
Extrato não Nitrogenado %	49,50	52,00

O pêso das parcelas foi tomado semanalmente, assim como o seu consumo de ração.

O experimento foi conduzido em recinto coberto sem as aves receberem diretamente os raios solares e com iluminação artificial durante a noite. As condições de temperatura e umidade verificadas em Piracicaba na época do experimento, bem como os dados básicos de pêso, consumo de ração e número de aves por parcela, semana a semana, estão, respectivamente, nos apêndices I, II e III.

C A P Í T U L O I I I

R E S U L T A D O S E D I S C U S S Ã O

Os resultados referentes ao pêso total das parcelas em cada semana e os respectivos valores do consumo cumulativo de ração são apresentados nos apêndices II e III, respectivamente.

Observam-se, a partir da segunda semana, diferenças entre os pesos dos tratamentos de aves do mesmo sexo arraçoadas com rações diferentes e entre os pesos de tratamentos diversos quanto ao sexo das aves, mas alimentadas com o mesmo tipo de ração. Aos sessenta e três dias, aproximadamente a idade em que as aves são abatidas nas explorações comerciais, foram da ordem de 26% as diferenças entre tratamentos de machos e tratamentos de fêmeas com Ração II, da ordem de 23% as com Ração III e 13% as com Ração I. Dentro de tratamentos uniformes quanto ao sexo, observam-se as seguintes diferenças: 6% entre tratamentos com machos, 0% entre tratamentos com machos e fêmeas e 5,7% entre tratamentos com fêmeas quando alimentadas com Rações I e II, respectivamente; 20% entre machos, 19% entre tratamentos mistos e 11% entre fêmeas com Rações II e III; e 13% entre machos, 22% entre tratamentos mistos e 17% entre tratamentos de fêmeas criadas com Rações I e III. O desempenho do tratamento de frangos mistos com ração comercial situou-se abaixo do tratamento com frangos machos e fêmeas com desempenho médio = com Ração II.

No que respeita ao consumo de rações, suas diferenças Percentuais são bem menos acentuadas, relevando sublinhar, no presente caso, que o tratamento misto com ração comercial foi, no entanto, o que mais consumiu nutrientes.

É importante observar, ainda, que as diferenças relativas não permanecem constantes entre os mesmos tratamentos durante o período experimental de dezesseis semanas.

1. Análises de Variância e Covariância

Até o fim da quarta semana não ocorreram mortes de aves e, portanto, permanece constante o número de cabeças, por parcela. Em consequência, os dados obtidos até essa semana puderam ser submetidos à Análise de Variância com desdobramento dos graus de liberdade segundo o método usual, e os resultados, assim como os testes entre os contrastes, constam no Apêndice IV. Nota-se que desde a primeira semana já existem diferenças significativas entre o peso de diferentes tratamentos, sendo não significativa apenas a interação sexo-ração. Nessas semanas os coeficientes de variação são sempre menores que 5%, nível que, segundo PIMENTEL GOMES (1966), pode ser considerado baixo. Desde as primeiras semanas observa-se que os contrastes significativos não são sempre os mesmos. Este fato deve estar ligado não só às ne-

necessidades alimentares das aves, que variam conforme a idade, como à sua capacidade de recuperação.

As diferenças de consumo de ração entre diferentes tratamentos são pouco acentuadas, havendo, no Período I, apenas três contrastes significativos na quarta semana, fato aparentemente desprovido de maior importância, já que, na quinta semana, se volta a não ter nenhum contraste significativo.

A partir da 5ª semana perderam-se algumas aves. Uma vez que não havia evidência de que as mortes estavam associadas aos tratamentos, passou-se a fazer uso da Análise de Covariância.^{11/} Com efeito, a análise de variância do número de aves nas parcelas, em cada semana, deu sempre valores não significativos para o teste "F", o que indica que as diferenças de "stand" não foram devidas aos próprios tratamentos. Como no caso da análise de variância, foi feito o desdobramento dos graus de liberdade e, com relação ao peso das aves, obtiveram-se os mesmos resultados do Período I.

^{11/} "O uso da análise de Covariância para controlar erros é um meio de aumentar a precisão com a qual os efeitos de tratamento podem ser medidos, removendo-se, por regressão, certos efeitos ambientais que não podem ou não foram efetivamente controlados pelo delineamento experimental "STEEL and TORRIE (19).

A interação sexo-ração só é significativa a partir décima semana.

O consumo de ração só apresenta diferenças significativas de caráter mais constante a partir da sétima semana e, mesmo assim para poucos tratamentos.

Justifica-se, a essa altura, um estudo econômico mais completo dos dados básicos em consequência das análises de variância e covariância evidenciarem que o peso das aves é estatisticamente diferente conforme o sexo das aves e a ração ministrada, desde a primeira semana de idade.

2. Relações Fator-Fator

As equações de regressão ajustadas aos resultados obtidos com parcelas iguais quanto ao sexo das aves alimentadas com as rações de três níveis diferentes de proteína constam nos Quadros 5, 6 e 7. ^{12/}

^{12/} Para maior facilidade de leitura, passamos a simbolizar as variáveis independentes, consumo de milho e de soja, por M e S, respectivamente, em lugar de x e y.

Quadro 5. Equações de regressão ajustadas ao ganho de peso de um frango macho, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses)^{13/}

Parâmetros	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R ²
Modêlo I (1)	-329,58 (8,861)**	-0,089333 (1,567)	11,843 (4,071)**	-1,4456 (6,492)**	32,385 (5,649)**	1,2555 (5,638)**	0,9942** (3.1)
Modêlo II (2)	0,008 (0,792)	0,46689 (45,568)**	-0,023764 (16,803)**	0,70332 (19,712)**	-0,24945 (13,989)**	0,056731 (5,760)**	0,9984** (3.2)
Modêlo III (1)	2,1524 (15,196)**	0,63304 (35,380)**	0,23375 (12,408)**	-	-	-	0,9946** (3.3)

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

^{13/} Um e dois asterísticos indicam significância aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente.

Quadro 6. Equações de regressão ajustadas ao ganho de péso de uma ave representativa de um grupo misto, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e teste "t" dos parâmetros (entre parênteses).

Parâmetros	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R ²
Modelo I (1)	-329,66 (7,610)**	<u>0,17693</u> (2,564)*	10,454 (3,102)**	-0,99812 (3,888)**	34,703 (5,114)**	-0,094907 (0,292)	0,9908**(3.4)
Modelo II (2)	0,001 (0,089)	0,40838 (29,627)**	-0,012950 (6,475)**	0,87156 (17,273)**	-0,76380 (2,914)**	-0,045375 (3,184)**	0,9965**(3.5)
Modelo III (1)	2,2671 (15,322)**	0,56377 (29,802)**	0,30314 (15,206)**	-	-	-	0,9938**(3.6)

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 7. Equações de regressão ajustadas ao ganho de peso de uma franga, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses).

Parâmetros	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R ²
Modelo I (1)	-299,32 (8,448)**	0,081193 (1,353)	13,203 (4,653)**	-0,24278 (1,064)	30,147 (5,224)*	0,16528 (0,718)	0,9920** (3.7)
Modelo II (2)	+0,031 (2,410)*	0,40594 (29,450)**	-0,017058 (8,530)**	0,80993 (15,967)**	-0,11408 (3,877)**	-0,028641 (1,815)(3)	0,9962** (3.8)
Modelo III (1)	2,6680 (16,757)**	0,54600 (25,858)**	0,29656 (13,287)**	-	-	-	0,9920** (3.9)

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

(3) significativo ao nível de 0,1 de probabilidade.

O ajustamento dos três modelos aos casos estudados é sempre muito bom. Os coeficientes de determinação são todos significativos ao nível de 0,01 de probabilidade e seus valores são altos para os três modelos.

O modelo II, função polinomial quadrática, apresenta coeficientes de determinação ligeiramente mais elevados, com diferenças da ordem de milésimos. Quanto ao modelo III, função de Cobb-Douglas, é de esperar que apresente um ajustamento menor que os outros dois modelos, uma vez que ele tem apenas três parâmetros, enquanto os outros dois têm seis parâmetros.

O parâmetro do termo de interação Milho-Soja sendo significativo, indica que a resposta de ganho de peso das aves à quantidade empregada de um fator depende do nível de emprêgo do outro fator. Isto, na verdade, é o que se espera na alimentação de frangos. Note-se que, no caso do modelo II, o parâmetro b_5 , nos três casos, difere de zero ao nível de 0,10 de significância. O modelo III, por definição, já apresenta esta característica.

Uma vez que está em análise o ganho de peso das aves em função do consumo de milho e soja, espera-se que as superfícies de produção estimadas passem pela origem dos

eixos coordenados. A função Cobb-Douglas, dada a sua forma matemática, satisfaz esse pressuposto. O modelo I, nos três casos, tem o parâmetro b_0 significativamente menor que zero, o que está a indicar uma nítida subestimativa dos primeiros valores do ganho de peso.

O modelo II, por sua vez, somente no caso dos tratamentos de fêmeas é que apresenta um parâmetro b_0 significativamente diferente de zero. Quanto à significância dos demais parâmetros (b_1, b_2, b_3, b_4), pode-se dizer que os três modelos comportam-se da mesma forma satisfatória.

2.1. Produtos Físicos Marginais

Das equações de regressão constantes dos Quadros 5, 6 e 7, obtém-se as respectivas equações do ganho marginal de peso em relação aos fatores Milho e Soja - $PFMa_M$ e $PFMa_S$ - e que constam, na ordem, dos Quadros 8, 9 e 10.

Quadro 8. Equações do ganho marginal de peso de um frango macho, em função do consumo de Milho ($PFMa_M$) e Soja ($PFMa_S$).

Modêlo I (1) $PFMa_M = (5,9215 + 0,62775 \cdot S^{0,5})M^{-0,5} - 0,089333$ (3.10)

$PFMa_S = (16,192 + 0,62775 \cdot M^{0,5})S^{-0,5} - 1,4456$ (3.11)

Modêlo II (2) $PFMa_M = 0,46689 - 0,047528M + 0,056731S$ (3.12)

$PFMa_S = 0,70332 - 0,49890S + 0,056731M$ (3.13)

Modêlo III (1) $PFMa_M = 1,3626 \cdot M^{-0,36696} \cdot S^{0,23375}$ (3.14)

$PFMa_S = 0,50312 \cdot M^{0,63304} \cdot S^{-0,76625}$ (3.15)

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 9. Equações do ganho marginal de peso de uma ave representativa de um lote misto, em função do consumo adicional de Milho ($PFMa_M$) e Soja ($PFMa_S$).

Modêlo I (1) $PFMa_M = 95,2270 + 0,047454 \cdot S^{0,5})M^{-0,5} + 0,17693$ (3.16)

$PFMa_S = (17,352 + 0,047454 \cdot M^{0,5})S^{-0,5} - 0,99812$ (3.17)

Modêlo II (2) $PFMa_M = 0,40838 - 0,025900M - 0,045375S$ (3.18)

$PFMa_S = 0,87156 - 1,5276S - 0,045375M$ (3.19)

Modêlo III (1) $PFMa_M = 1,2781 \cdot M^{-0,43623} \cdot S^{0,30314}$ (3.20)

$PFMa_S = 0,68725 \cdot M^{0,56377} \cdot S^{-0,69686}$ (3.21)

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 10. Equações do ganho marginal de peso de uma franga, em função do consumo adicional de Milho (PFMa_M) e Soja (PFMa_S).

Modelo I (1)	$PFMa_M = (6,6015 + 0,08264S^{0,5})M^{-0,5} + 0,081192$ (3.22)
	$PFMa_S = (15,074 + 0,08264M^{0,5})S^{-0,5} - 0,24278$ (3.23)
Modelo II (2)	$PFMa_M = 0,40594 - 0,034116M - 0,028641S$ (3.24)
	$PFMa_S = 0,80993 - 0,22816S - 0,028641M$ (3.25)
Modelo III (1)	$PFMa_M = 1,4567 \cdot M^{-0,45400} \cdot S^{0,29656}$ (3.26)
	$PFMa_S = 0,79122 \cdot M^{0,54600} \cdot S^{-0,70344}$ (3.27)

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Da definição dos estádios da função de produção sabemos que no estágio racional o Produto Físico Marginal de um fator qualquer é positivo e decrescente.

2.2. Isoquantas

As equações das isoquantas constantes do apêndice V foram derivadas das funções expressas nos Quadros 5, 6 e 7, segundo as fórmulas respectivas apresentadas no capítulo II. As representações gráficas das isoquantas para diferentes níveis de ganho de peso são feitos nas Figuras de números 5 a 19.

2.3. Taxas Marginais de Substituição

No presente trabalho, o estudo das Taxas Marginais de Substituição entre Milho e Soja apresenta interêsse especialmente para se chegar aos casos particulares em que as TMaS são iguais a zero e infinito - que é o caso das linhas limite - e ainda ao caso em que a TMaS é igual à relação entre os preços do Milho e da Soja - que é o caso da linha de expansão. As equações das Taxas Marginais de Substituição de Milho por Soja derivadas dos três modelos são apresentadas no apêndice VI.

2.4. Linhas-Limite

No modelo III, função Cobb-Douglas, as linhas-limite coincidem com os eixos. O modelo I, conforme as equações 2.42 e 2.43 apresenta linhas-limite não lineares. No caso desse modelo, apenas a linha-limite da função de produção para um frango macho, equação (3.2), onde a $TMaS_{MS}$ é igual a infinito, pôde ser representada gràficamente (Figura 5). As demais linhas-limite derivadas do modelo I para os três casos em estudo não puderam ser traçadas, umas porque seus valores não eram definidos no campo dos números reais, outras porque seus valores não puderam ser representados na escala adotada.

O modelo II apresenta linhas-limite representadas por retas (ver Figuras 6, 9 e 12). Estas possuem declividade positiva ou negativa segundo seja positivo ou negativo o termo de interação. No caso particular de ser nulo o termo de interação, as linhas-limite serão perpendiculares, uma ao eixo dos X, outra ao eixo dos Y. Em todos os casos, essas linhas-limite, assim como as isóclinas em geral, convergem para o ponto extremo da função.

As equações das linhas-limite são apresentadas no apêndice VII.

2.5. Linhas de Expansão

Os pontos das linhas de expansão representam as combinações de Milho e Soja que proporcionam os respectivos níveis Z de ganho de peso ao menor custo possível.

Para a determinação das linhas de expansão usamos os valores de Cr\$0,25 para o quilo de quirera fina de Milho e Cr\$0,55 para o quilo de farelo tostado de Soja, preços médios, em Piracicaba, no período de maio a agosto de 1970.

Como já foi referido em outra sessão, a relação energia/proteína necessária às aves varia com sua idade. Nas

idades mais tenras as aves requerem rações com um maior nível de proteína digestível. Mais tarde, as necessidades de manutenção exigem que seja maior a relação energia metabolizável/proteína. Em consequência, espera-se que as isóclinas derivadas dos modelos apresentem a propriedade de considerar Milho e Soja em proporções variáveis.

Por definição, a função Cobb-Douglas com duas variáveis independentes apresenta isóclinas que passam pela origem dos eixos coordenados, o que implica em uma relação Milho/Soja constante. Para superar essa limitação, ajustaram-se, além das superfícies para o período completo do experimento, as superfícies para os períodos I e II, isoladamente. Estas novas equações são apresentadas nos Quadros 11 e 12, com representação gráfica nas Figuras de números 14 a 19. As equações das linhas de expansão para as funções dos dois períodos, bem como as funções para o período geral, são apresentadas nos Quadros 13 a 16.

A linha de expansão derivada do modelo I para os tratamentos com aves de ambos os sexos não é determinada para todos os valores do ganho de peso admitidos pela função (3.4).

Quadro 11. Funções Cobb-Douglas ajustadas ao ganho de peso (em gramas) por ave no Período I, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses).

Sexo \ Parâmetros	b_0	b_1	b_2	R^2
Machos	2,5738 (9,918)**	0,41288 (10,706)**	0,46504 (12,586)**	0,9929**
Grupo Misto	2,6727 (15,778)**	0,33375 (13,543)**	0,54980 (23,356)**	0,9970**
Fêmeas	3,0574 (13,799)**	0,27441 (8,398)**	0,60178 (18,962)**	0,9947**

Dados em gramas

Quadro 12. Funções Cobb-Douglas ajustadas ao ganho de peso (em gramas) por ave, no Período II, em função do consumo de Milho e Soja, com os respectivos coeficientes de determinação e testes "t" dos parâmetros (entre parênteses).

Sexo \ Parâmetros	b_0	b_1	b_2	R^2
Machos	3,0400 (11,154)**	0,62706 (33,331)**	0,19082 (12,163)**	0,9854**
Grupo Misto	3,3315 (10,628)**	0,55522 (25,809)**	0,25716 (14,280)**	0,9810**
Fêmeas	4,5572 (14,768)**	0,52959 (27,103)**	0,23716 (14,354)**	0,9818**

Dados em gramas

Quadro 13. Equações das linhas de expansão para as funções apresentadas no Quadro 5.

Mod. I $X = \frac{1,1355 - 14,720Y^{-0,5} \pm \sqrt{(1,1355 - 14,720Y^{-0,5})^2 + 27,034Y^{-0,5} + 2,8817}}{1,1413Y^{-0,5}}$ ²

Mod. II $X = 3,8648Y + 2,0139$

Mod. III $X = 5,9580Y$

Quadro 14. Equações das linhas de expansão para as funções apresentadas no Quadro 6.

Mod. I $X = \frac{1,2612 - 15,774Y^{-0,5} \pm \sqrt{(1,2612 - 15,774Y^{-0,5})^2 - 1,8041Y^{-0,5} + 0,016363}}{0,086278.Y^{-0,5}}$ ²

Mod. II $X = 4,5242Y + 2,3962$

Mod. III $X = 4,0914Y$

Quadro 15. Equações das linhas de expansão para as funções apresentadas no Quadro 7.

Mod. I $X = \frac{0,05832 - 13,703Y^{-0,5} \pm \sqrt{(0,05832 - 13,703Y^{-0,5})^2 + 3,9676Y^{-0,5} + 0,049667}}{0,15025Y^{-0,5}}$ ²

Mod. II $X = 3,5497Y + 1,8107$

Mod. III $X = 4,0500Y$

Quadro 16. Equações das linhas de expansão baseadas nas equações Cobb-Douglas ajustadas aos dados referentes aos Períodos I e II apresentadas, respectivamente, nos Quadros 11 e 12.

	Período I	Período II
Trat. Machos	$X = 1,9532 Y$	$X = 7,3202 Y$
Trat. Misto	$X = 1,3355 Y$	$X = 4,7499 Y$
Trat. Fêmeas	$X = 1,0032 Y$	$X = 4,9126 Y$

Figura 5. Mapa de isoquantas, linha-limite e linha de expansao, derivadas da função polinomial "Raiz-Quadrada" ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período Total.

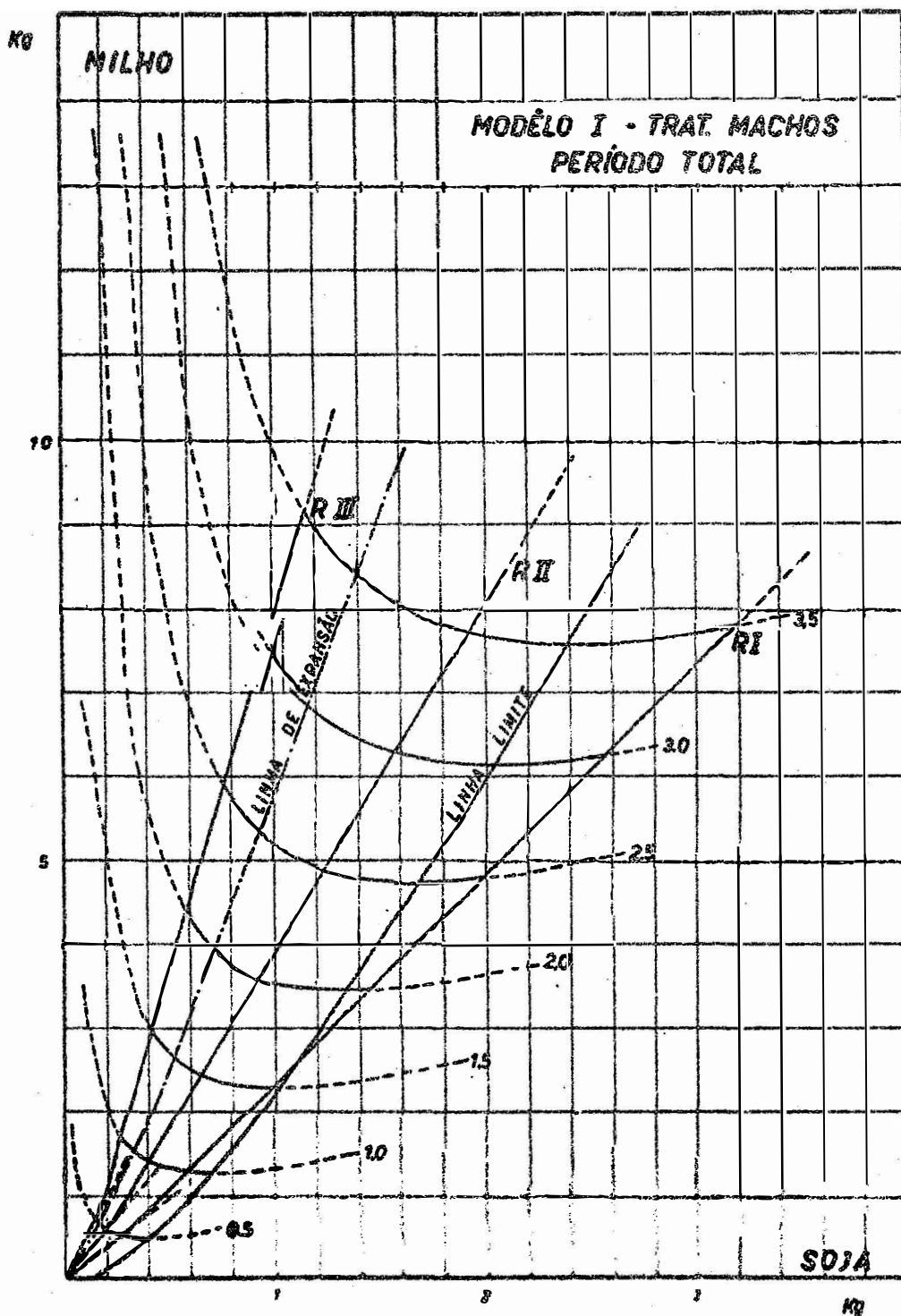


Figura 6. Mapa de isoquantas, linhas-limite e linha de expansão, derivados da função polinomial Quadrática ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período Total.

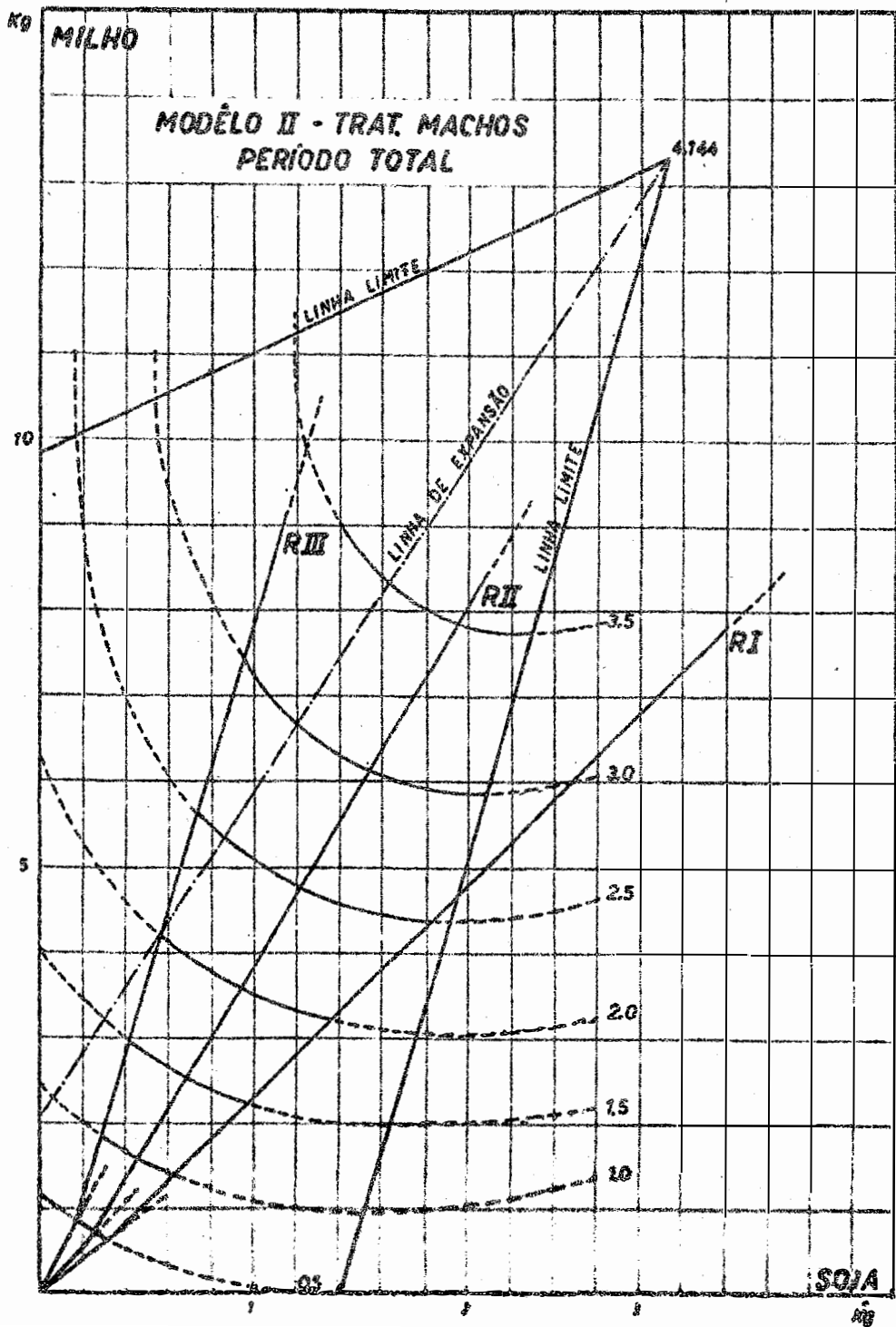


Figura 7. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período Total.

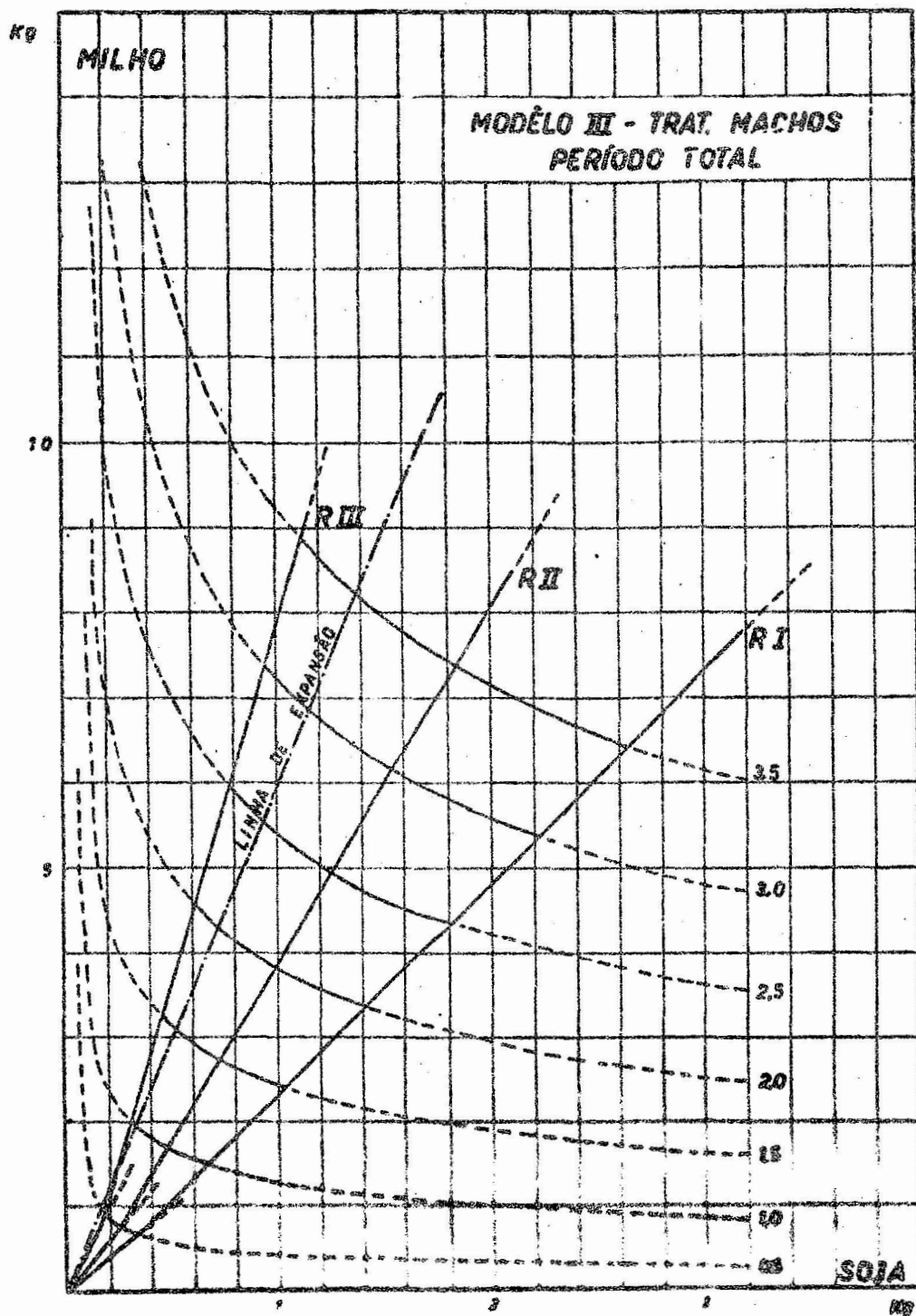


Figura 8. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivadas da função polinomial "Raiz-Quadrada" ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período Total.

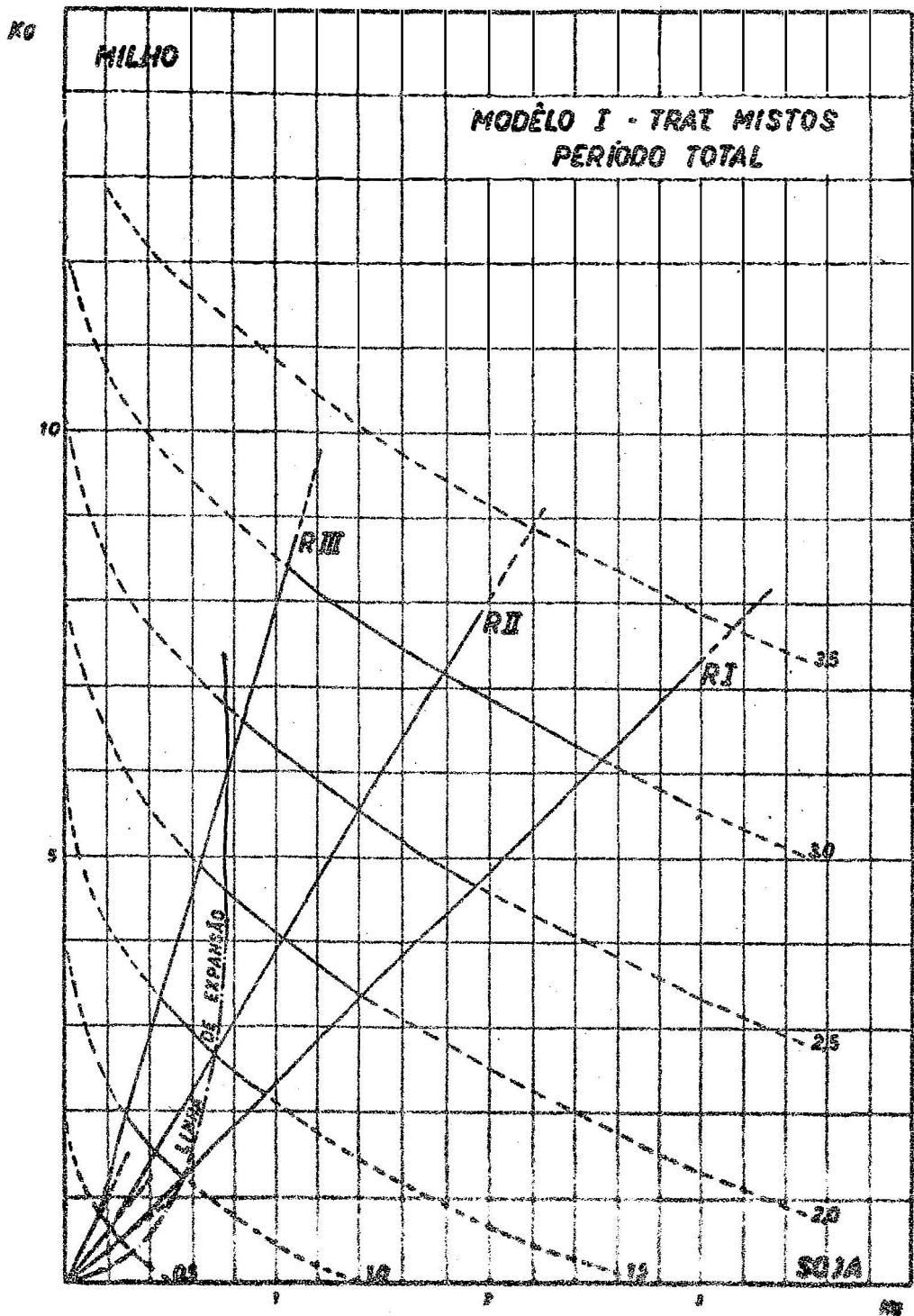


Figura 9. Mapa de isoquantas, linhas-limite e linha de expansão, derivados da função polinomial "Quadrática" ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período Total.

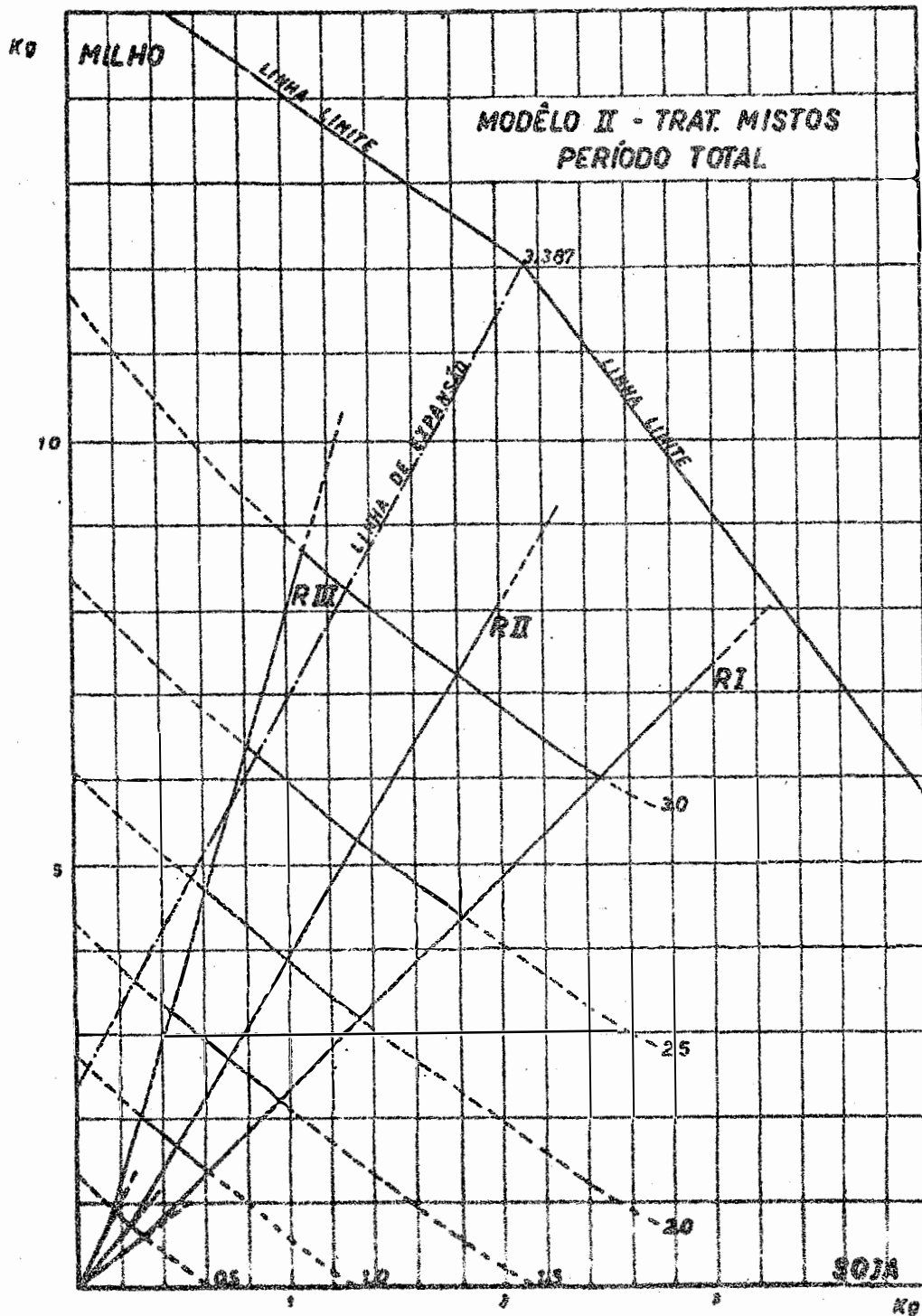


Figura 10. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada ao ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período Total.

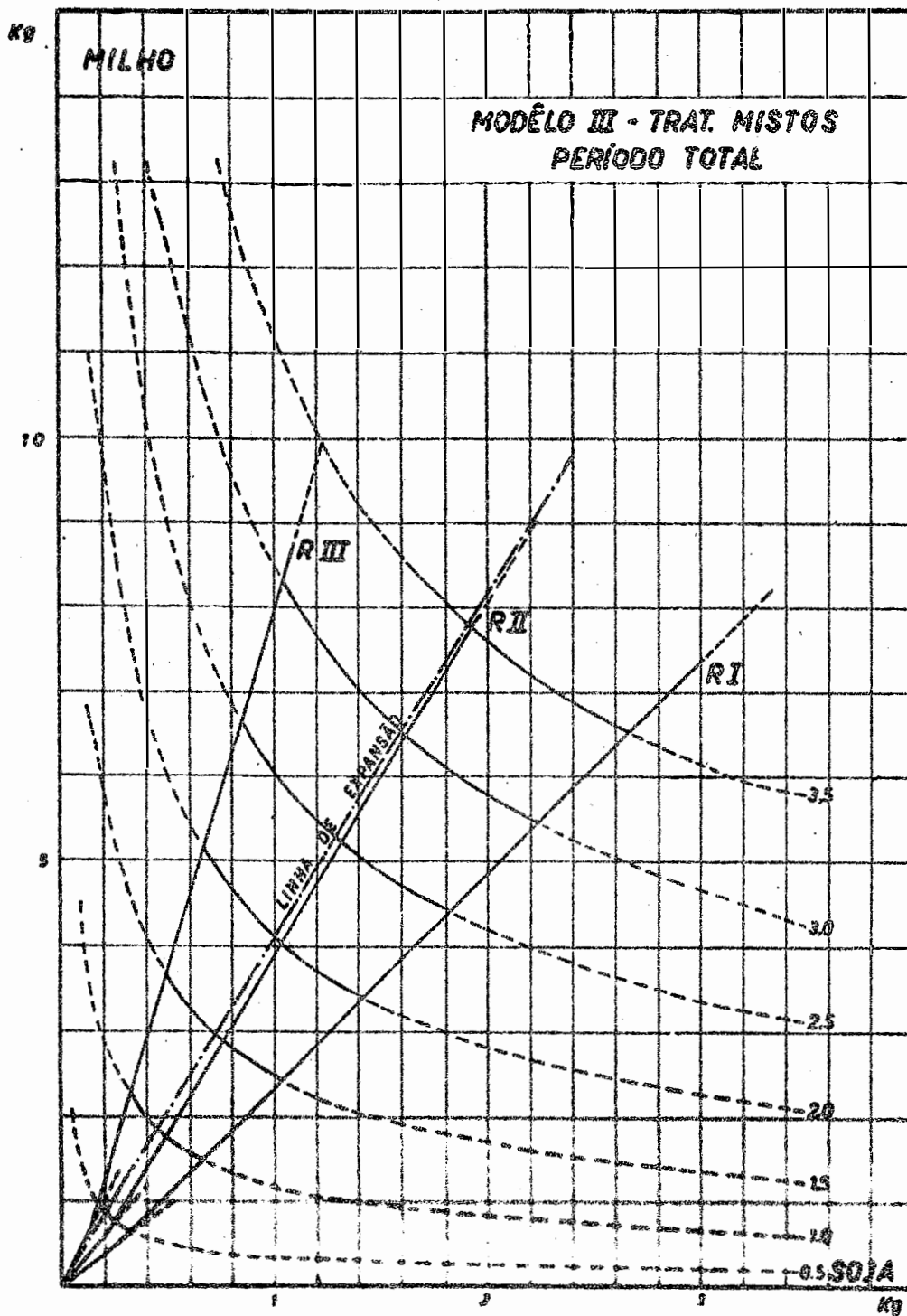


Figura 11. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função polinomial "Raiz-Quadrada" ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período Total.

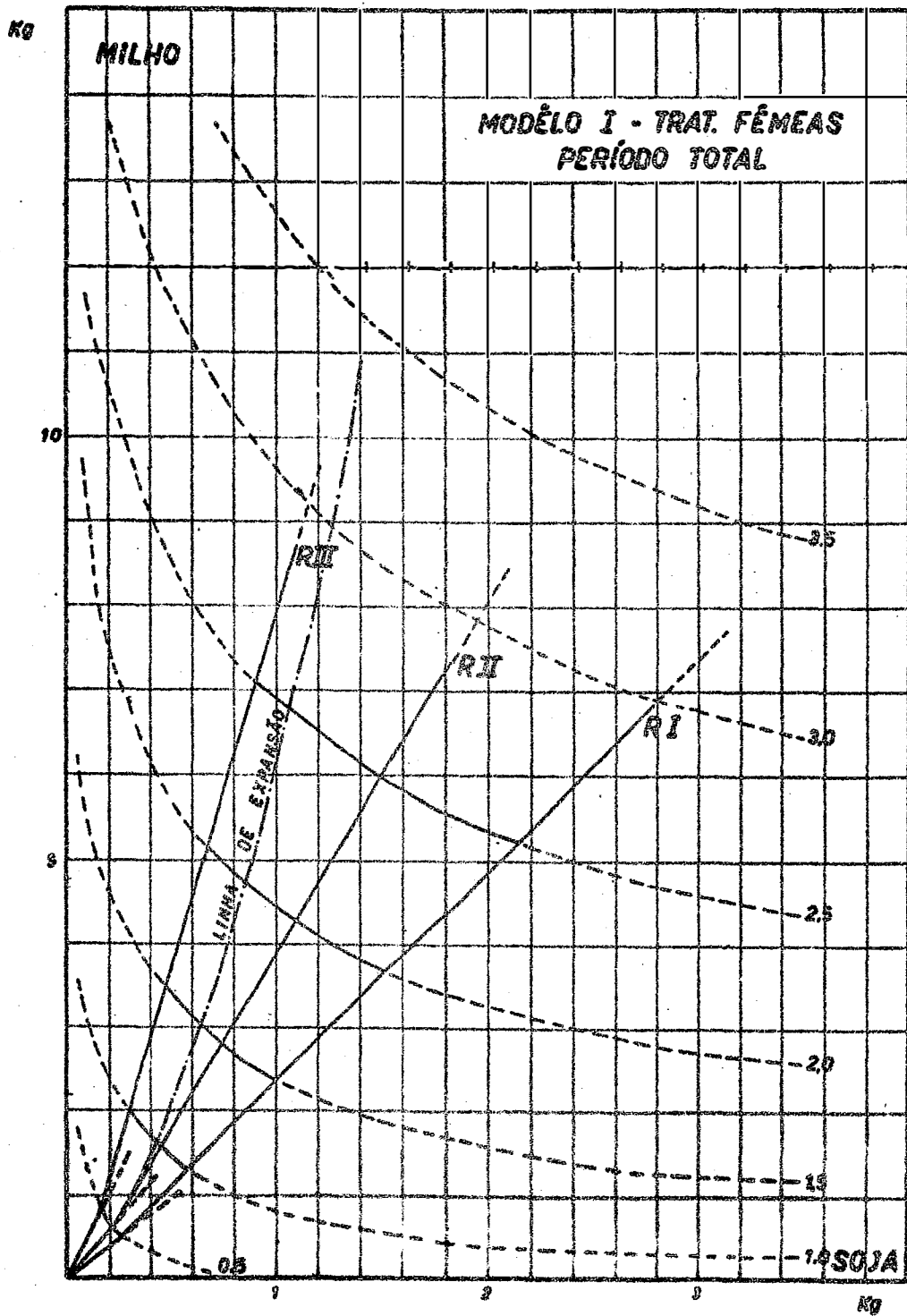


Figura 12. Mapa de isoquantas, linhas-limite e linha de expansao, derivados da função polinomial "Quadrática" ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período Total.

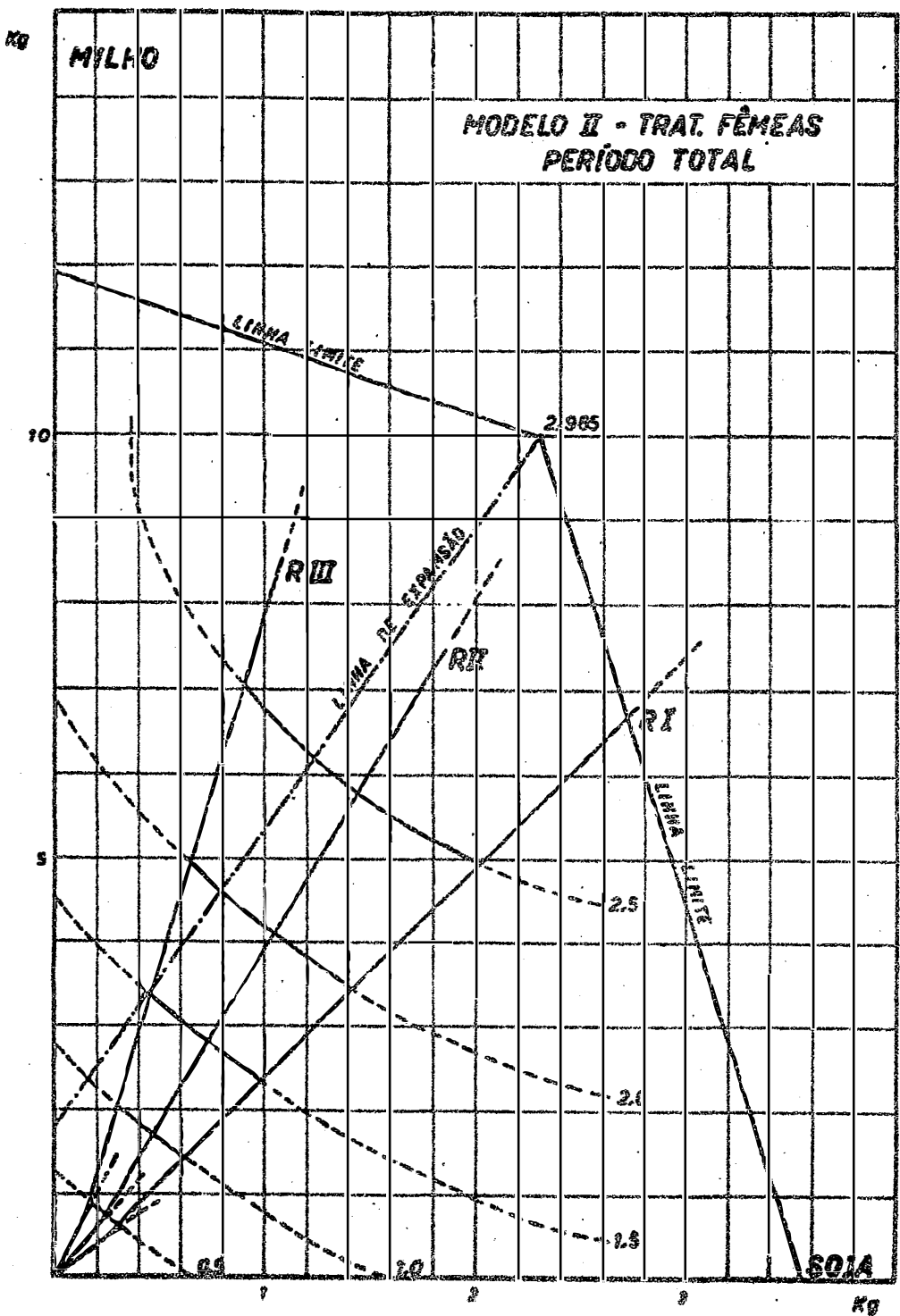


Figura 13. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados de ganho de peso de uma franga. Período Total.

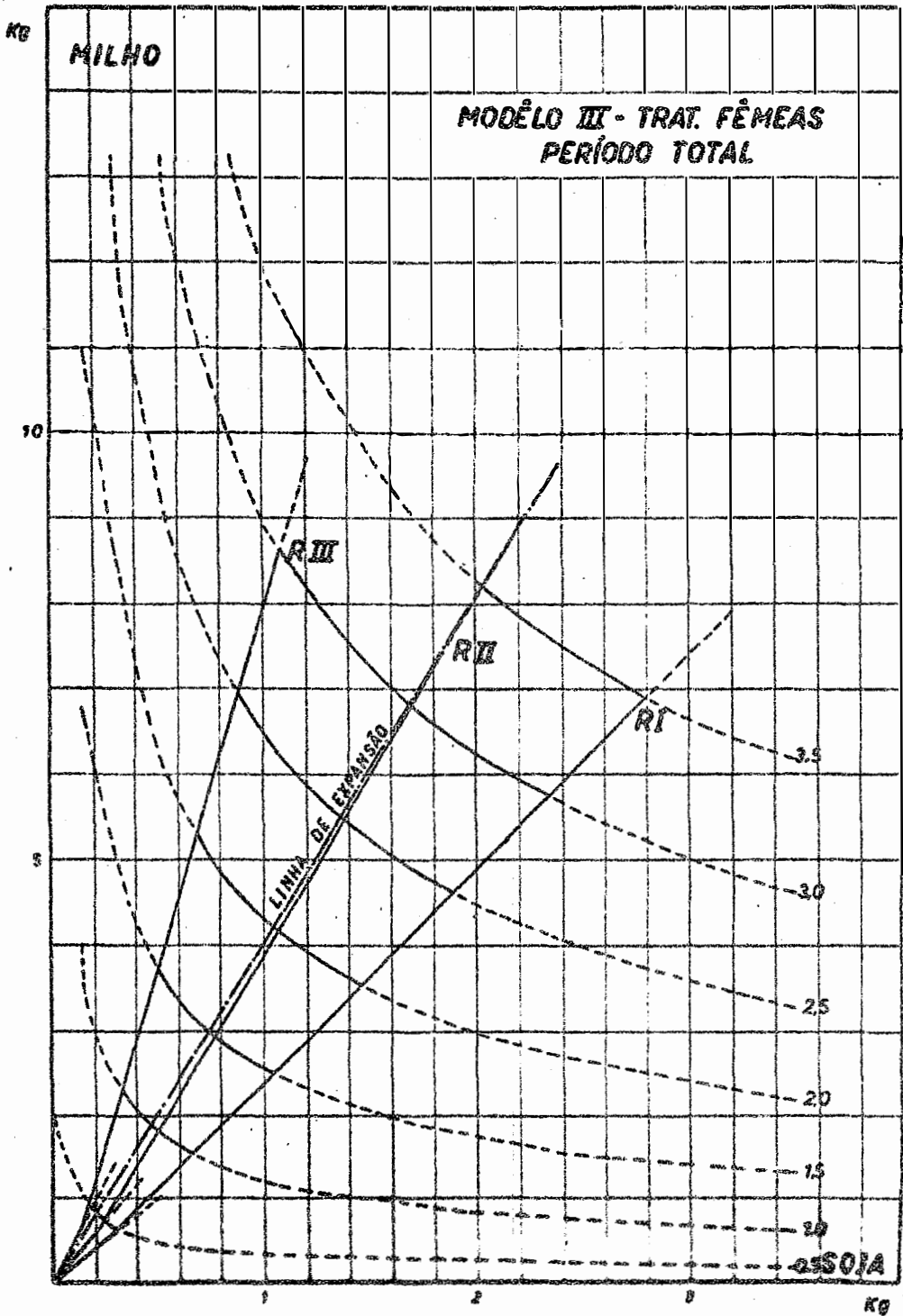


Figura 14. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período II

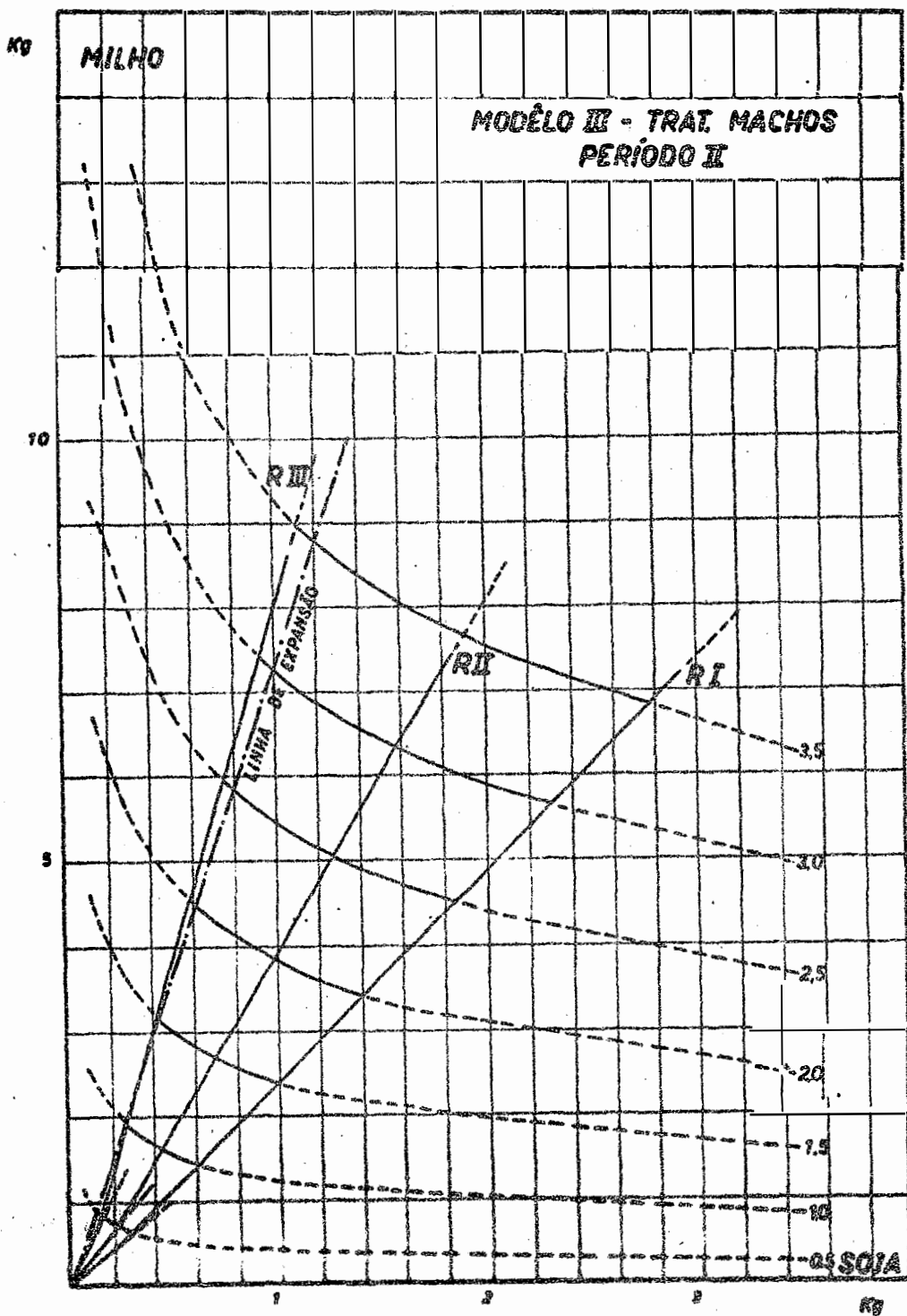


Figura 15. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de um frango. Período II.

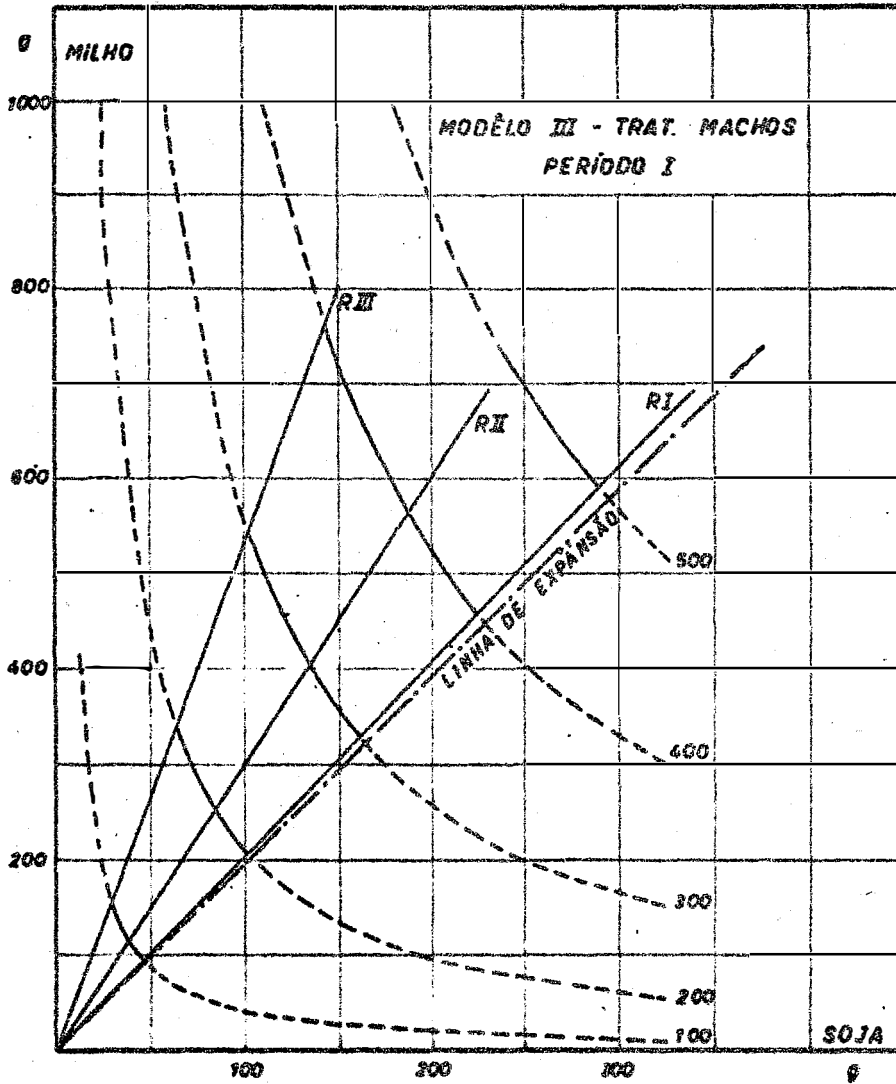


Figura 16. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período I.

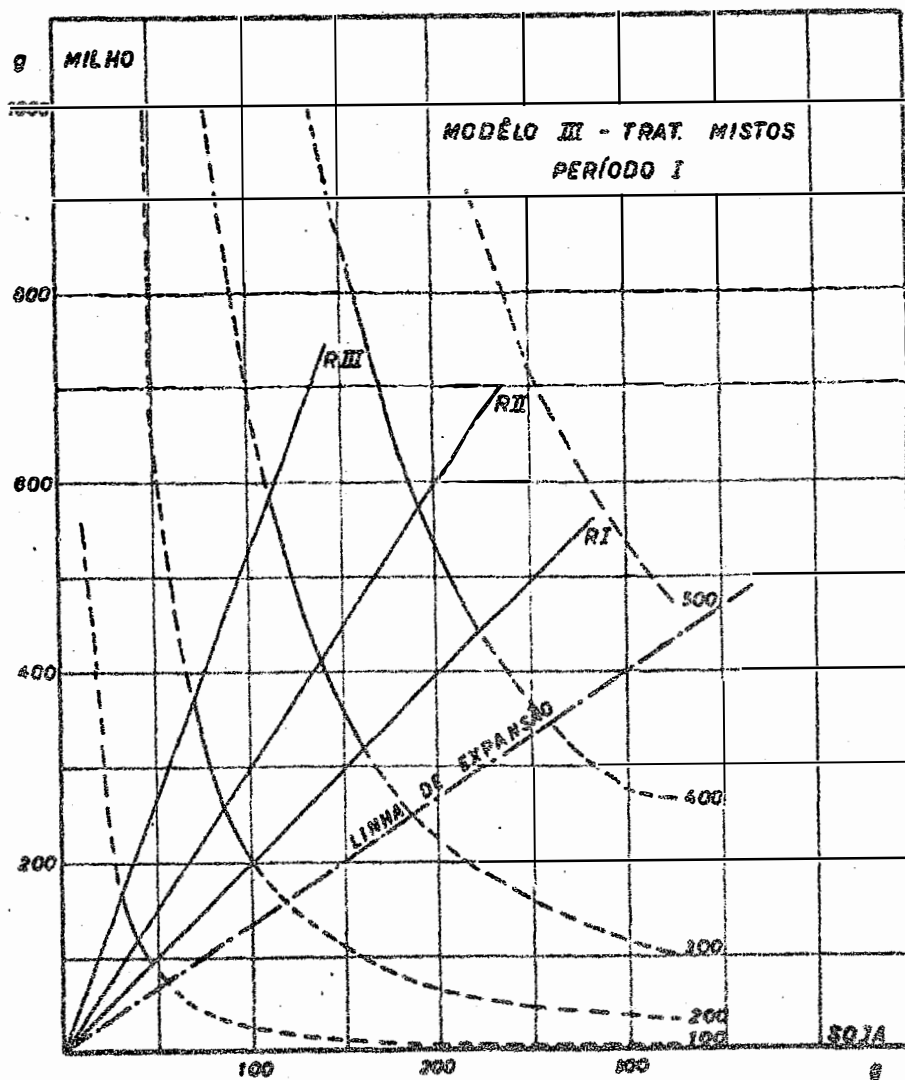


Figura 17. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma ave representativa de um grupo misto. Período II.

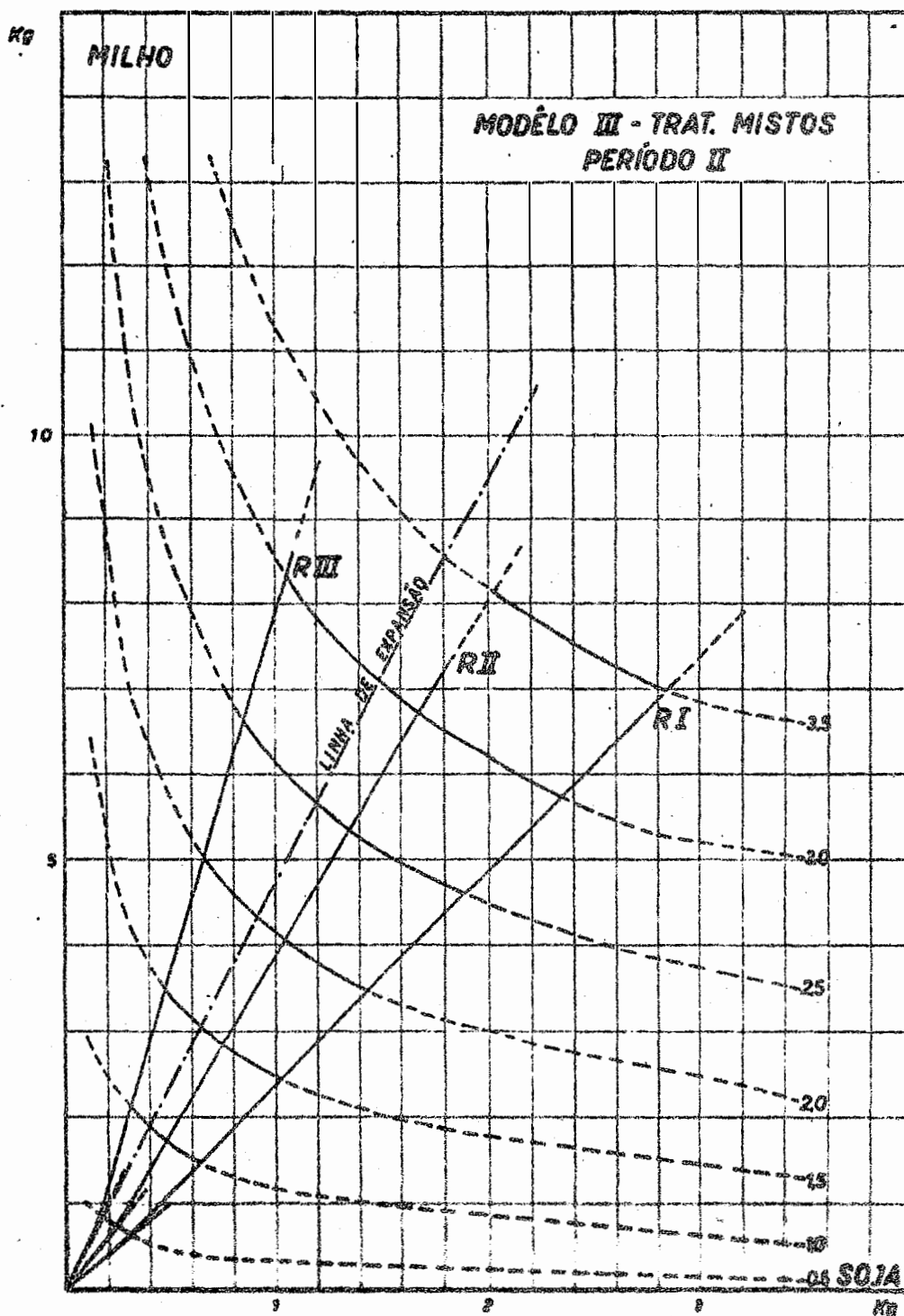


Figura 18. Mapa de isoquantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de peso de uma franga. Período I.

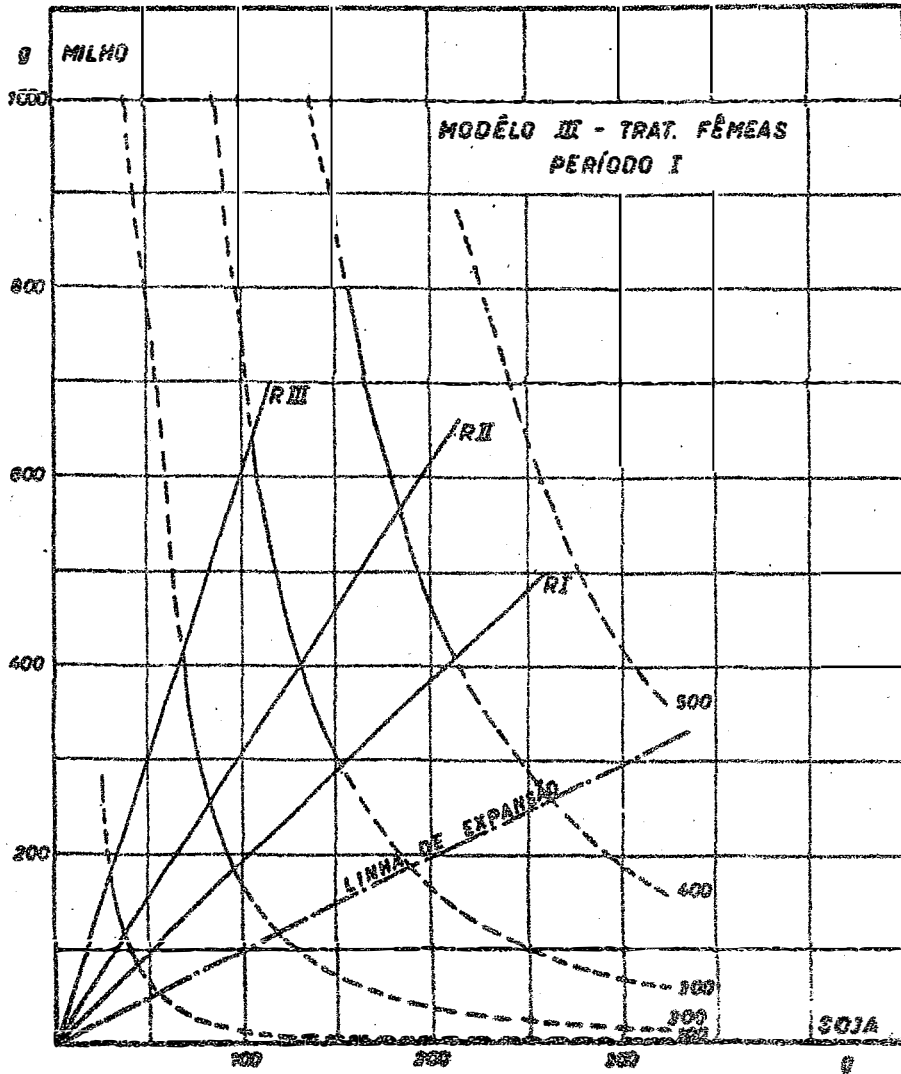
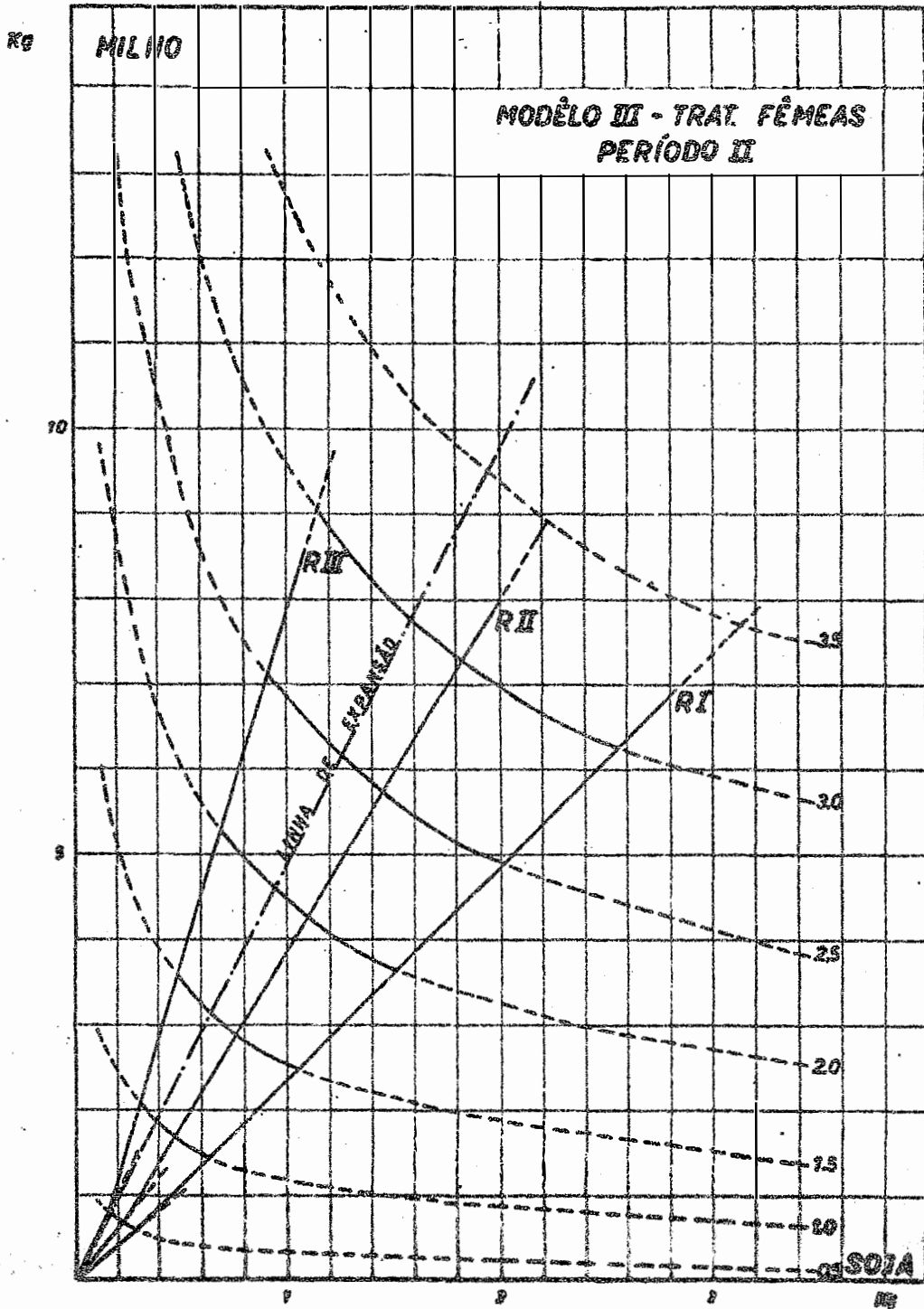


Figura 19. Mapa de isoguantas e linha de expansão, derivados da função Cobb-Douglas ajustada aos dados do ganho de pêso de uma franga. Período II.



2.6. Combinações Ótimas de Energia e Proteína

Com base nas equações das Linhas de Expansão apresentadas no ítem anterior, calculamos as relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína preditas pelos três modelos e para os três casos em estudo em função do peso das aves.

Estes resultados são apresentados nos Quadros 17, 18 e 19.

Quadro 17. Relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína para os diferentes pesos de Frangos Machos, preditas pelos modelos I, II e III.

Peso da Ave (gr.)	Relação EM/P				
	Modêlo I	Modêlo II	Modêlo III		
			Período Total	Período I	Período II
100	2900/18,00	(a)	3094/13,76	2931/20,49	-
200	3007/17,34	(a)	3094/13,76	2931/20,49	-
300	3021/16,78	(a)	3094/13,76	2931/20,49	-
500	3040/15,98	3314/ 4,67	3094/13,76	2931/20,49	-
750	3054/15,40	3240/ 8,39	3094/13,76	-	3113/12,99
1.000	3064/14,99	3190/ 9,78	3094/13,76	-	3113/12,99
1.250	3071/14,72	3160/11,00	3094/13,76	-	3113/12,99
1.500	3076/14,51	3141/11,80	3094/13,76	-	3113/12,99
1.750	3080/14,35	3126/12,52	3094/13,76	-	3113/12,99
2.000	3083/14,22	3115/12,89	3094/13,76	-	3113/12,99
2.250	3086/14,11	3106/13,30	3094/13,76	-	3113/12,99
2.500	3088/14,03	3098/13,58	3094/13,76	-	3113/12,99
2.750	3090/13,95	3092/13,84	3094/13,76	-	3113/12,99
3.000	3091/13,89	3089/13,98	3094/13,76	-	3113/12,99

(a) Valores negativos

Quadro 18. Relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína para os diferentes pesos de uma ave de lote misto, preditas pelos modelos I, II e III.

Peso da Ave (gr.)	Relação EM/P				
	Modêlo I	Modêlo II	Modêlo III		
			Período Total	Período I	Período II
100	2710/29,60	(b)	3050/15,58	2856/23,59	-
200	2734/28,60	(b)	3050/15,58	2856/23,59	-
300	2760/27,58	3405/ 2,93	3050/15,58	2856/23,59	-
500	2812/25,40	3303/ 5,12	3050/15,58	2856/23,59	-
750	2881/22,55	3237/ 7,80	3050/15,58	-	3069/14,80
1.000	2945/19,90	3198/ 9,48	3050/15,58	-	3069/14,80
1.250	3000/17,68	3172/10,50	3050/15,58	-	3069/14,80
1.500	3041/15,97	3154/11,30	3050/15,58	-	3069/14,80
1.750	3071/14,71	3140/11,86	3050/15,58	-	3069/14,80
2.000	3096/13,60	3129/12,31	3050/15,58	-	3069/14,80
2.250	(a)	3121/12,70	3050/15,58	-	3069/14,80
2.500	(a)	3113/12,98	3050/15,58	-	3069/14,80
2.750	(a)	3106/13,24	3050/15,58	-	3069/14,80
3.000	(a)	3103/13,39	3050/15,58	-	3069/14,80

(a) valores não definidos

(b) valores negativos

Quadro 19. Relações Ótimas de Energia Metabolizável e Proteína para os diferentes pesos de Fêmeas, preditas pelos modelos I, II e III.

Peso da Ave (gr.)	Relação EM/P				
	Modêlo I	Modêlo II	Modêlo III		
			Período Total	Período I	Período II
100	2900/21,76	(a)	3049/15,63	2797/26,04	-
200	2922/2088	(a)	3049/15,63	2797/26,04	-
300	2943/20,00	3395/ 1,33	3049/15,63	2797/26,04	-
500	2977/18,60	3277/ 6,19	3049/15,63	2797/26,04	-
750	3009/17,27	3200/ 9,30	3049/15,63	-	3073/14,63
1.000	3034/16,26	3136/10,93	3049/15,63	-	3073/14,63
1.250	3051/15,53	3135/12,21	3049/15,63	-	3073/14,63
1.500	3066/14,93	3117/12,81	3049/15,63	-	3073/14,63
1.750	3077/14,46	3103/13,30	3049/15,63	-	3073/14,63
2.000	3036/14,08	3092/13,84	3049/15,63	-	3073/14,63
2.250	3094/13,77	3082/14,20	3049/15,63	-	3073/14,63
2.500	3100/13,50	3075/14,54	3049/15,63	-	3073/14,63
2.750	3106/13,28	3067/14,85	3049/15,63	-	3073/14,63
3.000	3111/13,07	3060/15,10	3049/15,63	-	3073/14,63

(a) valores negativos

3. Idade Ótima para Abate de Frangos

3.1. Equações de Crescimento

A partir dos dados semanais do pêsso médio por ca-
beça para cada um dos tratamentos ajustaram-se funções res-
pectivas do crescimento das aves. Como foi discutido em 2.
4., empregaram-se neste ítem dois modelos matemáticos: a fun-
ção polinomial cúbica com uma variável independente e a Fun-
ção de Gompertz. Os parâmetros das equações ajustadas e seus
respectivos testes "t" são apresentadas, na ordem, nos Qua-
dros 20 e 21. 14/

Os altos valores obtidos para os coeficientes de
determinação de tôdas as regressões mostram o bom ajustamen-
to de ambos os modelos. O modelo polinomial tem os parâme-
tros do termo cúbico sempre significativamente diferentes
de zero, o que evidencia a propriedade de sua escolha. A Fun-
ção de Gompertz apresenta também um bom ajustamento.

3.2. Equações do Consumo de Ração

Aos dados do consumo de ração pelas aves em dife-
rentes tratamentos, foram ajustadas equações cúbicas, onde
o tempo em semanas foi a variável explicativa. Os resulta-
dos apresentados no Quadro 22 15/ mostram que o modelo usa-

14/A representação gráfica dessas funções encontra-se no A-
pêndice VIII.

15/Com representação gráfica no Apêndice IX.

do ajustou-se bem aos dados, o que se reflete nos valores do coeficiente de determinação, sempre significativos ao nível de 0,01 de probabilidade. Nota-se que os parâmetros dos termos cúbicos são significativos em cinco das nove equações. Tendo em vista a uniformidade da análise, manteve-se a equação cúbica mesmo que os parâmetros dos termos cúbicos não diferissem significativamente de zero.

3.3. Equações de Receita e Equações de Custo

Das equações apresentadas em 3.1 e 3.2 passou-se ao cálculo das equações de Receita e Custo, respectivamente.

Considerando o bom ajustamento alcançado com modelo de regressão cúbica e a maior facilidade de sua operação matemática, julgou-se suficiente, para o cálculo das equações de receita, apenas o seu uso, deixando-se de lado as estimativas feitas com a equação de Gompertz.

Para obter a função de receita para cada tratamento, multiplicando-se o preço da carne de frango, por grama, pela soma da equação de crescimento com o correspondente peso do pinto. Neste trabalho considerou-se um preço de Cr\$2,00 para o quilo de carne de frango. Esse produto representa a receita que se pode obter com a venda do frango no instante "t".

Quadro 20. Equações cúbicas ajustadas ao crescimento do peso médio por Ave (em gramas), em diferentes tratamentos em função do tempo, seus coeficientes de determinação e os respectivos testes "t" dos parâmetros.

Raça	Sexo	Parâ- metros	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	R ²
I	Macho		39,486	4,0084 (0,261)	31,938 (14,511)**	-1,1913 (13,968)**	0,9991**
	Grupo Misto		68,194	-17,108 (0,880)	33,901 (12,970)**	-1,2707 (12,544)**	0,9986**
	Fêmea		34,482	8,4376 (0,289)	28,838 (7,330)**	-1,1450 (7,512)**	0,9960**
II	Macho		81,093	-40,201 (2,576)**	40,699 (19,380)**	-1,5358 (18,876)**	0,9928**
	Grupo Misto		83,121	-35,557 (3,121)**	36,233 (23,637)**	-1,3781 (23,204)**	0,9995**
	Fêmea		-38,559	60,914 (1,921)	17,692 (4,147)**	-0,63747 (3,857)**	0,9949**
III	Macho		91,977	-46,592 (2,122)	34,363 (11,633)**	-1,1642 (10,173)**	0,9983**
	Grupo Misto		91,631	-45,788 (2,350)	30,992 (11,822)**	-1,0439 (10,277)**	0,9984**
	Fêmea		41,183	-16,369 (0,841)	26,968 (10,301)**	-0,96578 (9,521)**	0,9980**

Quadro 21. Equações de Gompertz ajustadas ao crescimento do peso médio por Ave (em gramas), em diferentes tratamentos em função do tempo, seus coeficientes de determinação e os respectivos testes "t" dos parâmetros.

Raça	Parâmetros			R ²	
	Sexo	R	A		
I	Macho	0,80917 (46,641)**	3,5880 (142,274)**	-2,1265 (56,935)**	0,9965**
	Grupo Misto	0,81672 (55,188)**	3,5895 (154,327)**	-2,0924 (66,703)**	0,9974**
	Fêmea	0,80556 (46,900)**	3,5148 (146,073)**	-2,0586 (55,255)**	0,9964**
II	Macho	0,80924 (55,714)**	3,6202 (171,427)**	-2,2123 (70,781)**	0,9979**
	Grupo Misto	0,81237 (64,021)**	3,5707 (187,409)**	-2,1455 (79,085)**	0,9982**
	Fêmea	0,80782 (47,936)**	3,4976 (144,732)**	-2,0775 (57,095)**	0,9966**
III	Macho	0,82810 (55,832)**	3,6245 (137,188)**	-2,2180 (71,810)**	0,9976**
	Grupo Misto	0,83112 (50,579)**	3,5823 (118,364)**	-2,1991 (64,512)**	0,9970**
	Fêmea	0,81540 (51,468)**	3,5073 (142,945)**	-2,2221 (66,045)**	0,9973**

Quadro 22. Equações cúbicas ajustadas ao consumo médio acumulado de Ração por ave (em gramas), em diferentes tratamentos, em função do tempo, seus coeficientes de determinação e os respectivos testes "t" dos parâmetros.

Ração	Sexo	Parâ- tros	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	R ²
I	Macho		21,193	29,859 (0,250)	58,932 (3,664)**	0,79269 (1,272)	0,9960**
	Grupo Misto		260,46	-154,27 (1,387)	81,723 (15,461)	-1,7214 (2,969)*	0,9962**
	Fêmea		170,43	117,24 (3,062)**	77,126 (14,971)**	-1,7584 (8,810)**	0,9995**
II	Macho		226,06	-153,40 (2,346)**	90,224 (10,254)**	-2,2197 (6,511)**	0,9987**
	Grupo Misto		106,89	-56,510 (0,285)	76,530 (2,872)*	-1,8419 (1,784)	0,9872**
	Fêmea		-13,405	35,991 (0,366)	54,446 (4,121)**	-1,0377 (2,027)	0,9961**
III	Macho		174,84	-67,340 (1,386)	69,082 (10,564)**	-1,2739 (5,028)**	0,9992**
	Grupo Misto		-41,397	89,965 (0,665)	40,130 (2,206)	-0,10899 (0,154)	0,9936**
	Fêmea		-19,248	57,897 (0,476)	44,121 (2,698)*	-0,32168 (0,508)	0,9946**

As equações de custo foram subdivididas em duas partes, conforme exposto em 2.3. De um lado, as equações dos custos com ração, e de outro, a equação representativa dos demais custos, por frango. Estas últimas representam apenas uma estimativa dos custos incorridos pelas empresas comerciais e foram baseadas em informações assistemáticas obtidas de granjeiros. Este procedimento se tornou necessário dada a impossibilidade de se calcularem esses custos nas condições experimentais.

Consideraram-se os seguintes itens de custo, excetuando-se a ração: preço do pinto, 1% de amortização (no tempo) das instalações e equipamentos, mão-de-obra, energia elétrica para iluminação, gás para aquecimento dos pintos no período inicial de criação, e produtos químico-veterinários.

Os cálculos foram feitos com base numa empresa com capacidade de produção de 10.000 frangos em cada setenta e cinco dias, incluído neste período um intervalo de dez dias entre um lote e outro, para desinfecção das instalações.

Considerou-se que o galpão de 1.000 metros quadrados, completamente equipado, necessário a essa produção representaria um capital de Cr\$35.000,00. Segundo as especificações técnicas, seriam necessários 12 hectares de terra, aqui avaliados em Cr\$9.000,00.

O capital circulante foi subdividido nos seguintes itens:

50 toneladas de ração (abate com a conversão de 2,5) - Cr\$0,40/kg.....	Cr\$ 20.000,00
10.000 pintos de um dia - Cr\$0,65 cada	Cr\$ 6.500,00
2,5 meses de salário - Cr\$400,00/mês	Cr\$ 1.000,00
Produtos químico-veterinários	Cr\$ 1.000,00
Energia elétrica - Cr\$80,00/mês	Cr\$ 200,00
Gás para 30 dias de aquecimento	Cr\$ 300,00
	<hr/>
Capital de Giro	Cr\$ 29.000,00

O capital total dessa empresa seria, portanto, de Cr\$ 73.000,00. Considerando-se uma taxa de mortalidade de 2%, têm-se os seguintes elementos:

Acréscimo semanal no custo por frango	Cr\$ 0,0228
Custo inicial por frango	Cr\$ 0,7826
Capital, por frango	Cr\$ 7,4490

Nestes cálculos não foi computada a remuneração do empresário, tanto pela dificuldade de estimá-la, como por que um operário sózinho pode cuidar de uma exploração do tamanho da aqui admitida, restando pouca atividade ao empresário durante o ciclo de criação. Pode-se considerar, por outro lado, que a Taxa que vamos maximizar seja a taxa da remuneração mista do capital e do empresários, considerando-se este como o dono do capital. —

A falta de rigor no cálculo dos custos justifica-se, apenas, por não ser esta a preocupação deste trabalho.

As equações dos custos com ração são dadas pelos produtos das equações de consumo em função do tempo, pelo preço do grama da ração usada no tratamento correspondente. O custo do quilo das rações experimentais foi de Cr\$ 0,400 para a Ração I, Cr\$ 0,375 para a Ração II e Cr\$. 0,350 para a Ração III.

Resumimos, a seguir, as equações aqui propostas.

$g(t) = \left[(b + q) + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 + b_3 \cdot t^3 \right] P_z$ - receita bruta que seria obtida com a venda de uma ave no instante t .

$h_1(t) = (C_0 + c_1 \cdot t + C_2 t^2 + C_3 t^3) \cdot P_c$ - despesas acumuladas com a alimentação de uma ave.

$h_2(t) = F_0 + F_1 \cdot t$ - custos acumulados por ave com o pagamento de mão-de-obra, luz, amortização, aquecimento, produtos químico-veterinários e compra do pintinho.

onde

q = pêso do pinto, em gramas

$b_i (i=0, \dots, 3)$ = parâmetros da equação do crescimento

$C_i (i=0, \dots, 3)$ = parâmetros da equação de consumo de ação

P_z = preço do g de carne de frango

P_c = preço do g de ração

F_0 = custo inicial, por frango

F = acréscimo semanal, no custo, por frango

t = tempo em semanas

Seguindo o procedimento proposto em 2.3, as idades ideais de abate que maximizam, para cada tratamento, a rentabilidade do capital são apresentadas, juntamente com as taxas máximas para cada caso, no Quadro 23.

Realce-se que os resultados apresentados são válidos tão somente para as condições anteriormente especificadas.

Quadro 23. Idades Ideais de Abate dos Frangos sob cada Tratamento e a Respectiva Taxa de Remuneração do Capital, por semana.

Ração	Sexo	Idade de Abate (Semanas)	Rentabilidade Semanal do Capital	Pêso da Ave (kg)
I	Macho	11,00	1,473	2,405
	Grupo Misto	10,95	1,430	2,321
	Fêmea	10,45	1,094	2,008
II	Macho	11,65	2,073	2,751
	Grupo Misto	11,65	1,488	2,450
	Fêmea	11,70	1,025	2,118
III	Macho	12,75	1,672	2,714
	Grupo Misto	12,45	1,251	2,354
	Fêmea	11,75	0,989	2,048

As condições experimentais de onde se colheram os dados básicos para este estudo não permitem, por sua limitação, a generalização dos resultados. A alta rentabilidade do capital encontrada, porém, aproxima-se bastante dos resultados encontrados por VASCONCELOS (1970).

São nítidas as diferenças na rentabilidade do capital, segundo o tipo de ração empregada e o sexo das aves nos diferentes tratamentos. Por outro lado, o peso sugerido como o ideal para o corte dos frangos é maior do que o recomendado usualmente.

C A P Í T U L O I V

RESUMO E CONCLUSÕES

1. Resumo

1.1. Em primeiro lugar, êste trabalho se propôs contribuir para a análise econômica do arraçoadamento de frangos de corte. Três modelos matemáticos foram analisados para determinar a combinação ideal de dois elementos variáveis na composição das rações. Os modelos estudados foram a função polinomial "raiz-quadrada", a função polinomial quadrática e a função Cobb-Douglas, todos com duas variáveis independentes.

$$\text{Modêlo I} - Z = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^{0,5} + b_3 X_2 + b_4 X_2^{0,5} + b_5 X_1^{0,5} X_2^{0,5}$$

$$\text{Modêlo II} - Z = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + b_3 X_2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

$$\text{Modêlo III} - Z = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2}$$

sendo

Z = ganho médio de pêsso, por ave

X_1 = consumo acumulado de quirera de milho, por ave

X_2 = consumo acumulado de farelo tostado de soja,
por ave

$b_i (i=0, \dots, 5)$ = parâmetros das equações

1.2. O segundo objetivo do presente trabalho foi o de propor um modelo para o cálculo da idade ótima para abate de frangos.

Ao contrário do procedimento usual de maximizar a receita líquida, o critério aqui seguido foi o de maximizar a rentabilidade do capital. Para tanto, ajustaram-se as equações de crescimento segundo os modelos polinomial cúbico e de Gompertz e a equação de consumo de ração segundo o modelo polinomial cúbico

$$Z = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$$

$$Z_1 = B_0 + B_1 \cdot R^t$$

$$C = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + c_3 t^3$$

sendo

Z = ganho médio de peso por ave até o instante t

$Z_1 = \log Z$

C = consumo acumulado de ração por uma ave até o instante t

$B_0 = \log b_0$

$B_1 = \log b_1$

t = tempo em semanas

$R, b_i, c_i (i=0, \dots, 3)$ = parâmetros das equações

As equações de receita foram derivadas apenas das equações cúbicas de crescimento em consequência de seu

bom ajustamento e facilidade de operação. O produto da soma das equações de crescimento com o pêsso respectivo do pinto pelo preço do grama de frango resulta nas equações que estimam receitas provenientes da venda de uma ave no instante t . O produto das equações de consumo de ração pelo preço do grama de ração resulta nas equações que estimam os gastos acumulados com ração para uma ave até o instante t .

$g(t) = (q + b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3) P_z$ = receita bruta que seria obtida com a venda de uma ave no instante t

$h_1(t) = (c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + c_3 t^3) P_c$ = despesas acumuladas com a alimentação de uma ave.

$h_2(t) = F_0 + Ft$ = custos acumulados por ave com o pagamento de mão-de-obra, luz, aquecimento, amortizações, produtos químico-veterinários e compra do pintinho.

sendo

q = pêsso do pinto

$b_i (i=0, \dots, 3)$ = parâmetros da equação de crescimento

$c_i (i=0, \dots, 3)$ = parâmetros da equação de consumo de ração

P_z = preço do grama de carne de frango

P_c = preço do grama de ração

F_0 = custo inicial, por frango

F = acréscimo semanal do custo, por frango

t = tempo em semanas

Considerando a taxa de remuneração do capital K por frango tem-se

$$r = \frac{g(t) - h_1(t) - h_2(t)}{K \cdot t}$$

No ponto em que a derivada de primeira ordem da Taxa de remuneração do capital em relação ao tempo for nula, sendo negativo o valor de sua derivada de segunda ordem, ter-se-á a máxima taxa de remuneração do capital empatado naquelas condições.

1.3. Os dados básicos submetidos a essa análise são provenientes de um experimento realizado na ESALQ/USP entre maio e agosto de 1970. O seu delineamento experimental foi o de um fatorial 3^2 sexo-ração com duas repetições. Quanto ao sexo, as aves foram divididas em grupos de 10 machos, grupos de 10 fêmeas e grupos de 5 machos e 5 fêmeas. As rações correspondiam a três diferentes relações de Energia Metabolizável/Proteína. Um grupo misto foi criado com ração

comercial a guiza de testemunha. As análises de variância e covariância realizadas para o pêsso das aves nas diferentes semanas apresentaram diferenças significativas, ao nível de 0,01 de probabilidade, quando se compararam os resultados de grupos diferentes quanto ao sexo, quanto a ração recebida e também para a interação sexo-ração.

2. Conclusões

2.1. As análises de variância e covariância sugerem que existem diferenças no crescimento de aves de sexo diferentes tratadas com uma mesma ração e, também, no crescimento de aves do mesmo sexo tratadas com rações diferentes.

2.2. Os três modelos usados para o estudo do ganho de pêsso das aves em função do consumo de Milho e Soja apresentaram um bom ajustamento. A significância dos parâmetros dos termos de interação, nos modelos I e II, está de acôrdo com a pressuposição teórica de que a resposta das aves ao consumo de um alimento depende do nível de emprêgo do outro.

2.3. A função Cobb-Douglas apresenta a tendência de superestimar os valores de ganho de pêsso nas últimas semanas. No caso presente, o mesmo parece acontecer com a função raiz-quadrada. Este fato parece estar associado à propriedade

da função potência de não apresentar um ponto extremo o que, no caso, ocorre também com o modelo I.

2.4. As linhas de expansão provenientes do modelo II para os pesos mais baixos das aves está em desacôrdo com o conceito biológico de que nas idades mais tenras as aves exigem uma menor relação energia proteína. Para as idades maiores o modelo sugere uma relação energia/proteína decrescente, o que também contraria os conhecimentos biológicos atuais.^{17/} Seria conveniente que se estudasse a situação das linhas de expansão derivadas de superfícies quadráticas de produção ajustadas aos dados dos Períodos I e II, em separado.

2.5. As linhas de expansão derivadas do modelo I estão em acôrdo com as pressuposições, uma vez que determinam relações crescentes de energia/proteína.

2.6. As relações energia/proteína derivadas das equações parciais do modelo III são compatíveis com os conhecimentos zootécnicos. Para o mesmo sexo, a elasticidade parcial de

^{17/} Quanto maior seja a taxa de crescimento em relação ao tamanho do corpo, menor será a relação energia/proteína necessária. Combs, 1962, p. 127.

produção para cada fator é menor no Período II que no Período I, o que está em consonância com o pressuposto zootécnico

2.7. A interpretação dos valores obtidos para as elasticidades parciais do milho e da soja nos Períodos I e II a partir da função "potência" põe em dúvida a teoria biológica,^{18/} uma vez que no caso presente as aves do sexo feminino apresentam uma resposta maior ao consumo adicional de farelo de soja, fonte de proteína das rações experimentais utilizadas neste trabalho.

2.8. O uso do modelo aqui proposto para o cálculo das idades ótimas de abate para os diferentes tratamentos levou a resultados que indicam que é economicamente interessante a criação de aves em lotes homogêneos quanto ao sexo. Os resultados mostram também que pode ser diferente a rentabilidade do capital quando se criam os sexos em separado, tanto quanto são diferentes quando se cria o mesmo sexo com rações de diferentes níveis de proteína. Finalmente, o modelo sugere que serão diferentes as idades economicamente ótimas para abate de machos e de fêmeas.

^{18/} O consenso é de que os machos requerem uma maior quantidade de proteína que as fêmeas, embora sejam escassos os dados sobre as necessidades de ambos os sexos quanto a relações de amino-ácidos específicos/energia. (Blamberg e Helbacka, 1966, p. 76.)

2.9. As conclusões aqui apresentadas são, por certo, preliminares. Seria de todo conveniente que se repetissem aspectos dêste trabalho. A realização de ensaios com um maior número de níveis de energia e proteína, com repetições em épocas diferentes e com outras "marcas" comerciais de aves poderia permitir uma maior generalização dos resultados.

A aplicação de métodos estatísticos que levem em consideração o problema da heterocedasticia deveria ser tentada, embora acreditemos que êsse procedimento leve a resultados bastante próximos aos aqui apresentados.

O trabalho com superfícies parciais dos três modelos pode apresentar vantagens, na medida em que possa aproximar os resultados aos pressupostos biológicos.

Outra possibilidade interessante é a de se determinar a idade ótima de abate também com o emprêgo da função de Gompertz aplicada aos dados do ganho de pêso. O cálculo dos desvios-padrão das idades de abate encontradas através dos dois procedimentos pode contribuir para a definição da fidedignidade dos modelos.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. Summary

1.1. The primary objective of this research was to contribute to the economic analysis of broiler feeding. Three mathematic models were analyzed in order to determine the ideal combination of two variable elements in the composition of rations. The models studied were: the "square root" polinomial function, the quadratic polinomial function, and the Cobb-Douglas function, each with two independent variables.

$$\text{Model I} - Z = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^{0,5} + b_3 X_2 + b_4 X_2^{0,5} + b_5 X_1^{0,5} X_2^{0,5}$$

$$\text{Model II} - Z = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + b_3 X_2 + b_4 X_2^2 + b_5 X_1 X_2$$

$$\text{Model III} - Z = b_0 X_1^{b_1} X_2^{b_2}$$

where

Z = average weight gain per broiler

X_1 = accumulated consumption of corn per broiler

X_2 = accumulated consumption of soybean oil meal
per broiler

$b_i (i=0, \dots, 5)$ = parameters of the equations

1.2. The second objective of this research was to propose a model for the estimation of optimum age for broiler marketing.

The usual procedure is to maximize net revenue, but the criterion followed here was to maximize return on capital. To meet this objective, the growth equations were fitted according to the cubic polynomial model and the Gompertz model, and the ration-consumption equation according to the cubic polynomial model.

$$Z = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$$

$$Z_1 = B_0 + B_1 \cdot R^t$$

$$C = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 + c_3 t^3$$

where

Z = average weight gain per bird, up to time t

$Z_1 = \log Z$

C == accumulated ration-consumption per bird up to time t

$B_0 = \log b_0$

$B_1 = \log b_1$

t = time, in weeks

R, b_1, c_i ($i=0, \dots, 3$) = equations of the parameters

The revenue equations were derived only from the cubic equations of growth in view of their good fit and ease of operation. The product of the growth equation, which includes the weight of the chick, times the price per gram of the broiler, results in an equation that estimates returns from the sale of a bird at time t . The product of the ration-consumption equation times the price of ration per gram results in an equation that estimates the accumulated expenses of the ration for one bird up to time t .

$$g(t) = (q + b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3) P_z = \text{gross return that would be obtained from the sale of one bird at time } t$$

$$h_1(t) = (c_0 + c_1t + c_2t^2 + c_3t^3) P_c = \text{accumulated expenses from the feeding of one bird}$$

$$h_2(t) = F_0 + Ft = \text{accumulated costs per bird from payment of labor, light, heating, amortization, chemical and veterinary products, and purchase of chicks.}$$

where

q = weight of chick

$b_i (i=0, \dots, 3)$ = parameters of the growth equation

$C_i (i=0, \dots, 3)$ = parameters of the ration-con-
sumption equation

P_z = price of gram of broiler meat

P_c = price of gram of ration

F_0 = initial price, per broiler

F = weekly increase in cost, per broiler

t = time, in weeks

Considering the remuneration rate of capital K per broiler, we have

$$r = \frac{g(t) - h_1(t) - h_2(t)}{K \cdot t}$$

At the point where the derivative of the first order of the remuneration rate of capital in relation to time is zero, and the value of its derivative of the second order is negative, the equation will yield the maximum rate of return to capital, under these conditions.

1.3. The basic data submitted to this analysis were taken from an experiment carried out at ESALQ/USP in the

period of May through August, 1970. The experimental design was that of a 3^2 factorial of sex and ration with two repetitions. The birds were divided in: groups of 10 males, groups of 10 females, and groups of 5 males and 5 females. The rations corresponded to three different ratios of Metabolizable Energy/Protein. A mixed group was raised using commercial ration as a control group. The variance and covariance analyses carried out for weight of the birds in the various weeks presented significant differences at the 0.01 level of probability when the results of different groups were compared as to sex, as to ration receive, and also for the sex-ration interaction.

2. Conclusions

2.1. The variance and covariance analyses suggest that there are differences in rate of growth of birds of different sexes fed with the same ration, and also differences in rate of growth of birds of the same sex fed with different rations.

2.2. The three models, used for the study on weight gain of the birds according to consumption of corn and soybeans, presented a good fit. The significance of the parameters

of the interaction terms, in Models I and II, agrees with the theoretical assumption that the response of the birds to the consumption of one grain depends upon the level of consumption of the other.

2.3. The Cobb-Douglas function tends to overestimate the weight gain in the last weeks. In the present case, the same thing seems to occur with the square root function. This fact seems to be associated with a characteristic of the power function of not presenting an extreme point, which, in this case, also occurs with Model I.

2.4. The expansion paths derived from Model II for the lowest weights of the birds is not in agreement with the biological concept that younger birds require a smaller energy-protein ration. For the older birds, the model suggests a decreasing energy-protein ratio, and this also is contrary to present biological knowledge. If possible, a separate study should be made on the situation of the expansion paths derived from the quadratic production surfaces adjusted to the data in Periods I and II.

2.5. The derived expansion paths of Model I are in agreement with the assumptions, since they exhibited increasing energy-protein ratios.

2.6. The energy-protein ratios derived from the partial equations of Model III were compatible with biological knowledge. For the same sex, partial elasticity of production of each factor is less in Period II than in Period I, which is consistent with biological assumptions.

2.7. Interpretation of partial elasticities of corn and soybean in Periods I and II from the "power" function contradicted biological theory, since in the present case the female birds presented a greater response to additional consumption of soybean meal - source of protein of the experimental rations utilized in this research.

2.8. The use of the model proposed herein for the estimation of optimum marketing ages for the different treatments led to results that indicate that is economically favorable to produce birds of homogeneous lots with respect to sex. Also, the results show that there could be different returns on capital when birds of different sex are raised separately. The same is true when birds of the same sex are raised with different levels of protein. Finally, the model suggests that the economically optimum ages for marketing of males and of females is different.

2.9. The conclusions presented herein are, obviously, preliminary. Certain aspects of this experiment should be repeated. The realization of experiments with a larger number of energy and protein levels, with repetitions at different periods and with other commercial "brands" of birds might offer a more accurate generalization of results.

The application of statistical methods that take into consideration the problem of "heterocedasticia" should be attempted, even though we believe this procedure would lead to results very close to the results presented herein.

Working with partial surfaces of the three models might have some advantages in that it might approximate the results to biological assumptions.

Another interesting possibility would be to determine optimum marketing age using the Gompertz function applied to the weight gain data. Estimation of the standard-deviation of marketing ages found two different procedures might contribute to the definition of increasing the reliability of the models.

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

- ALLEN, R.G.D. 1965. Análise Matemática para Economistas.
Brasil, Ed. Fundo de Cultura.
- BARROSO, N.A., ALBUQUERQUE, J.J.L. e VIEIRA DA SILVA, A. 1969
Ponto Ótimo de Abate de Frangos - Ano Agrícola,
1966. Fortaleza, Escola de Agronomia, Universida
de Federal do Ceará. (mimeo.).
- BENJAMIN, Earl W. 1960. Marketing Poultry Products. EUA,
John Willey & Sons, Inc.
- BLAMBERG, D.L. e HELBALCKA, N.V. 1966. Observation Con-
cerning the Rearing and Processing of Broiler by
Separate Sexes, in Proceedings - Maryland 1966
Nutrition Conference for Feed Manufactures, pp.
76-79.
- CARD, Leslie E. e NESHEIM, Malden C. 1966. Poultry Pro-
duction. Philadelphia, Lea & Febiger.
- CLAYTON, E.S. 1969. Economia de la Industria Avícola. Za-
ragosa, Espanha, Editorial ACRIBIA.
- COMBS, G.F. 1962. The Interrelationships of Dietary Ener-
gy and Protein in Poultry Nutrition, in Nutrition
of Pigs and Poultry, editado por J.T. Morgan e
D. Lewis, London.

- DOLL, John P., RHODES, V. James e WEST, Jerry G. 1968. Economics of Agricultural Production, Markets, and Policy. EUA, Homewood, Richard D. Irwin, Inc.
- FERGUSON, C.E. 1966. Microeconomic Theory. EUA, Richard D. Irwin.
- FRISCH, Ragnar. 1965. Theory of Production. Oslo, Noruega, Rand McNally & Co.
- GIRÃO, J. Antonio. 1965. A Função de Produção de Cobb - Douglas e a Análise Inter-Regional da Produção Agrícola. Lisboa, Portugal, Fundação Colouste Gulbenkian.
- HADLEY, G. 1967. Introduction to Probability and Statistical Decision Theory. California, Holden-Day.
- HEADY, Earl O., BALLOUN, S. e McALEXANDER, R. 1960. Production Functions, Least-Cost Rations, and Optimum Marketing Weights for Broiler, in Agricultural Production Functions, 1960, Earl O. Heady e John P. Dillon. EUA, Iowa State University Press.
- HEADY, Earl O. e DILLON, John L. 1960. Agricultural Production Function. EUA. Iowa State University Press.

- HOFFMANN, R. 1969. A Análise de Regressão e suas Aplicações Econométricas. Piracicaba, ESALQ/USP, Depto. de Economia, Série Apostila nº 21 (mimeo.)
- HOFFMANN, R. 1970. Regressão Assintótica. Piracicaba, - ESALQ/USP, Depto. de Ciências Sociais Aplicadas (mimeo.).
- JAAP, R.G. 1968. The 1968 Broiler Industry, Breeding Stock and Chick Producers. EUA, Ohio State University, Seminário (mimeo).
- JOHNSTON, J. 1963. Econometric Methods. EUA, McGraw Hill Book, Co.
- LANGE, Oskar. 1967. Introdução à Econometria. Brasil, Ed. Fundo de Cultura.
- LEFTWICH, Richard H. 1966. The Price System and Resource Allocation, 3ª edição. EUA, Holt, Rinehart and Winston.
- MUNDLAK, Yair. 1958. A Note on the Symmetry of Homogeneous Production Function and the Three Stages of Production. Journal of Farm Economics XL(3): 758, 1958.

- PIMENTEL GOMES, F. 1966. Curso de Estatística Experimental. 3ª Edição. Piracicaba, Brasil, ESAIQ/USP.
- ROY, Ewell P. 1969. Suggested Optimum Age and Weight for Marketing Male and Female Broiler Chickens. Poultry Meat, dezembro.1969.
- SCOTT, M.L. 1968. "Nutrient Requirements of Chickens Around the World" in FEEDSTUFFS, Nov.30, 1968.
- SIMONSEN, M. Henrique. 1969. Teoria Micro-Econômica; Vol. II e III. Rio de Janeiro, Brasil, Fundação Getúlio Vargas.
- SIRESP. 1970. A Indústria de Rações. Sindicato da Indústria de Rações do Estado de São Paulo.
- STEEL, Robert G.D. e TORRIE, James H. 1960. Principles and Procedures of Statistics, EUA, McGraw Hill Book Co, Inc.
- TEIXEIRA, Teotônio D. 1969. Superfície Quadrática e suas Aplicações na Análise Econômica de Experimentos. Tese de M.S., não publicada, Viçosa, U.F.Viçosa.
- TORRES, A.D I P. 1969. Alimentação das Aves. São Paulo, Edições Melhoramentos.

VASCONCELOS, Haroldo. 1970. Um Trabalho de Pesquisa Econômica Comparativa: Rentabilidade da Produção de Aves e Ovos. Trabalho apresentado ao II Congresso Brasileiro de Avicultura, 1970. Vitória, Brasil. (mimeo.).

VIEIRA, Sonia. 1970. Aspectos das Funções de Produção Ajustadas aos Ensaio Fatoriais 3³ de Adubação. Piracicaba, ESALQ/USP. Tese de Doutorado, não publicada.

ZAGATTO, A. Guidetti e HOFFMANN, R. 1969. Teoria da Produção. Piracicaba, ESALQ/USP, Depto. de Economia. Série Apostila nº 17 (mimeo.).

ZAGATTO, A. Guidetti e PIMENTEL GOMES, F. 1960. O Problema Técnico-Econômico da Adubação. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". XVII, pp. 146-163.

A P Ê N D I C E S

Apêndice I. Condições Meteorológicas Verificadas em Piracicaba no Período 30/4/70 a 20/8/70*

Mês	Dia	Pressão Para- métrica redu- zida a 0°C (média)	Temperatura			Umidade Relativa %	Sol			
			Máxima	Mínima	Média (à sombra)		Mascento h m	Ocaso h m		
Abril	30	715,6	28,1	14,2	20,3	73	6	26	17	41
Maio	1	714,4	30,6	14,2	21,4	75	6	27	17	40
	2	714,3	30,2	16,6	22,2	74	6	28	17	40
	3	714,4	29,6	16,3	21,9	77	6	28	17	39
	4	713,8	30,2	15,9	21,4	80	6	28	17	38
	5	712,9	30,2	16,2	22,3	67	6	29	17	38
	6	713,2	26,3	15,8	21,2	76	6	29	17	38
	7	715,3	19,5	18,1	18,6	96	6	30	17	37
	8	714,6	27,2	17,4	20,2	89	6	30	17	36
	9	714,6	26,6	18,0	20,6	89	6	30	17	36
	10	713,8	30,0	17,0	22,8	77	6	31	17	35
	11	716,0	29,6	17,8	22,3	83	6	32	17	34
	12	716,4	28,0	16,0	21,4	80	6	32	17	34
	13	716,2	28,0	16,4	21,6	72	6	33	17	33
	14	715,6	28,7	14,8	20,3	76	6	33	17	33
	15	714,3	28,5	13,0	19,5	79	6	34	17	33
	16	713,1	29,5	13,0	19,2	78	6	34	17	32
	17	712,8	29,4	13,6	20,2	77	6	35	17	32
	18	713,4	28,6	12,5	19,4	79	6	35	17	31
	19	710,3	29,7	11,9	21,3	55	6	35	17	31
	20	713,0	22,8	17,8	19,7	81	6	36	17	30
	21	715,4	20,2	14,9	16,8	84	6	36	17	30
	22	715,6	25,0	11,6	16,8	76	6	37	17	30
	23	717,2	25,5	12,2	16,5	74	6	37	17	29
	24	717,4	26,2	9,0	15,0	82	6	37	17	29
	25	716,9	26,4	10,0	16,1	81	6	37	17	29
	26	715,6	28,8	8,8	17,2	76	6	38	17	28
	27	714,1	29,1	11,0	17,8	74	6	38	17	28

* Dados Fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESAIQ/USP

Apêndice 1. (Continuação)

Maio	28	715,7	28,7	10,9	17,8	71	6	38	17	28
	29	716,6	28,4	10,0	17,2	70	6	39	17	27
	30	716,9	28,2	9,0	16,8	73	6	39	17	27
	31	716,8	28,0	9,3	16,9	75	6	39	17	27
Junho	1	717,6	29,6	9,0	19,7	74	6	40	17	27
	2	716,9	28,5	12,1	17,9	75	6	41	17	27
	3	715,6	27,9	13,8	17,5	78	6	41	17	27
	4	713,1	28,1	10,3	17,6	74	6	42	17	27
	5	711,1	28,6	10,5	20,2	55	6	42	17	27
	6	712,5	29,1	13,6	20,5	63	6	42	17	27
	7	715,2	29,5	15,5	21,0	66	6	42	17	27
	8	717,5	24,5	16,9	19,1	84	6	43	17	27
	9	715,9	27,7	15,3	19,8	78	6	43	17	27
	10	715,1	27,4	15,5	19,7	77	6	44	17	27
	11	715,3	27,8	15,0	20,0	80	6	44	17	27
	12	714,7	28,7	13,2	19,4	77	6	45	17	27
	13	712,7	29,6	13,9	20,7	67	6	45	17	27
	14	711,6	27,1	13,5	25,1	77	6	45	17	28
	15	715,4	19,7	14,1	16,4	94	6	46	17	28
	16	718,5	23,4	10,3	15,5	80	6	46	17	28
	17	717,9	26,3	9,3	16,2	83	6	46	17	28
	18	717,2	20,4	10,8	15,6	88	6	47	17	28
	19	717,4	26,6	10,3	16,7	81	6	47	17	28
	20	716,7	28,0	12,0	17,3	80	6	47	17	28
	21	714,8	29,0	12,2	18,4	69	6	47	17	28
	22	712,8	29,7	12,2	21,4	53	6	47	17	28
	23	714,8	18,6	16,0	16,8	96	6	48	17	28
	24	718,2	16,8	11,0	13,8	87	6	48	17	29
	25	720,6	18,1	9,3	14,0	78	6	48	17	29
	26	719,0	19,6	11,0	15,2	85	6	48	17	29
	27	715,9	25,8	9,8	16,1	82	6	48	17	29
	28	717,2	27,1	12,1	18,5	78	6	48	17	30
	29	718,6	26,6	14,8	19,4	76	6	48	17	30
	30	720,1	24,5	13,4	16,6	84	6	49	17	30

Apêndice 1. (Continuação)

Julho	1	716,0	26,4	10,2	18,3	71	6	49	17	31
	2	717,0	20,2	9,0	12,3	71	6	49	17	32
	3	717,2	21,0	3,9	10,9	80	6	49	17	32
	4	716,7	26,6	5,7	14,2	71	6	49	17	32
	5	716,0	27,5	7,7	16,4	65	6	49	17	33
	6	715,6	27,6	9,9	17,9	67	6	49	17	33
	7	714,7	28,5	10,0	18,1	75	6	48	17	33
	8	716,0	28,3	13,6	18,2	79	6	48	17	34
	9	718,5	20,2	10,6	14,3	76	6	48	17	34
	10	718,4	17,1	7,6	13,5	92	6	48	17	35
	11	716,6	22,6	11,0	15,3	83	6	48	17	35
	12	716,3	20,1	12,0	15,0	90	6	48	17	35
	13	716,6	19,7	11,6	15,2	88	6	48	17	36
	14	719,0	22,4	10,3	15,2	78	6	48	17	36
	15	718,9	24,4	9,2	15,4	77	6	47	17	37
	16	720,3	24,0	9,3	15,5	68	6	47	17	37
	17	720,6	23,6	7,9	13,9	71	6	47	17	38
	18	720,4	24,3	7,4	14,5	63	6	47	17	38
	19	719,9	25,1	7,5	14,7	53	6	46	17	38
	20	720,0	25,6	7,0	15,9	60	6	46	17	39
	21	719,8	24,5	8,7	17,4	67	6	46	17	39
	22	719,1	25,2	11,7	17,6	78	6	45	17	40
	23	720,1	23,8	13,0	17,0	73	6	45	17	40
	24	719,8	24,4	10,1	16,2	70	6	45	17	41
	25	718,3	26,4	9,6	16,6	67	6	44	17	41
	26	716,9	25,0	9,8	16,4	78	6	44	17	42
	27	715,0	28,9	10,3	23,3	69	6	43	17	42
	28	715,3	29,9	11,3	19,2	67	6	42	17	43
	29	714,3	30,2	13,8	20,7	58	6	42	17	43
	30	715,4	30,1	12,0	19,7	69	6	42	17	43
	31	717,5	30,2	12,1	20,1	72	6	41	17	44
Agosto	1	717,9	28,2	11,4	17,7	69	6	41	17	44
	2	717,9	27,5	9,4	16,8	65	6	40	17	44
	3	717,6	28,2	9,5	18,2	54	6	40	17	45

Apêndice 1. (Continuação)

Agosto	4	715,7	28,1	10,8	18,1	61	6	39	17	46
	5	715,1	30,1	14,6	20,9	59	6	38	17	46
	6	716,7	30,8	12,2	20,2	63	6	38	17	46
	7	715,7	30,8	11,2	19,9	63	6	37	17	47
	8	715,3	24,7	12,0	15,8	81	6	37	17	47
	9	717,0	24,7	5,2	12,6	65	6	36	17	48
	10	719,5	25,0	5,2	11,9	59	6	36	17	48
	11	719,9	26,5	6,3	14,4	65	6	35	17	49
	12	718,2	23,7	6,0	13,7	57	6	35	17	49
	13	717,8	25,7	5,9	13,7	53	6	34	17	49
	14	717,7	27,0	6,1	16,8	43	6	33	17	50
	15	718,4	26,4	6,8	16,8	65	6	32	17	50
	16	719,0	24,4	12,0	16,3	74	6	31	17	51
	17	719,1	26,2	8,5	16,3	66	6	30	17	51
	18	718,6	25,6	7,5	15,7	56	6	29	17	51
	19	717,3	27,5	8,0	18,9	49	6	28	17	52
	20	716,5	29,0	10,6	19,1	48	6	28	17	52

Apêndice 2. Valores Semanais Observados do Pêso das Aves por Faveia.

Raço	Sexo	S E M A N A S								
		Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8
I	M	410	1.110	2.250	3.630	5.630	7.170	9.400	12.100	15.420
		430	1.030	2.130	3.410	5.590	7.280	9.900	12.800	16.020
	M-F	420	1.080	2.090	3.370	5.330	6.720	8.100	10.600	13.420
		410	1.110	2.210	3.500	5.400	6.980	9.280	12.060	15.170
	F	405	1.010	2.010	3.200	5.030	6.500	8.590	10.990	13.600
		430	1.130	2.160	3.480	5.530	6.970	9.140	11.620	14.500
II	M	430	1.040	2.080	3.440	5.610	7.260	9.500	12.680	16.080
		440	1.040	2.100	3.380	5.470	7.320	10.110	13.040	16.760
	M-F	420	1.020	1.970	3.200	5.080	6.670	8.800	11.480	14.330
		420	1.040	2.000	3.200	5.110	6.760	7.350	9.420	11.780
	F	420	1.010	1.920	3.020	4.690	6.120	8.060	10.300	12.690
		430	1.030	1.950	3.230	5.010	6.660	8.700	11.370	14.090
III	M	430	970	1.830	2.800	4.570	5.980	7.940	10.380	13.280
		440	1.000	1.830	2.920	4.820	6.260	8.200	10.820	13.940
	M-F	430	950	1.790	2.780	4.450	5.560	7.420	9.640	12.260
		420	910	1.630	2.510	4.030	5.160	6.390	8.400	10.720
	F	420	830	1.520	2.470	4.030	5.000	6.520	8.410	10.600
		440	930	1.690	2.580	4.230	5.380	7.140	9.280	11.840
Comer- cial	M-F	420	840	1.600	2.630	4.330	6.120	7.470	9.750	12.540
		415	880	1.670	2.830	4.730	6.780	9.270	11.680	15.360

		S E M A N A S									
Ração	Sexo	Inicial	9	10	11	12	13	14	15		
I	M	18.320	21.390	23.950	27.050	29.250	31.000	33.150	33.900		
		18.680	21.500	24.400	26.620	28.520	30.600	30.150	31.600		
	M-F	15.790	18.670	21.000	23.490	25.400	27.000	29.200	30.500		
		17.840	21.950	23.050	26.080	28.125	29.400	31.700	32.700		
	F	15.880	18.570	22.620	23.750	24.280	25.830	27.800	28.550		
		16.900	20.570	21.740	23.050	25.540	27.030	29.050	30.100		
II	M	19.320	22.580	25.670	28.750	30.660	32.540	34.750	35.850		
		19.920	22.140	25.700	29.050	31.160	33.300	35.400	36.400		
	M-F	17.100	19.980	22.610	25.450	27.380	29.040	31.050	31.450		
		13.930	16.280	18.500	20.500	22.380	23.580	24.950	25.650		
	F	14.690	17.070	19.100	21.200	23.050	24.800	26.850	28.500		
		16.330	18.880	20.620	21.450	23.090	26.570	28.850	29.600		
III	M	15.990	20.360	21.150	24.820	27.200	29.610	32.150	34.300		
		16.670	19.880	22.850	26.000	28.400	30.330	32.750	34.100		
	M-F	14.620	17.860	19.650	20.600	22.740	26.450	28.350	29.950		
		12.930	15.630	18.100	20.720	22.750	23.720	23.500	25.250		
	F	12.490	15.920	16.960	18.910	20.610	22.250	24.100	25.750		
		13.980	17.550	18.820	21.000	22.800	24.450	23.050	24.800		
Comercial		14.020	17.590	20.150	23.750	25.690	25.200	26.900	27.250		
		18.050	18.880	20.550	25.100	25.780	27.600	29.750	26.250		

Apêndice 3. Valores Semanais Observados para o Consumo Cumulativo de Ração pelas Aves e Número de Aves por Parcela.

Quadro 1. Valores Semanais Observados para o Consumo Cumulativo de Ração pelas Aves, por Parcela.

Ração	Sexo	S E M A N A S							
		1	2	3	4	5	6	7	8
I	M	980	3.010	5.920	11.260	15.590	20.805	27.115	34.995
		950	2.850	5.940	11.280	16.430	22.135	28.825	36.775
	M-F	1.070	2.670	5.310	9.230	13.200	18.380	23.730	30.410
		1.000	2.840	5.450	9.580	13.770	19.008	25.328	32.790
	F	780	2.380	4.570	8.380	12.390	17.325	23.255	30.165
		890	2.790	5.270	9.290	13.700	18.890	25.032	32.392
II	M	1.000	2.520	5.230	9.900	14.910	20.452	27.312	35.192
		930	2.850	5.690	10.320	15.070	21.218	28.078	36.498
	M-F	950	2.580	5.380	9.950	14.460	19.605	25.875	33.105
		1.100	3.110	5.940	10.530	15.080	20.458	25.768	31.658
	F	980	2.810	5.290	9.560	13.490	18.227	23.727	29.967
		940	2.650	4.250	10.050	15.010	20.248	26.418	33.568
III	M	1.090	2.980	5.910	10.550	14.490	19.402	25.342	32.592
		1.090	3.050	5.810	10.730	14.960	19.965	26.315	33.965
	M-F	1.010	3.020	5.750	10.450	14.560	19.437	25.107	31.707
		1.030	2.690	5.310	9.730	13.060	17.718	21.590	28.620
	F	810	2.330	4.810	9.050	13.050	17.230	21.260	28.260
		1.030	2.860	5.170	9.730	13.110	17.757	22.127	29.467
Comer- cial	M-F	1.060	2.560	5.450	9.330	14.120	19.627	25.697	32.857
		940	2.910	5.830	10.280	15.610	21.735	29.055	38.095

S E M A N A S

Ração	Sexo	9	10	11	12	13	14	15	16
I	M	43.725	53.605	64.305	75.355	82.255	95.405	106.655	116.255
	M-F	44.855	55.315	65.655	76.815	87.015	96.365	106.715	116.265
II	M-F	38.040	47.330	56.880	67.630	78.230	88.110	98.480	108.630
	F	40.960	50.520	60.200	70.870	80.620	90.320	101.170	111.220
III	F	40.135	48.845	58.145	68.445	77.695	87.595	97.895	107.795
	M	40.542	49.832	59.452	69.432	78.592	88.482	98.842	108.742
Comer- cial	M	44.102	54.042	64.642	74.992	84.642	94.892	105.242	115.092
	M-F	45.748	54.948	66.498	77.848	88.038	98.598	109.488	119.588
II	M-F	38.985	48.045	57.945	68.595	77.545	87.355	97.345	105.995
	F	38.538	46.158	54.408	62.258	70.358	80.168	86.108	94.208
III	F	36.797	44.527	52.787	61.877	70.467	79.947	90.067	102.017
	M	41.458	50.278	59.478	68.278	76.918	85.598	94.768	103.718
III	M	40.902	50.482	59.642	70.942	80.852	92.032	104.002	115.052
	M-F	42.505	52.125	62.565	73.325	82.985	93.735	105.385	114.585
III	M-F	39.257	47.857	56.157	66.857	75.267	84.297	93.767	104.617
	F	35.520	43.360	51.760	61.140	69.760	78.200	86.810	95.780
Comer- cial	F	35.070	42.770	50.670	61.620	71.910	80.550	89.410	99.810
	M-F	36.767	44.787	53.237	61.987	70.337	79.077	88.287	94.687
Comer- cial	M-F	40.927	49.627	59.097	71.627	83.027	92.627	103.527	112.127
	F	47.855	55.485	67.985	82.935	95.565	104.745	114.365	125.365

Quadro 2. Número de Aves por Parcela.

Ração	Sexo	S E M A N A S																
		Inic.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	M	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	M-F	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	F	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
II	M	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	M-F	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	F	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
III	M	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	M-F	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	F	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Comer- cial	M-F	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	cial	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Apêndice 4. Análises de Variância e Covariância dos Dados Básicos

Quadro 1. Análise de Variância dos Valores do Pêso das Aves na Semana Inicial

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	45	45	0,48
Sexo S	2	300	150	1,59
Ração R	2	433	216	2,29
S x R	4	66	16	0,18
<hr/>				
Tratamento	9	845	93	0,99
Resíduo	10	850	94	-
<hr/>				
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 2,29%

Quadro 4. Análise de Variância dos Valores do Pésó das Aves na 1ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	42,320	42,320	20,81**
Sexo S	2	5,433	2,716	1,34
Ração R	2	67,033	33,516	16,48**
S x R	4	6,833	1,708	0,84
Tratamento	9	121,620	13,513	6,65**
Resíduo	10	18,300	2,033	-
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 4,52%

Quadro 7. Análise de Variância dos Valores do Pésso das Aves na 2ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	182,405	182,405	29,08**
Sexo S	2	78,633	39,316	6,27**
Ração R	2	568,633	284,316	45,33**
S x R	4	8,333	2,083	0,33
Tratamento	9	838,005	93,111	14,84**
Resíduo	10	56,450	6,272	-
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 4,12%

Quadro 10. Análise de Variância dos Valores do Pêso das Aves na 3ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	275,342	275,342	16,09**
Sexo S	2	236,577	118,288	6,91**
Ração R	2	1.893,811	946,905	55,34**
S x R	4	10,188	2,547	0,15
Tratamento	9	2.415,920	268,435	15,69**
Resíduo	10	154,000	17,111	-
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 4,24%

Quadro 13. Análise de Variância dos Valores do Pésó das Aves na 4ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	361,804	361,804	7,96*
Sexo S	2	892,633	446,316	9,82**
Reação R	2	3.694,533	1.847,266	40,64**
S x R	4	73,133	18,283	0,40
Tratamento	9	5.022,104	558,011	12,27**
Resíduo	10	409,150	45,461	-
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 4,32%

Quadro 16. Análise de Covariância dos Valores do Pésso das Aves na 5ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XI	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	681	1	0,0056	1	6	6	0,00
Sexo S	2	1,928,577	325	0,1111	2	1,565,835	782,917	11,03**
Ração R	2	6,930,544	873	0,1111	2	5,150,612	2,575,306	36,27**
S x R	4	145,822	41	0,2222	4	144,067	36,016	0,51
Tratamento	9	9,005,625	1.242	0,4500	9	6,917,765	768,640	10,83**
Resíduo	10	711,150	190	0,5000	9	638,950	70,994	--
Total	19	9,716,775	1.432	0,9500	18	--	--	--

Coef. Variação = 4,14% $\hat{\beta}(x) = 380$ F(x) = 1,00

Quadro 19. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 6ª Semana

Causas de Variação	GL	Y^2	XY	X^2	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	80	-2	0,0889	1	82,030	82,030	0,56
Sexo S	2	5.983,900	2.231	1,4444	2	2,922,804	1,461,402	10,55**
Raçaõ R	2	11.088,900	705	0,1111	2	9,772,483	4.886,241	35,26**
S x R	4	406,400	304	0,5556	4	314,011	78,502	0,57
Tratamento	9	17.479,280	3,239	2,2000	9	13,110,825	1.456,758	10,51**
Resíduo	10	4.791.000	3.765	4,0000	9	1.247,193	138,577	-
Total	19	22.270,280	7.004	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 4,45%

$\hat{\beta}(x) = 941$

$F(x) = 0,61$

Quadro 22. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 7ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	35.280	56	0,0889	1	28,499	28,499	0,16
Sexo S	2	11,200,432	2.880	1,4444	2	6,122,726	3,061,363	17,32**
Ração R	2	17.104,533	840	0,1111	2	15.123.626	7.561,813	42,78**
S x R	4	952.935	460	0,5556	4	640.468	160.117	0,91
Tratamento	9	29,293,180	4,236	2,2000	9	21,878,798	2,430,977	13,75**
Resíduo	10	7.374.800	4.810	4,0000	9	1.590.775	176,752	-
Total	19	36.667.980	9.046	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 3,88%

$\hat{\beta}(x) = 1.202$

$F(x) = 0,61$

Quadro 25. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 8ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	117,556	-102	0,0889	1	636,857	636,857	1,89
Sexo S	2	21,788,578	3,798	1,4444	2	13,021,024	6,510,512	19,28**
Ração R	2	23,169,346	993	0,1111	2	20,181,019	10.090,509	29,88**
S x R	4	2.061,620	564	0,5556	4	1.630.520	407,630	1,21
Tratamento	9	47,137,100	5,255	2,2000	9	35,568,239	3,952,026	11,70**
Resíduo	10	12.727.300	6,225	4,0000	9	3.039.643	337.738	--
Total	19	59.864,400	11.480	6,2000	18	--	--	--

Coef. Variação = 4,24% $\hat{\beta}(x) = 1.556$ $F(x) = 0,61$

Quadro 28. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 9ª Semana

Causas de Variação	GL	X ²	XY	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	42,018	61	0,0889	1	138,608	138,608	0,25
Sexo S	2	34,966,476	4,420	1,4444	2	22,746,308	11,373,154	20,82**
Raçaõ R	2	27,657,748	1,047	0,1111	2	23,828,278	11,914,139	21,81**
S x R	4	3.442.684	616	0,5556	4	3.104.441	776.110	1,42
Tratamento	9	66,108,924	6,145	2,2000	9	49,953,919	5.550,435	10,16**
Resíduo	10	20.125.256	7.800	4,0000	9	4,915,256	546,139	-
Total	19	86.234.180	13.945	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 4,57% $\hat{\beta}(x) = 1,950$ $F(x) = 0,61$

Quadro 31. Análise de Covariância dos Valores do Pésso das Aves na 10ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	1,911,674	412	0,0889	1	614,688	614,688	1,09
Sexo S	2	37,829,488	4,654	1,4444	2	24,472,544	12,236,272	21,74**
Ração R	2	20,338,552	1.176	0,1111	2	15,896,710	7,948,355	14,12**
S x R	4	5,734,204	447	0,5556	4	6,046,242	1,511,560	2,68*
Tratamento	9	65,813,916	6,690	2,2000	9	47,071,523	5,230,169	9,29**
Resíduo	10	20,727,256	7,915	4,0000	9	5,065,449	562,827	-
Total	19	86,541,172	14,605	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 3,92%

$\hat{\beta}(x) = 1,978$

$F(x) = 0,61$

Quadro 34. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 11ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	2,264,648	448	0,0889	1	939,784	939,784	1,99
Sexo S	2	56,203,232	5,441	1,4444	2	39,978,792	19,989,396	42,26**
Ração R	2	33,655,304	1,321	0,1111	2	29,038,764	14,519,382	30,70**
S x R	4	8,453,460	695	0,5556	4	7,710,385	1,927,596	4,08*
Tratamento	9	100,576,640	7,907	2,2000	9	76,932,714	8,548,079	18,07**
Resíduo	10	16,647,456	7,040	4,0000	9	4,257,056	473.006	-
Total	19	117,224,096	14,947	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 3,22% $\hat{\beta}(x) = 1,760$ $F(x) = 0,61$

Quadro 37. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 12ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	378	-5	0,0889	1	502,432	502,432	3,31
Sexo S	2	95,942,872	5,499	1,4444	2	77,293,511	38,646,755	254,68**
Ração R	2	23,730,008	1,096	0,1111	2	19,040,607	9,520,303	62,74**
S x R	4	10,766,952	657	0,5556	4	10,641,039	2,660,259	17,53**
Tratamento	9	130,440,208	7,247	2,2000	9	107,863,341	11,984,815	78,98**
Resíduo	10	23,244,704	9,355	4,0000	9	1,365,697	151,744	-
Total	19	153,684,912	16,602	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 1,63%

$\hat{\beta}(x) = 2,338$

$F(x) = 0,61$

Quadro 40. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 13ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	737,922	832	0,9389	1	1,841,154	1,841,154	6,44*
Sexo S	2	111,036,832	5.351	1,4444	2	92,786,254	46,393,127	162,34**
Ração R	2	18,028,800	977	0,1111	2	13,751,192	6,875,596	24,06**
S x R	4	10,331,128	905	0,5556	4	9.189,516	2.297.379	8,04**
Treatamento	9	140,134,680	8,066	3,0500	9	118,855,541	13.206,171	46,21**
Resíduo	10	23.814,200	8.622	3,5000	9	2.772.055	285.783	-
Total	19	163.948.880	16.688	6,5500	18	-	-	-

Coef. Variação = 2,07% $\hat{\beta}(x) = 2,463$ $F(x) = 0,97$

Quadro 43. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 14ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	2,762,704	1,610	0,9389	1	588,708	588,708	0,89
Sexo S	2	121,750,352	6,912	1,4444	2	93,520,456	46,760,228	70,89**
Raçao R	2	20,443,552	837	0,1111	2	16,747,177	8,373,588	12,70**
S x R	4	8,993,376	1,188	0,5556	4	6,553,784	1,638,446	2,48
Treatamento	9	153,949,984	10,550	3,0500	9	118,640,060	13,182,228	19,98**
Resíduo	10	29,726,680	9,125	3,5000	9	5,936,501	659,611	-
Total	19	183,676,664	19,675	6,5500	18	-	-	-

Coef. Variação = 2,95%

$\hat{\beta}(x) = 2,607$

$F(x) = 0,97$

Quadro 46. Análise de Covariância dos Valores do Pêso das Aves na 15ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	1,596,154	941	0,5556	1	546,047	546,047	0,60
Sexo S	2	136,215,808	7,216	1,4444	2	105,864,803	52,932,401	57,83**
Raçaõ R	2	34,275,808	3,900	0,4444	2	14,919,126	7,459,563	8,15**
S x R	4	27,173,352	5,916	1,5556	4	6.010,952	1.502.738	1,64
Tratamento	9	199,261,120	17,975	4,0000	9	125,320,717	13,924,524	15,21**
Resíduo	10	45,776,224	13,700	5,0000	9	8.238,224	915.358	-
Total	19	245,037,344	31,675	9,0000	18	-	-	-

Coef. Variação = 3,28% $\hat{\beta}(x) = 2,740$ $F(x) = 0,89$

Quadro 49. Análise de Covariância dos Valores do Fêso das Aves na 16ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.G.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	25,275,016	7,119	2,0056	1	1,913,018	1,913,018	4,37
Sexo S	2	139,776,952	7,602	1,4444	2	109,080,675	54,540,337	124,64**
Ração R	2	19,507,784	2,944	0,4444	2	7,309,732	3,654,866	8,35**
S x R	4	29,913,872	6,230	1,5556	4	8,048,048	2,012,012	4,60**
Tratamento	9	214,473,632	23,897	5,4500	9	120,372,462	13,374,718	30,56**
Resíduo	10	35,858,720	13,250	5,5000	9	3,938,265	437,585	-
Total	19	250,332,352	37,147	10,9500	18	-	-	-

Coef. Variação = 2,20%

$\hat{\beta}(x) = 2,409$

$F(x) = 1,10$

Quadro 52. Análise de Variância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 1ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	.760	.760	0,12
Sexo S	2	51,077	25,538	4,18*
Ração R	2	12,811	6,405	1,05
S x R	4	24,555	6,138	1,00
<hr/>				
Tratamento	9	89,205	9,911	1,62
Resíduo	10	55,050	6,116	--
<hr/>				
Total	19	--	--	--

Coef. Variação = 7,97%

Quadro 55. Análise de Variância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 2ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	3,208	3,208	0,05
Sexo S	2	188,011	94,005	1,46
Ração R	2	17,811	8,905	0,14
S x R	4	137,988	34,497	0,94
Tratamento	9	347,020	38,557	0,60
Resíduo	10	557,600	64,177	-
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 9,14%

Quadro 58. Análise de Variância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 3ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	118,580	118,580	0,87
Sexo S	2	2.464.533	1.232.266	9,00**
Ração R	2	80,933	40,466	0,30
S x R	4	303.333	75,833	0,55
<hr/>				
Tratamento	9	2,967,380	329,708	2,41
Resíduo	10	1.232.200	136,911	-
<hr/>				
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 6,84%

Quadro 61. Análise de Variância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 4ª Semana

Causas de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	52,701	52,701	0,26
Sexo S	2	5.344,078	2.672,039	13,19**
Ração R	2	175,411	87,705	0,44
S x R	4	2.913,589	728,397	3,62*
Tratamento	9	8,485,779	942,864	4,69**
Resíduo	10	1.809,800	201,088	-
Total	19	-	-	-

Coef. Variação = 4,50%

Quadro 64. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 5ª Semana.

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	701,876	62	0,0056	1	686,772	686,772	1,22
Sexo S	2	9,972,046	782	0,1111	2	8,894,330	4.447,165	7,88**
Ração R	2	1,945,010	368	0,1111	2	1,686,445	843,222	1,49
S x R	4	3.563.288	9	0,2222	4	3.562.933	890.733	1,58
Tratamento	9	16.182.220	1.223	0,4500	9	14,531,378	1.614.597	2,86*
Resíduo	10	5.080.800	30	0,5000	9	5.079.000	564.333	-
Total	19	21.263.020	1.253	0,9500	18	-	-	-
Coef. Variação = 5,25%		$\hat{\beta}(x) = 60$		$F(x) = 1,00$				

Quadro 70. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 7ª Semana

Causas de Variação	GL	\bar{Y}^2	XI	\bar{X}^2	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	9,141,320	-901	0,0889	1	11,172,863	11,172,863	6,61*
Sexo S	2	40,123,688	3,710	1,4444	2	32,997,557	16,298,778	9,65**
Ração R	2	21,484,464	425	0,1111	2	20,606,891	10,303,445	6,10**
S x R	4	2.254.544	262	0,5556	4	2.384.006	596.001	0,35
Tratamento	9	73,004,016	3,496	2,2000	9	67,667,693	7,518,632	4,45**
Resíduo	10	20,909,488	4,777	4,0000	9	15,204,555	1,689,395	-
Total	19	93,913,504	8,273	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 5,13% $\hat{\beta}(x) = 1,194$ $F(x) = 0,61$

Quadro 76. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 9ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	31,360,100	-1,669	0,0889	1	37,638,965	37,638,965	9,78**
Sexo S	2	105,445,056	8,423	1,4444	2	71,724,172	35,862,086	9,31**
Ração R	2	32,391,216	1,159	0,1111	2	27,945,396	13,972,698	3,63*
S x R	4	4,715,952	1,172	0,5556	4	2,245,889	561,472	0,14
Treatamento	9	173,912,320	9,085	2,2000	9	142,697,607	15,855,289	4,12**
Resíduo	10	51,007,360	8,088	4,0000	9	34,653,424	3,850,380	-
Total	19	224,919,680	17,173	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 4,83%

$\hat{\beta}(x) = 2,022$

$F(x) = 0,61$

Quadro 79. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 10ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S. Q. Corrig.	Q. M. Corrig.	Valor do teste F
R Com x Dem R	1	20.795,744	-1.359	0,0889	1	27,281,054	27,281,054	7,43*
Sexo S	2	163,934.944	10,098	1,4444	2	115,538.623	57.769.311	15,73**
Ração R	2	50,599,200	1,750	0,1111	2	42,250.362	21.125.181	5,75*
S x R	4	5.733.376	1.420	0,5556	4	2.110.003	527.500	0,14
Tratamento	9	241,063.264	11,920	2,2000	9	189,329.589	21,036,621	5,73**
Resíduo	10	56.418.368	9.668	4,0000	9	33.050.812	3.672.312	-
Total	19	297.481.632	21.578	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 3,87%

$\hat{\beta}(x) = 2,417$

$F(x) = 0,61$

Quadro 82. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Gumulativo de Ração até a 11ª Semana

Causas de Variação	GL	y^2	XY	x^2	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	44,413,944	-1,986	0,0889	1	57,138,226	57,138,226	10,04**
Sexo S	2	254,973,664	12,356	1,4444	2	178,782,034	89,391,017	15,72**
Ração R	2	82.208,256	2,182	0,1111	2	68,279,731	34,139,865	6,00**
S x R	4	9.325.216	1.523	0,5556	4	5.285.573	1.321.393	0,23
Tratamento	9	390,921,088	14,076	2,2000	9	314,650,544	34,961,171	6,15**
Resíduo	10	94.244.864	13.123	4,0000	9	51.191.581	5.687.953	-
Total	19	485.165.952	27.199	6,2000	18	-	-	-

Coef. Variação = 4,04% $\hat{\beta}(x) = 3.280$ $F(x) = 0,61$

Quadro 91. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 14ª Semana.

Causas de Variação	GL	Y ²	XY	X ²	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	212.556,448	-14.126	0,9389	1	241.887,770	241,887,770	19,03**
Sexo S	2	491,222,016	16,587	1,4444	2	373.807,272	186,903,636	14,70**
Ração R	2	122,950,144	3,230	0,1111	2	102,077,731	51,038,865	4,02*
S x R	4	29,290,496	1,477	0,5556	4	25,424,460	6,356,115	0,50
Tratamento	9	856,019,072	7,169	3,0500	9	839,918,579	93,324,286	7,34**
Resíduo	10	146,520,576	10,604	3,5000	9	114,393,485	12,710,387	-
Total	19	1.002,539,648	17,773	6,5500	18	-	-	-

Coef. Variação = 4,01%

$\hat{\beta}(x) = 3,029$

$F(x) = 0,97$

Quadro 94. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 15ª Se-
mana

Causas de Variação	GL	Y^2	XY	X^2	GL	S.Q.Corrig.	Q.M.Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	223.539,616	-11,144	0,5556	1	287.064,649	287.064,649	27,01**
Sexo S	2	643,610,368	20,011	1,4444	2	477,367,478	238,683,739	22,45**
Ração R	2	151,271,424	6,383	0,4444	2	104,251,527	52,125,763	4,90*
S x R	4	54.692.608	7.783	1,5556	4	17.186.826	4.296.706	0,40
Tratamento	9	1.073,113,984	23,035	4,0000	9	948,123,986	105.347,109	9,91**
Resíduo	10	171.785.088	19.509	5,0000	9	95.664.871	10.629.430	-
Total	19	1.244.899.072	42.544	9,0000	18	-	-	-

Coef. Variação = 3,30%

$\hat{\beta}(x) = 3,901$

$F(x) = 0,89$

Quadro 97. Análise de Covariância dos Valores do Consumo Cumulativo de Ração até a 16ª Semana

Causas de Variação	GL	Y ²	XI	X ²	GL	S.Q. Corrig.	Q.M. Corrig.	Valor do Teste F
R Com x Dem R	1	229,778,784	-21,467	2,0056	1	267,237,325	267,237,325	13,20**
Sexo S	2	681,078,400	20,809	1,4444	2	535,902,270	267,951,135	13,24**
Ração R	2	168,238,336	6,718	0,4444	2	129,254,733	64,627,366	3,19
S x R	4	87,029,504	10,770	1,5556	4	33,267,389	8,316,847	0,41
Tratamento	9	1,166,124,928	16,831	5,4500	9	1,114,402,679	123,822,519	6,12**
Resíduo	10	224,722,944	15,295	5,5000	9	182,188,939	20,243,215	-
Total	19	1,390,847,872	32,126	10,9500	18	-	-	-

Coef. Variação = 4,14%

$\hat{\beta}(x) = 2,780$

$F(x) = 1,10$

Apêndice 5. Equações das Isoquantas

Quadro 1. Equações das Isoquantas derivadas das equações constantes do Quadro 5, Capítulo 3.

$$\text{Modelo I (1)} \quad X' = \left[\begin{array}{c} -11,843-1,2555Y^{0,5} \pm \sqrt{22,487+13,059Y^{0,5}+1,4974X-0,32477Z} \\ C,17867 \end{array} \right]^2$$

$$\text{Modelo II (2)} \quad X' = -0,46689-0,056731Y \pm \sqrt{0,21875+0,093342Y-0,020493Y^2-0,095056Z}$$

-0,047528

$$\text{Modelo III (1)} \quad X = \left(\frac{Z}{2,1524 \cdot Y^{0,23375}} \right)^{1,5797}$$

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 2. Equações das Isoquantas derivadas das equações constantes do Quadro 6, Capítulo 3.

$$\text{Modelo I (1)} \quad X' = \left[\begin{array}{c} -10,454+0,094907Y^{0,5} \pm \sqrt{-115,74+23,531Y^{0,5}-0,69739Y-0,70772Z} \\ 0,35386 \end{array} \right]^2$$

$$\text{Modelo II (2)} \quad X' = -0,40838+0,045375Y \pm \sqrt{0,16682+0,026617Y-0,037506Y^2-0,051800Z}$$

-0,25900

$$\text{Modelo III (1)} \quad X' = \left(\frac{Z}{2,2671 \cdot Y^{-0,30314}} \right)^{1,7738}$$

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 3. Equações das Isoquantas derivadas das equações constantes do Quadro 7, Capítulo 3.

$$\text{Modelo I (1)} \quad X^1 = \left[\begin{array}{c} -13,203-0,16528Y^0,5+ \\ \hline 77,11-11,97XY^0,5-0,051531Y-0,32477Z0 \\ \hline \end{array} \right]^2$$

0,16239

$$\text{Modelo II (2)} \quad X^1 = \left[\begin{array}{c} -0,40594-0,028641Y^1 \\ \hline 0,16691+0,043637Y-0,0069636Y^2-0,068332Z0 \\ \hline \end{array} \right]$$

0,034116

$$\text{Modelo III (1)} \quad X^1 = \left(\begin{array}{c} \frac{Z0}{2,6680 \cdot Y^0,29656} \\ \hline \end{array} \right) 1,8315$$

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Apêndice 6. Equações das Taxas Marginais de Substituição.

Quadro 1. Equações das Taxas Marginais de Substituição de Milho por Soja, derivadas das equações constantes do Quadro 5, Capítulo 3.

Modêlo I (1)
$$TM_{MS} = \frac{0,5X^{-0,5}(11,843+1,2555Y^{0,5})-0,089333}{0,5Y^{-0,5}(32,385+1,2555X^{0,5})-1,4456}$$

Modêlo II (2)
$$TM_{MS} = \frac{0,46689-0,047528X+0,056731Y}{0,70332-0,49890Y+0,056731}$$

Modêlo III (1)
$$TM_{MS} = 2,7082 \frac{Y}{X}$$

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 2. Equações das Taxas Marginais de Substituição do Milho por Soja, derivadas das equações constantes do Quadro 6, Capítulo 3.

Modêlo I (1)
$$TM_{MS} = \frac{0,5X^{-0,5}(10,454-0,094907Y^{0,5})+0,17692}{0,5Y^{-0,5}(34,703-0,094907X^{0,5})-0,99812}$$

Modêlo II (2)
$$TM_{MS} = \frac{0,40838-0,025900X-0,045375Y}{0,87156-1,52760X-0,045375Y}$$

Modêlo III (1)
$$TM_{MS} = 1,8598 \frac{Y}{X}$$

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Quadro 3. Equações das Taxas Marginais de Substituição do Milho por Soja, derivadas das equações constantes do Quadro 7, Capítulo 3.

Modêlo I (1)
$$TM_{MS} = \frac{0,5X^{-0,5}(13,203+0,16528Y^{0,5})+0,081193}{0,5Y^{-0,5}(30,147-0,16528X^{0,5})-0,24278}$$

Modêlo II (2)
$$TM_{MS} = \frac{0,40594-0,034116X-0,028641Y}{0,80993-0,22816X-0,028641Y}$$

Modêlo III (1)
$$TM_{MS} = 1,8411 \frac{Y}{X}$$

(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Apêndice 7. Equações das Linhas-Limite.

Quadro 1. Equações das Linhas-Limite derivadas das equações constantes do Quadro 5, Capítulo 3.

Modelo I ⁽¹⁾ $Y = (11,201 + 0,43408 X^{0,5})^2$

$$X = (66,284 + 7,0269 Y^{0,5})^2$$

Modelo II ⁽²⁾ $Y = 1,4097 + 0,11371 X$

$$X = 9,8234 + 1,1936 Y$$

(a) dados em gramas

(b) dados em quilogramas

Quadro 2. Equações das Linhas-Limite derivadas das equações constantes do Quadro 6, Capítulo 3.

Modelo I ⁽¹⁾ $Y = (17,384 - 0,047544 X^{0,5})^2$

$$X = (-29,542 + 0,026820 Y^{0,5})^2$$

Modelo II ⁽²⁾ $Y = 0,57054 - 0,029703 X$

$$X = 15,768 - 1,7519 Y$$

(a) dados em gramas

(b) dados em quilogramas

Quadro 3. Equações das Linhas-Limite derivadas das equações constantes do Quadro 7, Capítulo 3.

Modelo I ⁽¹⁾ $Y = (62,087 + 0,34039 X^{0,5})^2$

$$X = (-81,314 - 1,0179 Y^{0,5})^2$$

Modelo II ⁽²⁾ $Y = 3,5498 - 0,12553 X$

$$X = 11,899 - 0,83952 Y$$

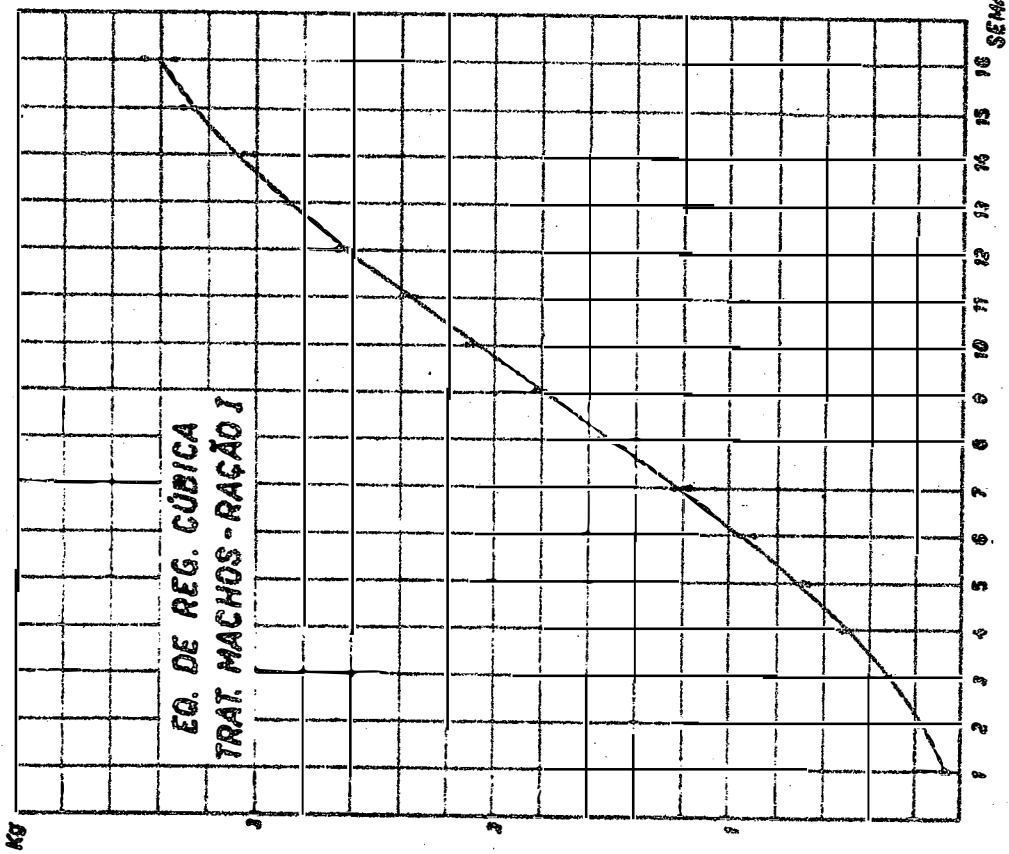
(1) dados em gramas

(2) dados em quilogramas

Apêndice 8. Representação gráfica das funções ajustadas aos dados de ganho de peso, por ave.

Figura 20. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de um frango, arraçoado com Ração I.

a)



b)

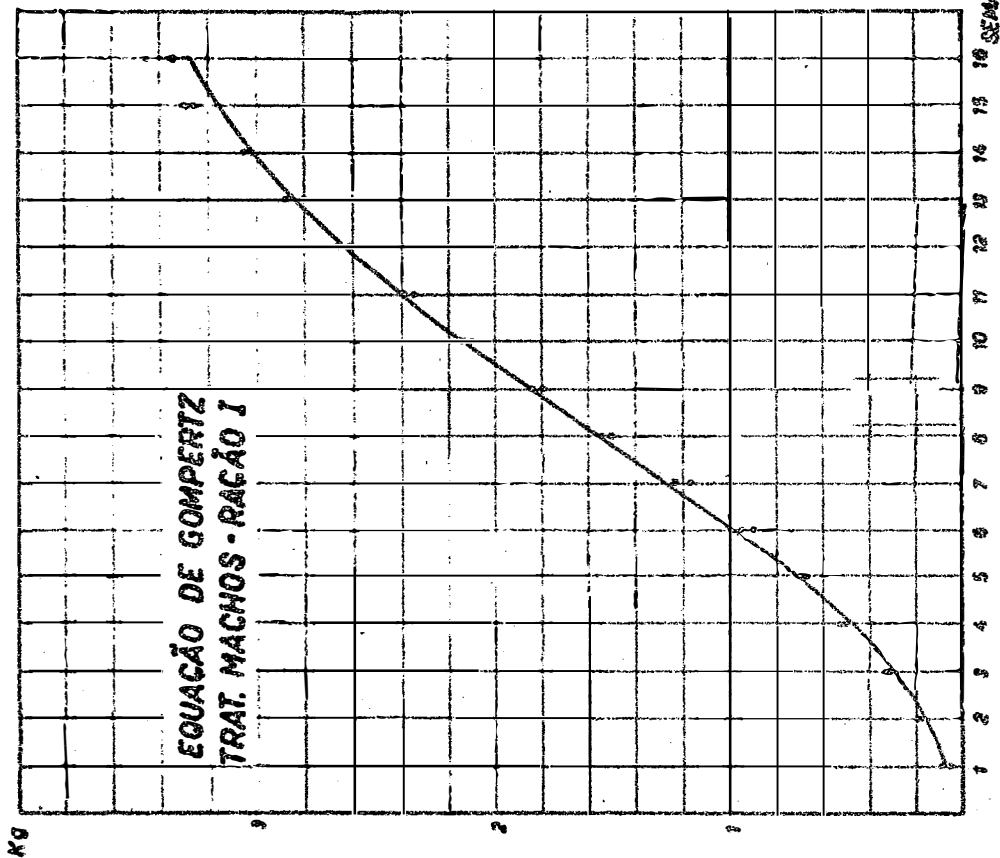
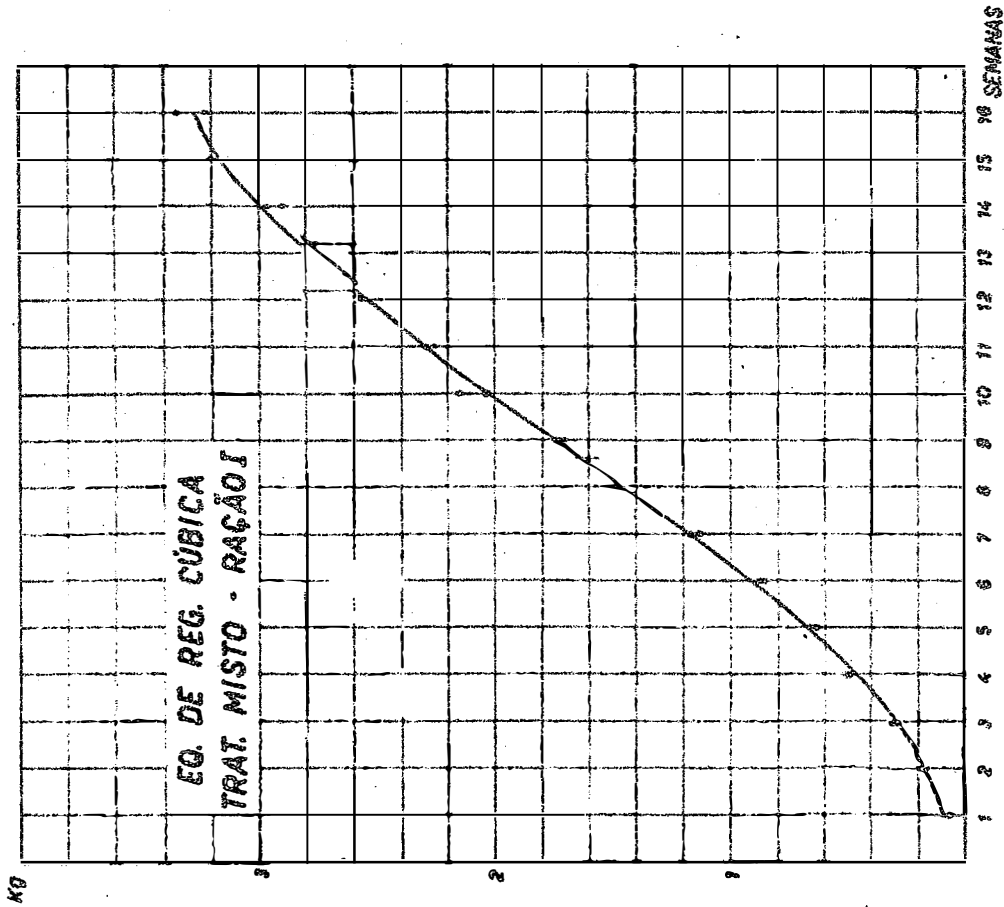


Figura 21. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados de ganho semanal de peso de uma ave representativa de um grupo misto, arraçoada com Ração I.

a)



b)

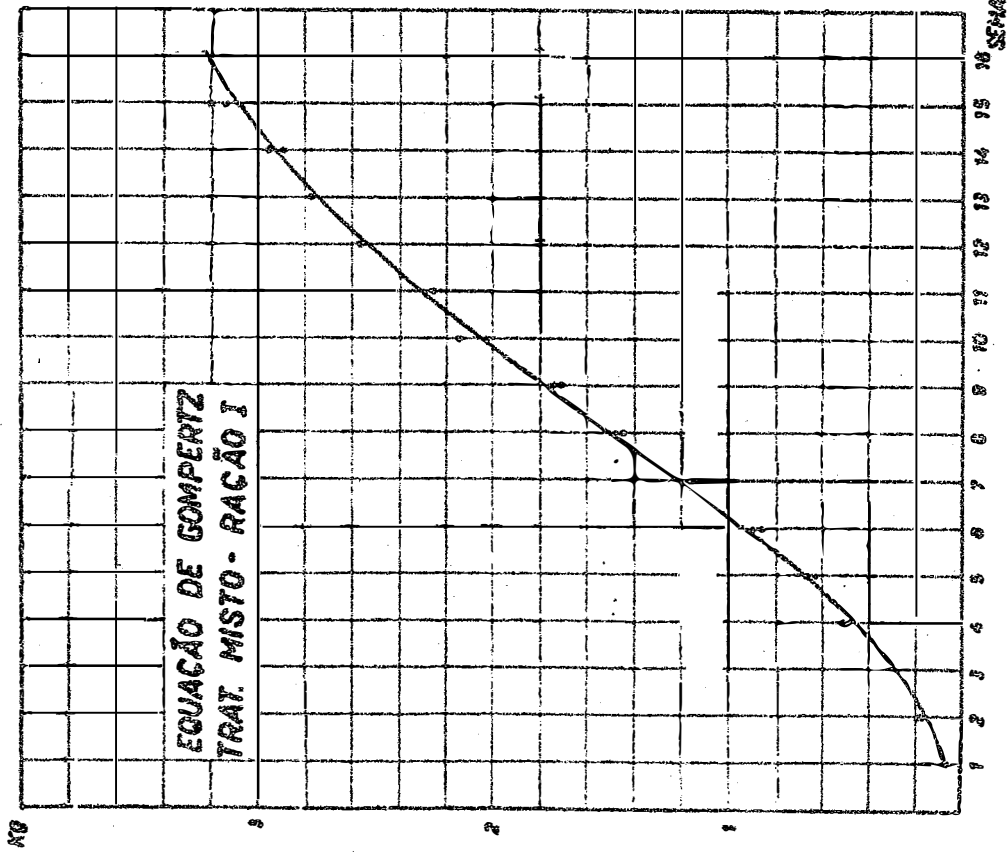
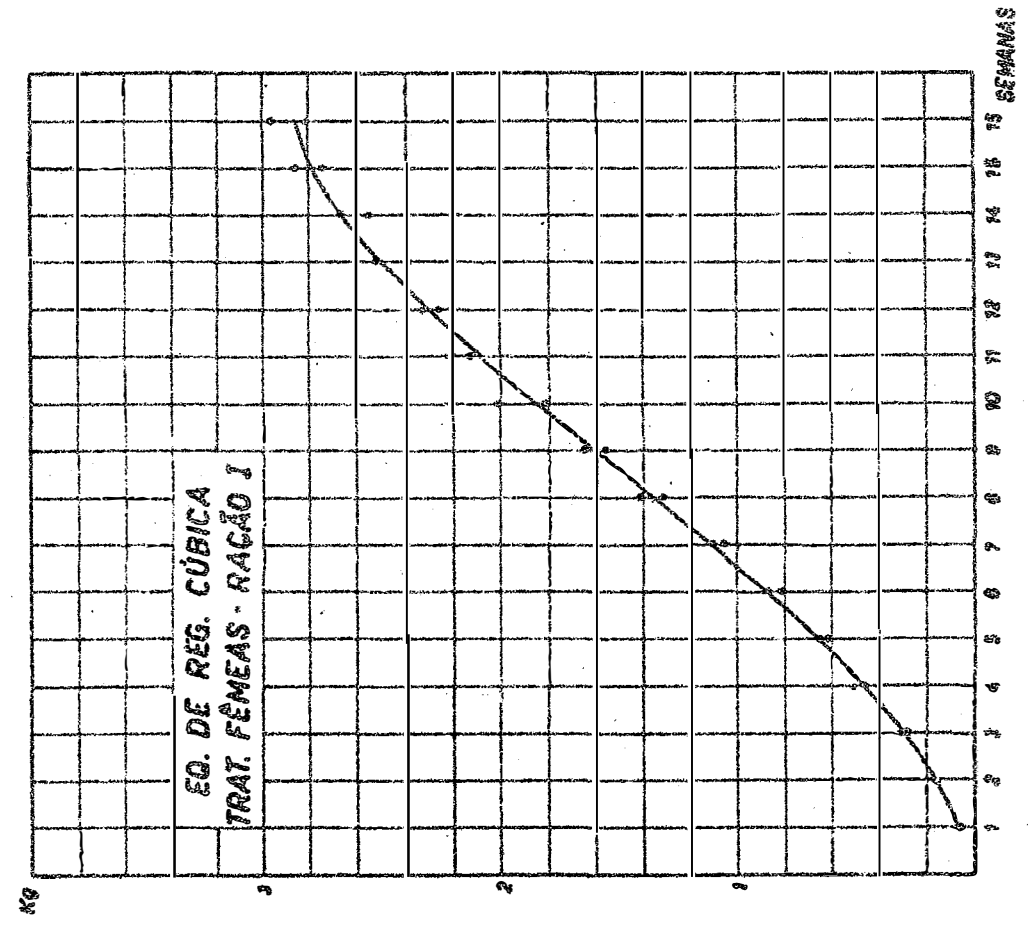


Figura 22. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de uma franga, arraçoada com Ração I

a)



b)

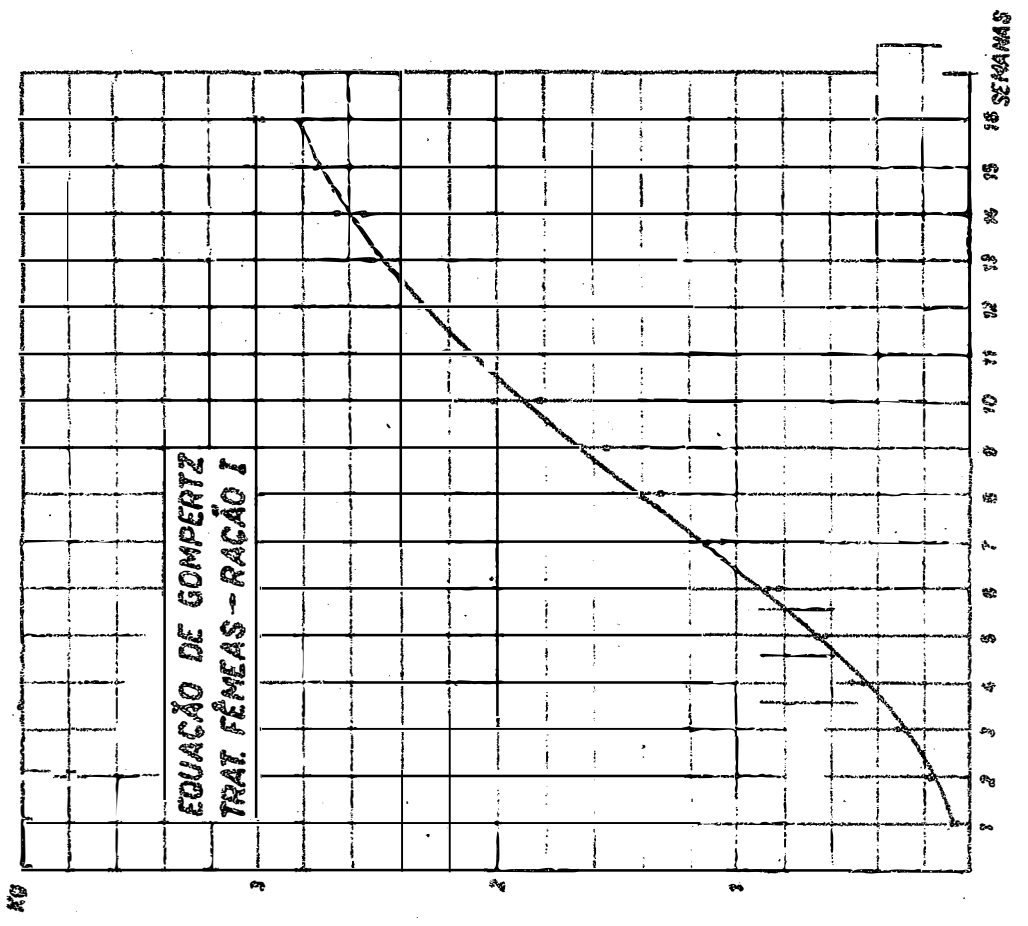
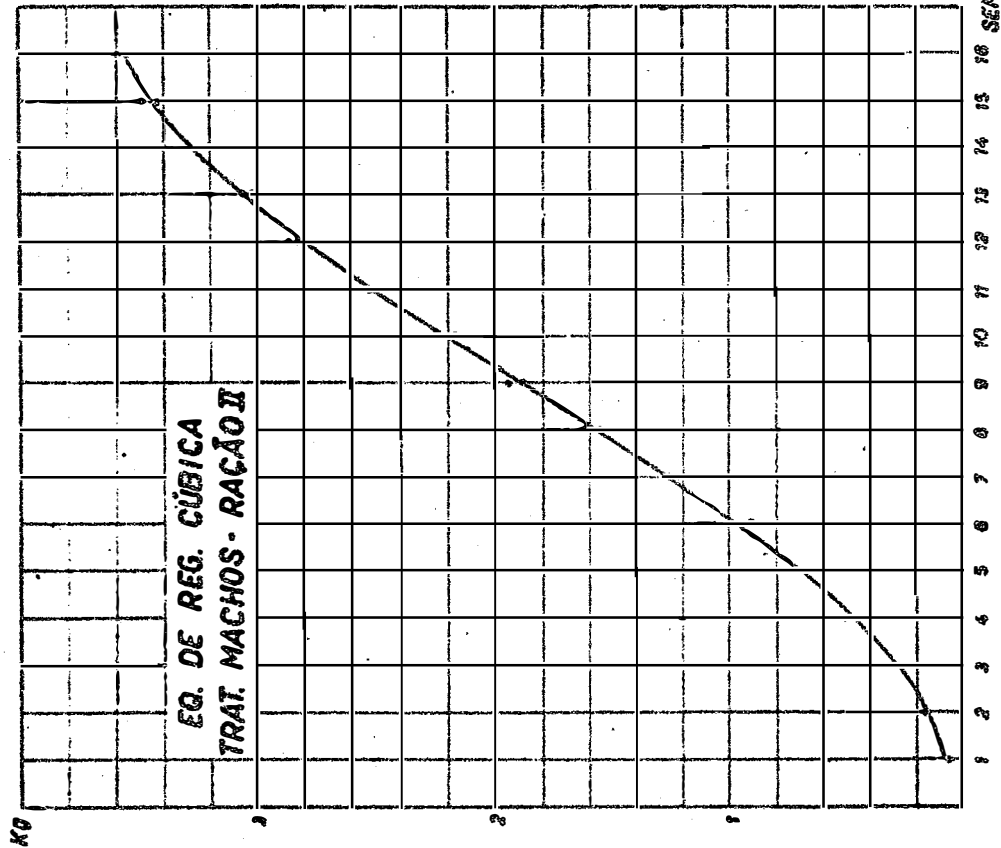


Figura 23. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de um frango, arraçoado com Ração II

a)



b)

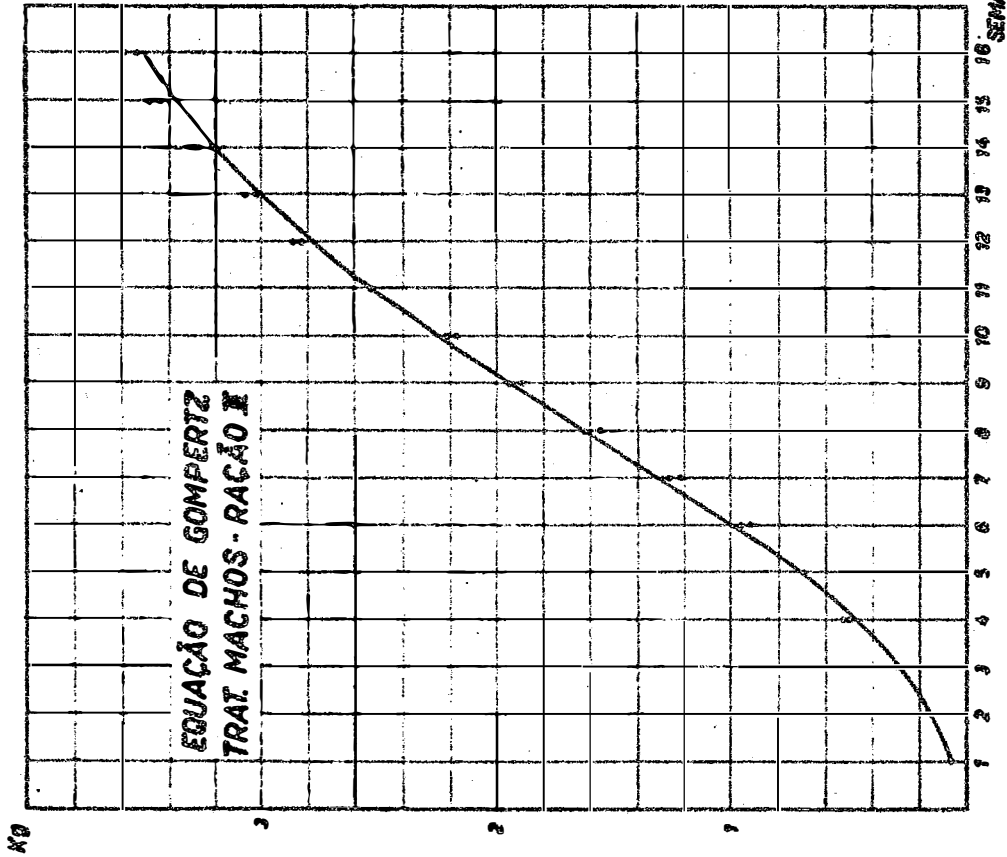
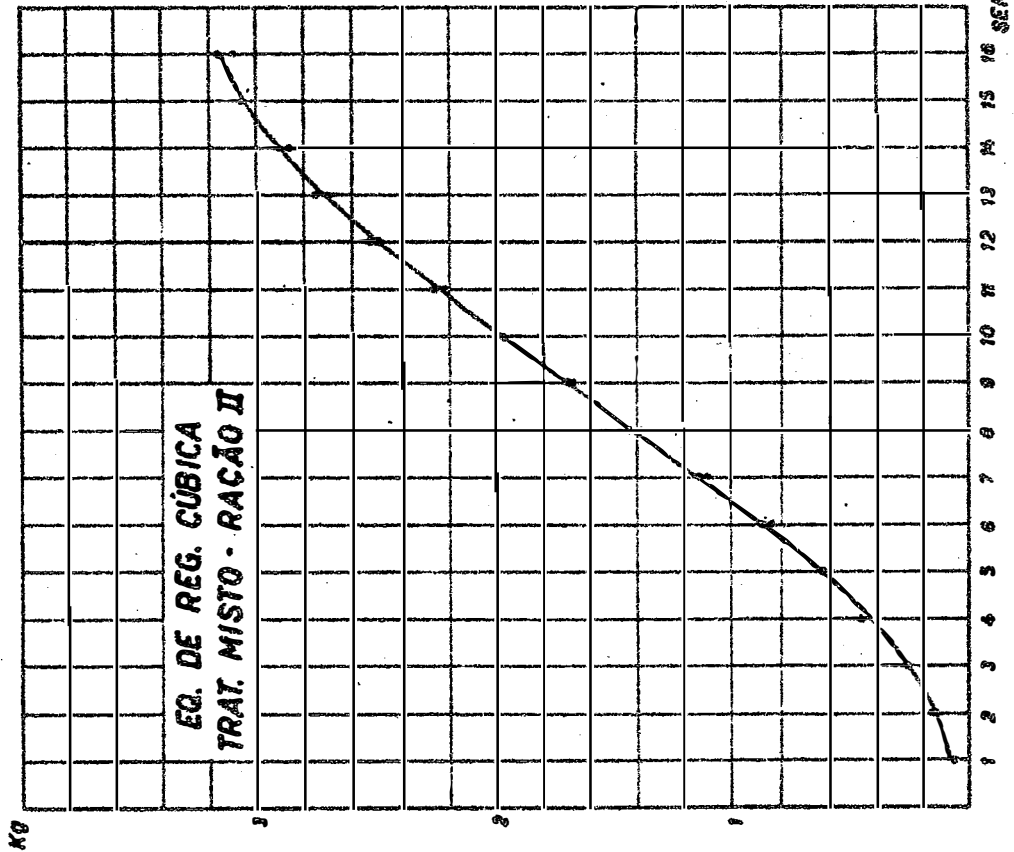


Figura 24. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de uma ave representativa de um grupo misto, arraçoadado com Ração II.

a)



b)

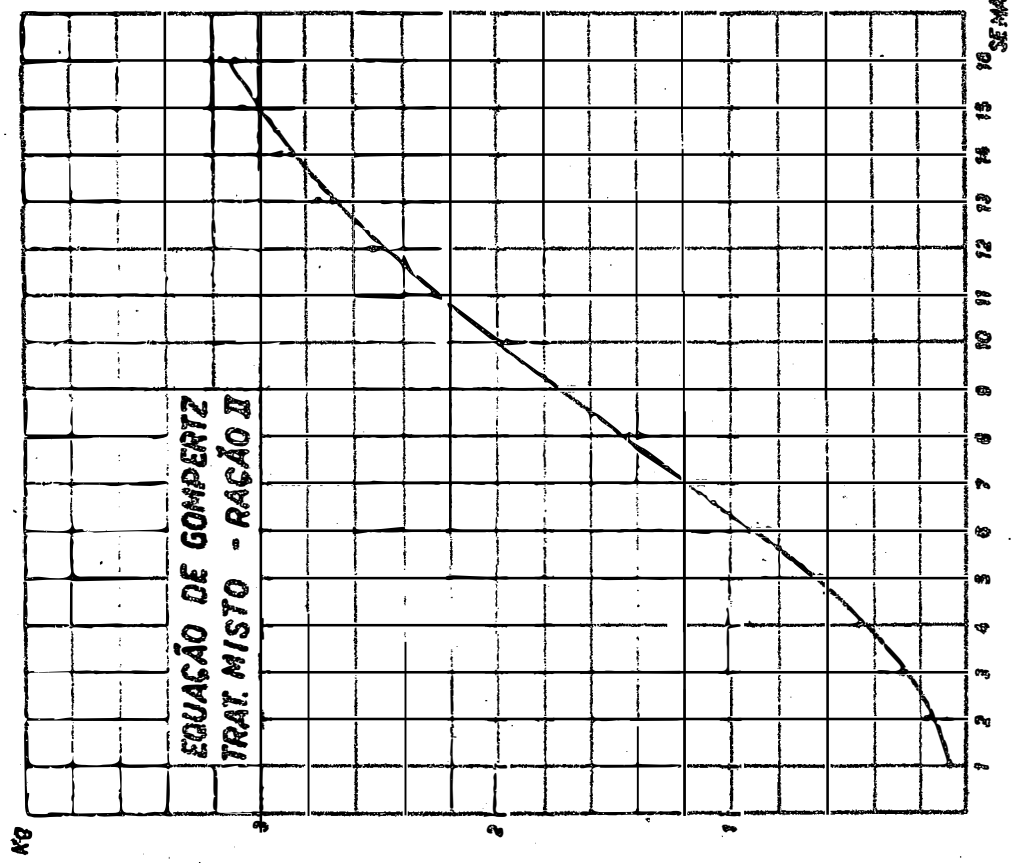
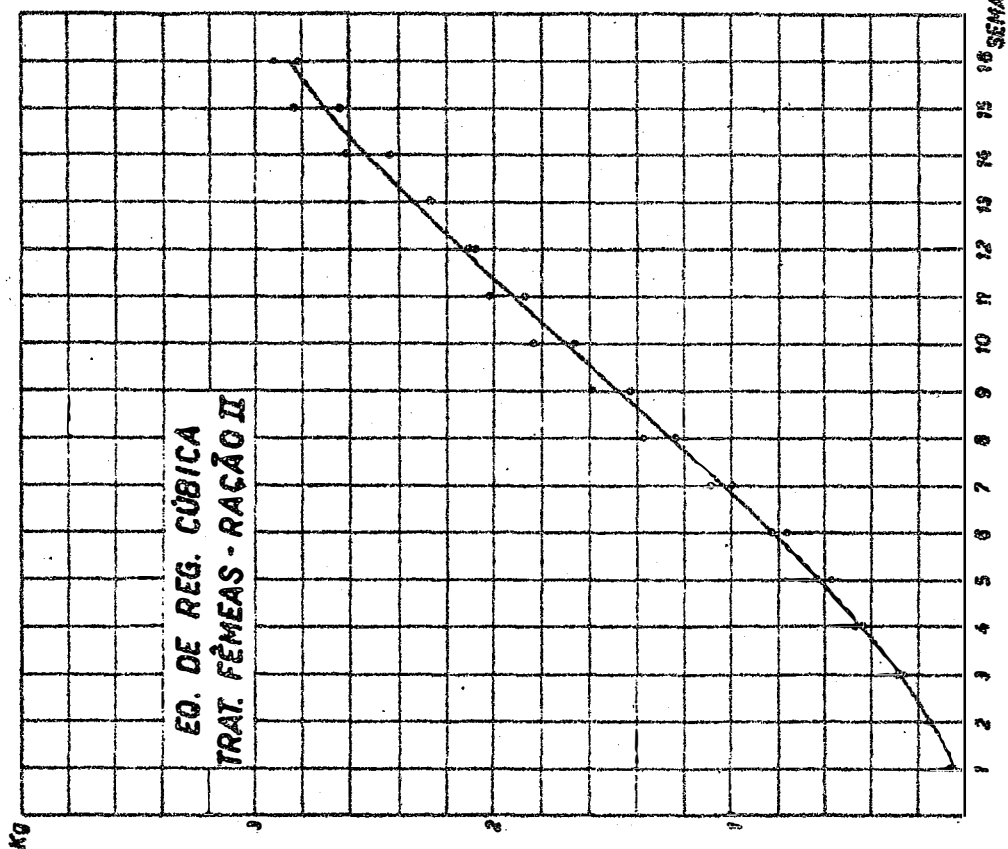


Figura 25. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de uma franga, arraçoada com Ração II

a)



b)

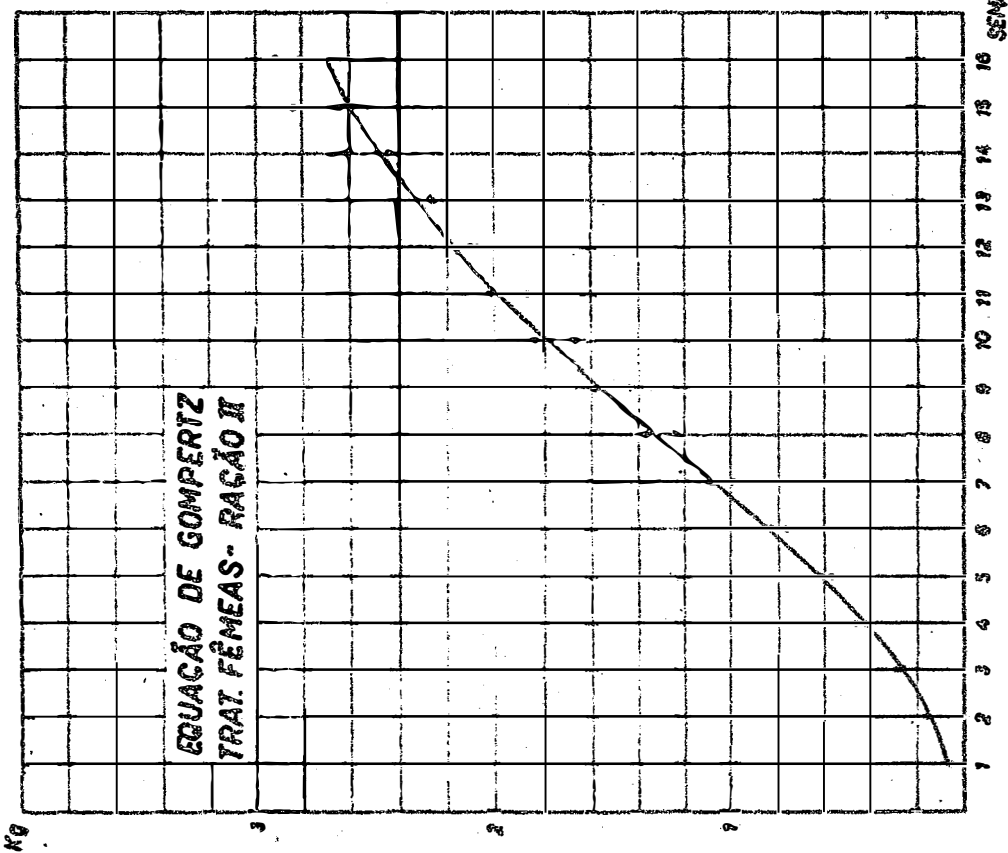
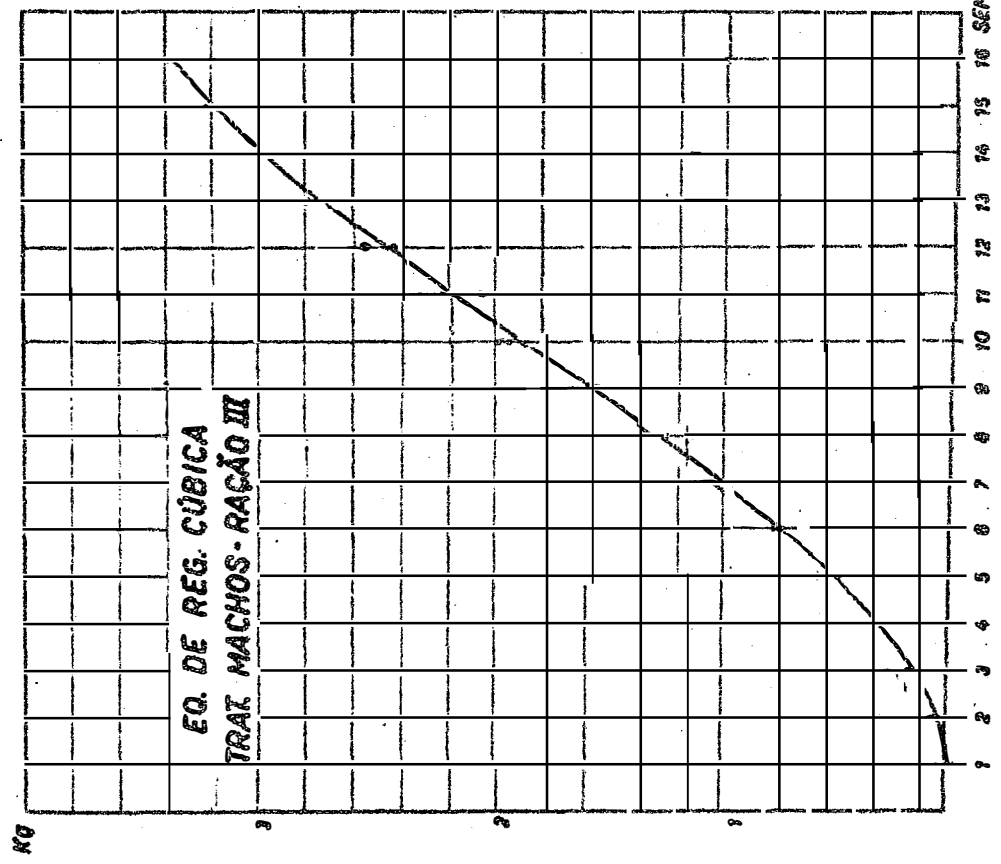


Figura 26. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de um frango, arraçoado com Ração III

a)



b)

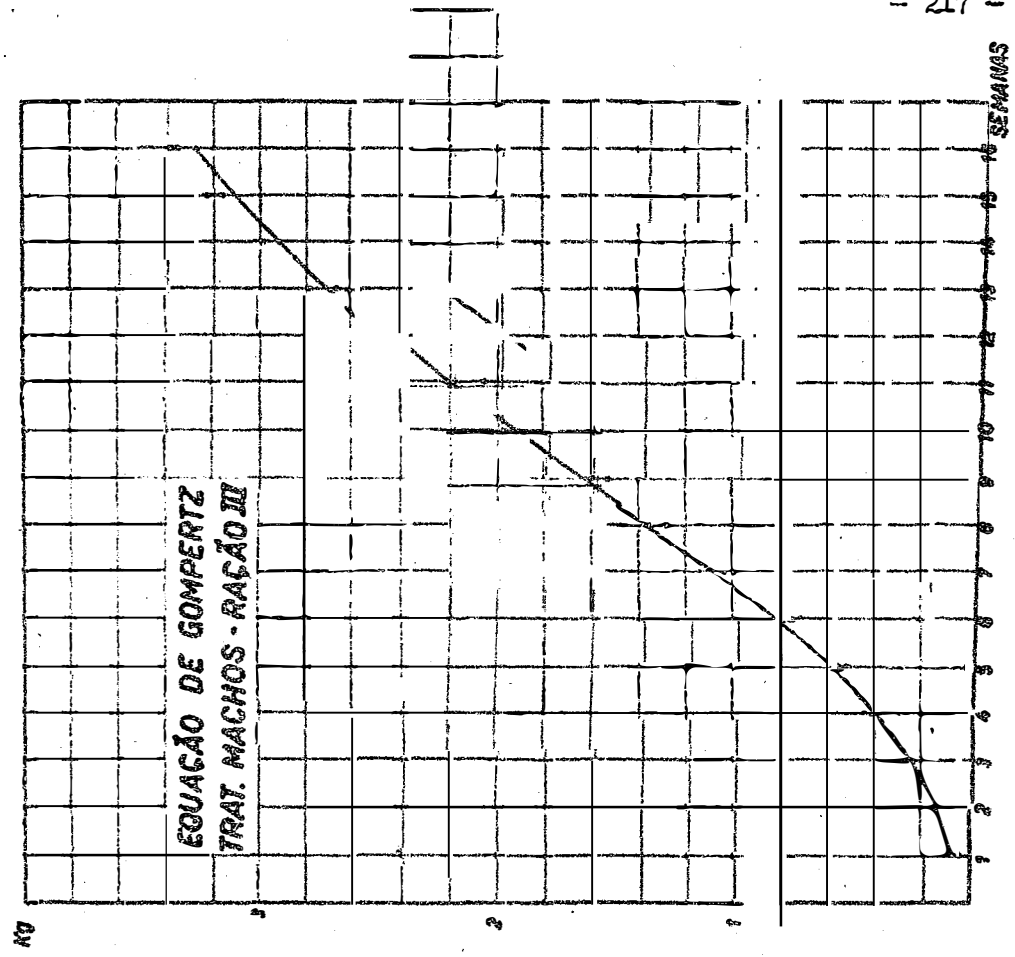
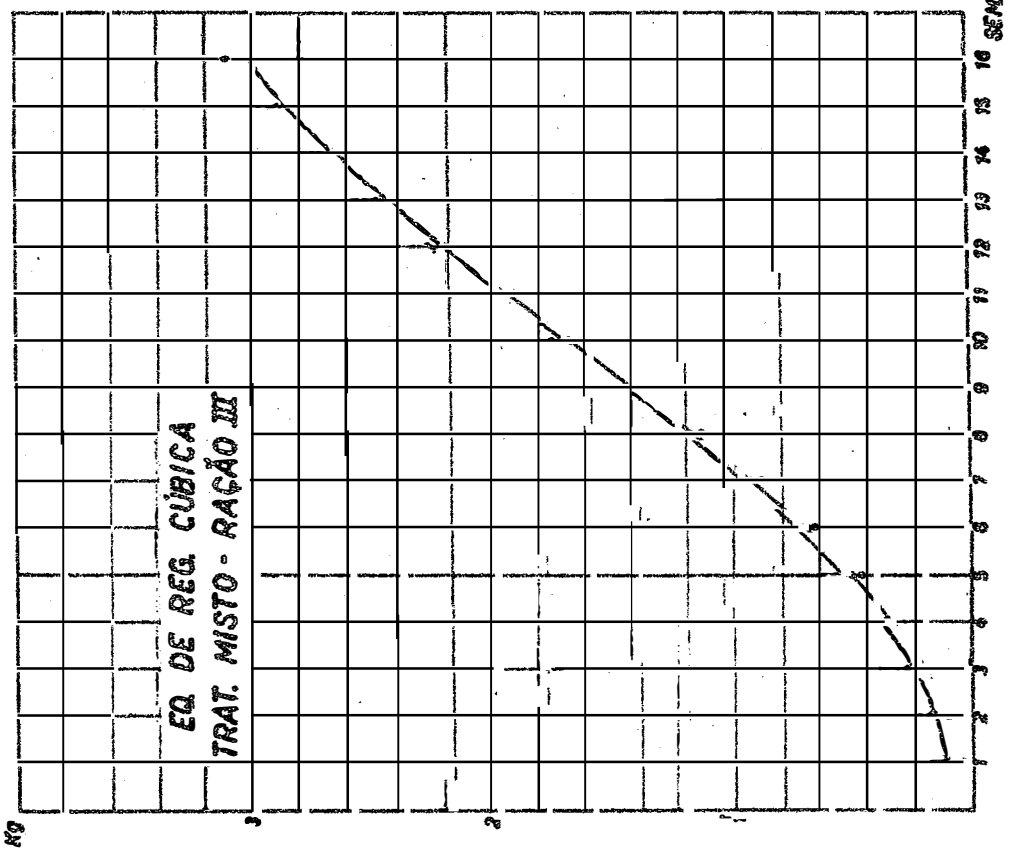


Figura 27. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de uma ave representativa de um grupo misto, arraçoada com Ração III.

a)



b)

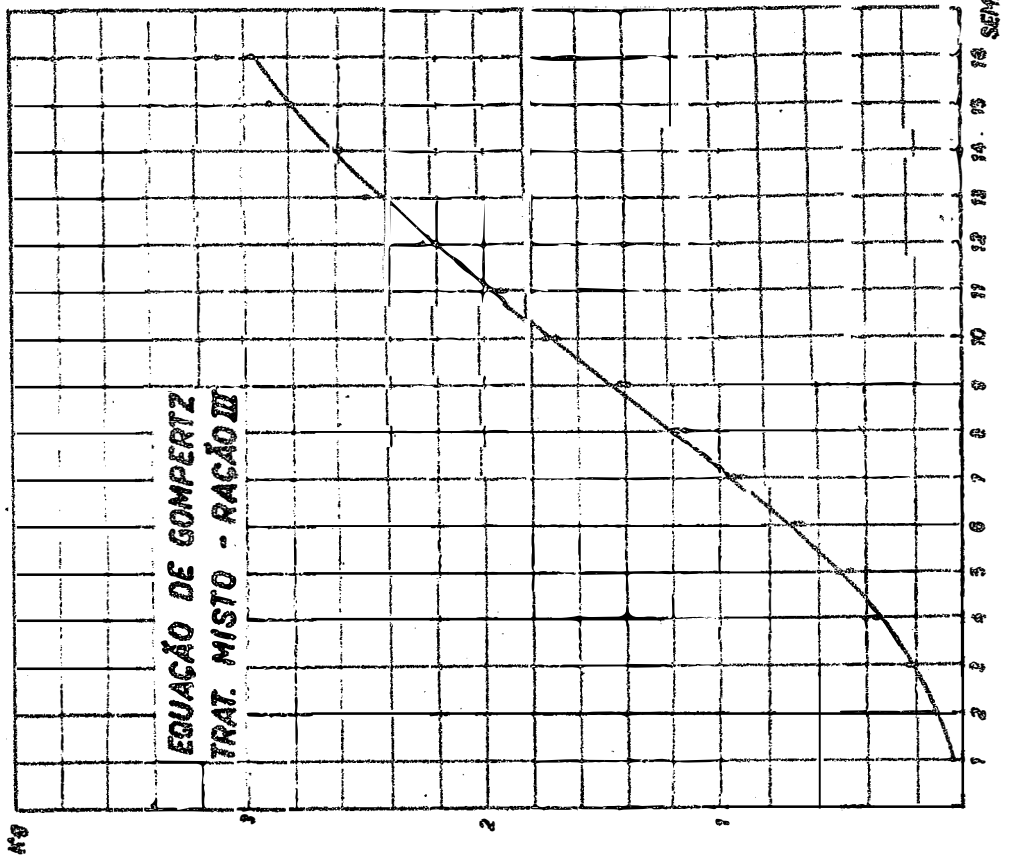
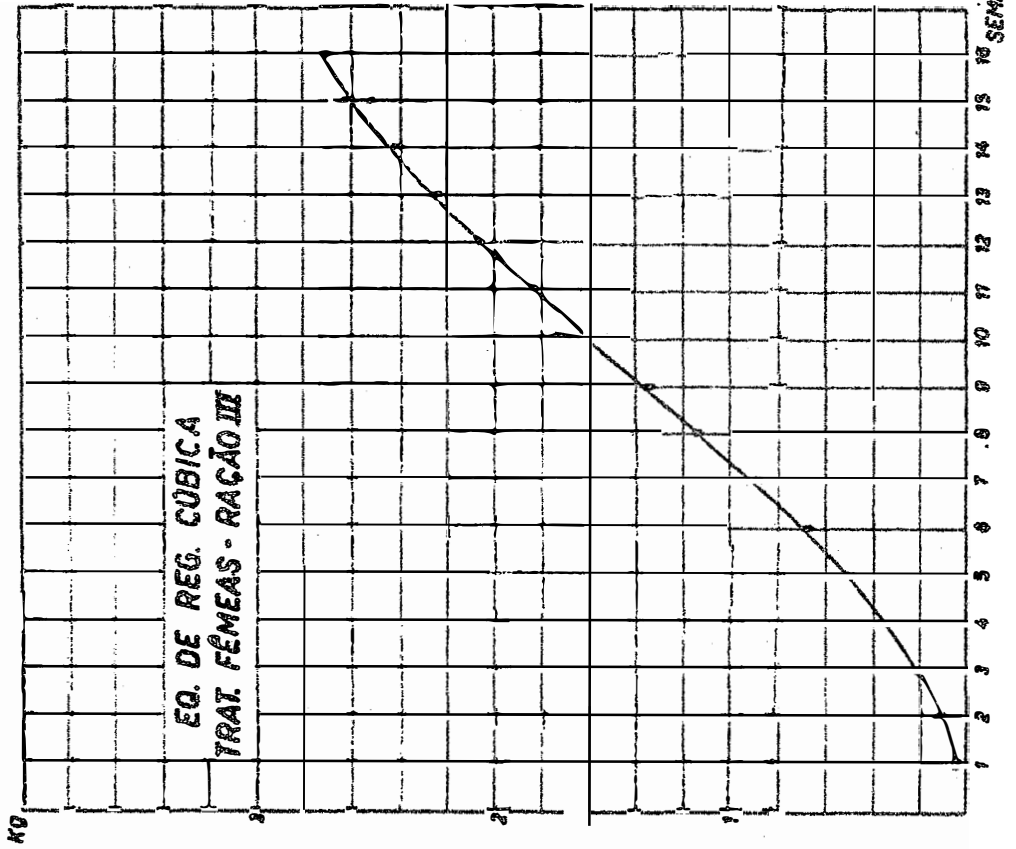
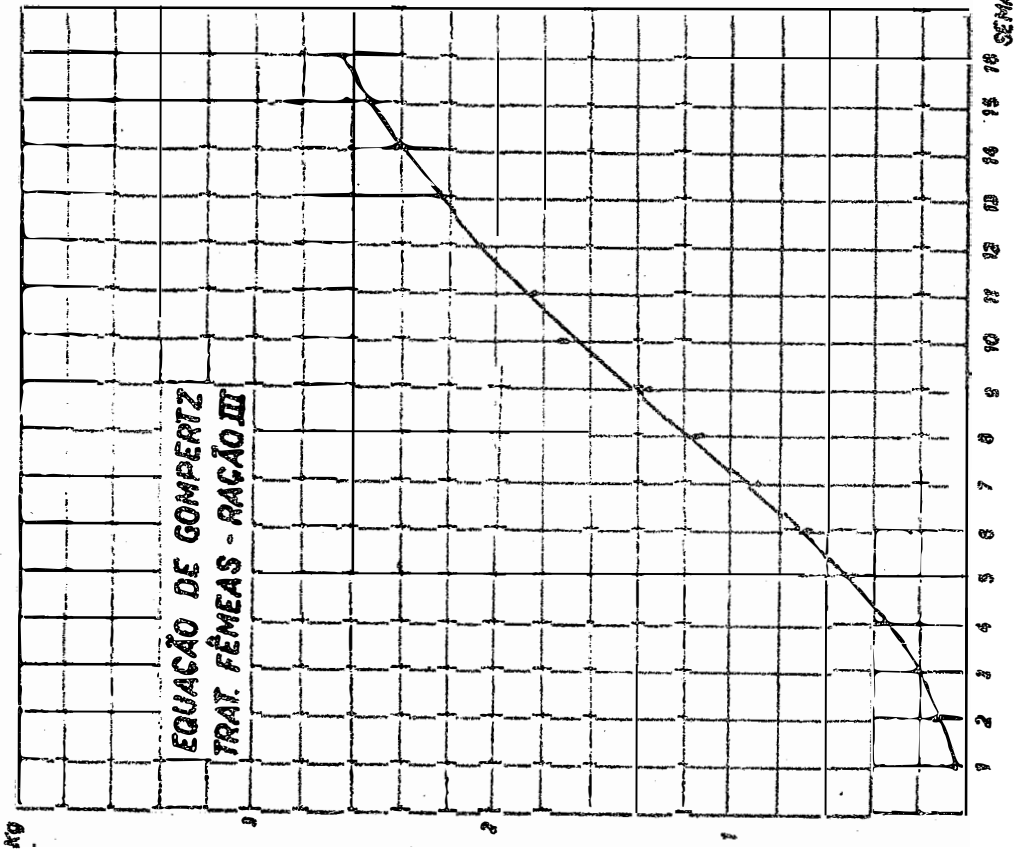


Figura 28. a) Função polinomial "Cúbica" e b) Função de Gompertz ajustadas aos dados do ganho semanal de peso de uma franga, arraçada com Ração III

a)



b)



Apêndice 9. Representação gráfica das funções ajustadas aos dados do consumo de ração, por ave.

Figura 29. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração, por frango, ar raçado com Ração I.

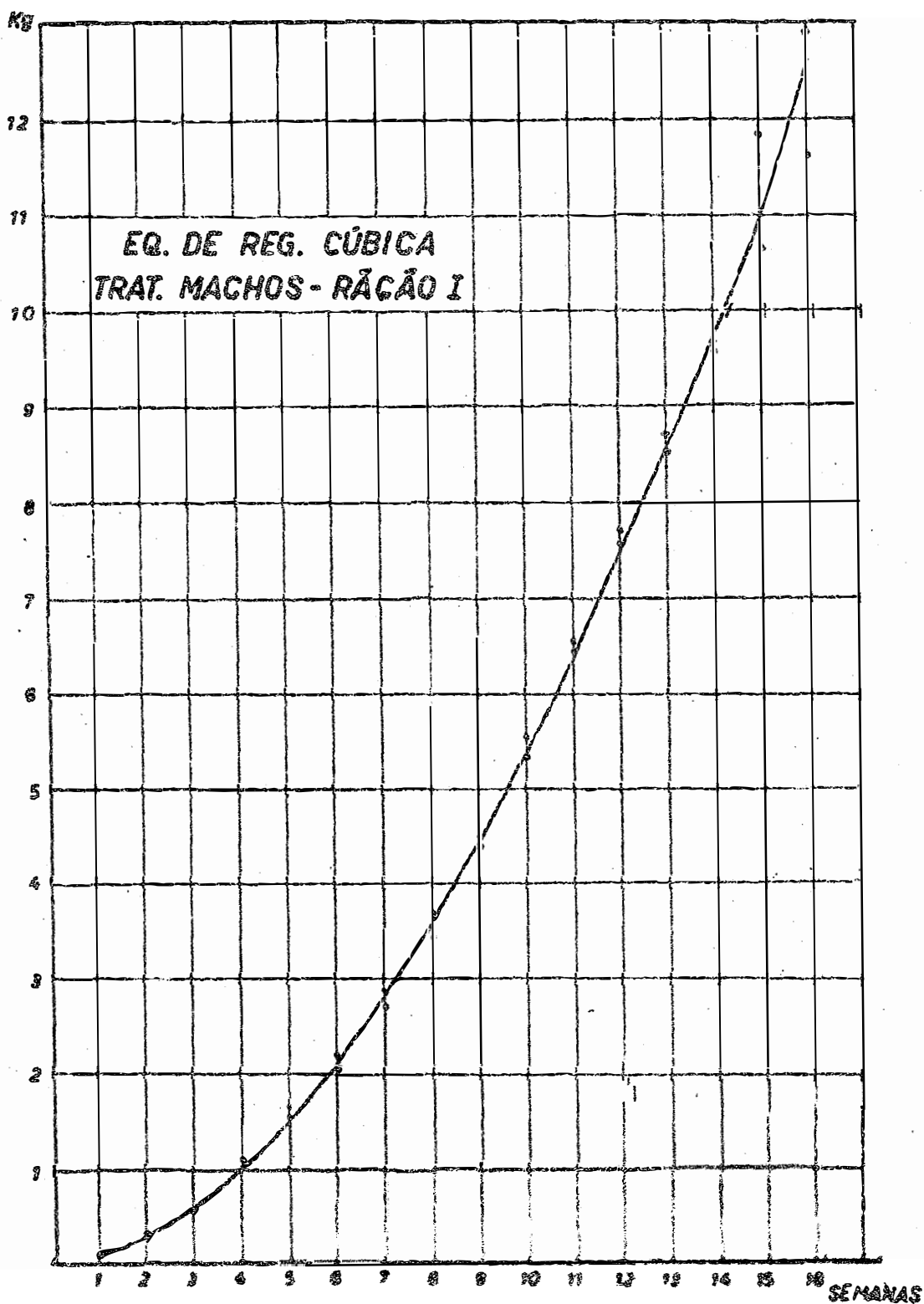


Figura 30. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração, por ave representativa de um grupo misto arraçoado com Ração I.

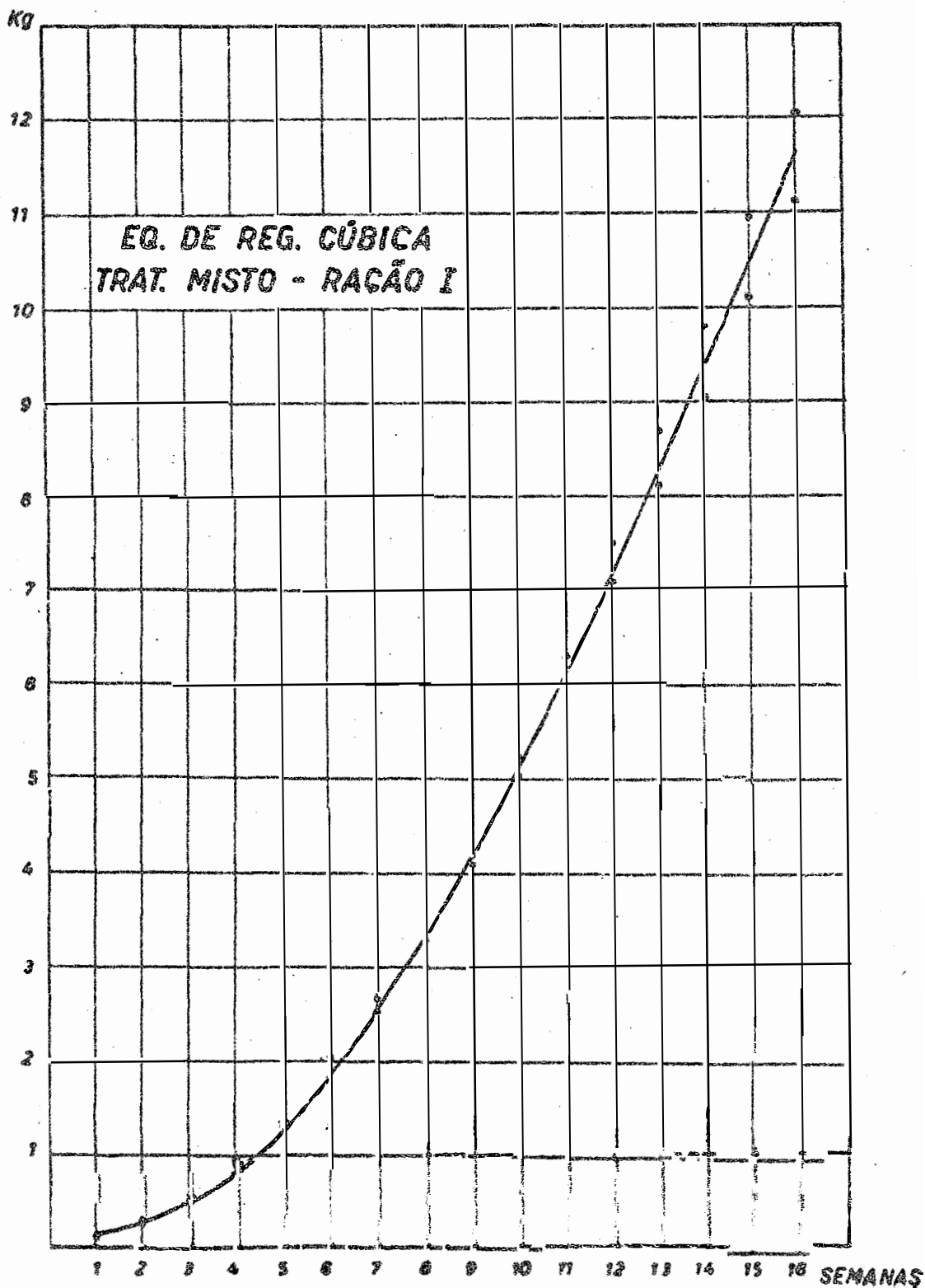


Figura 31. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração, por franga ar-raçada com Ração I.

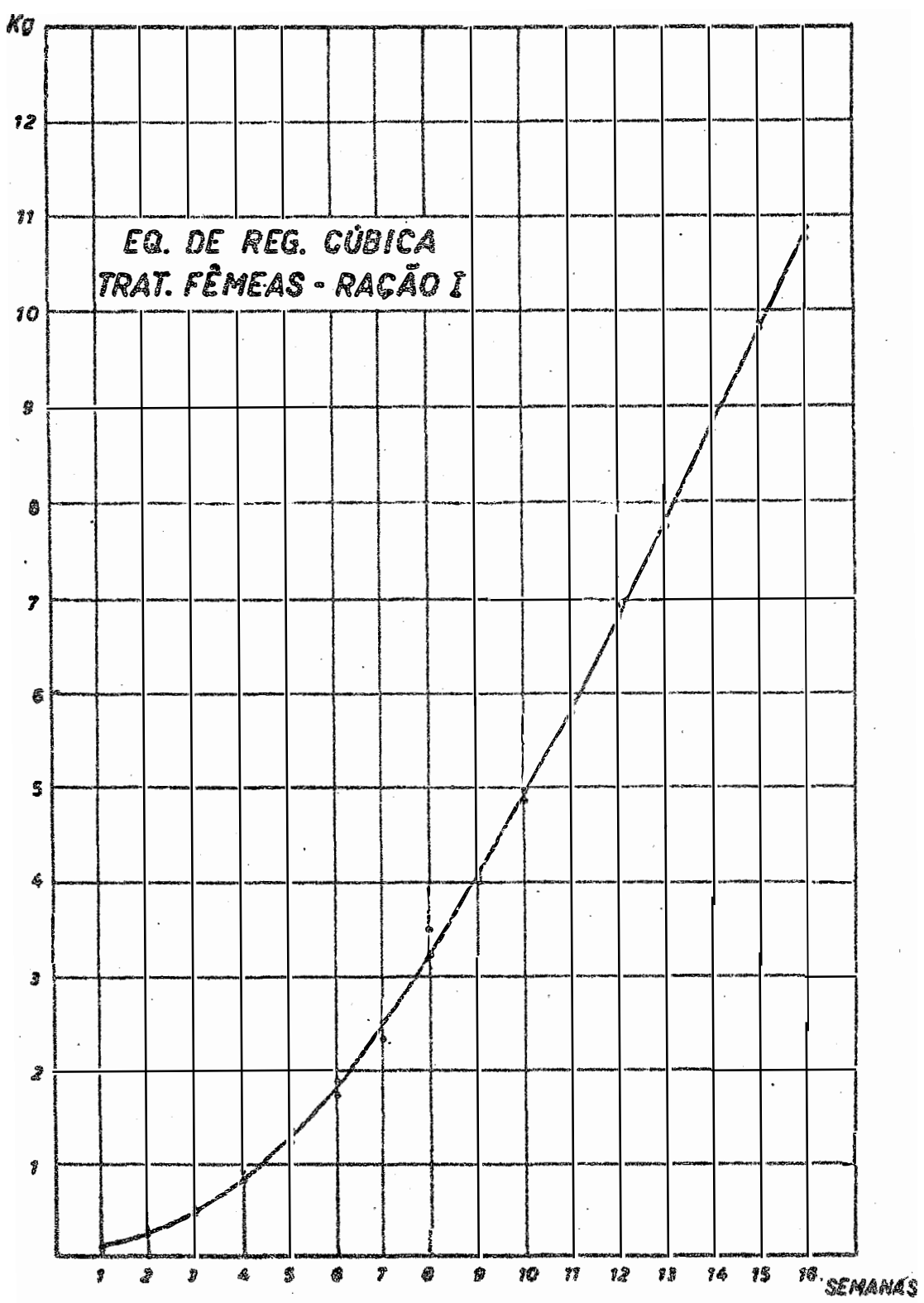


Figura 32. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração por frango arraçoadado com Ração II.

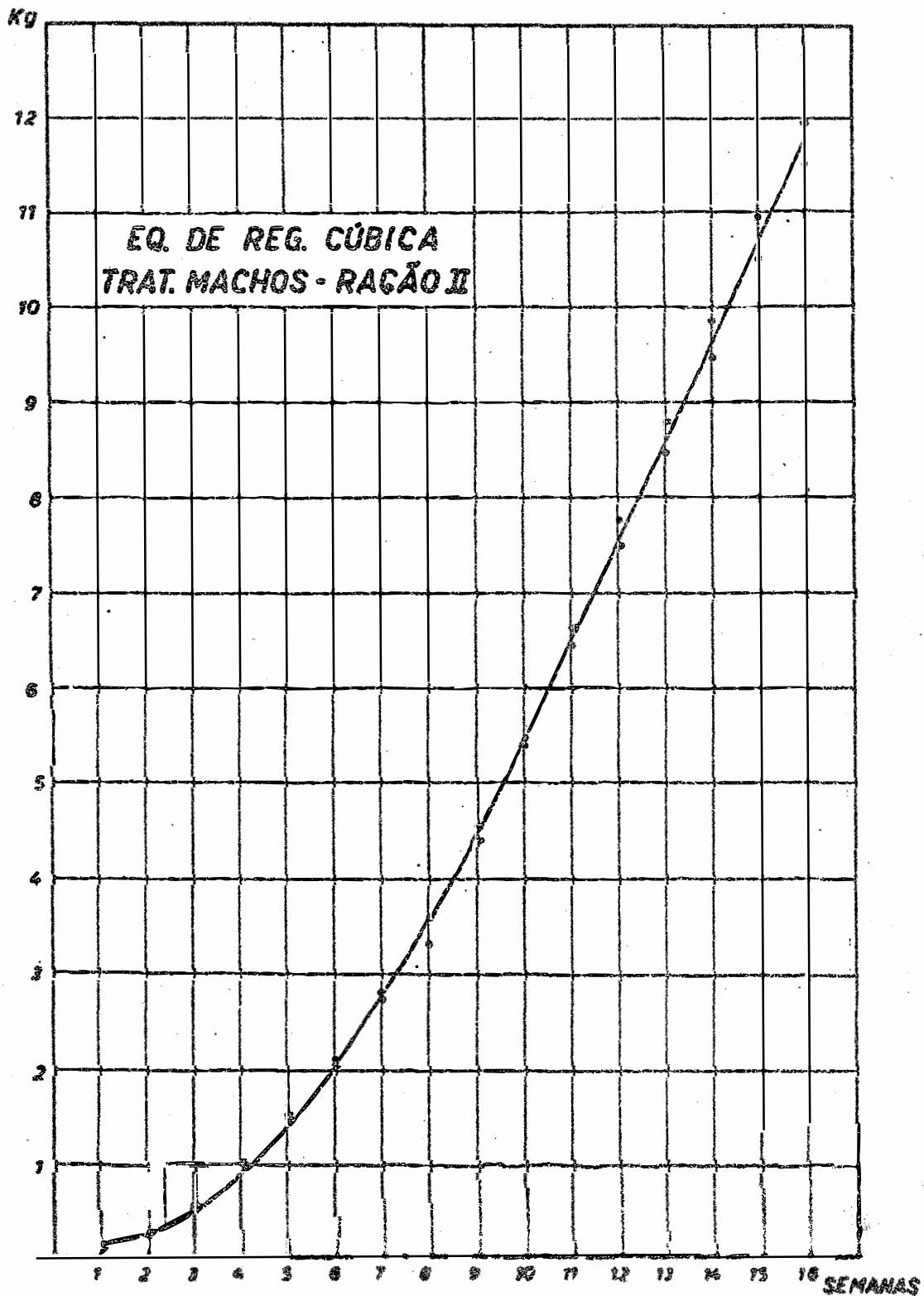


Figura 33. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados de consumo cumulativo de ração por ave representativa de um grupo misto arraçoado com Ração II.

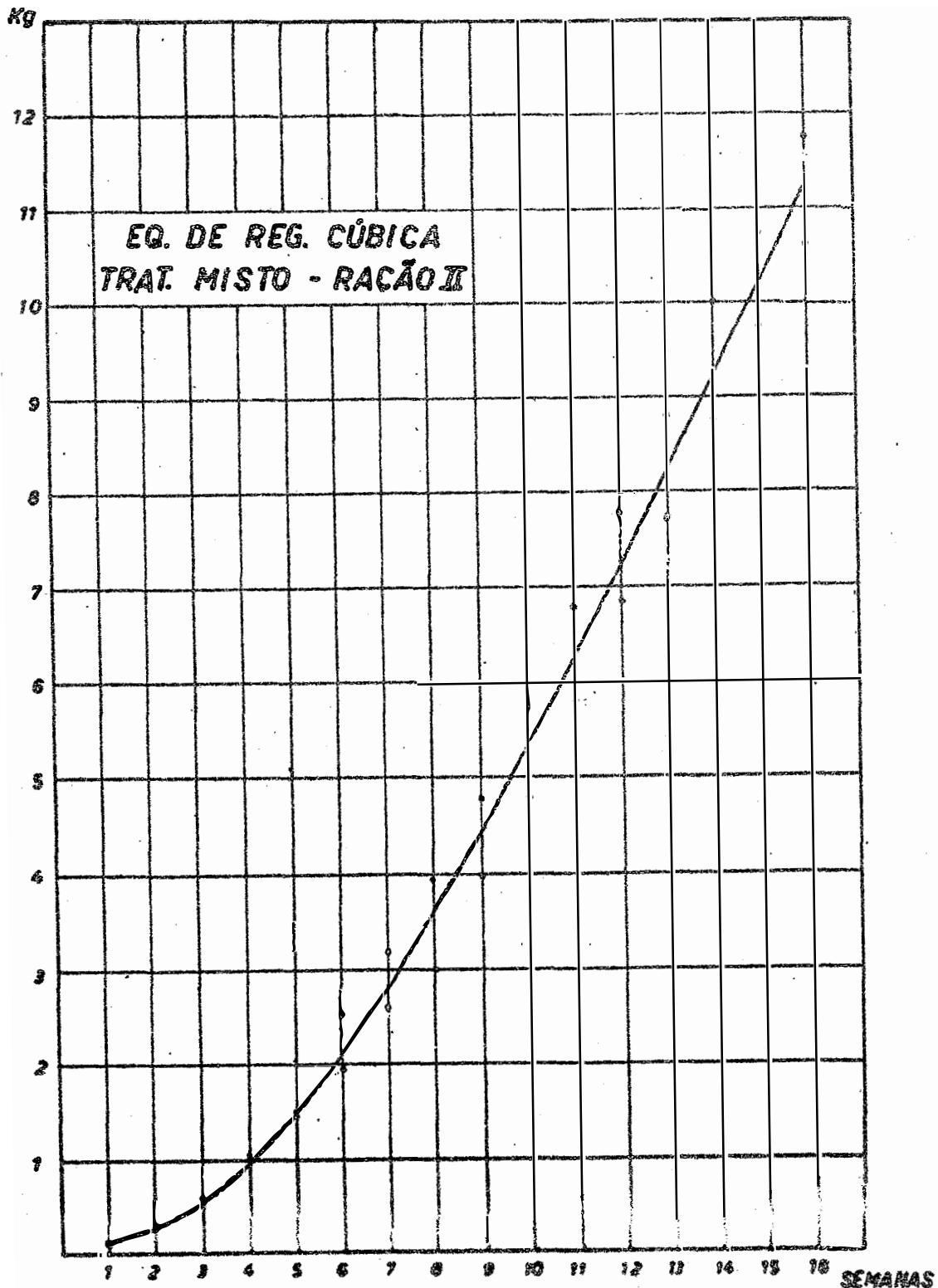


Figura 34. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração por franga arraçoada com Ração II.

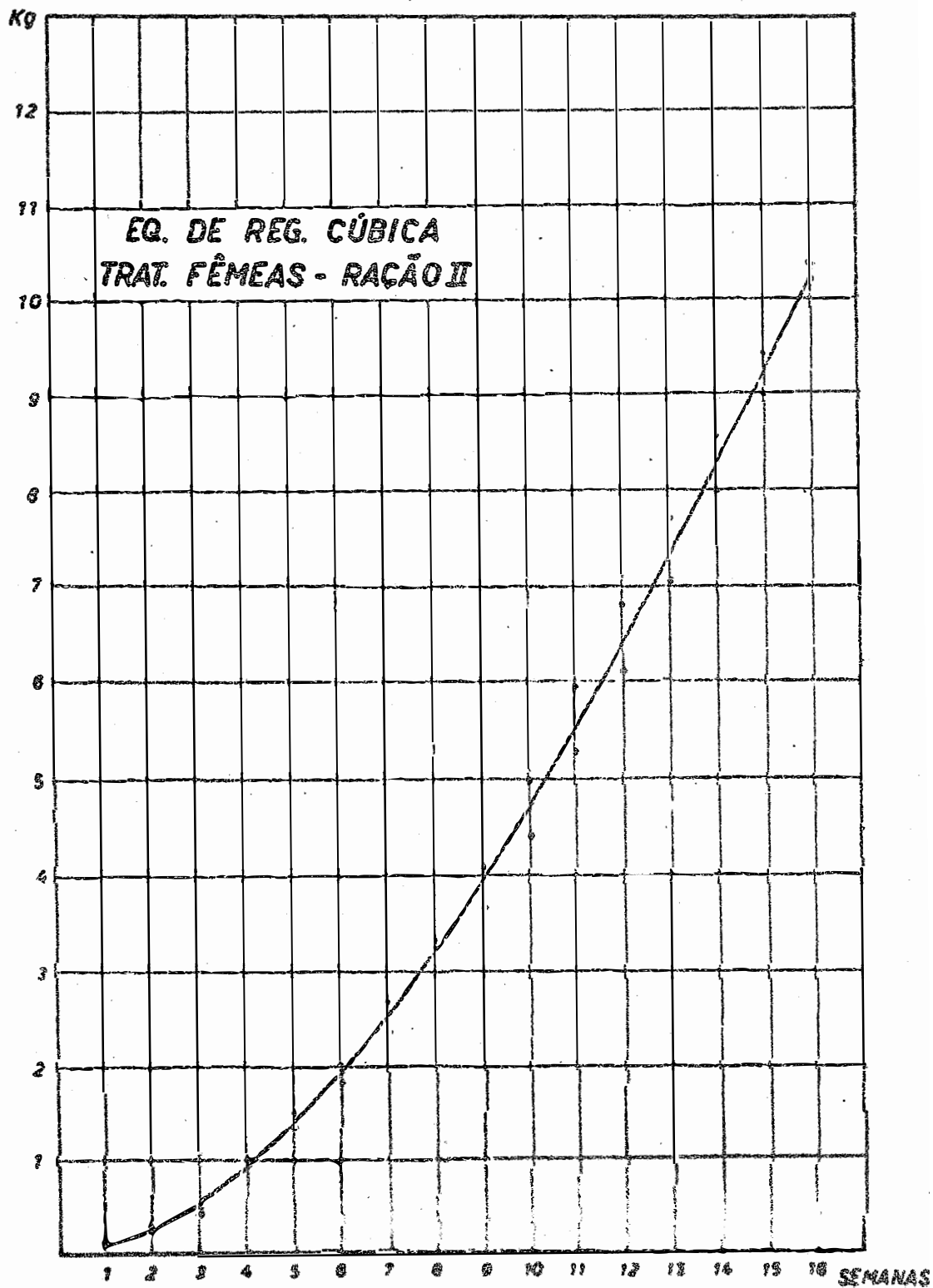


Figura 35. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração por frango arraçoadado com Ração III.

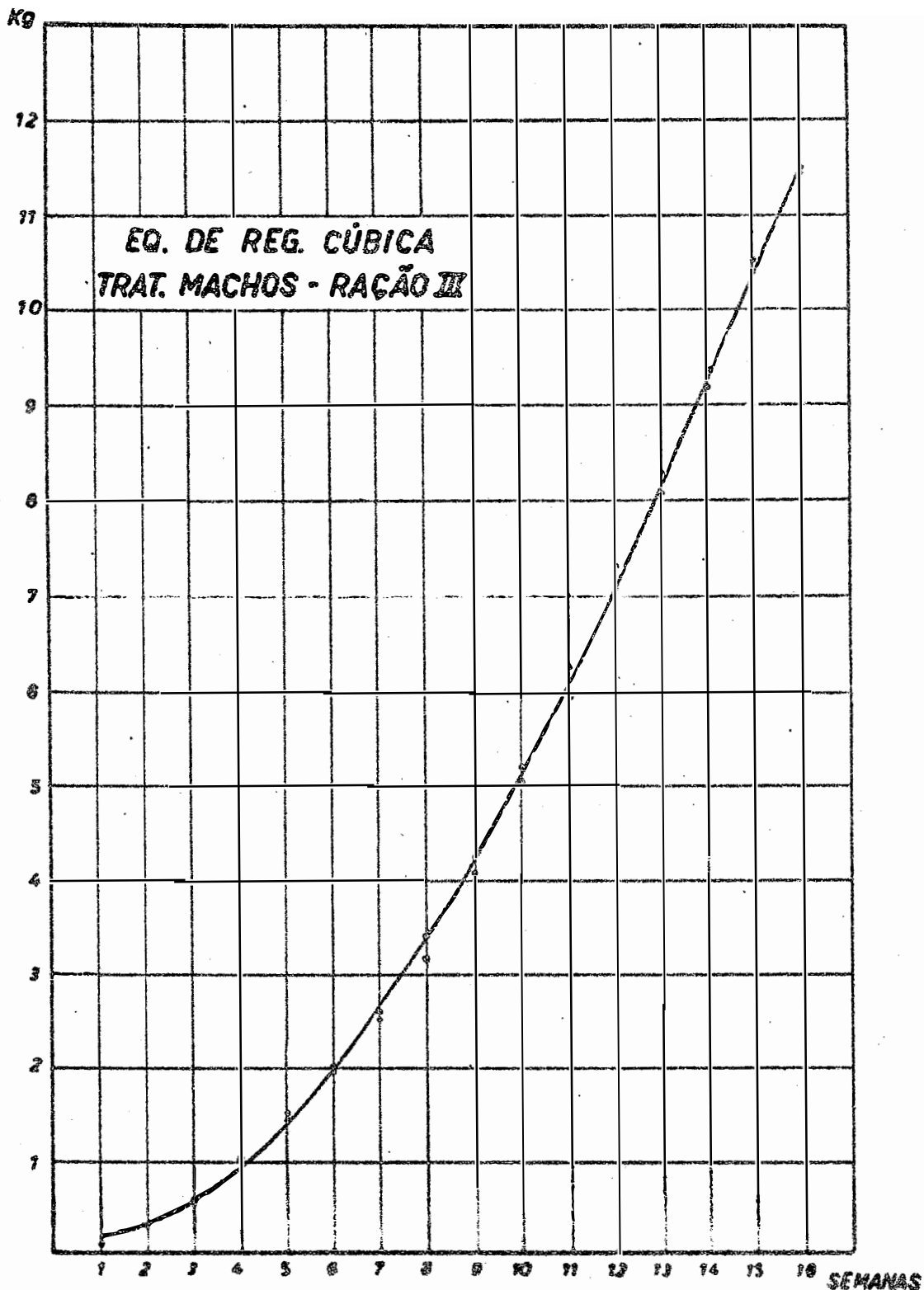


Figura 36. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração por ave representativa de um grupo misto arraçoado com Ração III.

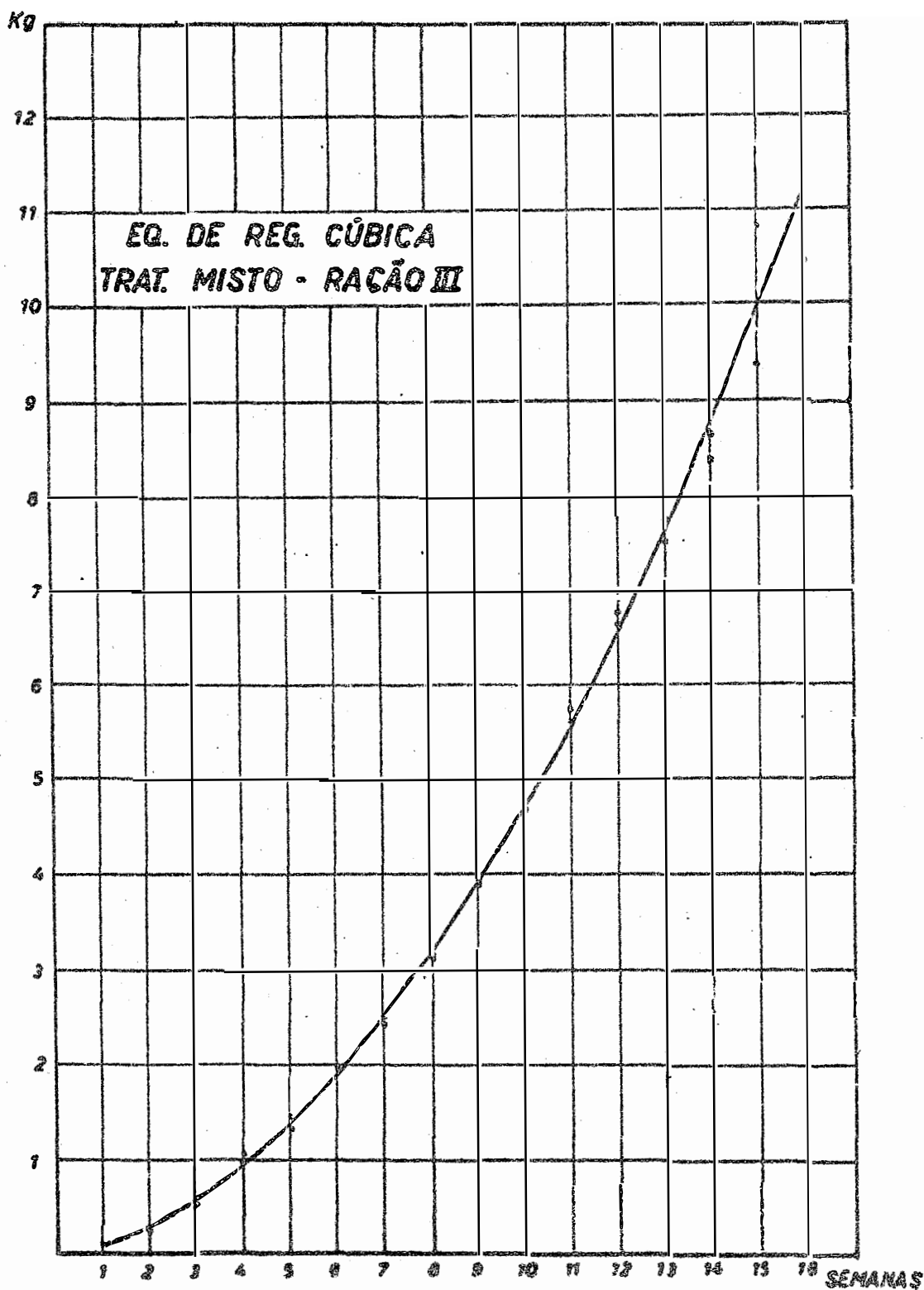
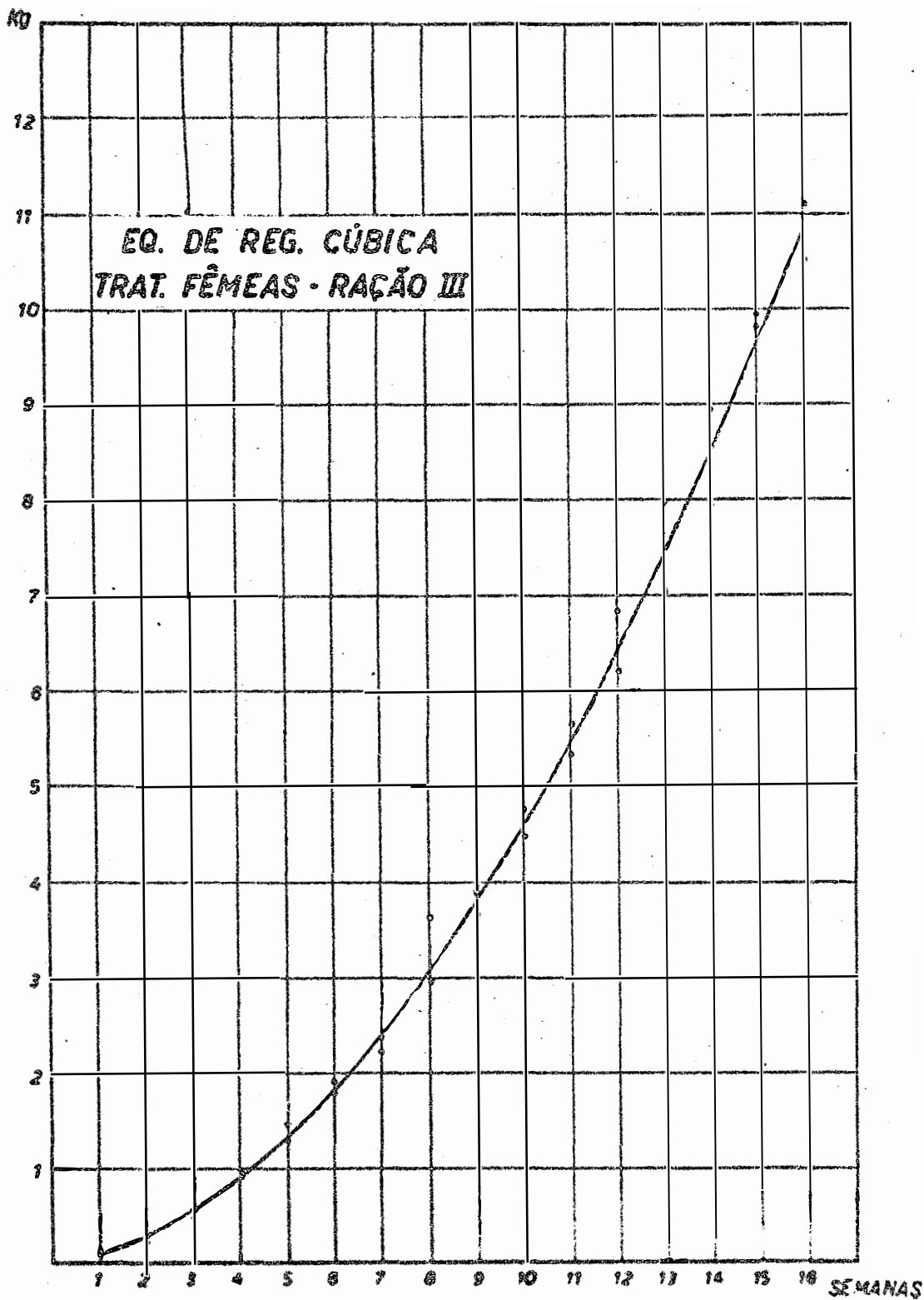


Figura 37. Função polinomial "Cúbica" ajustada aos dados do consumo cumulativo de ração por frango ar-raçado com Ração III.



Apêndice 10. Valores do custo de produção $\frac{1}{2}$ e da cotação de mercado $\frac{2}{2}$ do quilo de frango, mês a mês, período 1965/1969.

Mês	1965		1966		1967		1968		1969	
	Custo	Cot.	Custo	Cot.	Custo	Cot.	Custo	Cot.	Custo	Cot.
Janeiro	0,510	0,731	0,754	1,033	1,037	1,150	1,148	1,343	1,362	1,952
Fevereiro	0,520	0,787	0,755	1,027	1,073	1,190	1,104	1,400	1,431	1,700
Março	0,528	0,800	0,754	0,900	1,055	1,190	1,120	1,400	1,427	1,700
Abril	0,532	0,822	0,764	0,877	0,987	1,190	1,145	1,485	1,455	1,600
Mai	0,536	0,830	0,775	0,889	0,979	1,210	1,165	1,500	1,478	1,500
Junho	0,540	0,827	0,796	1,062	1,014	1,485	1,170	1,562	1,572	1,500
Julho	0,576	0,783	0,864	1,095	1,020	1,442	1,252	1,501	1,606	1,500
Agosto	0,561	0,750	0,878	1,030	1,074	1,471	1,256	1,500	1,615	1,500
Setembro	0,610	0,777	0,983	1,150	1,096	1,428	1,269	1,550	1,650	1,700
Outubro	0,645	0,892	0,924	1,150	1,103	1,277	1,295	1,508	1,642	1,500
Novembro	0,681	1,027	1,008	1,108	1,071	1,240	1,311	1,410	1,630	1,488
Dezembro	0,707	0,998	1,095	1,150	1,142	1,260	1,387	1,493	1,723	2,116

(1) Custos Diretos: Pintinho

- Ração
- Medicamentos
- Cebras
- Gas para aquecimento
- Mão-de-obra
- Custos Indiretos: Juros sobre o capital circulante: 1,5% a.m.
- Amortização.
- Viabilidade de 95%

(2) Valor mensal médio

Dados fornecidos pelo Engº Agrº Chinito Honda, da Cooperativa Agrícola de Cotia - Cooperativa Central.