

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA

CONRADO MONTEIRO QUINTANILHA

APLICAÇÃO PRÁTICA DE MODELOS DE CRESCIMENTO
PARA FRANGOS DE CORTE E SUAS PARTES

ARAÇATUBA – SP

2021

CONRADO MONTEIRO QUINTANILHA

**APLICAÇÃO PRÁTICA DE MODELOS DE CRESCIMENTO
PARA FRANGOS DE CORTE E SUAS PARTES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária DA Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

Orientador: Prof. Dr. Marcos Franke Pinto
Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Garcia Neto

ARAÇATUBA - SP
2021

Q7a

Quintanilha, Conrado Monteiro

Aplicação prática de modelos de crescimento para frangos de corte e suas partes / Conrado Monteiro Quintanilha. -- Araçatuba, 2021
57 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba

Orientador: Marcos Franke Pinto

Coorientador: Manoel Garcia Neto

1. Medicina veterinária. 2. Frango de corte. 3. Modelos matemáticos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: APLICAÇÃO PRÁTICA DE MODELOS DE CRESCIMENTO PARA FRANGOS DE CORTE E SUAS PARTES

AUTOR: CONRADO MONTEIRO QUINTANILHA

ORIENTADOR: MARCOS FRANKE PINTO

COORIENTADOR: MANOEL GARCIA NETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Prof. Dr. MAX JOSÉ DE ARAUJO FARIA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia - UNESP - Câmpus de Ilha Solteira

Araçatuba, 17 de maio de 2021.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: APLICAÇÃO PRÁTICA DE MODELOS DE CRESCIMENTO PARA FRANGOS DE CORTE E SUAS PARTES

AUTOR: CONRADO MONTEIRO QUINTANILHA

ORIENTADOR: MARCOS FRANKE PINTO

COORIENTADOR: MANOEL GARCIA NETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Prof. Dr. MAX JOSÉ DE ARAUJO FARIA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia - UNESP - Câmpus de Ilha Solteira

Araçatuba, 17 de maio de 2021.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: APLICAÇÃO PRÁTICA DE MODELOS DE CRESCIMENTO PARA FRANGOS DE CORTE E SUAS PARTES

AUTOR: CONRADO MONTEIRO QUINTANILHA

ORIENTADOR: MARCOS FRANKE PINTO

COORIENTADOR: MANOEL GARCIA NETO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Prof. Dr. MAX JOSÉ DE ARAUJO FARIA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/Unesp

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia - UNESP - Câmpus de Ilha Solteira

Araçatuba, 17 de maio de 2021.

AGRADECIMENTOS

A *Deus* por cada uma das bênçãos que recebo a todo momento.

Aos meus amados pais José Roberto e Marisa, por todos os valores ensinados com amor e dedicação.

À minha esposa Patrícia e aos meus filhos Samuel e Maria Clara, por me perdoarem pelas horas que estive ausente durante essa caminhada.

Ao meu orientador Prof. Marcos Franke Pinto pelo apoio durante toda a caminhada.

Ao meu co-orientador Prof. Manoel Garcia Neto, por todo ensinamento e suporte.

À empresa Cobb-Vantress que me apoio e permitiu me ausentar do meu trabalho várias vezes para seguir com o curso.

Ao amigo Rodrigo Vieira Cassiano, por sempre estar disponível para me ajudar nos pequenos e grandes detalhes.

QUINTANILHA, C. M. **Aplicação prática de modelos de crescimento para frangos de corte e suas partes.** 2021. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2021.

RESUMO

Sabe-se que quase 70% dos custos de produção de frangos são oriundos da ração consumida durante sua criação, e que alterações em seu padrão nutricional, especialmente no nível energético, podem impactar diretamente nos resultados zootécnicos do lote, e dessa forma, afetar a lucratividade de uma empresa. Quando a relação entre o teor energético e os demais nutrientes são mantidos constantes, há uma correlação entre o aumento da taxa de crescimento e a eficiência alimentar, proporcional ao acréscimo do aporte energético da dieta. Um dos maiores desafios das empresas avícolas do mundo é ter previsibilidade dos seus resultados zootécnicos e de rendimento da carcaça e de suas partes após mudanças em sua matriz nutricional, e a previsibilidade nos negócios é o que faz com que empresas tomem decisões assertivas a curto, médio e longo prazos. Como resultado, esse trabalho disponibilizou, com auxílio da metodologia de superfícies de resposta e da utilização de modelos matemáticos, uma ferramenta computacional para definição da melhor densidade nutricional capaz de prever o peso final, a conversão alimentar, o rendimento de carcaça e de suas partes, de aves criadas em diferentes cenários produtivos.

Palavras chave: Medicina Veterinária. Frango de corte. Modelos matemáticos.

QUINTANILHA, C. M. **Practical Applications of growth models for broiler and their parts.** 2021. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2021.

ABSTRACT

It is known that almost 70% of the boiler production costs come from the feed consumed during their breeding, and that changes in their nutritional level, especially in the energy level, can directly impact the zootechnical results of the flock, and thus, affect the profitability of a company. When the ration between the energy level and the other nutrients is kept constant, there is a correlation between the increase in the growth rate and the feed efficiency, proportional to the increase in the energy content of the diet. One of the biggest challenges for poultry companies in the world is to predict their zootechnical results and carcass yield, and parts, after changes in their nutritional levels, and business predictability is what helps companies to make assertive decisions in the short, medium and long term. As a result, this work made available, using the response surface methodology and the use of mathematical models, a computational tool for defining the best nutritional density capable of predicting the final weight, feed conversion, carcass yield and its parts, of birds reared in different productive scenarios.

Keywords: Veterinary. Broiler. Mathematical models.

Lista de Figuras

Figura 1 –	Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para machos alimentados com dietas de 3050kcal/kg	23
Figura 2 –	Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para machos alimentados com dietas de 3150kcal/kg	24
Figura 3 –	Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para machos alimentados com dietas de 3250kcal/kg	25
Figura 4 –	Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para fêmeas alimentadas com dietas de 3050kcal/kg	26
Figura 5 –	Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para fêmeas alimentadas com dietas de 3150kcal/kg	27
Figura 6 –	Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para fêmeas alimentadas com dietas de 3250kcal/kg	28
Figura 7 –	Superfície de Resposta que estima o peso vivo de frangos (machos) em função da energia metabolizável da ração e da idade (dias)	38
Figura 8 –	Tela do modelo gerado a partir do experimento I (machos) com predições das variáveis para 28 e 45 dias, com simulação de novas densidades energéticas de 3100 kcal/kg de ração e 3200 kcal/kg de ração	39
Figura 9 –	Superfície de Resposta que estima o peso vivo de frangos (fêmeas) em função da energia metabolizável da ração e da idade (dias)	40
Figura 10 –	Tela do modelo gerado a partir do experimento II (fêmeas) com predições das variáveis para 28 e 45 dias, com simulação de novas densidades energéticas de 3100 kcal/kg de ração e 3200 kcal/kg de ração	41
Figura 11 –	Tela do PPFR com predição de machos abatidos com 42 dias com venda de carcaça congelada	47
Figura 12 –	Representação gráfica dos preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado (R\$/kg)	48
Figura 13 –	Representação gráfica da variação em percentual dos preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado	48
Figura 14 –	Representação gráfica do lucro máximo obtido por ave vendida segundo preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado (R\$/kg)	49
Figura 15 –	Representação gráfica da variação em percentual do lucro máximo obtido por ave vendida segundo preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado	49

Lista de Tabelas

Tabela 1 –	Composição dos ingredientes da ração (%) e o conteúdo em nutrientes calculado da dieta (%) do experimento I, de acordo com as exigências para machos	18
Tabela 2 –	Composição dos ingredientes da ração (%) e o conteúdo em nutrientes calculado da dieta (%) do experimento II, de acordo com as exigências para fêmeas	19
Tabela 3 –	Resumo das idades de inflexão da curva de acordo com o sexo e o nível energético da ração determinados a partir do coeficiente “d” definido no modelo de Richards com seus respectivos pesos	28
Tabela 4 –	Resultado da Análise de variância para Peso Vivo, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura para frangos de corte machos	29
Tabela 5 –	Resultado da Análise de variância para Peso Vivo, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura para frangos de corte fêmeas	29
Tabela 6 –	Peso Vivo, Peso de Carcaça, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura em função da idade (Id, dias) e do nível energético da ração (NE, kcal/kg) para frangos de corte fêmeas	30
Tabela 7 –	Peso Vivo, Peso de Carcaça, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura em função da idade (Id, dias) e do nível energético da ração (NE, kcal/kg) para frangos de corte machos	31
Tabela 8 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso vivo das aves do experimento I (machos)	32
Tabela 9 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso vivo das aves do experimento II (fêmeas)	32
Tabela 10 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso de carcaça do experimento I (machos)	33
Tabela 11 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso de carcaça do experimento II (fêmeas)	33
Tabela 12 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” consumo do experimento I (machos)	34
Tabela 13 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” consumo do experimento II (fêmeas)	34
Tabela 14 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” gordura e asa do experimento I (machos)	35
Tabela 15 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” gordura e asa do experimento II (fêmeas)	35
Tabela 16 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” peito e coxa+sobrecoxa do experimento I (machos)	36
Tabela 17 –	Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” peito e coxa+sobrecoxa do experimento II (fêmeas)	36
Tabela 18 –	Valores de mercado do Frango Vivo, Carcaça, Milho, Soja e Óleo de Soja (R\$/kg)	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Energia metabolizável e sua relação com nutrientes.....	13
2.2 Energia metabolizável e rendimento de carcaça.....	13
2.3 Modelagem matemática.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Manejo e instalações	16
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	16
3.3 Rações experimentais.....	17
3.4 Avaliações	20
3.4.1 Desempenho das aves	20
3.4.2 Rendimento de carcaça e partes	20
3.4.3 Análise dos dados	20
4 RESULTADOS	22
5 DISCUSSÃO	43
5.1 Peso corporal	43
5.2 Peso da carcaça	43
5.3 Consumo de alimento	44
5.4 Gordura Abdominal	44
5.5 Asa	45
5.6 Coxa + Sobrecoxa e Peito	45
5.7 Validação do modelo	46
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICES	56
ANEXOS	57

1 INTRODUÇÃO

As constantes evoluções no desenvolvimento genético das linhagens de frangos de corte, aliadas aos avanços nutricionais cada vez mais acurados, vêm possibilitando diminuir cada vez mais os custos de produção, ao mesmo tempo em que se melhoram os resultados zootécnicos. Esse sucesso faz com que pequenos ajustes em cada uma das etapas de criação tenham grande impacto nos resultados operacionais e econômicos de uma empresa (ROSTAGNO et al., 2017).

Sabe-se que cerca de 70% do custo total da produção de frango é destinado aos gastos com a alimentação animal (SANTOS-FILHO; TALAMINI, 2014), e sendo assim, mudanças na matriz nutricional influenciam diretamente os custos de produção, e toda estratégia que vise diminuir o montante final da ração consumida deve ser considerada.

Porém, diminuir a densidade nutricional muitas vezes pode acarretar perdas de desempenho, reduzir o ganho de peso e prejudicar a conversão alimentar, além de consequências no rendimento de carcaça. Essas pioras somadas, ou mesmo individualmente, muitas vezes são superiores aos ganhos promovidos com as reduções nutricionais. Desse modo, é prudente desenvolver metodologias que auxiliem na otimização da formulação, analisando todos os efeitos possíveis (GONÇALVES et al., 2015).

Considerando todas essas variáveis, a definição do nível energético de uma ração é a mais importante decisão a ser tomada, uma vez que esse item, juntamente com a proteína, corresponde a cerca de 85% do custo total de uma dieta (GUNAWARDANA, P.; ROLAND, D. A.; BRYANT, M. M., 2008).

Existe uma correlação entre o aumento da taxa de crescimento e a eficiência alimentar, proporcional ao acréscimo do teor energético da dieta, quando se mantém constante a relação entre o nível energético e os demais nutrientes (WALDROUP, 1981; LEESON et al., 1996, SALEH et al, 2004, DUARTE et al, 2006; PEISKER, 2011). Desta forma, o rendimento de carcaça em aves alimentadas com altos níveis energéticos é significativamente maior que aves alimentadas com rações mais basais (MENDONCA JR., 1983).

Portanto, é imprescindível a otimização das formulações, aplicando modelagem matemática, refletindo em consequências ou alternativas de novas

possibilidades, antes da definição da recomendação alimentar final (FRANCE; KEBREAB, 2008). Para se ter sucesso nessas predições, é necessário que o modelo matemático tenha robustez em seu propósito, ou seja, represente bem o mundo real. Então, a partir de dados de pesquisa, é possível, com fundamento em ajustes, obter equações que tenham poder para prever valores mais exatos nas formulações (GOUS et al, 2006).

Os modelos de crescimento podem ser descritos como primários, secundários ou terciários, assim o modelo primário e sua equação ou função matemática descreve a mudança em uma resposta ao longo do tempo, embasado num conjunto característico de valores de parâmetros. Exemplos de modelos primários são a taxa de crescimento exponencial de bactérias e a função Gompertz. Já os modelos secundários descrevem as respostas dos parâmetros desses modelos primários a mudanças nas condições ambientais, como temperatura, pH ou atividade da água. Exemplo de modelo secundário é o modelo de superfície de resposta. Por último, os modelos terciários são rotinas de software de computador que transformam os modelos primário e secundário em programas "amigáveis" para usuários de modelos nas formas de aplicativos e sistemas especializados (WHITING, 1995).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi definir as equações de superfície de resposta para consumo, ganho de peso, rendimento de carcaça e de suas partes (peito, asa, coxa+sobrecoxa e gordura abdominal) e, com os dados obtidos, disponibilizar um programa amigável em Excel, usando como base o modelo matemático terciário para cada uma das superfícies de resposta geradas, conforme proposto por Guevara (2004) e Cerrate, Waldroup (2009ab). Os níveis nutricionais seguiram as recomendações das Tabelas contidas no "Broiler Performance & Nutrition Supplement", da empresa Cobb-Vantress (2013), e as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia metabolizável e sua relação com nutrientes

A energia não é um nutriente, mas sim uma forma de descrever os nutrientes que produzem energia ao serem metabolizados (MBARIJORGU et al, 2011). Por isso, quando as moléculas orgânicas são oxidadas, energia química é produzida e utilizada nos processos metabólicos dos animais. A energia metabolizável é a forma normalmente usada na formulação de rações para aves, sendo obtida pela diferença entre a energia bruta do alimento e a energia bruta das excretas (fezes e urina) e dos gases oriundos da digestão (praticamente desprezível nos monogástricos) (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Aves com livre acesso a alimentos podem ter o consumo da dieta aumentado ou diminuído, em razão do baixo ou alto nível de energia metabolizável (LEESON et al, 1996). Assim, o conceito da relação energia/proteína, posteriormente ampliado para energia/nutrientes, considera que existe um equilíbrio ótimo de energia, proteína e demais nutrientes, sendo que níveis excessivos de energia reduzem o desempenho do animal por limitar a ingestão de proteína (WALDROUP, 1981). Torna-se importante então manter a relação energia/nutrientes, pois a diminuição no consumo de ração oriundo de dietas altamente energéticas pode comprometer o desempenho das aves ao limitar a ingestão de demais nutrientes.

2.2 Energia metabolizável e rendimento de carcaça

Até meado dos anos 90 o foco da produção avícola era produzir frangos de corte com o maior peso possível e com o menor consumo de ração. Com a diminuição da comercialização de aves inteiras e o aumento da venda de produtos com maior valor agregado (partes de frango com e sem osso) o rendimento de carcaça e de carnes nobres (peito) passou a ser critério importante na definição da nutrição (CAMPOS, 2015).

A relação energia/proteína e demais nutrientes pode influenciar tanto no rendimento de carcaça quanto na porcentagem de gordura abdominal. MacLeod (1991) relatou que um decréscimo nessa dependência reduz o percentual de gordura abdominal, uma vez que menores relações possuem maiores níveis de proteína. Ainda nessa linha, Dozier et al. (2006) verificaram que a redução no consumo de

aminoácidos, estava associada a dietas de alta energia, o que refletia na diminuição do rendimento de carne de peito.

Por todo o exposto, é oportuno afirmar que devemos sempre considerar na formulação de uma dieta a relação energia/nutrientes, para que desbalanços não venham a impactar no rendimento de carcaça e de suas partes (ROSTAGNO et al., 2017). Portanto, uma formulação de ração que respeite essa relação tem como objetivo maximizar não apenas o desempenho zootécnico, mas também a lucratividade.

2.3 Modelagem matemática

Prever o impacto de diferentes níveis energéticos não só em relação ao ganho de peso e à conversão alimentar, mas também em relação ao rendimento de carcaça e de suas partes tem sido o foco de vários estudos e análises. Muitos processos podem ser representados por funções lineares, entretanto o crescimento animal tem comportamento não linear. Desta forma, descrever o crescimento é desafiador, pois em sua dinâmica ocorrem mudanças de tamanho, formato e proporções. Assim, são muito complexas as interações do desenvolvimento animal (LAWRENCE; FOWLER, 2002).

O crescimento não é uma simples representação exponencial, mas envolve, basicamente, um conjunto sequencial de formatos (exponencial curvilíneo, linear, e a estabilização), bem descritos pelo formato sigmoide de funções bem conhecidas como Gompertz, Logística e Von Bertalanffy (KNÍZETOVÁ et al., 1985,1991ab).

De inúmeras funções conhecidas e estudadas, o modelo de Richards tem a vantagem de apresentar o seu ponto de inflexão (ápice da velocidade de crescimento) ajustável, ao contrário dos modelos de Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy que possuem pontos de inflexão fixos, respectivamente, em 36,79%, 50%, e 29,63% da curva. Assim, certamente o modelo de Richards possibilita uma maior flexibilidade exatamente por apresentar seu ponto de inflexão livre, viabilizando melhores ajustes de uma curva de crescimento (KOYA; GOSHU, 2013).

Matematicamente, a designação inflexão está usualmente associada a uma mudança do sentido da concavidade do gráfico de uma função. Para curvas de crescimento, o ponto de inflexão é o local desta curva onde a curvatura troca de sinal, passando de "côncava para cima" ou acelerado, para "côncava para baixo" ou

crescimento reduzido ou inibitório. Esse ponto é encontrado determinando onde a derivada de segunda ordem muda de sinal. O ponto crítico da derivada de primeira ordem é aquele no qual a derivada é nula ou indefinida, o ponto de inflexão vai ocorrer quando a derivada de segunda ordem for zero ou indefinida (LAPA, 2012).

Pelas razões expostas, neste estudo optou-se por utilizar o modelo matemático de Richards, que pode ser expresso como segue:

$$Y = a [1 + (b-1) \exp(-c(x-d))]^{1/(1-b)}$$

Y = resposta para a variável;

a = assíntota horizontal superior da curva de crescimento;

b = parâmetro de posição da curva de crescimento em relação ao eixo x;

c = parâmetro de posição da curva de crescimento em relação ao eixo y;

d = parâmetro de formato da curva e posição do ponto de inflexão

(MISCHAN et al., 2014).

Após determinar, através do modelo matemático de Richards, a posição do ponto de inflexão dos diferentes parâmetros analisados, podemos definir se seriam necessárias uma ou duas superfícies de resposta para cada parâmetro.

Para gerar a superfície de resposta, aplicam-se os valores obtidos nas análises na fórmula abaixo:

$$Y = f(I, E) = a_1 + a_2 I + a_3 E + a_4 I^2 + a_5 E^2 + a_6 I * E$$

Na fórmula acima o Y é o “output” ou a resposta para a variável em estudo, “I” representa a idade em dias e “E” o teor energético da dieta em Mcal/kg, sendo “I²” e “E²” referentes aos seus quadráticos. O a₁ refere-se ao intercepto, sendo a₂ e a₃ os coeficientes lineares e a₄ e a₅ os quadráticos. Os possíveis efeitos de interações são os resultados de a₆ I * E.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Manejo e instalações

Os experimentos I (frangos de corte machos) e II (frangos de corte fêmeas) foram realizados no Setor Experimental de Zootecnia do Curso de Medicina Veterinária da Unesp, Campus de Araçatuba. Assim, de acordo com a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), este projeto de pesquisa apresentou um protocolo experimental que atende aos Princípios Éticos da Experimentação Animal, sendo sua execução aprovada pela CEUA, processo nº: ARC/FO 1118/2015.

Foram utilizados 1920 pintos de corte para os experimentos I e II, 960 machos e 960 fêmeas, da linhagem comercial Cobb 500 Slow, ave de empenamento lento que permite a sexagem pela asa, no período de 1 a 56 dias de idade.

As aves foram alojadas em galpão de alvenaria (7,85 x 45,70m), com orientação Leste-Oeste, climatizado com sistema de resfriamento evaporativo adiabático e com ventilação de pressão negativa, automatizado, coberto com telhas constituídas de material isolante (poliestireno expandido) disposto entre chapas metálicas refletivas. Em seu interior, as aves foram dispostas em boxes, possuindo um bebedouro e um comedouro/cada, com dimensões de 1,4 x 3,0m, que constituíram as parcelas experimentais. Nos experimentos I e II, as aves com um dia de idade foram pesadas e distribuídas ao acaso nos 24 boxes utilizados (40 aves em cada box), sendo utilizada como cama maravalha de pinus. Como fontes de aquecimento inicial foram usadas resistências aletadas de 300 W, uma em cada box durante os 15 primeiros dias de criação.

Essas instalações permitiram que as aves fossem criadas em condições de termo-neutralidade, seguindo as indicações de temperatura do manual da linhagem.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado para os dois experimentos foi o inteiramente ao acaso (DIC) em esquema fatorial, com 8 repetições e 40 aves por parcela experimental.

Os níveis energéticos foram, 3050, 3150 e 3250 kcal/kg de ração, e todos os nutrientes das dietas foram proporcionais ao nível energético (Tabelas 1 e 2).

3.3 Rações experimentais

As rações fareladas experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja, óleo de soja, suplemento vitamínico e mineral, calcário calcítico e fosfato (Tabelas 1 e 2), mantendo a proporção energia/nutrientes, de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011) e do “Suplemento: Desempenho e Nutrição para Frangos de Corte Cobb500” de outubro de 2013 (www.cobb-vantress-com).

A mistura da ração foi realizada na fábrica de ração do Setor Experimental de Zootecnia da Unesp campus de Araçatuba.

O tempo de mistura foi de 10 minutos em misturador horizontal, e os micro-ingredientes pré-misturados por 8 minutos em misturador vertical tipo “Y”, a fim de se obter uma melhor homogeneidade da mistura.

Tabela 1. Composição dos ingredientes da ração (%) e o conteúdo em nutrientes calculado da dieta (%) do experimento I, de acordo com as exigências para machos.

Ingrediente	Unid.	Machos								
		Ração Inicial			Ração Crescimento			Ração Terminação		
Inerte	%	0,000	0,000	0,000	0,240	0,000	0,000	2,699	0,000	0,000
Milho (7,88%)	%	59,406	55,266	50,815	61,902	62,527	58,324	66,564	70,045	66,939
Milho Far. Glúten (60%)	%	2,408	3,629	4,301	0,000	2,861	3,450	0,000	0,032	1,648
Óleo de Soja	%	1,000	3,022	5,216	1,000	1,756	3,920	1,000	1,000	2,749
Soja Farelo (45%)	%	33,631	34,349	35,787	34,157	29,700	31,024	27,119	26,139	25,688
Fosfato Bicalcico	%	0,595	0,667	0,733	0,274	0,376	0,433	0,000	0,000	0,046
Sal Comum	%	0,377	0,394	0,434	0,409	0,254	0,291	0,184	0,163	0,142
L-Lisina HCl	%	0,274	0,299	0,306	0,115	0,281	0,287	0,144	0,210	0,255
L- Treonina	%	0,049	0,051	0,054	0,000	0,037	0,040	0,000	0,026	0,031
Calcário Calcítico	%	1,009	1,034	1,059	0,895	0,918	0,939	0,746	0,749	0,774
Bicarbonato de Sódio	%	0,153	0,156	0,125	0,048	0,297	0,269	0,321	0,371	0,425
RONOZYME HiPhos (M) - Broilers / 50000 FYT/g	%	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Polimax F-pré Inicial (Fatec)	%	1,093	1,129	1,165	0,956	0,988	1,019	-	-	-
Polimax F3-Acabamento (Fatec)	%	-	-	-	-	-	-	1,220	1,260	1,300
		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Nutriente		Unid.								
Energia Met. Aves	Mcal/kg	3,050	3,150	3,250	3,050	3,150	3,250	3,050	3,150	3,250
Proteína Bruta (PB)	%	21,971	22,740	23,459	20,746	20,713	21,348	17,958	17,892	18,476
Cálcio	%	0,854	0,882	0,910	0,734	0,758	0,782	0,595	0,595	0,614
P Disponível	%	0,401	0,414	0,427	0,343	0,354	0,365	0,279	0,279	0,286
Relação Ca/P disponível	%	2,130	2,130	2,130	2,141	2,141	2,141	2,130	2,130	2,147
Potássio	%	0,791	0,794	0,808	0,805	0,729	0,741	0,689	0,682	0,666
Sódio	%	0,210	0,217	0,224	0,195	0,200	0,206	0,178	0,184	0,190
Cloro	%	0,332	0,345	0,369	0,321	0,260	0,281	0,191	0,193	0,188
Ácido Linoléico	%	1,989	2,994	4,083	2,012	2,416	3,493	2,038	2,097	2,972
Lisina Dig.	%	1,217	1,257	1,297	1,095	1,131	1,167	0,944	0,975	1,006
Metionina Dig.	%	0,603	0,627	0,647	0,541	0,564	0,581	0,541	0,551	0,574
Metionina + Cistina Dig.	%	0,907	0,941	0,969	0,829	0,854	0,878	0,794	0,804	0,835
Treonina Dig.	%	0,791	0,817	0,843	0,712	0,735	0,758	0,614	0,634	0,654
Triptofano Dig.	%	0,234	0,240	0,248	0,231	0,214	0,221	0,193	0,189	0,190
Arginina Dig.	%	1,326	1,358	1,401	1,306	1,221	1,260	1,099	1,081	1,086
Gli + Ser Dig.	%	1,793	1,848	1,906	1,727	1,674	1,727	1,476	1,459	1,491
Valina Dig.	%	0,937	0,970	1,002	0,891	0,882	0,910	0,768	0,761	0,785
Isoleucina Dig.	%	0,859	0,892	0,925	0,818	0,802	0,831	0,694	0,684	0,707
Leucina Dig.	%	1,607	1,593	1,599	1,647	1,510	1,515	1,464	1,464	1,422
Histidina Dig.	%	0,530	0,544	0,559	0,513	0,498	0,511	0,444	0,440	0,448
Fenilalanina Dig.	%	1,025	1,072	1,114	0,955	0,967	1,004	0,818	0,809	0,849
Fenilalanina + Tirosina Dig.	%	1,766	1,854	1,929	1,633	1,669	1,735	1,398	1,383	1,461
Gordura	%	3,788	5,691	7,754	3,833	4,599	6,637	3,884	3,995	5,653
Ácido Linolênico	%	0,128	0,268	0,421	0,129	0,177	0,327	0,122	0,122	0,242
Amido	%	41,768	39,455	36,951	43,016	43,308	40,931	45,066	47,131	45,384
Fibra Bruta (FB)	%	2,837	2,817	2,824	2,881	2,688	2,692	2,589	2,598	2,538
FDN	%	11,879	11,562	11,272	12,095	11,738	11,457	11,681	11,963	11,633
FDA	%	4,930	4,953	4,977	4,849	4,757	4,773	4,438	4,440	4,478
Matéria Mineral	%	2,754	2,762	2,801	2,777	2,571	2,605	2,426	2,414	2,374
Fósforo (P) Total	%	0,458	0,471	0,483	0,397	0,406	0,416	0,318	0,322	0,327
Energia Met. Verd. Aves	%	3108,651	3215,039	3323,265	3114,534	3206,096	3314,098	3101,327	3200,672	3304,149
Fitase	FTU/kg	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000
Carotenóide ingredientes	mg/kg	14,512	16,062	16,589	10,587	15,749	16,162	11,193	11,788	14,190
Magnésio	mg/kg	0,170	0,170	0,172	0,170	0,159	0,160	0,148	0,148	0,146
Manganes	mg/kg	134,120	138,257	142,573	118,569	120,958	124,734	223,666	230,473	237,278
Ferro	mg/kg	182,335	189,705	197,234	156,633	160,042	166,606	259,803	265,852	274,778
Cobre	mg/kg	18,194	18,824	19,460	16,463	16,621	17,181	30,218	30,938	31,913
Zinco	mg/kg	120,300	123,068	125,960	108,907	110,361	112,854	173,240	178,344	182,695
Selênio	mg/kg	0,577	0,592	0,609	0,528	0,526	0,541	1,020	1,046	1,073
Enxofre	mg/kg	4,319	4,186	4,031	4,340	4,386	4,236	4,369	4,524	4,431
Cobalto	mg/kg	0,383	0,395	0,408	0,335	0,346	0,357	0,329	0,340	0,351
Iodo	mg/kg	1,859	1,920	1,981	1,626	1,679	1,732	3,294	3,402	3,510
BE= K+Na -Cl (mEq/kg)	mEq	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
RE= (K+Cl)/Na	-	3,239	3,183	3,191	3,500	2,985	2,997	2,968	2,855	2,704
COLINA	mg/kg	2032,834	2054,984	2093,097	1962,115	1874,879	1908,094	1763,303	1778,251	1771,987
Vitamina A	UI/kg	20065,256	20723,133	21381,010	17548,109	18123,457	18698,805	20374,000	21042,000	21710,000
Vitamina D3	UI/kg	3663,139	3783,242	3903,345	3203,606	3308,642	3413,678	4087,000	4221,000	4355,000
Vitamina E	UI/kg	31,000	32,016	33,033	27,111	28,000	28,889	28,487	29,421	30,355
Vitamina K3	mg/kg	4,560	4,709	4,859	3,988	4,119	4,249	4,880	5,040	5,200
Vitamina B1	mg/kg	3,663	3,783	3,903	3,204	3,309	3,414	1,220	1,260	1,300
Vitamina B2	mg/kg	10,935	11,293	11,652	9,563	9,877	10,190	9,760	10,080	10,400
Ac.Nicotínico	mg/kg	72,935	75,326	77,717	63,785	65,877	67,968	69,174	71,442	73,710
Ac. Pantoténico	mg/kg	20,448	21,118	21,789	17,883	18,469	19,055	24,400	25,200	26,000
Vitamina B6	mg/kg	3,663	3,783	3,903	3,204	3,309	3,414	2,440	2,520	2,600
Vitamina B12	mg/kg	0,027	0,028	0,029	0,024	0,025	0,025	0,024	0,025	0,026
Ácido Fólico	mg/kg	1,476	1,525	1,573	1,291	1,333	1,376	0,817	0,844	0,871
Biotina	mg/kg	0,186	0,192	0,198	0,163	0,168	0,173	0,085	0,088	0,091
P Filico	%	0,237	0,237	0,236	0,234	0,232	0,230	0,219	0,222	0,221
P Fitase	%	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Relação EM (Mcal/kg)/Lisina		2,5061627	2,5061627	2,5061627	2,78514589	2,78514589	2,78514589	3,2306163	3,2306163	3,2306163

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 2. Composição dos ingredientes da ração (%) e o conteúdo em nutrientes calculado da dieta (%) do experimento II, de acordo com as exigências para fêmeas.

Ingrediente	Unid.	Fêmeas								
		Ração Inicial			Ração Crescimento			Ração Terminação		
		0,000	0,000	0,000	1,457	0,000	0,000	4,200	0,988	0,000
Inerte	%	60,047	56,231	51,811	64,115	66,501	62,424	69,740	72,211	73,120
Milho (7,88%)	%	1,819	3,456	4,123	0,000	1,960	2,520	0,000	0,000	3,613
Milho Far. Glúten (60%)	%	1,000	2,875	5,065	1,000	1,226	3,373	1,000	1,000	1,279
Óleo de Soja	%	33,665	33,761	35,181	30,816	27,316	28,565	22,397	23,121	18,969
Soja Farelo (45%)	%	0,567	0,643	0,709	0,191	0,275	0,329	0,000	0,000	0,000
Fosfato Bicalcico	%	0,360	0,355	0,394	0,307	0,195	0,230	0,117	0,120	0,085
Sal Comum	%	0,257	0,296	0,303	0,129	0,265	0,270	0,117	0,121	0,254
L-Lisina HCl	%	0,047	0,050	0,052	0,000	0,033	0,036	0,000	0,000	0,000
L- Treonina	%	0,998	1,023	1,048	0,848	0,871	0,891	0,726	0,737	0,723
Calcário Calcítico	%	0,142	0,175	0,144	0,177	0,365	0,339	0,479	0,439	0,653
Bicarbonato de Sódio	%	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
RONCOZYME HiPhos (M) - Broilers / 50000 FYT/g	%	1,093	1,129	1,165	0,956	0,988	1,019	-	-	-
Polimax F-pré Inicial (Fatec)	%	-	-	-	-	-	-	1,220	1,260	1,300
Polimax F3-Acabamento (Fatec)	%	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Nutriente		Unid.			Unid.			Unid.		
		Mcal/kg	3,050	3,150	3,250	3,050	3,150	3,250	3,050	3,150
Energia Met. Aves			3,050	3,150	3,250	3,050	3,150	3,250	3,050	3,150
Proteína Bruta (PB)	%	21,659	22,441	23,151	19,423	19,379	19,972	16,048	16,574	17,100
Cálcio	%	0,843	0,871	0,899	0,688	0,711	0,734	0,577	0,584	0,570
P Disponível	%	0,396	0,409	0,422	0,321	0,332	0,343	0,271	0,274	0,268
Relação Ca/P disponível	%	2,130	2,130	2,130	2,142	2,142	2,142	2,130	2,130	2,130
Potássio	%	0,793	0,785	0,799	0,750	0,695	0,707	0,612	0,633	0,564
Sódio	%	0,200	0,207	0,213	0,189	0,195	0,201	0,194	0,185	0,229
Cloro	%	0,318	0,322	0,344	0,262	0,222	0,242	0,145	0,150	0,155
Ácido Linoléico	%	1,994	2,928	4,015	2,025	2,181	3,250	2,057	2,111	2,281
Lisina Dig.	%	1,201	1,240	1,280	1,023	1,057	1,091	0,809	0,835	0,862
Metionina Dig.	%	0,597	0,623	0,642	0,526	0,545	0,562	0,520	0,537	0,573
Metionina + Cistina Dig.	%	0,896	0,933	0,961	0,798	0,818	0,841	0,750	0,775	0,822
Treonina Dig.	%	0,780	0,806	0,831	0,665	0,687	0,709	0,548	0,566	0,573
Triptofano Dig.	%	0,233	0,236	0,244	0,213	0,200	0,206	0,167	0,172	0,159
Arginina Dig.	%	1,319	1,340	1,382	1,208	1,142	1,178	0,960	0,992	0,931
Gli + Ser Dig.	%	1,773	1,823	1,881	1,608	1,566	1,614	1,308	1,351	1,344
Valina Dig.	%	0,924	0,957	0,988	0,833	0,824	0,850	0,685	0,708	0,726
Isoleucina Dig.	%	0,847	0,879	0,912	0,759	0,744	0,772	0,611	0,631	0,639
Leucina Dig.	%	1,614	1,583	1,589	1,560	1,470	1,473	1,342	1,387	1,263
Histidina Dig.	%	0,525	0,537	0,552	0,480	0,469	0,481	0,397	0,411	0,409
Fenilalanina Dig.	%	1,006	1,056	1,097	0,890	0,895	0,929	0,725	0,750	0,797
Fenilalanina + Tirosina Dig.	%	1,730	1,826	1,899	1,521	1,541	1,603	1,240	1,281	1,383
Gordura	%	3,799	5,566	7,625	3,857	4,155	6,178	3,920	4,022	4,346
Ácido Linolênico	%	0,128	0,258	0,410	0,126	0,138	0,288	0,117	0,119	0,134
Amido	%	42,081	39,960	37,472	43,989	45,361	43,049	46,472	48,110	48,736
Fibra Bruta (FB)	%	2,843	2,801	2,807	2,742	2,620	2,622	2,394	2,475	2,311
FDN	%	11,922	11,585	11,296	11,898	11,826	11,547	11,409	11,803	11,570
FDA	%	4,903	4,923	4,946	4,654	4,621	4,633	4,165	4,307	4,314
Matéria Mineral	%	2,754	2,738	2,775	2,611	2,468	2,498	2,191	2,265	2,092
Fósforo (P) Total	%	0,452	0,465	0,477	0,368	0,379	0,389	0,300	0,310	0,306
Energia Met. Verd. Aves	%	3109,104	3213,891	3322,081	3108,264	3201,679	3309,541	3094,169	3198,777	3291,976
Fitase	FTU/kg	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000	2000,000
Carotenóide ingredientes	mg/kg	13,555	15,893	16,415	10,875	14,715	15,096	11,606	12,016	18,582
Magnésio	mg/kg	0,170	0,169	0,171	0,160	0,153	0,154	0,136	0,141	0,130
Manganês	mg/kg	134,068	138,048	142,358	117,386	120,094	123,843	222,328	229,624	235,394
Ferro	mg/kg	180,762	187,908	195,380	148,806	152,328	158,647	253,448	261,785	266,503
Cobre	mg/kg	18,097	18,713	19,345	15,955	16,132	16,677	29,515	30,485	31,318
Zinco	mg/kg	120,293	122,950	125,839	107,806	109,846	112,323	171,741	177,407	181,399
Selênio	mg/kg	0,577	0,590	0,607	0,515	0,516	0,531	1,001	1,034	1,052
Enxofre	mg/kg	4,323	4,210	4,055	4,353	4,475	4,328	4,391	4,544	4,655
Cobalto	mg/kg	0,383	0,395	0,408	0,335	0,346	0,357	0,329	0,340	0,351
Iodo	mg/kg	1,859	1,920	1,981	1,626	1,679	1,732	3,294	3,402	3,510
BE= K+Na -Cl (mEq/kg)	mEq	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000
RE= (K+Cl)Na	-	3,361	3,246	3,254	3,235	2,835	2,847	2,339	2,533	1,889
COLINA	mg/kg	2035,789	2044,351	2082,126	1884,597	1831,441	1863,277	1654,043	1709,132	1633,322
Vitamina A	UI/kg	20065,256	20723,133	21381,010	17548,109	18123,457	18698,805	20374,000	21042,000	21710,000
Vitamina D3	UI/kg	3663,139	3783,242	3903,345	3203,606	3308,642	3413,678	4087,000	4221,000	4355,000
Vitamina E	UI/kg	31,000	32,016	33,033	27,111	28,000	28,889	28,487	29,421	30,355
Vitamina K3	mg/kg	4,560	4,709	4,859	3,988	4,119	4,249	4,880	5,040	5,200
Vitamina B1	mg/kg	3,663	3,783	3,903	3,204	3,309	3,414	1,220	1,260	1,300
Vitamina B2	mg/kg	10,935	11,293	11,652	9,563	9,877	10,190	9,760	10,080	10,400
Ac.Nicotínico	mg/kg	72,935	75,326	77,717	63,785	65,877	67,968	69,174	71,442	73,710
Ac. Pantotênico	mg/kg	20,448	21,118	21,789	17,883	18,469	19,055	24,400	25,200	26,000
Vitamina B6	mg/kg	3,663	3,783	3,903	3,204	3,309	3,414	2,440	2,520	2,600
Vitamina B12	mg/kg	0,027	0,028	0,029	0,024	0,025	0,025	0,024	0,025	0,026
Ácido Fólico	mg/kg	1,476	1,525	1,573	1,291	1,333	1,376	0,817	0,844	0,871
Biotina	mg/kg	0,186	0,192	0,198	0,163	0,168	0,173	0,085	0,088	0,091
P Físico	%	0,236	0,236	0,235	0,227	0,227	0,226	0,209	0,216	0,218
P Fitase	%	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Relação EM (Mcal/kg)/Lisina		2,53955037	2,53955037	2,53955037	2,98013245	2,98013245	2,98013245	3,77030162	3,77030162	3,77030162

Fonte: Elaboração do próprio autor

3.4 Avaliações

3.4.1 Desempenho das aves

O desempenho das aves foi determinado pela análise de seu ganho de peso corporal, consumo de ração e índice de conversão alimentar.

O ganho de peso (g/ave/período), o consumo de ração (g/ave/período) e a conversão alimentar foram aferidas aos 7°, 14°, 21°, 28°, 35°, 42°, 49° e 56° dias de idade, sendo que a conversão alimentar foi determinada pela divisão do consumo de ração em cada unidade experimental pelo ganho de peso.

Também, foi registrada diariamente a taxa de mortalidade de cada box, para as correções dos dados de desempenho e para o cálculo da viabilidade.

3.4.2 Gordura abdominal, rendimento de carcaça, peito, asa e coxa com sobrecoxa

Foram sacrificadas, após jejum de 12 horas, três aves de cada parcela experimental, com peso semelhante ao peso médio de cada repetição, num total de 24 aves por tratamento, no 7°, 14° e 21°. As aves foram pesadas imediatamente antes do abate, constituindo esse peso vivo pré-abate a base para o cálculo do rendimento de carcaça e de suas partes. Após a pesagem as aves foram eletro-insensibilizadas, sangradas, escaldadas e depenadas. Após esse processo, todas foram evisceradas manualmente para determinar o rendimento de carcaça.

Para coleta dos dados referente às partes da carcaça, foram sacrificadas 16 aves por tratamento (2 aves por repetição) ao 28°, 35°, 42°, 49° e 56° dias de idade, com peso semelhante ao peso médio de cada parcela experimental. O processo de abate seguiu como anteriormente descrito, porém, após a evisceração, as aves foram cortadas e o peito desossado para que os pesos das partes fossem aferidos e o percentual de filé de peito, coxa + sobrecoxa com osso, asa, gordura abdominal e o rendimento de carcaça fossem posteriormente calculados.

3.4.3 Análise dos dados

Os dados obtidos para cada um dos parâmetros estudados nos experimentos, segundo o nível energético, foram aplicados ao modelo matemático de Richards para determinação de necessidade ou não de duas superfícies de reposição. Essa análise foi

feita utilizando o programa PPM (<https://sites.google.com/site/programapraticodemodelagem/>).

Além disso, os resultados foram submetidos à análise de variância para verificar os efeitos dos tratamentos e, posteriormente, de acordo com os procedimentos do PROC RSREG do sistema SAS, estudados os efeitos dos fatores utilizando a análise de superfície de resposta (RODRIGUES; IEMMA, 2009).

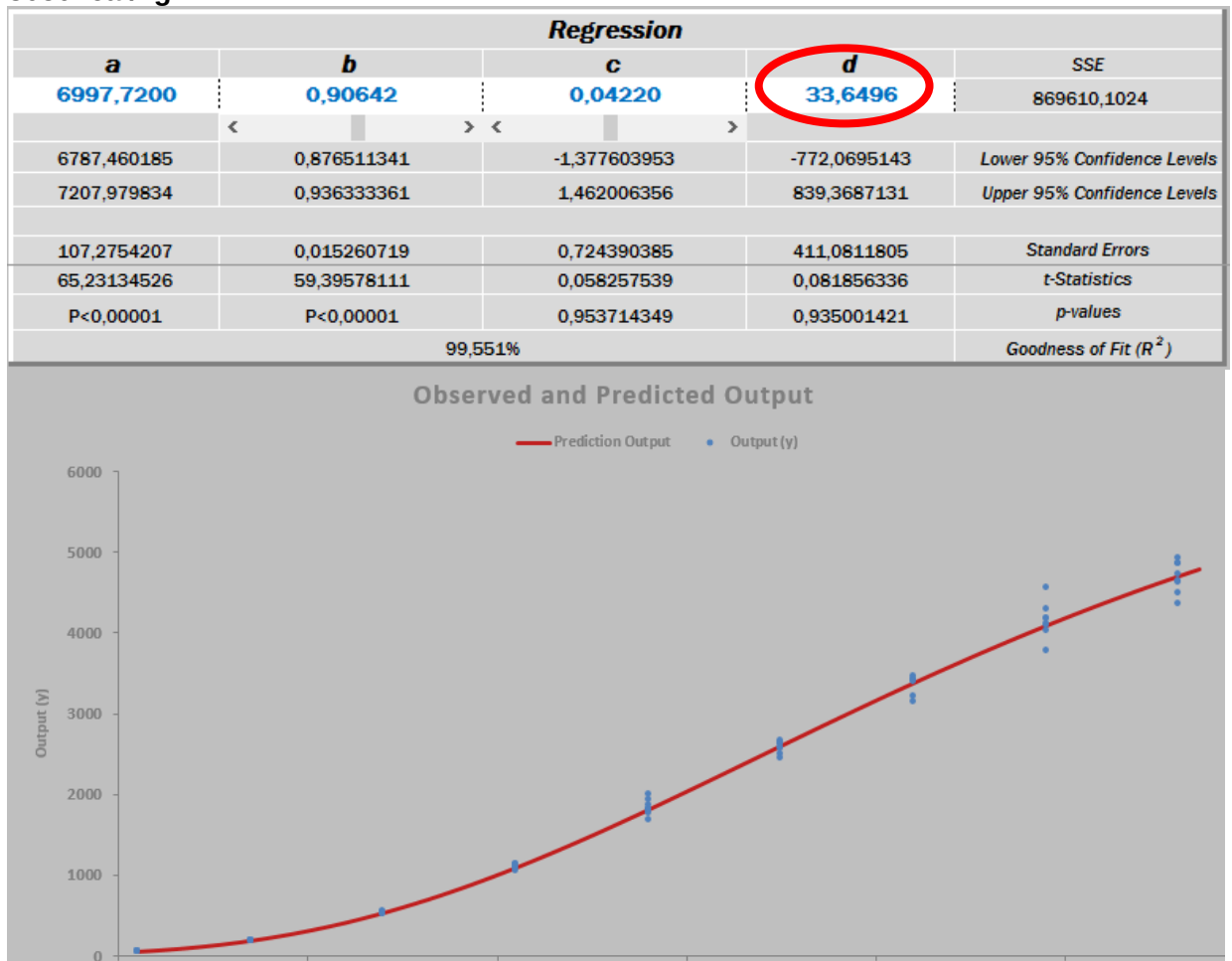
A Metodologia de Superfície de Resposta é uma coleção de técnicas matemáticas e estatísticas que são utilizadas para modelar e analisar problemas nos quais o retorno de interesse é influenciada por muitas variáveis e nos quais a solução deva alcançar um valor ótimo (MYERS e MONTGOMERY, 1995). Por buscar o valor ótimo, que para o presente estudo é o lucro máximo, a Superfície de Resposta passa a ser a técnica mais indicada, e por isso foi eleita e aplicada na planilha PPFR.

4 RESULTADOS

O programa PPM, utilizando-se do suplemento SOLVER do excel, mostrou-se eficaz para a otimização e modelagem dos dados dos experimentos I e II. A utilização do modelo de Richards, permitiu a posterior acomodação da superfície de resposta para as diferentes características avaliadas, ou seja, com ponto de inflexão definido em 35 dias, possibilitou analisar com precisão as fases de aceleração e de desaceleração das variáveis estudadas.

De acordo com o modelo de Richards, o parâmetro “d” representa o indicador da posição do ponto de inflexão em dias (ápice da velocidade de crescimento), e essa referência foi determinada para cada nível energético e sexo. Esse parâmetro é importante para determinar o ponto máximo de eficiência produtiva das aves, ou seja, até quando a ave utiliza mais recursos energéticos para crescimento do que para manutenção básica da vida. Após o esse ponto de inflexão, as aves ainda são capazes de crescerem, porém, a energia dispendida para manutenção da vida passa a ser maior que a energia disponibilizada para o crescimento. As figuras 1 a 6 ilustram cada ponto de inflexão, de acordo com o sexo e o nível energético de cada dieta experimental (Tabela 3).

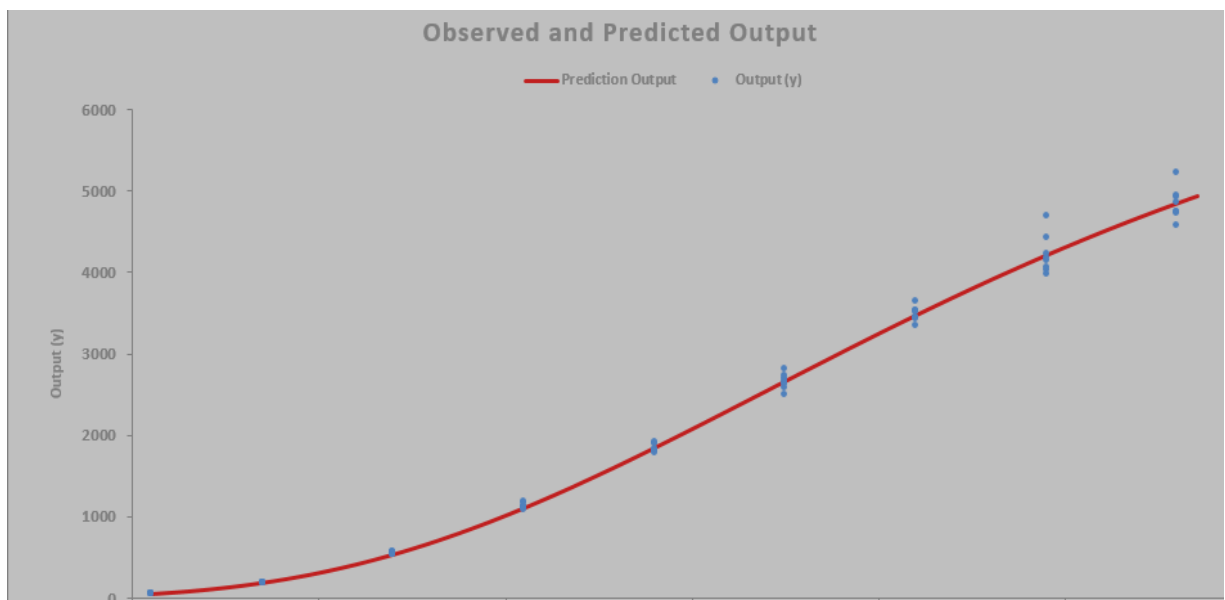
Figura 1 – Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para machos alimentados com dietas de 3050kcal/kg



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 2 – Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para machos alimentados com dietas de 3150kcal/kg

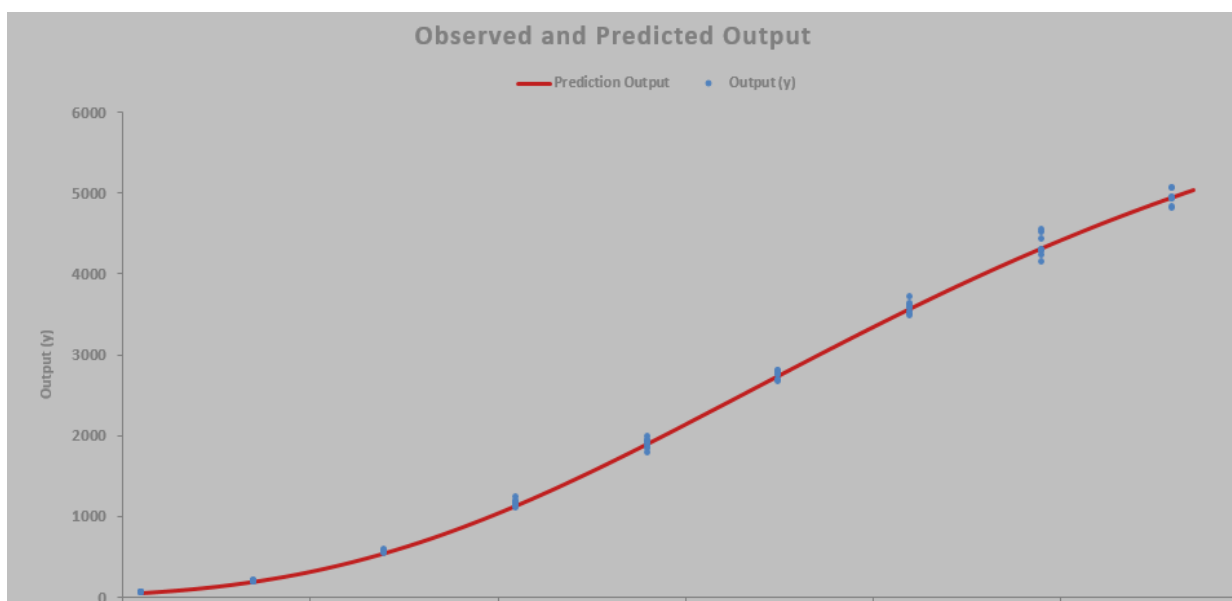
<i>Regression</i>				
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	SSE
7165,4483	0,93078	0,04321	33,9572	804926,6050
	< >	< >		
6991,081573	0,903419338	-9,125172513	-4819,245413	Lower 95% Confidence Levels
7339,814941	0,958135458	9,211599888	4887,15981	Upper 95% Confidence Levels
88,96259373	0,013958194	4,677748061	2476,123781	Standard Errors
80,54450704	66,68322597	0,009238139	0,013713853	t-Statistics
P<0,00001	P<0,00001	0,992656186	0,989098428	p-values
99,608%				Goodness of Fit (R^2)



Fonte: Elaboração do próprio autor

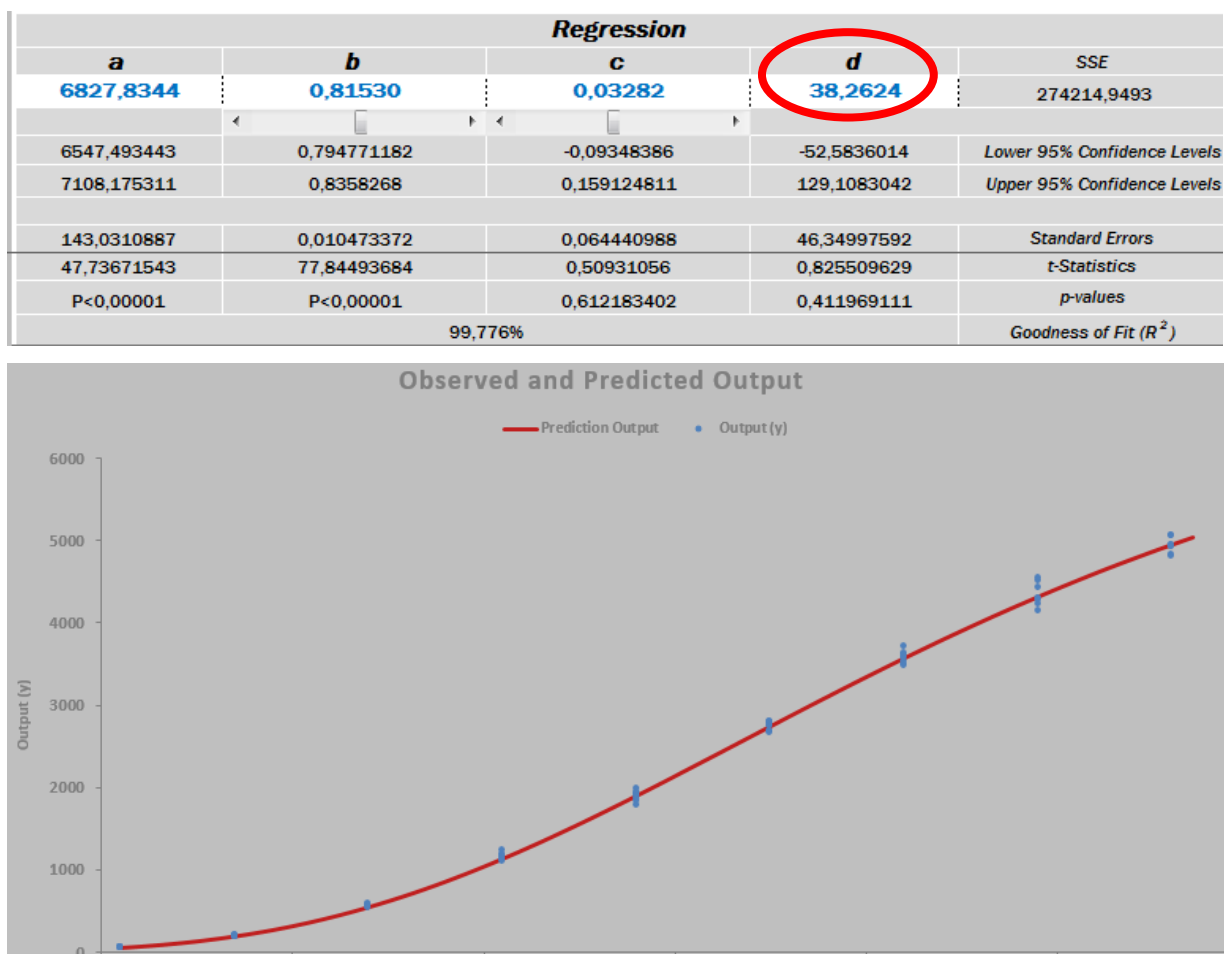
Figura 3 – Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para machos alimentados com dietas de 3250kcal/kg

<i>Regression</i>				
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	SSE
7078,9385	0,96175	0,04573	33,4339	320665,1505
	< █ >	< █ >		
6986,285244	0,944597187	-1184,380535	-588794,4119	Lower 95% Confidence Levels
7171,591842	0,97890582	1184,472001	588861,2797	Upper 95% Confidence Levels
47,27209132	0,008752202	604,2991163	300422,3703	Standard Errors
149,7487914	109,886802	7,56789E-05	0,00011129	t-Statistics
P<0,00001	P<0,00001	0,999939839	0,99991153	p-values
99,850%				Goodness of Fit (R^2)



Fonte: Elaboração do próprio autor

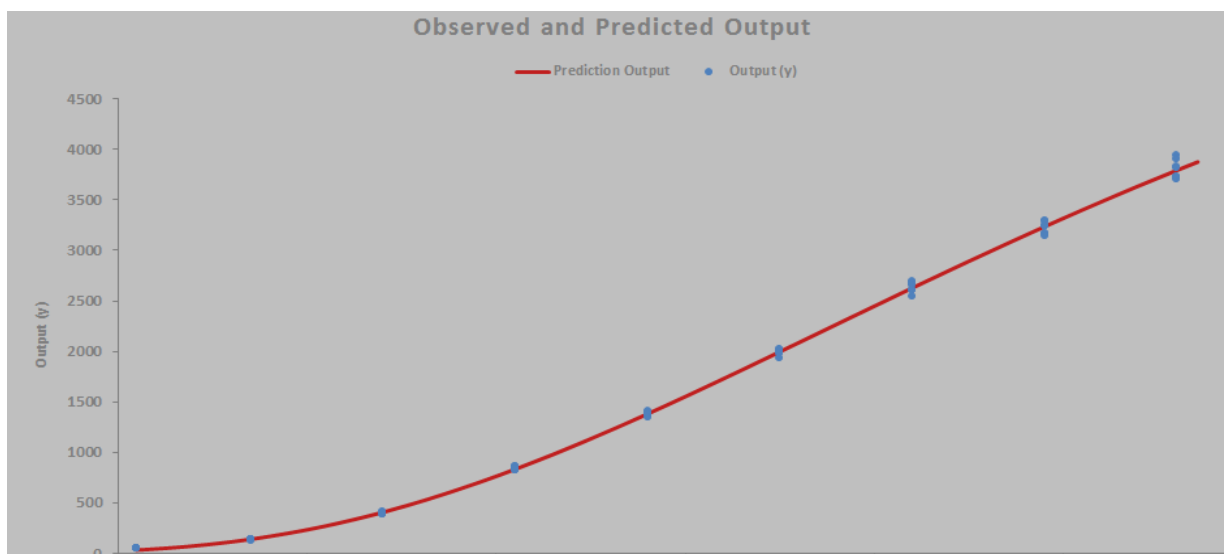
Figura 4 – Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para fêmeas alimentadas com dietas de 3050kcal/kg



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 5 – Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para fêmeas alimentadas com dietas de 3150kcal/kg

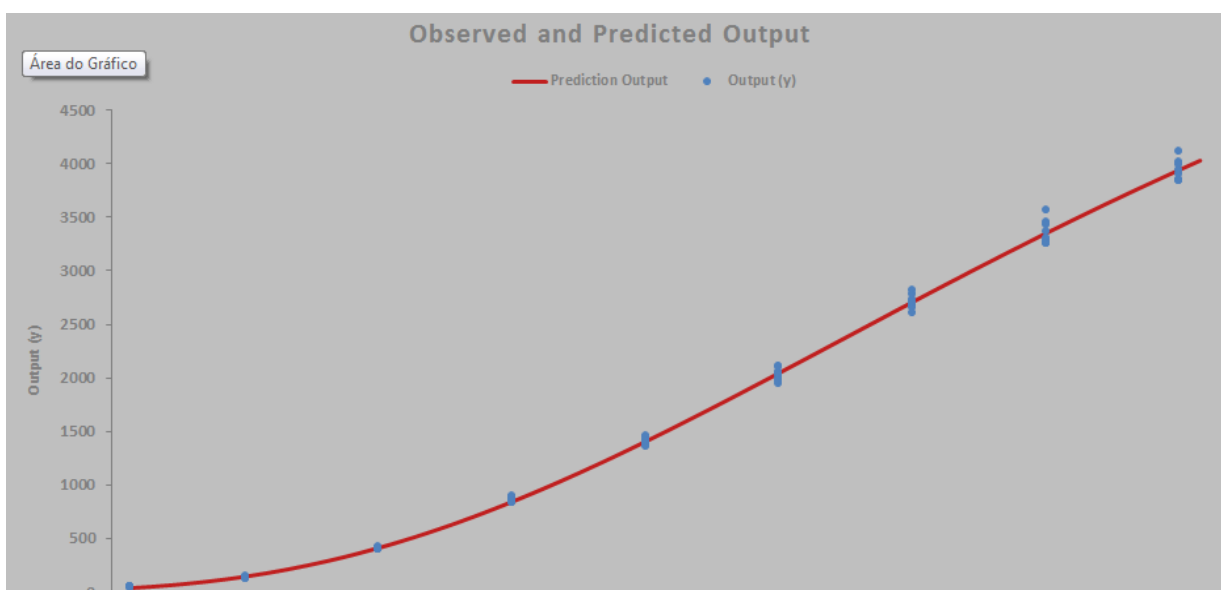
<i>Regression</i>				
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	SSE
6697,8594	0,80775	0,03314	37,3092	111245,1386
6516,732526	0,794388785	-0,028820916	-10,06033758	Lower 95% Confidence Levels
6878,986214	0,821105208	0,095098077	84,67877814	Upper 95% Confidence Levels
92,41165488	0,006815414	0,031611988	24,16814177	Standard Errors
72,47851344	118,517672	1,048291559	1,543735577	t-Statistics
P<0,00001	P<0,00001	0,298215985	0,12729375	p-values
99,909%				Goodness of Fit (R^2)



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 6 – Ponto de Inflexão a partir do coeficiente “d” definido pela planilha PPM segundo o modelo de Richards para fêmeas alimentadas com dietas de 3250kcal/kg

Regression				
a	b	c	d	SSE
7009,6041	0,83457	0,03373	38,2079	230087,3348
6786,052293	0,81682402	-0,134025346	-73,04676727	Lower 95% Confidence Levels
7233,155858	0,852311069	0,20149276	149,4624777	Upper 95% Confidence Levels
114,0570317	0,009052819	0,085591354	56,76256249	Standard Errors
61,45700945	92,18869582	0,394125174	0,673117166	t-Statistics
P<0,00001	P<0,00001	0,694721908	0,503154037	p-values
99,826%				Goodness of Fit (R^2)



Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 3. Resumo das idades de inflexão da curva de acordo com o sexo e o nível energético da ração determinados a partir do coeficiente “d” definido no modelo de Richards com seus respectivos pesos.

	3050 kcal/kg	3150 kcal/kg	3250 kcal/kg
Machos	33,6 dias / 2,449 kg	34,0 dias / 2,542 kg	33,4 dias / 2,554 kg
Fêmeas	38,3 dias / 2,260 kg	37,3 dias / 2,206 kg	38,2 dias / 2,349 kg

Fonte: Elaboração do próprio autor

Foi observado que os pontos de inflexão variam entre 33,4 dias e 38,3 dias, sendo os machos mais precoces (± 4 dias) em relação às fêmeas, e todos os coeficientes de determinação foram superiores a 99,55%, o que demonstra uma excelente qualidade dos ajustes (Figuras 1 a 6 e Tabela 3).

Os abates para análise do rendimento, a determinação do peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar dos experimentos foram feitos ao final de cada semana de criação, coincidindo 35 dias com o fechamento da quinta semana, por essa razão decidiu-se definir o ponto de inflexão aos 35 dias, a fim de descrever o modelo terciário.

Conforme as análises realizadas, observou-se que para as avaliações de peso vivo e do rendimento de carcaça seriam indispensáveis duas superfícies de resposta, por apresentarem nitidamente um momento côncavo e outro convexo. Entretanto, para as demais características não foi caracterizada essa transição, sendo assim utilizada somente uma superfície para representar a resposta.

As tabelas 4 a 7 mostram os resultados obtidos dessas análises:

Tabela 4 – Resultado da Análise de variância para Peso Vivo, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura para frangos de corte machos.

Fontes de variação	Peso (kg)					
Pr > F	Corporal	Carcaça	Peito	Pernas	Asas	Gordura
Energia	<,0001	<,0001	0,3722	<,0001	<,0001	0,0835
Idade	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Energia*Idade	<,0001	<,0001	0,0177	<,0001	<,0001	0,8039
R ²	0,993561	0,993361	0,967396	0,965067	0,974176	0,675565
CV (%)	6,009979	6,279936	6,616593	7,298966	5,818024	32,40048

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 5 – Resultado da Análise de variância para Peso Vivo, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura para frangos de corte fêmeas.

Fontes de variação	Peso (kg)					
Pr > F	Corporal	Carcaça	Peito	Pernas	Asas	Gordura
Energia	0,3871	0,1513	0,0022	0,8963	0,9652	0,7638
Idade	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Energia*Idade	0,2546	0,0916	0,0335	0,9503	0,9809	0,9181
R ²	0,9945	0,9941	0,9877	0,9496	0,9665	0,8293
CV (%)	5,5259	6,0058	6,1309	8,0844	6,4085	23,5627

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 6 – Peso Vivo, Peso de Carcaça, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura em função da idade (Id, dias) e do nível energético da ração (NE, kcal/kg) para frangos de corte fêmeas.

Fatores		Peso (kg)					
		Peso Vivo	Carcaça	Peito	Pernas	Asas	Gordura
Id	NE						
1	3050	0,0430 ^a					
	3150	0,0440 ^a					
	3250	0,0440 ^a					
7	3050	0,1318 ^a	0,0776 ^a				
	3150	0,1332 ^a	0,0768 ^a				
	3250	0,1320 ^a	0,0768 ^a				
14	3050	0,3850 ^a	0,2467 ^a				
	3150	0,3775 ^a	0,2371 ^a				
	3250	0,3738 ^a	0,2393 ^a				
21	3050	0,8344 ^a	0,5568 ^a				
	3150	0,8519 ^a	0,5748 ^a				
	3250	0,8263 ^a	0,5634 ^a				
28	3050	1,3831 ^a	0,9697 ^a	0,3918 ^a	0,2609 ^a	0,1070 ^a	0,0141 ^a
	3150	1,3406 ^a	0,9309 ^a	0,3641 ^{ab}	0,2566 ^a	0,1076 ^a	0,0156 ^a
	3250	1,3581 ^a	0,9592 ^a	0,3784 ^b	0,2576 ^a	0,1079 ^a	0,0173 ^a
35	3050	1,9681 ^a	1,4278 ^a	0,6579 ^a	0,3877 ^a	0,1487 ^a	0,0271 ^a
	3150	1,9344 ^a	1,3864 ^a	0,6186 ^b	0,3875 ^a	0,1493 ^a	0,0319 ^a
	3250	1,9913 ^a	1,4547 ^a	0,6344 ^{ab}	0,4019 ^a	0,1544 ^a	0,0296 ^a
42	3050	2,5450 ^a	1,8706 ^a	0,8486 ^a	0,5039 ^a	0,1904 ^a	0,0430 ^a
	3150	2,5956 ^a	1,8938 ^a	0,8503 ^a	0,5279 ^a	0,1899 ^a	0,0408 ^a
	3250	2,5531 ^a	1,8846 ^a	0,8431 ^a	0,5071 ^a	0,1898 ^a	0,0464 ^a
49	3050	3,1513 ^a	2,4229 ^a	1,1073 ^a	0,6059 ^a	0,2440 ^a	0,0604 ^a
	3150	3,1706 ^a	2,4176 ^a	1,0888 ^a	0,6109 ^a	0,2450 ^a	0,0550 ^a
	3250	3,1594 ^a	2,4343 ^a	1,1040 ^a	0,6181 ^a	0,2434 ^a	0,0563 ^a
56	3050	3,8438 ^a	2,9329 ^a	1,8932 ^a	0,7334 ^a	0,2859 ^a	0,0788 ^a
	3150	3,6756 ^a	2,7718 ^a	1,7461 ^b	0,7276 ^a	0,2810 ^a	0,0765 ^a
	3250	3,6813 ^a	2,7864 ^a	1,7841 ^b	0,7253 ^a	0,2805 ^a	0,0789 ^a

Fonte: Elaboração do próprio autor

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Duncan (5%).

Tabela 7 – Peso Vivo, Peso de Carcaça, Peso do Peito, Peso das Pernas, Peso das Asas e Peso da Gordura em função da idade (Id, dias) e do nível energético da ração (NE, kcal/kg) para frangos de corte machos.

Fatores		Peso (kg)					
		Peso Vivo	Carcaça	Peito	Pernas	Asas	Gordura
Id	NE						
1	3050	0,0500 ^a					
	3150	0,0500 ^a					
	3250	0,0500 ^a					
7	3050	0,1834 ^a	0,1085 ^a				
	3150	0,1883 ^a	0,1124 ^a				
	3250	0,1893 ^a	0,1138 ^a				
14	3050	0,5044 ^a	0,3476 ^a				
	3150	0,4686 ^a	0,3139 ^a				
	3250	0,5286 ^a	0,3603 ^a				
21	3050	1,1035 ^a	0,7899 ^a				
	3150	1,1013 ^a	0,8071 ^a				
	3250	1,1099 ^a	0,8013 ^a				
28	3050	1,7684 ^b	1,2694 ^b	0,5731 ^a	0,3701 ^b	0,1353 ^b	0,0128 ^a
	3150	1,8568 ^a	1,3409 ^a	0,5944 ^a	0,3963 ^a	0,1408 ^{ab}	0,0151 ^a
	3250	1,8711 ^a	1,3563 ^a	0,5799 ^a	0,3858 ^{ab}	0,1446 ^a	0,0161 ^a
35	3050	2,5018 ^b	1,9068 ^b	0,8219 ^a	0,5141 ^b	0,1919 ^b	0,0210 ^a
	3150	2,6828 ^a	2,0440 ^a	0,8510 ^a	0,5821 ^a	0,2189 ^a	0,0201 ^a
	3250	2,6780 ^a	2,0326 ^a	0,8135 ^a	0,5723 ^a	0,2106 ^a	0,0269 ^a
42	3050	3,4306 ^a	2,5901 ^a	1,1770 ^a	0,7158 ^a	0,2635 ^a	0,0294 ^a
	3150	3,5044 ^a	2,6259 ^a	1,1728 ^a	0,7603 ^a	0,2729 ^a	0,0341 ^a
	3250	3,5150 ^a	2,6401 ^a	1,1414 ^a	0,7581 ^a	0,2721 ^a	0,0411 ^a
49	3050	4,1788 ^a	3,1918 ^a	1,3658 ^a	0,8972 ^a	0,3179 ^a	0,0454 ^a
	3150	4,0881 ^a	3,1426 ^a	1,2950 ^a	0,8643 ^a	0,3194 ^a	0,0488 ^a
	3250	4,2219 ^a	3,2015 ^a	1,3191 ^a	0,9018 ^a	0,3319 ^a	0,0514 ^a
56	3050	4,7169 ^b	3,5769 ^b	1,5653 ^b	1,0346 ^b	0,3586 ^c	0,0513 ^a
	3150	5,1681 ^a	3,9581 ^a	1,7003 ^a	1,1839 ^a	0,3941 ^b	0,0589 ^a
	3250	5,2206 ^a	3,9919 ^a	1,6734 ^a	1,2231 ^a	0,4269 ^a	0,0526 ^a

Fonte: Elaboração do próprio autor

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de cada fator, diferem entre si pelo teste Duncan (5%).

Nas tabelas 8 a 17 estão descritos os parâmetros das equações de superfícies de respostas de cada um dos outputs (peso vivo, consumo de ração, gordura abdominal, carcaça, peito, coxa+sobrecoxa e asa), para os experimentos de machos e fêmeas.

Tabela 8. Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso vivo das aves do experimento I (machos).

Parâmetro	1 a 35 dias		36 a 56 dias	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	4,630183	0,6271	-10,612601	0,7305
Dia	-0,046059	0,0025	0,152689	0,0489
Energia	-0,002841	0,6388	0,004485	0,8179
Dia*Dia	0,00171	<,0001	-0,001176	0,0001
Energia*Dia	0,000019859	<,0001	0,000018417	0,4195
Energia*Energia	0,000000436	0,6502	-0,000000685	0,8244
R ²	0,9968		0,9724	
CV	5,0780		3,7476	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 9. Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso vivo das aves do experimento II (fêmeas).

Parâmetro	1 a 35 dias		36 a 56 dias	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	-1,360244	0,8149	35,465104	0,0457
Dia	-0,024253	0,0087	0,062937	0,1523
Energia	0,000909	0,8054	-0,02343	0,0371
Dia*Dia	0,001329	<,0001	-0,000419	0,0150
Energia*Dia	0,000011063	0,0002	0,000020053	0,1249
Energia*Energia	-0,00000015	0,7978	0,000003669	0,0394
R ²	0,9979		0,9873	
CV	4,1441		2,7589	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 10. Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso de carcaça do experimento I (machos).

Parâmetro	1 a 35 dias		36 a 56 dias	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	-14,200038	0,2543	-45,324113	0,1994
Dia	-0,061331	0,0092	-0,117212	0,1828
Energia	0,009231	0,2432	0,030321	0,1749
Dia*Dia	0,001386	<,0001	0,000201	0,5535
Energia*Dia	0,000022527	0,0025	0,00005908	0,0250
Energia*Energia	-0,000001502	0,2316	-0,00000512	0,1486
R ²	0,9916		0,9502	
CV	7,0585		5,5811	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 11. Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” peso de carcaça do experimento II (fêmeas).

Parâmetro	1 a 35 dias		36 a 56 dias	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	16,028128	0,0421	27,591974	0,2445
Dia	-0,004512	0,7572	0,210935	0,0005
Energia	-0,01014	0,0428	-0,020076	0,1811
Dia*Dia	0,000985	<,0001	-0,000278	0,2239
Energia*Dia	0,000003737	0,4164	-0,000037321	0,0384
Energia*Energia	0,000001599	0,0441	0,000003437	0,1489
R ²	0,9935		0,9623	
CV	6,2234		5,0952	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 12. Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” consumo do experimento I (machos).

7 a 56 dias		
Parâmetro	Estimativa	p-valor
Intercepto	4,934831	0,8297
Dia	0,028993	0,2728
Energia	-0,003206	0,8258
Dia*Dia	0,001942	<,0001
Energia*Dia	0,000007389	0,3750
Energia*Energia	0,000000477	0,8364
R ²	0,9973	
CV	4,1331	
Pr > F	<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 13. Parâmetros da equação de superfície de respostas do “output” consumo do experimento II (fêmeas).

7 a 56 dias		
Parâmetro	Estimativa	p-valor
Intercepto	-38,521317	0,0742
Dia	0,116680	<,0001
Energia	0,024141	0,0780
Dia*Dia	0,001700	<0,001
Energia*Dia	-0,000025163	0,0014
Energia*Energia	-0,000003813	0,0794
R ²	0,9965	
CV	4,7577	
Pr > F	<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 14. Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” gordura e asa do experimento I (machos).

28 a 56 dias				
	Gordura		Asa	
Parâmetro	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	-0,768879	0,7236	-3,236994	0,3272
Dia	0,002751	0,5081	-0,016245	0,0110
Energia	0,000426	0,7573	0,002206	0,2924
Dia*Dia	-0,000004495	0,7206	-0,000003523	0,8533
Energia*Dia	-0,000000277	0,8281	0,000008071	<,0001
Energia*Energia	-6,125E-8	0,7793	-0,000000385	0,2467
R ²	0,6529		0,9660	
CV	32,1648		6,4046	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 15. Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” gordura e asa do experimento II (fêmeas).

28 a 56 dias				
	Gordura		Asa	
Parâmetro	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	1,081015	0,5869	0,332304	0,8901
Dia	0,003304	0,3851	0,010018	0,0308
Energia	-0,000737	0,5587	-0,000306	0,8410
Dia*Dia	0,000020044	0,0831	0,000006560	0,6370
Energia*Dia	-0,000000893	0,4443	-0,000001348	0,3397
Energia*Energia	0,000000124	0,5361	5.75E-8	0,8120
R ²	0,8226		0,9638	
CV	22,8978		6,3812	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 16. Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” peito e coxa+sobrecoxa do experimento I (machos).

28 a 56 dias				
	Peito		Coxa+Sobrecoxa	
Parâmetro	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	-18,536597	0,2506	-18,222836	0,1259
Dia	0,003510	0,9091	-0,055083	0,0162
Energia	0,011913	0,2441	0,012110	0,1087
Dia*Dia	-0,000037081	0,6901	0,000188	0,0069
Energia*Dia	0,000011781	0,2132	0,000020897	0,0032
Energia*Energia	-0,000001966	0,2257	-0,000002013	0,0930
R ²	0,9544		0,9516	
CV	7,5096		8,2470	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

Tabela 17. Parâmetros da equação de superfície de respostas dos “output” peito e coxa+sobrecoxa do experimento II (fêmeas).

28 a 56 dias				
	Peito		Coxa+Sobrecoxa	
Parâmetro	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
Intercepto	30,603873	0,1010	-2,422206	0,7522
Dia	-0,029079	0,4126	0,026245	0,0753
Energia	-0,019014	0,1079	0,001273	0,7935
Dia*Dia	0,001370	<,0001	-0,000081086	0,0694
Energia*Dia	-0,000012228	0,2622	-0,000000911	0,8395
Energia*Energia	-0,000003075	0,1012	-0,000000193	0,8023
R ²	0,9638		0,9473	
CV	10,0707		7,9305	
Pr > F	<0,0001		<0,0001	

Fonte: Elaboração do próprio autor

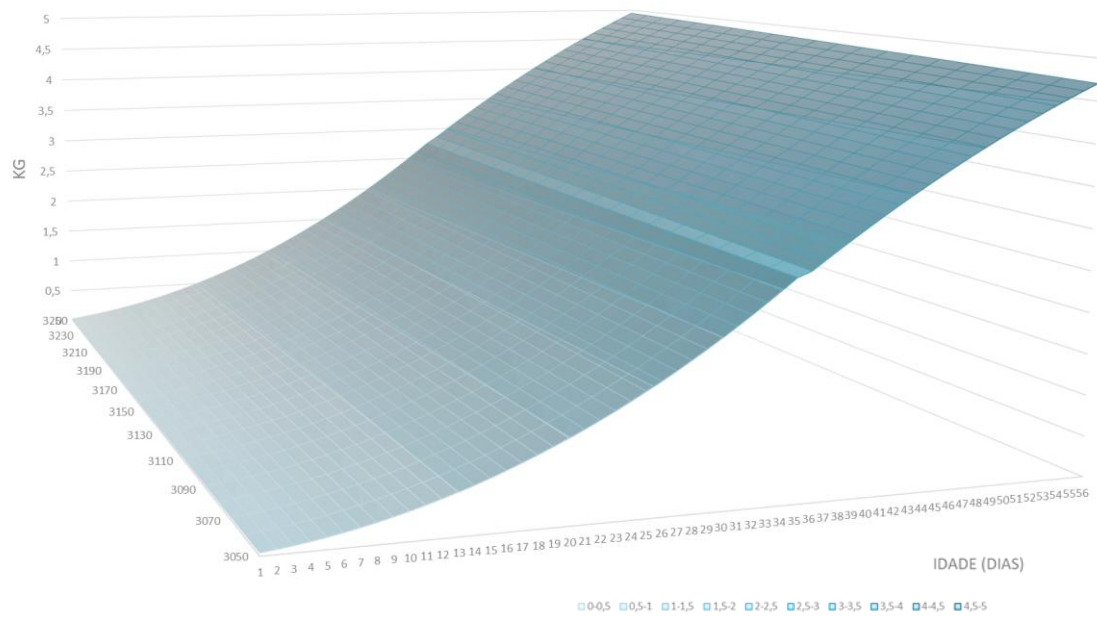
Conforme os dados apresentados, observou-se que para quase todas as variáveis analisadas, os valores de R^2 foram superiores a 0,94, com exceção da variável gordura, que teve um R^2 de 0,6529 para machos e de 0,8226 para as fêmeas. Outro fator que vale ressaltar são os dados de coeficientes de variação (CV), que, com exceção desse referido parâmetro, foram sempre iguais ou inferiores a 10, realçando a qualidade do presente experimento. Esses dados de R^2 nos mostram os quão assertivos e eficientes foram os ajustes das superfícies de resposta, justificando os dados em mais de 94% das vezes nos diferentes parâmetros, e os valores de CV, mais uma vez, demonstraram alta qualidade dos dados, com pouca variação entre eles.

Ao se aplicar os parâmetros apresentados nas tabelas 8 a 17, com a idade (variando de 1 a 56 dias) e com a energia em Mcal/kg desejável na ração (variando de 3050 e 3250), pode-se gerar a superfície de resposta para quaisquer das variáveis estudadas, e com excelentes ajustes do modelo ($p < 0,0001$). Esses valores de $p < 0,0001$ mostram que os ajustes do modelo para as variáveis estudadas foram altamente significativos, portanto, muito confiáveis.

Isso demonstra a precisão com que os modelos se ajustaram aos dados, indicando alto grau de concordância entre os valores observados e preditos, sugerindo assim que a previsão feita pelos modelos é confiável.

De acordo com Pimentel-Gomes (2002), a superfície de resposta é a representação geométrica de uma equação de regressão com duas ou mais variáveis, nesse caso idade, energia e suas interações. As figuras 7 a 10 são exemplos dos resultados que podemos obter com a ferramenta, ao aplicar a técnica de otimização, visando atingir a região ótima para cada novo cenário (BARROS-NETO et al., 2010).

Figura 7 – Superfície de Resposta que estima o peso vivo de frangos (machos) em função da energia metabolizável da ração e da idade (dias).



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 8 – Tela do modelo gerado a partir do experimento I (machos) com previsões das variáveis para 28 e 45 dias, com simulação de novas densidades energéticas de 3100 kcal/kg de ração e 3200 kcal/kg de ração.

Dia: 28		3100 kcal/kg	
< >	< >	kg	gramas
Peso vivo =	1,808		1.807,79
Consumo =	2,556		2.555,90
Conversão (kg/kg) =	1,414		
Gordura abdominal =	0,013		12,57
Peso Carça =	1,307		1.306,54
Peito =	0,592		592,24
Coxa+sobrecoxa =	0,392		392,16
Asas =	0,145		144,70

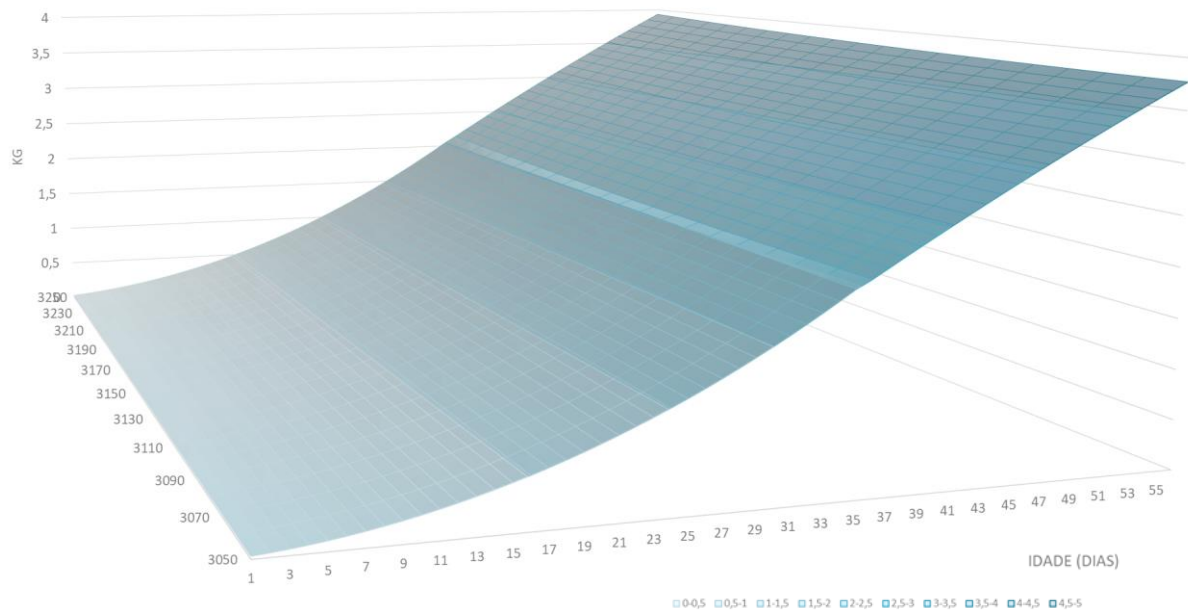
Dia: 45		3100 kcal/kg	
< >	< >	kg	gramas
Peso vivo =	3,767		3.766,83
Consumo =	5,848		5.848,20
Conversão (kg/kg) =	1,553		
Gordura abdominal =	0,039		39,16
Peso Carça =	2,842		2.841,93
Peito =	1,227		1.226,75
Coxa+sobrecoxa =	0,790		790,33
Asas =	0,290		289,50

Dia: 28		3200 kcal/kg	
< >	< >	kg	gramas
Peso vivo =	1,854		1.853,98
Consumo =	2,556		2.556,50
Conversão (kg/kg) =	1,379		
Gordura abdominal =	0,016		15,81
Peso Carça =	1,346		1.346,46
Peito =	0,578		577,95
Coxa+sobrecoxa =	0,393		393,48
Asas =	0,145		145,35

Dia: 45		3200 kcal/kg	
< >	< >	kg	gramas
Peso vivo =	3,867		3.866,65
Consumo =	5,861		5.861,36
Conversão (kg/kg) =	1,516		
Gordura abdominal =	0,042		41,93
Peso Carça =	2,914		2.914,29
Peito =	1,232		1.232,49
Coxa+sobrecoxa =	0,827		827,18
Asas =	0,304		303,87

Fonte: Elaboração do próprio autor (<http://hdl.handle.net/11449/204719>)

Figura 9 – Superfície de Resposta que estima o peso vivo de frangos (fêmeas) em função da energia metabolizável da ração e da idade (dias).



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 10 – Tela do modelo gerado a partir do experimento II (fêmeas) com predições das variáveis para 28 e 45 dias, com simulação de novas densidades energéticas de 3100 kcal/kg de ração e 3200 kcal/kg de ração.

Dia: 28		3100 kcal/kg	
<	>	<	>
kg	gramas		
Peso vivo =	1,354	1.354,28	
Consumo =	2,089	2.088,54	
Conversão (kg/kg) =	1,542		
Gordura abdominal =	0,019	18,67	
Peso Carcaça =	0,931	930,79	
Peito =	0,410	409,70	
Coxa+sobrecoxa =	0,262	261,58	
Asas =	0,105	104,92	

Dia: 45		3100 kcal/kg	
<	>	<	>
kg	gramas		
Peso vivo =	2,872	2.872,28	
Consumo =	4,856	4.855,71	
Conversão (kg/kg) =	1,691		
Gordura abdominal =	0,053	52,65	
Peso Carcaça =	2,109	2.108,79	
Peito =	0,971	971,11	
Coxa+sobrecoxa =	0,559	559,11	
Asas =	0,212	212,33	

Dia: 28		3200 kcal/kg	
<	>	<	>
kg	gramas		
Peso vivo =	1,382	1.381,65	
Consumo =	2,030	2.030,00	
Conversão (kg/kg) =	1,469		
Gordura abdominal =	0,021	20,59	
Peso Carcaça =	0,935	934,63	
Peito =	0,411	411,31	
Coxa+sobrecoxa =	0,265	264,74	
Asas =	0,107	106,77	

Dia: 45		3200 kcal/kg	
<	>	<	>
kg	gramas		
Peso vivo =	2,931	2.930,99	
Consumo =	4,754	4.754,39	
Conversão (kg/kg) =	1,622		
Gordura abdominal =	0,053	53,05	
Peso Carcaça =	2,099	2.098,56	
Peito =	0,952	951,94	
Coxa+sobrecoxa =	0,561	560,72	
Asas =	0,212	211,89	

Fonte: Elaboração do próprio autor (<http://hdl.handle.net/11449/204720>)

Dessa forma, de acordo com os dados anteriores, a metodologia da superfície de resposta é capaz de captar as pequenas diferenças de pesos em distintas variáveis, permitindo prever com segurança o peso vivo e o peso das partes. Com essas informações nas mãos, e com os preços atualizados dos ingredientes e das partes que serão vendidas, é possível definir a estratégia nutricional ideal para cada empresa em particulares períodos, possibilitando assim uma maximização dos lucros em diferentes cenários.

5 DISCUSSÃO

Diversos estudos com modelagem visam determinar níveis nutricionais que otimizam desempenho produtivo (MEHRI et al., 2012; FARIDI et al., 2013), focando em maior ganho de peso e melhor conversão alimentar. Esse tipo de otimização leva ao máximo desempenho zootécnico das aves, porém nem sempre esse máximo desempenho zootécnico está atrelado ao máximo desempenho econômico. Do ponto de vista econômico, podemos focar em otimizar os custos ou a lucratividade. Como observado por Rostagno et al. (2017), o nível de energia para cada tipo de ração das aves deve variar de acordo com os preços dos ingredientes das rações e dos produtos avícolas. Podemos concluir que não existe então um nível nutricional ótimo para cada fase, mas sim para cada situação (Figuras 8 e 10). Deve-se então ser observando essas duas variáveis, custo dos ingredientes e preço de venda dos produtos avícolas, buscando assim máxima lucratividade. Enfatiza-se que foi exatamente esse o objetivo do presente estudo, ou seja, maximizar os ganhos financeiros.

5.1 Peso corporal

Constata-se que houve interação significativa ($P < 0,05$) entre energia metabolizável e idade em dias. Os dados nos apontam que nesse primeiro momento (1 a 35 dias) a ave está em seu crescimento exponencial, sendo mais afetado pelo nível energético da ração. Após os 36 dias de idade, as aves já não passam a ter esse efeito significativo na interação energia metabolizável e idade, sendo significativo apenas o termo quadrático para a idade, mostrando que o ganho de peso corporal não é linear, caminhando para um platô, ou seja, para um ponto de saturação.

5.2 Peso de carcaça

O coeficiente do termo quadrático do modelo para fêmeas foi significativo ($P < 0,05$) para idade em dias e energia, no período de 1 a 35 dias ($R^2 = 0,9935$). Para os machos houve interação significativa ($P < 0,05$) entre energia metabolizável e idade nesse mesmo período ($R^2 = 0,9916$). Já no período subsequente, de 36 a 56 dias, houve interação significativa ($P < 0,05$) entre energia metabolizável e idade tanto para machos quanto para fêmeas ($R^2 = 0,9502$ e $R^2 = 0,9623$ respectivamente). Esses dados podem ser explicados pelo alto ganho de peso de vísceras inicial, devido ao

desenvolvimento das aves, com maior deposição de musculatura após os 21 dias. É muito bem evidenciada pela literatura a ocorrência de diferentes graus de maturidades (assíntota) das partes em função da idade. Vísceras, asas, cabeça, pés são precoces. Entretanto, o peito e gordura apresentam suas assíntotas mais tardias (ZUIDHOF, 2005).

5.3 Consumo de alimento

Na análise do consumo de alimentos constatou-se diferença entre as análises de machos e fêmeas; para os machos, o coeficiente do termo quadrático foi significativo ($P < 0,05$) para idade em dia ($R^2 = 0,9973$), porém sem interação significativa entre energia metabolizável e idade, enquanto para as fêmeas, ocorreu interação significativa ($P < 0,05$) entre energia metabolizável e idade ($R^2 = 0,9965$). Deve-se aqui enfatizar que nesse estudo as aves foram alimentadas com ração farelada. Como as fêmeas possuem menor voracidade que os machos, limitando assim seu consumo quando alimentadas com ração farelada, explica-se o fato de a interação entre níveis de energia metabolizável e idade ocorrer nas fêmeas e não nos machos, que conseguem ingerir o volume de ração necessário independentemente do nível energético do alimento, o que em parte pode justificar seu atraso em 4 dias para atingir o ponto de inflexão.

5.4 Gordura abdominal

Não houve nenhum tipo de significância nos parâmetros analisados, com grandes coeficientes de variação. Também não foi encontrada diferenças estatísticas pelo teste de Duncan. Mesmo em aves de genética apurada, a gordura mostrou-se como a maior variável, o que é de se esperar, pois como uma reserva energética do organismo, é a última ser depositada. Outro ponto que explica essa variável se dá no fato de, no presente estudo, termos analisado apenas gordura visceral (presente no vazio e ao redor da moela), porém como apontado por Barbut (2002) sabe-se que o depósito de gordura subcutâneo também é extenso, podendo o percentual de gordura total de uma carcaça ser reduzido de 11% a apenas 1,6% quando retiramos a pele, e isso pode ter influenciado os resultados.

5.5 Asa

Nesse parâmetro também tivemos diferenças entre machos e fêmeas. Nas fêmeas obtivemos um efeito significativo de idade ($R^2 = 0,9638$ para fêmeas), já nos machos observou-se uma interação significativa ($P < 0,05$) entre energia metabolizável e idade. Como fato bem conhecido, a espécie *Gallus gallus domesticus* são aves de capoeira, com asas pouco desenvolvidas, sendo mais preparadas para voos curtos. A ponta e o meio da asa são compostos basicamente dos ossos rádio, ulna, carpometacarpial e falanges. Somente a coxinha da asa que possui, além do úmero, maior volume de musculatura, tais como bíceps, tríceps, patágio longo e expansor secundário. Dito isso, no período analisado é de se supor que, o efeito significativo de idade em dias se deu pelo aumento da massa óssea, tanto em machos quanto em fêmeas, porém por ter maior depósito muscular apenas na área da coxinha da asa, observamos uma interação significativa nos machos.

5.6 Coxa + Sobrecoxa e Peito

Para Coxa + sobrecoxa houve interação significativa ($P < 0,05$) entre energia metabolizável e idade para os machos ($R^2 = 0,9516$), mas não para as fêmeas. No peito observa-se que o coeficiente do termo quadrático do modelo para fêmeas foi significativo ($P < 0,05$) para idade ($R^2 = 0,9638$). Contudo, para os machos não foi observada nenhuma significância.

As diferenças entre machos e fêmeas em perna, asa e peito se dá, possivelmente, pela dissimetria da estrutura física entre os sexos, em que machos, por apresentarem ossatura das pernas e asas maiores, conseguem aumentar o rendimento dessas partes ao longo do tempo, a depender da energia, o mesmo não ocorre com as fêmeas pela estrutura óssea menor, fazendo com que aumente o depósito de peito. Além disso, o desenvolvimento segue uma ordem na qual se preconiza primeiramente o crescimento do tecido nervoso, seguido do tecido ósseo, tecido muscular e tecido adiposo. Como observado por Langslow e Lewis (1974) e confirmado nesse experimento, os depósitos de gordura são maiores em fêmeas do que em machos, isso acarreta um menor ganho de massa muscular em decorrência da maior utilização dos nutrientes ingeridos a serem destinados para o crescimento do tecido adiposo.

5.7 Validação do modelo

Como resultado e aplicação prática, esse estudo contribuiu com a disponibilização da planilha PPFR para otimização de ração para frangos de corte com lucro máximo, conforme o objetivo proposto

(<https://sites.google.com/site/ppfrparaexcel2007ousuperior/monogastricos/planilhas>).

Para demonstrar a capacidade do modelo, foram determinados 32 cenários, sendo 2 sexos, 4 períodos (datas), 2 idades de abate e 2 produtos vendáveis (frango vivo ou carcaça congelada) a fim de maximizar o lucro. Para não incorrermos em meras suposições, os cenários utilizaram os preços dos ingredientes, o preço do frango vivo e o preço da carcaça do primeiro dia útil de cada semestre de Janeiro de 2019 a Julho 2020 segundo dados disponibilizados pela empresa JOX Assessoria Agropecuária (<https://www.jox.com.br/>), conforme tabela 18.

Tabela 18. Valores de mercado do Frango Vivo, Carcaça, Milho, Soja e Óleo de Soja (R\$/kg).

	jan/19	jul/19	jan/20	jul/20
Carcaça	4,18	4,30	5,14	4,23
Frango Vivo	2,90	3,30	3,20	3,60
Milho	0,59	0,73	0,75	0,76
Farelo de Soja	1,26	1,25	1,34	1,77
Óleo de Soja	2,81	2,68	3,70	4,13

Fonte: Elaboração do próprio autor

A figura 11 ilustra um dos resultados obtidos no PPFR, para cada uma das análises foi gerada uma tela como a que se segue.

Figura 11 – Tela do PPRF com predição de machos abatidos com 42 dias com venda de carcaça congelada.

 **SAVE**  Cost / 100kg = \$123,83 **Attention:** Update the price of the kg of chicken (body or carcass), and "Click" to Define the "Age" and type of "Lot", before solver!

Identification of feed: Nutritional Requirements of Broilers Males with Low-Standard Performance ; 34-42 Age Days

FORMULATE **SOLVER**

Age (days): 34-42 Age Days

Ingredient	Cost	Min.	Amount	Max.	Nutrient	Minimum	Overplus	Max.	Unit	Provided
	\$/kg	%	%	%		Cost			\$	
Inerte	0,000	0,000	0,000	100,000	Energia Metabolizável	0,000	0,000	10	Mcal/kg	3,0203
Milho, Grão 7,86%PB	0,758	0,000	62,420	100,000	Proteína Bruta, %	0,000	2,456	100	%	19,98
Soja, Farelo 45%PB	1,765	0,000	33,011	100,000	Cálcio Total (Ca)	0,000	0,000	100	%	0,60
Óleo de Soja	4,125	1,000	1,928	100,000	P Disponível (P Disp)	0,000	0,000	100	%	0,28
0	0,000	0,000	0,000	100,000	Relação Ca/P disponível	2,130	2,142	100	-	2,14
Fosfato Bicálcico	1,270	0,000	0,969	100,000	Potássio (K)	0,000	0,244	100	%	0,80
Sal Comum	0,150	0,000	0,473	100,000	Sódio (Na)	0,000	0,015	100	%	0,20
Cl de Colina - 70%	3,300	0,000	0,000	100,000	Cloro (Cl)	0,000	0,192	100	%	0,35
Lisina - HCl	10,000	0,000	0,000	100,000	Ácido Linoléico	0,000	1,458	100	%	2,43
Premix Vitaminas	18,000	0,000	0,333	100,000	Proteína Bruta Dig. Iteal Est., %	0,000	2,049	100	%	17,90
DL-Metionina	10,000	0,000	0,157	100,000	Lisina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,000	100	%	0,96
L-treonina	11,000	0,000	0,000	100,000	Metionina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,040	100	%	0,43
Calcário Calcítico	0,300	0,000	0,627	100,000	Met + Cis Dig. Iteal Est., %	0,000	0,000	100	%	0,71
L-Triptofano	10,000	0,000	0,000	100,000	Treonina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,055	100	%	0,69
Premix Minerais	15,000	0,000	0,081	100,000	Triptofano Dig. Iteal Est., %	0,000	0,053	100	%	0,23
Bicar. sódioNaHCO3	4,000	0,000	0,000	100,000	Arginina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,215	100	%	1,24
0	150,000	0,000	0,000	100,000	Gli + Ser Dig. Iteal Est., %	0,000	0,331	100	%	1,61
0	300,000	0,000	0,000	100,000	Valina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,100	100	%	0,84
0	120,000	0,000	0,000	100,000	Isoleucina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,122	100	%	0,77
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Leucina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,568	100	%	1,60
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Histidina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,137	100	%	0,49
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Fenilalanina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,303	100	%	0,91
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Fen + Tir Dig. Iteal Est., %	0,000	0,505	100	%	1,61
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Alanina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,874	100	%	0,87
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Cisteína Dig. Iteal Est., %	0,000	0,276	100	%	0,28
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Tirosina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,700	100	%	0,70
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Glicina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,685	100	%	0,68
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Serina Dig. Iteal Est., %	0,000	0,923	100	%	0,92
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Prolina Dig. Iteal Est., %	0,000	1,154	100	%	1,15
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Glutamina² Dig. Iteal Est., %	0,000	1,748	100	%	1,75
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Ácido Glutâmico² Dig. Iteal Est., %	0,000	1,700	100	%	1,70
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Asparagina² Dig. Iteal Est., %	0,000	0,755	100	%	0,76
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Ácido Aspártico² Dig. Iteal Est., %	0,000	1,100	100	%	1,10
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Nitrogênio Total Dig. Iteal Est.(PB)6,25	0,000	2,869	100	%	2,87
0	0,000	0,000	0,000	0,000	Nitrogênio Essencial Aves Dig. Iteal Et	0,000	0,264	100	%	1,53
TOTAL			100,0							
ME (kcal/kg)	2850	3020	3300							

Price, \$/kg Body or Carcass: 4,23

\$ Profit / 1000 birds: 3.318,92

Age at the end of each phase: 42

Ingredients

Nutrients

Graphics

Mixing Sheet

Feed Specification

Body weight (g): 3.183,40

Feed intake (g): 5.304,77

Feed conversion: 1,69

Sex: Male

Type of feed: Mash

Broiler weight: Body

Carcass weight (g): 2337,60

Breast (g): 1.061,89

Thigh and drumstick (g): 658,87

Wings (g): 243,70

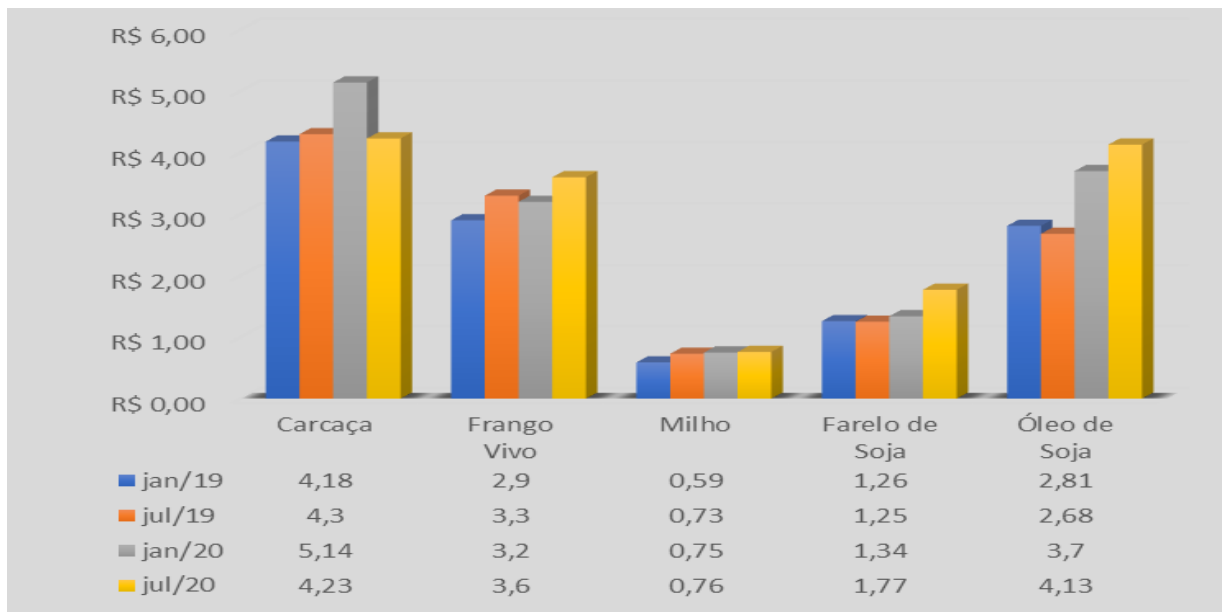
Back (g): 679,99

Fonte: Elaboração do próprio autor

Todas as análises realizadas foram condensadas nas figuras 12 e 14, que trazem de forma gráfica as variações de preço de mercado (R\$/kg).

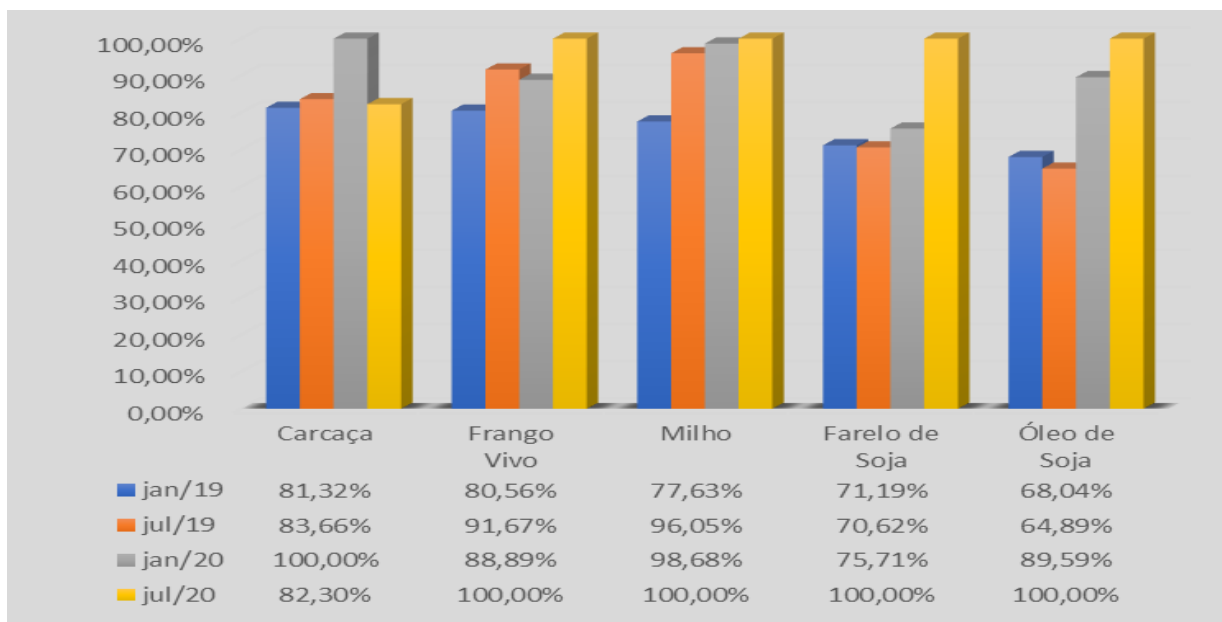
As figuras 13 e 15 trazem as mesmas informações que as figuras 12 e 14, respectivamente, porém demonstrando a variação na forma de percentual, onde o maior preço de cada produto foi fixado como base 100%.

Figura 12 – Representação gráfica dos preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado (R\$/kg).



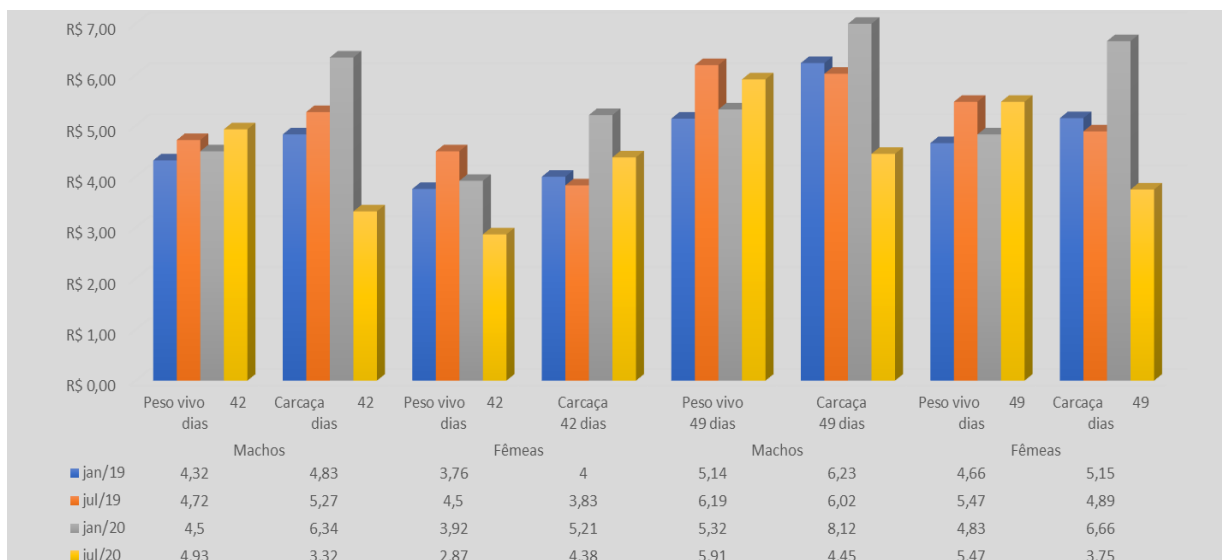
Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 13 – Representação gráfica da variação em percentual dos preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado.



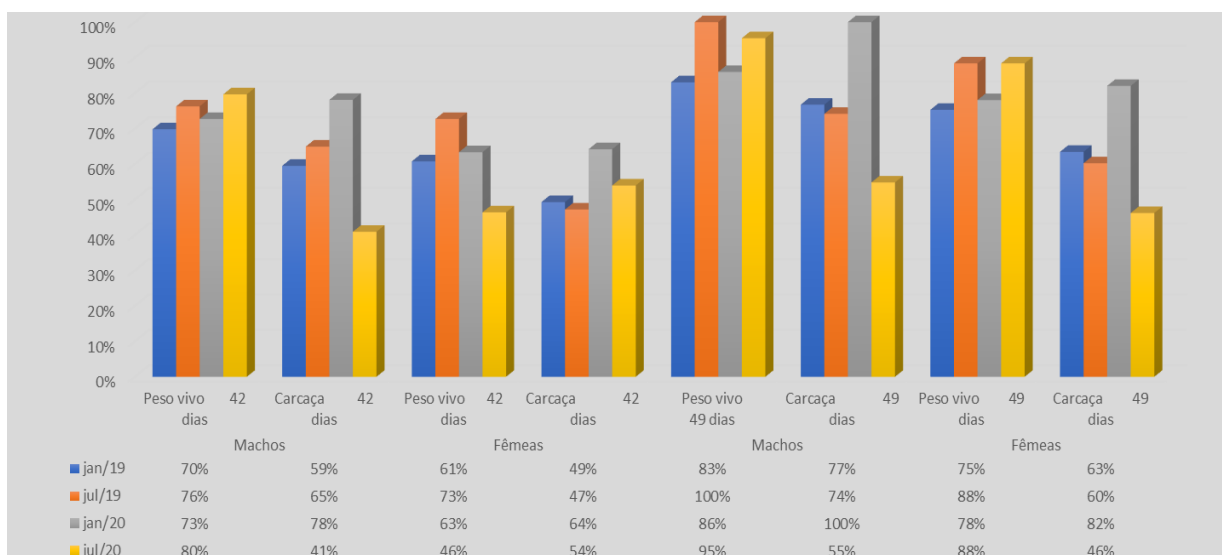
Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 14 – Representação gráfica do lucro máximo obtido por ave vendida segundo preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado (R\$/kg).



Fonte: Elaboração do próprio autor

Figura 15 – Representação gráfica da variação em percentual do lucro máximo obtido por ave vendida segundo preços de mercado aferidos no primeiro dia útil do mês analisado.



Fonte: Elaboração do próprio autor

Como percebeu-se, para a definição do lucro máximo é necessário aferir tanto o preço dos insumos como o valor de venda do produto (frango vivo ou carcaça), que irá variar segundo cada novo cenário. Isso agora se torna viável e prático pela metodologia da superfície de resposta aliado ao programa PPFR.

6 CONCLUSÃO

Como visto, afim de maximizar ganhos financeiros, não devemos trabalhar com níveis nutricionais visando maximizar o desempenho zootécnico. As escolhas dos níveis nutricionais das rações devem variar de acordo com os preços de aquisição dos ingredientes das mesmas bem como os preços de venda dos produtos avícolas, devendo ser reelaborado a cada novo cenário econômico. Tendo isso em foco, os modelos elaborados no estudo usando a técnica de superfície de resposta permitiram prever com segurança os resultados e atender às demandas de otimização e ao novo desafio da moderna avicultura, disponibilizando assim, um modelo terciário de uso prático e que contribuiu para o aprimoramento da planilha PPFR para lucro máximo, sendo compatível para formulação em diferentes cenários e em condições reais com o objetivo de maximizar os ganhos das empresas, quando formulada com base na venda de carcaças, e para produtores, quando formulada com base na venda de frango vivo.

REFERÊNCIAS

BARBUT, S. **Poultry products processing**. Boca Raton: CRC Press, 2002.

BARROS-NETO, B.; SCARMINIO, S.; BRUNS, R. E. Como **Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria**. 4. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2010, 414p.

CAMPOS, E. J. **A nutrição na avicultura moderna**. 1. ed. Belo Horizonte: Rona Editora, 2015.

CERRATE, S.; WALDROUP, P. Maximum Profit Feed Formulation of Broilers: Development of a Feeding Program Model to Predict Profitability Using non Linear Programming. **International Journal of Poultry Science**, v.8, p.205-215, 2009a

CERRATE, S.; WALDROUP, P. Maximum Profit Feed Formulation of Broilers: 2. Comparison among Different Nutritional Models. **International Journal of Poultry Science** v.8, p.216-228, 2009b.

COBB. **Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte**. COBB 500. S.l.: s.n., 2013, 6p.

DERSJANT, Y; PEISKER, M. A review on recent findings on amino acids requirements in poultry studies. **Iranian J. App. Anim Sci.**, v.1, p.73-79, 2011.

DOZIER, W.A. et al. Growth performance, meat yield, and economic responses of broilers fed diets varying in metabolizable energy from thirty to fifty-nine days of age. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.15, p.367–382, 2006.

DUARTE, K.F.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S.; LAURENTIZ, A.C.; CASARTELLI, E.M.; ASSUENA, V.; RIBEIRO, P.A.P. Efeito de diferentes níveis de energia e de programas de alimentação sobre o desempenho de frangos de corte abatidos tardiamente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p.1992-1998, 2006.

FARIDI, A.; GOLIAN, A.; FRANCE, J.; MOUSAVI, A. H. Study of broiler chicken responses to dietary protein and lysine using neural network and response surface models. **British Poultry Science**, v. 54, p.524-530, 2013.

GOUS, R. M; MORRIS, T.; FISHER, C. **Mechanistic modelling in pig and poultry production**. Wallingford, UK: CAB International Publishing, 2006.

FRANCE, J.; KEBREAB, E. **Mathematical Modelling in Animal Nutrition**. 1. ed. Oxfordshire. CABI; 2008.

GARCIA NETO, M. Modelos econômicos na produção de frangos: conceitos básicos e aplicação. In: MACARI, M.; MENDES, A. A.; MENTEN, J. F.; NAAS, I. A.; **Produção de Frangos de Corte**. 2. ed. Campinas: FACTA, 2014. p. 565.

GIBSON, A. M.; BRATCHELL, N.; ROBERTS, T. A. Predicting microbial growth: Growth responses of Salmonella in a laboratory medium as affected by pH, sodium chloride and storage temperature. **Internacional Journal Food Microbiology**, v. 6, p.155–178, 1988.

GONÇALVES, C. A. et al. Accuracy of Nonlinear Formulation of Broiler Diets: Maximizing Profits. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 17, n. 2, p. 173-180, 2015.

GUEVARA, V.R. Use of Nonlinear Programming to Optimize Performance Response to Energy Density in Broiler Feed Formulation. **Poultry Science**, Savoy, v.83, p.147–151, 2004.

GUNAWARDANA, P.; ROLAND, D. A.; BRYANT, M. M. Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in molted hy-line W-36 hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, p. 432–439, 2008.

KNÍŽETOVÁ, H. Growth curves of chickens with different type of performance. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 102, n. 1-5, p. 256-270, 1985.

KNÍZTOVÁ, H.; HYANEK, B.; KNIZE, B.; ROUBICEK, J. Analysis of growth curves of the fowl. I. Chickens. **British Poultry Science** 32: p1027-1038, 1991a.

KNÍZTOVÁ, H.; HYANEK, B.; KNIZE, B.; ROUBICEK, J. Analysis of growth curves of the fowl. II. ducks. **British Poultry Science** 32: p1039-1053, 1991b.

KOYA, P. R.; GOSHU, A. T. Generalized mathematical model for biological growths. **Open Journal of Modelling and Simulation**, v. 1, n. 04, p. 42, 2013.l

LANGSLOW, D.R.; LEWIS, R.J. Alterations with age in compositions and lipolytic activity of adipose tissue form male and female chickens. **British Poultry Science** 15: p267-273, 1974.

LAPA, N. **Matemática aplicada, uma abordagem introdutória**. 1. ed. Editora Saraiva; 2012, 296p.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. **Growth in farm animals**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2002, 346p.

LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J.D. Broiler response to diet energy. **Poultry Science**, Savoy, v.75, p.529-535, 1996.

MACLEOD, M.G. Fat deposition and heat production as responses to surplus dietary energy in folws given a wide range of metabolizables energy: protein ratios. **British Poultry Science**, Harlow, v.32, p.1097-1108, 1991.

MBAJIORJU, C.; NG'AMBI, J. W.; NORRIS, D. D. Voluntary feed intake and nutrient composition in chickens. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 6, p. 20-28, 2011.

MEHRI, M.; DAVARPANAH, A. A.; MIRZAEI, H. R. Estimation of ideal ratios of methionine and threonine to lysine in starting broiler chicks using response surface methodology. **Poultry Science**, v. 91, p. 771-777, 2012.

MENDONÇA JUNIOR, C.X. Desempenho e rendimento da carcaça de frangos submetidos a rações contendo diferentes níveis energéticos. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**. V.20, 2, P. 161-175, 1983.

MISCHAN, M. M. ZAMBELLO P. S. **Modelos não lineares Conceitos Gerais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. cap.1, p. 9-28. v. 1

MYERS, R.H.; MONTGOMERY, D.C.; **Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments**. Editora Wiley–Blackwell, 1995, 728p.

PEISKER, M; DERSJANT-LI, Y. A Review on Recent Findings on Amino Acids Requirements in Poultry Studies. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, p.73-79, 2011.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**, Piracicaba, SP, Editora FEALQ, 2002, 309p.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**, Campinas, SP, Caritá Editora, 2009, 238p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Planejamento dos experimentos com monogástricos: correção da conversão alimentar pela mortalidade. In: **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. Cap. 1, p.30-37.

SALEH, E.A.; WATKINS, S.E.; WALDROUP, A.L.; WALDROUP, P.W. Effects of Dietary Nutrient Density on Performance and Carcass Quality of Male Broilers Grown for Further Processing. **International Journal of Poultry Science**, v.3, p.1-10, 2004.

SANTOS-FILHO; TALAMINI. Custo de Produção de Frangos: Teoria, prática e implicações. In: MACARI, M.; MENDES, A. A.; MENTEN, J. F.; NAAS, I. A.; **Produção de Frangos de Corte**, Campinas: FACTA, 2014. 517p.

WALDROUP, P. W. Energy levels for broilers. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.58, p.309-313, 1981.

WHITING, RICAHRD C. Microbial modeling in foods, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 35:6, p.467-494, 1995.

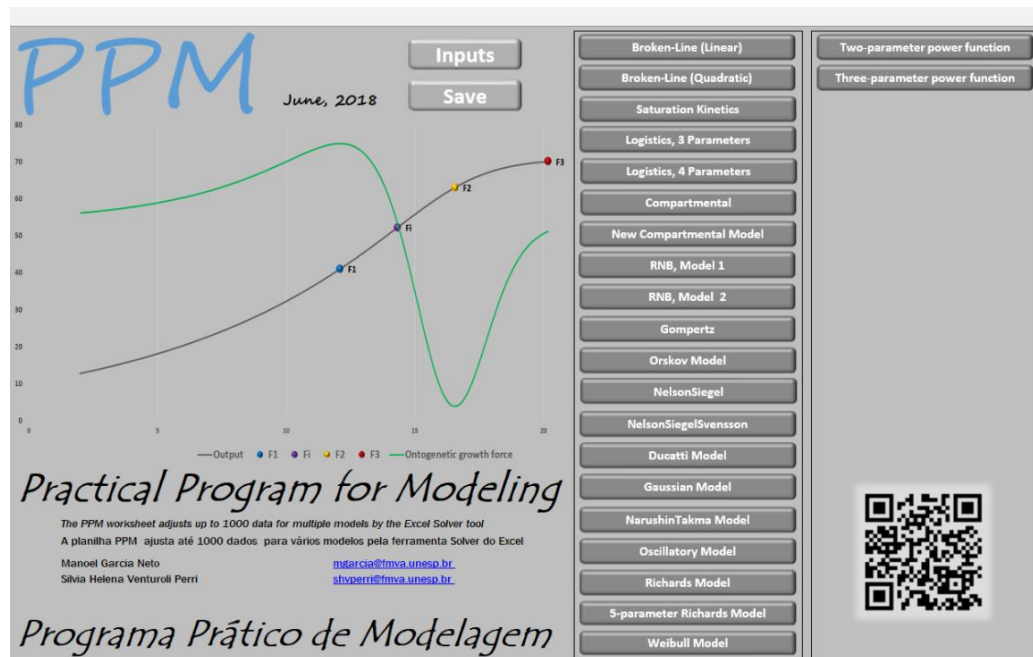
ZUIDHOF, M. J. Mathematical characterization of broiler carcass yield dynamics. **Poultry science**, v. 84, n. 7, p. 1108-1122, 2005.

APÊNDICE A – Planilha PPFR de lucro máximo



In: https://drive.google.com/u/1/uc?id=14SHGgbVj6_D3PF0x7rgDbzMJ-eR50D_J&export=download

APÊNDICE B – Planilha PPM de modelagem



In: <https://drive.google.com/u/1/uc?id=177SZqPDYYzbaxD9MvyxGXmsQGA9mqieV&export=download>

ANEXO A – Comitê de Ética



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



CAMPUS ARAÇATUBA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA - Ethics Committee on the Use of Animals

CERTIFICADO

Certificamos que o Relatório Final do trabalho intitulado **"Desempenho e rendimentos de carcaça e partes de frangos de corte"**, Processo FOA nº 2015-01118, sob responsabilidade de Manoel Garcia Neto e colaboração de Marcos Franke Pinto, Danilo Gualberto de Sandre, Mayara Maia Rodrigues, Rodrigo Pereira Cassiano e Thainá Landim de Barros foi aprovado pela CEUA em 19 de Abril de 2017.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled **"Performance and Carcass yield of broiler chickens"**, Process FOA nº 2015-01118, under the supervision of Manoel Garcia Neto and collaboration of Marcos Franke Pinto, Danilo Gualberto de Sandre, Mayara Maia Rodrigues, Rodrigo Pereira Cassiano and Thainá Landim de Barros had its the Final Report approved by the CEUA on April 19, 2017.

Prof. Dr. Leonardo Perez Fayerani
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator