



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA



“Júlio de Mesquita Filho”

Centro de Aquicultura da Unesp- CAUNESP

CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES DA RÃ-TOURO NA ENGORDA – AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES

Marcelo Maia Pereira

**Jaboticabal, São Paulo
2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA



“Júlio de Mesquita Filho”

Centro de Aquicultura da Unesp- CAUNESP

CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES DA RÃ-TOURO NA ENGORDA – AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES

Marcelo Maia Pereira

Orientadora: Profa Dra Marta Verardino De Stéfani

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor.

**Jaboticabal, São Paulo
2013**

P436c Pereira, Marcelo Maia
Crescimento e deposição dos nutrientes da rã-touro na engorda –
ajuste de modelos não lineares. / Marcelo Maia Pereira. – –
Jaboticabal, -- 2013
x, 76 f. : Il.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2013
Orientador: Marta Verardino De Stéfani
Banca examinadora: Cláudia Maris Ferreira Mostério, Euclides
Braga Malheiros, Luciano Hauschild, Rodrigo Fortes Da Silva
Bibliografia

1. Curvas de crescimento. 2. Deposição dos nutrientes. 3.
Ranicultura. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura da UNESP.

CDU 636:95

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CRESCIMENTO E DEPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES DA RÃ-TOURO NA ENGORDA - AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES

AUTOR: MARCELO MAIA PEREIRA

ORIENTADORA: Profa. Dra. MARTA VERARDINO DE STEFANI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Aquicultura , pela Comissão Examinadora:



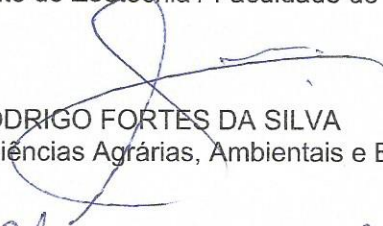
Profa. Dra. MARTA VERARDINO DE STEFANI
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



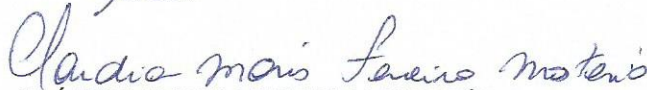
Prof. Dr. EUCLIDES BRAGA MALHEIROS
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. RODRIGO FORTES DA SILVA
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas / Universidade Federal do Recôncavo Da Bahia



Profa. Dra. CLÁUDIA MARIS FERREIRA MOSTÉRIO
/ Instituto de Pesca

Data da realização: 16 de agosto de 2013.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
APOIO FINANCEIRO.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. RANICULTURA.....	1
2. RÃ-TOURO (<i>Lithobates catesbeianus</i>).....	2
3. CRESCIMENTO ANIMAL E MODELOS.....	3
4. ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO.....	7
5. OBJETIVOS.....	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO 2.....	20
DESCRIÇÃO DO CRESCIMENTO E DE DIFERENTES TECIDOS CORPORAIS DA RÃ-TOURO ATRAVÉS DO AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES.....	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3. RESULTADOS.....	26
4. DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÃO.....	31
6. REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO 3.....	43
DEPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES NO CORPO E COXA DA RÃ-TOURO NA FASE DE ENGORDA.....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	44
1. INTRODUÇÃO.....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3. RESULTADOS.....	51
4. DISCUSSÃO.....	53
5. CONCLUSÃO.....	59
6. REFERÊNCIAS.....	59

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Zé Roberto e Leila, meus irmãos
Fabiano e Renato e a minha noiva Telma, pelo carinho,
conselhos, incentivos e paciência.*

AGRADECIMENTOS

A Prof.^a Dr. Marta Verardino De Stéfani, pela orientação e confiança na realização deste projeto, agradeço também pela oportunidade, atenção e amizade.

À Universidade Estadual de Paulista (UNESP) e ao Centro de Aquicultura (CAUNESP) pela oportunidade oferecida.

Ao Setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), pelo fornecimento do material biológico necessário a este estudo. Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos pelo espaço para a realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pela amizade apoio e principalmente pelos ensinamentos. A Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura por conselhos para elaboração desta. Aos Professores Dr. Euclides Braga Malheiros e Dr. Cláudio Angelo Agostinho pela participação na banca de qualificação. Aos professores Dr. Euclides Braga Malheiros, Dra. Cláudia Maris Ferreira Mostério, Dr. Luciano Hauschild e Dr. Rodrigo Fortes Da Silva, pela participação na banca de defesa. Agradeço pelos conselhos.

Ao funcionário Marcio (Perereca), pela amizade e participação indispensável na realização do projeto. Ao amigo Cleber, pela ajuda e amizade durante o decorrer do doutorado.

Aos professores que ao longo deste período contribuíram para meu aprendizado, e me ensinaram como ser um verdadeiro profissional.

Aos funcionários do CAUNESP de todos os setores pela força e amizade.

Aos meus amigos de República Edney, Wilton, Marcos, Greogory, Adam e Moacir que me ajudaram toda vez que eu precisei e pelo convívio durante este período, compartilhando a minha pesquisa.

APOIO FINANCEIRO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pelo auxílio pesquisa (processo nº: 11/50865 - 2). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Equações não lineares para descrever o crescimento dos animais domésticos.....	5
--	---

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Nível de garantia do fabricante (NGF) e composição centesimal analisada (CCA) da dieta comercial ¹	38
---	----

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros e erro padrão, quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2), desvio médio absoluto (DMA) e o critério de Akaike (AIC) de acordo com os modelos estudados para peso vivo e tecidos da rã-touro.....	39
---	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Nível de garantia do fabricante (NGF) e composição centesimal analisada (CCA) da dieta comercial ¹	66
---	----

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros dos modelos estudados para consumo acumulado e de proteína da dieta, para a composição corporal da rã-touro inteira (Rãs), para peso das coxas da rã-touro e sua composição (Coxas das rãs).....	67
---	----

Tabela 3. Quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2), desvio médio absoluto (DMA) e o critério de Akaike (AIC) de acordo com os modelos estudados para consumo acumulado e de proteína da dieta, para a composição corporal da rã-touro inteira (Rãs) e para peso das coxas da rã-touro e sua composição (Coxas das rãs).....	68
---	----

Tabela 4. Composição centesimal dos músculos das pernas, coxa e dorso da rã-touro.....	76
--	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Representação gráfica do modelo Logístico e de Gompertz (Adaptado de Hota, 1994).....5

CAPÍTULO 2

Figura 1. Temperatura ambiente (a) no interior do galpão a 30 cm do piso e da água (b) nas canaletas das baias de engorda para rã-touro durante o período experimental.....39

Figura 2. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever o crescimento do peso vivo (a), tecido hepático (b) e tecido adiposo (c) e taxas de crescimento para peso vivo (d), tecido hepático (e) e tecido adiposo (f).....40

Figura 3. Dispersão dos resíduos estimados pelos modelos Gompertz e Logístico para descrever o crescimento do peso vivo (a), tecido hepático (b) e tecido adiposo (c), e os resíduos studentizados (medidas de diagnóstico para a detecção de pontos aberrantes) para peso vivo (d), tecido hepático (e) e tecido adiposo (f).....41

CAPÍTULO 3

Figura 1. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever deposição dos nutrientes (a-d) e a deposição diária (e-h) para rãs-touro durante a engorda...69

Figura 2. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever o consumo alimentar da dieta e em proteína (a-b) e consumos diário (c-d) para rã-touro durante a engorda.....70

Figura 3. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever o desenvolvimento em peso das coxas das rãs-touro durante a engorda (a), desenvolvimento diário (b). Curvas estimadas pelo modelo Logístico para descrever a deposição dos nutrientes: água (c), proteína (e), extrato étéreo (g) e cinzas (i) das coxas das rãs-touro durante a engorda e as deposições diárias, respectivamente (d, f, h, j).....71

Figura 4. Resíduos studentizados (medidas de diagnóstico para a detecção de pontos discrepantes) para componentes corporiais da rã-touro e para coxas da rã-touro.....72

Figura 5. Eficiência proteica da dieta comercial para rãs-touro na engorda....73

Figura 6. Composição da rã-touro durante a engorda, energia bruta (a); umidade ou água (b); matéria seca e proteína (c); extrato etéreo e cinzas (d).74

Figura 7. Composição centesimal das coxas de rãs-touro durante a engorda, sendo, água ou umidade (a), matéria seca e proteína (b) e extrato étereo e cinzas (c).....75

RESUMO

O objetivo foi descrever o crescimento em peso vivo, do fígado, do corpo adiposo, a deposição dos nutrientes corporais e das coxas, do consumo da dieta, e avaliar a eficiência proteica da dieta para rãs-touro na fase de engorda, criadas no sistema anfigranja através do ajuste de dois modelos não lineares o de Gompertz e o Logístico. As estimativas para os parâmetros do modelo de Gompertz não apresentaram coerência com os resultados observados, diferente para os do modelo Logístico, o qual também apresentou os melhores ajustes para descrever as variáveis estudadas. As deposições máximas dos nutrientes ocorreram dentro do período experimental; sendo a de cinzas primeira e a do extrato etéreo mais tardio. A partir da relação entre deposição de proteína na carcaça e consumo de proteína da ração foi encontrada uma baixa eficiência proteica de 36,76%. O melhor modelo para descrever o consumo da dieta e a deposição dos nutrientes da rã-touro na engorda foi o Logístico. A composição centesimal média das pernas de rãs-touro durante a engorda foi de 79,29% de água, 15,83% de proteína, 1,74% de gordura e 2,99% de cinzas. As deposições máximas dos nutrientes ocorreram dentro do período experimental, sendo a de extrato etéreo a primeira e a de cinzas mais tardia. O melhor modelo para descrever a deposição dos nutrientes da rã-touro na fase de engorda foi o Logístico.

ABSTRACT

The objective of this study was to describe growth rates of live body weight, liver and adipose body/tissue, as well as nutrient deposition on the body and legs and feed intake, in order to assess dietary protein efficiency for bullfrogs during the grow-out phase, raised under the “Amphifarm” system by adjusting two nonlinear models, Gompertz and Logistic. The parameters estimated for the Gompertz model were not consistent with the observed results; unlike the logistic model, which yielded the best fits to describe the variables. The maximum deposition of nutrients occurred within the trial period, with ash first and ether extract later. The low protein efficiency of 36.76% was given by the relationship between protein deposition on the carcass and dietary protein intake. The Logistic model best described the dietary intake of nutrients and nutrient deposition for bullfrogs during the grow-out phase. The average chemical composition of bullfrog legs was 79.29% water, 15.83% protein, 1.74% fat and 2.99% ash. The maximum deposition of nutrients was verified during the trial period; with ether extract first and ash later. The Logistic was the model that best described the deposition of nutrients of bullfrogs during the grow-out phase.

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Ranicultura

A rã-touro no Brasil, desde a importação dos primeiros casais na década de 30, despertou enorme interesse dos produtores devido ao seu elevado potencial reprodutivo e produtivo (Fontanello et al., 1988).

A produção nacional de rãs-touro em 2006 foi de 649 toneladas, representando apenas 0,34% da produção da aquicultura brasileira. Em relação à produção de 1996 houve crescimento de 53,5% (IBAMA, 2008).

A França, onde a maioria das rãs consumidas são de origem silvestre, importa por ano cerca de 800 toneladas de rãs vivas de países do oriente que praticam caça predatória para venda de coxas (Neveu, 2009).

Diferente dos países que praticam caça predatória, no Brasil diversos sistemas de produção foram desenvolvidos para criação de rãs em cativeiro, onde os mais adotados são o Anfigranja (Lima e Agostinho, 1992) e o inundado (Mazzoni et al., 1995).

A criação de rãs é uma alternativa de empreendimento pecuário no país, onde uma de suas vantagens é a necessidade de pouco espaço em relação a outras atividades como a bovinocultura, avicultura, suinocultura, entre outras. Algumas desvantagens são a falta de técnicas e pesquisas em relação às demais atividades agropecuárias (Moreira, 2011).

2. Rã-touro (*Lithobates catesbeianus*)

A rã-touro é um anfíbio anuro originário da região norte da América do Norte (Estados Unidos da América e Canadá). O seu ciclo de vida realiza-se em uma fase aquática e em outra terrestre.

No sistema anfigranja, o tamanho à primeira maturação gonadal para fêmeas de rã-touro foi de 10,33 cm e 109,78 g e, para machos, em torno de 8,09 cm. Todos os machos com peso acima de 45 g se encontravam em processo de maturação, e com peso médio de 240,42 g podem ser considerados reprodutores em potencial (Lima et al., 1998).

Para fêmeas (Costa et al., 1998a) e machos (Costa et al., 1998b) de rã-touro, a maturação ovariana e testicular ocorrem em cinco estágios: 1 (juvenil); 2 (início de maturação), 3 (maturação intermediária), 4 (maturação avançada) e 5 (esgotado).

A rã-touro possui alta profilicidade. Ribeiro Filho et al. (1998) observaram desovas com 24.310 óvulos e Agostinho et al. (2000) em média de 16.000. A curva de reprodução de fêmeas de rã-touro na natureza revelou dois picos reprodutivos durante os meses de agosto a novembro e outro em fevereiro (Leivas et al., 2012).

Após a fecundação, externa e na água, o ovo inicia seu desenvolvimento, passando por estágios embrionários até eclosão do mesmo, originando as larvas que após esgotarem as reservas nutritivas do saco vitelínico, transformam-se em girinos, cuja fase de crescimento é a de maior duração no ambiente aquático. Após esta fase, inicia-se a metamorfose, onde ocorrem modificações morfofisiológicas. No clímax da metamorfose os girinos não se alimentam e

ocorrem as últimas modificações para transformação do imago (Lima e Agostinho, 1992).

Após a metamorfose, os imagos são alojados no setor de recria até atingirem o peso de abate. No sistema anfigranja, esse setor é composto de baias iniciais e de terminação (Lima e Agostinho, 1992) ou baia única ou versátil (Lima, 1997) construídas com detalhes especiais que facilitam o manejo dos animais. O piso possui cochos, abrigos e piscina dispostos linearmente, oferecendo condições favoráveis para o crescimento dos animais. No sistema inundado as baias são totalmente alagadas e a ração é distribuída na água (Mazzoni et al., 1995).

Um dos fatores que interfere no desenvolvimento dos animais é a temperatura, pois influencia diretamente o metabolismo do animal. A rã-touro assim como todos os anfíbios anuros, são dependentes da temperatura do ambiente em que se encontram (Petersen e Gleeson, 2007). Braga e Lima (2001) observaram o melhor crescimento e ganho de peso de rãs-touro pesando entre 37 e 90g na temperatura entre 25,1 e 30,4°C. Já, Figueiredo et al. (1999) para rãs-touro pesando mais que 100g o melhor desempenho zootécnico foi observado entre as temperaturas de 27,6 e 28,2°C.

3. Crescimento Animal e Modelos

Em animais não submetidos a restrições alimentares, a relação do peso com a idade ou o tempo resulta numa curva de crescimento com característica sigmoideal, consistindo de três partes diferenciadas: uma fase inicial acelerada, uma fase intermediária linear e uma fase de desaceleração final quando o animal

atinge a maturidade. A taxa de crescimento (ganho de peso por unidade de tempo, geralmente em g ou kg dia⁻¹) varia com a idade, aumentando durante a fase acelerada até atingir um máximo na fase intermediária, em que é relativamente constante. Na última fase, a taxa de crescimento diminui progressivamente até zero, quando o animal atinge o corpo maduro ou peso assintótico (López, 2008).

O crescimento dos animais é determinado pelo acréscimo de massa dos componentes ou nutrientes corporais (água, proteínas, gorduras, minerais) e uma pequena quantidade de outros (glicogênio, etc.). O crescimento de componentes corporais e a eficiência com o qual os nutrientes são convertidos são afetados por fatores endógenos (espécies, genética e fase de vida) e exógenos (composição da dieta, ambiente de criação, etc). Modelos não lineares de crescimento e os processos de deposição de nutrientes em peixes tem contribuído para formulação de dietas para os mesmos (Hua et al., 2010).

As equações matemáticas não lineares mais usadas para descrever o crescimento em peso dos animais de produção são Gompertz (Winsor, 1932), Logística (Reed e Pearl, 1927), Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957), Brody (Brody, 1945) e Richards (Richards, 1959). Essas equações foram adotadas por apresentarem três ou mais parâmetros que possuem interpretação biológica, além disso, a partir da derivada da equação é possível calcular a taxa de crescimento e ao dividir esta pela massa corporal se calcula a taxa de crescimento relativo (Fitzhugh Jr, 1976).

As equações de Gompertz e Logística podem ser observadas na Tabela 1 e os formatos sigmóides das curvas de Gompertz e Logística de acordo com Hota (1994) na Figura 1.

Tabela 1. Equações não lineares para descrever o crescimento dos animais domésticos.

Equação	Formato 1*	Formato 2 ⁺
Gompertz	$Y = A e^{-K e^{-b t}}$	$Y = A e^{- e^{-b (t-t^*)}}$
Logístico	$Y = A / (1 + K e^{-b t})$	$Y = A / (1 + e^{-b (t-t^*)})$

* Y= peso (g) ao tempo t; t = tempo (dias); A = Peso à maturidade; K = parâmetro de escala sem interpretação biológica, b = taxa de crescimento relativo à maturidade e m = termo relacionado à forma da curva.

⁺ Y = peso (g) ao tempo t; A = peso (g) à maturidade; b = taxa de maturidade (g/dia); t* = tempo (dias) em que a taxa de crescimento é máxima e t = tempo (dias).

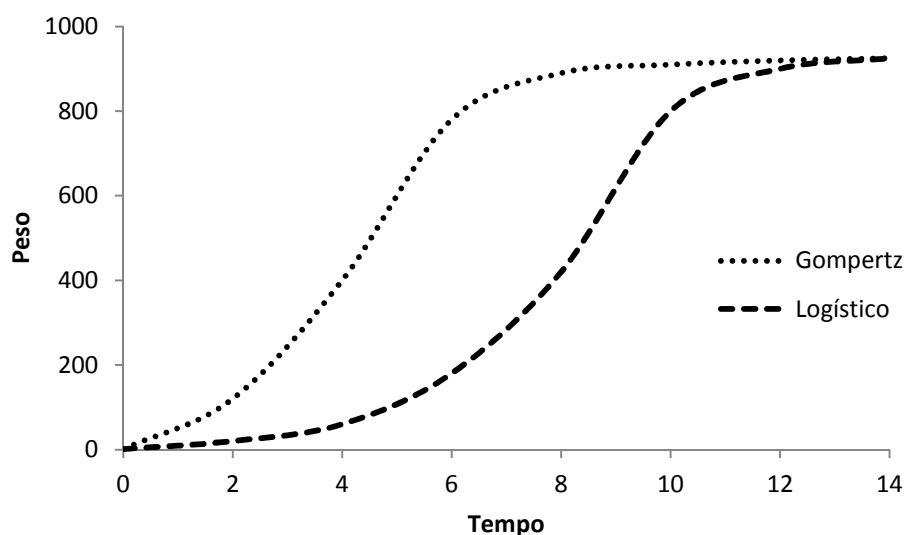


Figura 1. Representação gráfica do modelo Logístico e de Gompertz (Adaptado de Hota, 1994).

Como se observa na Tabela 1 no formato 1, Y é o peso corporal à idade t; A é o peso assintótico e interpretado como peso à idade adulta; K é uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida. O valor de b é interpretado como taxa de maturação, entendida como indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto (Ó et al., 2012).

No formato 2 da Tabela 1, os três parâmetros das equações possuem interpretação biológica, diferente dos parâmetros das equações do formato 1. O parâmetro t^* indica o dia onde ocorre a taxa de crescimento máxima.

Essas equações (Gompertz, Logística, Von Bertalanffy, Brody e Richards) foram adotadas para descrever através de curvas não lineares o crescimento para diversas espécies de animais domésticos, como bovinos (Souza et al., 2010; Gonçalves et al., 2011; Silva et al., 2011a), ovinos (Malhado et al., 2009; Souza et al., 2011; Silva et al., 2012), bubalinos (Araújo et al., 2012), aves (Tholon e Queiroz, 2007; Kuhl et al., 2010; Sakomura et al., 2011), peixes (Santos et al., 2007; Gomiero et al., 2009; Dumas et al., 2010), rãs na fase terrestre (Agostinho et al., 1991; Hota, 1994; Rodrigues et al., 2007a) e na fase aquática (Mansano et al., 2012).

Inúmeros modelos são adotados para descrever o crescimento animal dessa forma questiona-se sempre qual desses modelos é o mais apropriado para um indivíduo, um grupo, uma população ou uma espécie. Segundo Silveira et al. (2011), a resposta para tal questionamento pode ser dada mediante informações provenientes de avaliadores da qualidade de ajuste, que permitem indicar estatisticamente o melhor modelo.

Os avaliadores da qualidade de ajuste mais utilizados são: coeficiente de determinação (R^2) (Oliveira et al., 2000; Silva et al., 2011b); coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) (Silveira et al., 2011); quadrado médio do erro (QME) (Oliveira et al., 2000; Silva et al., 2011b); valor do critério de Akaike (AIC) (Silva et al., 2011b; Silveira et al., 2011); valor do critério de informação Bayesiano (BIC) (Silva et al., 2011b; Silveira et al., 2011); erro quadrático médio de predição (MEP) (Silva et al., 2011b; Silveira et al., 2011); porcentagem de

convergência (C%) (Silva et al., 2011b; Silveira et al., 2011); número de iterações (NI) (Oliveira et al., 2000; Santos et al., 2007; Gomiero et al., 2009); desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) (Sarmiento et al., 2006; Mansano et al., 2012); interpretação biológica dos parâmetros (Rodrigues et al., 2007a; Mansano et al., 2012); dispersão dos resíduos estimados pelos modelos e a distribuição dos resíduos studentizado (Mansano et al., 2012).

4. Alimentação e Nutrição da rã-touro

A rã-touro, assim como todos os anfíbios anuros são carnívoros durante a fase adulta, exigindo em geral maiores teores de proteína na dieta em relação àqueles de outros hábitos alimentares (Reeder, 1964; Werner et al., 1995; Hirai, 2004; Silva et al., 2009). A partir disso, muitos estudos foram realizados sobre exigências de proteína bruta e energia metabolizável na dieta para rãs-touro.

Durante a fase da engorda de rãs, Monteiro et al. (1988) trabalharam com dietas contendo 25 a 48% de proteína bruta (PB) e concluíram que 48% de PB é o requerimento mínimo para rã-touro, entretanto, Barbalho (1991) e Stéfani (1995) observaram melhor desempenho nas rãs alimentada com dieta contendo 46% e 42% de PB, respectivamente. Wirz et al. (1992) não observaram diferenças no ganho de peso ao avaliar níveis de 30, 35 e 40% de PB. Mazzoni et al. (1992) observaram que a dieta contendo 45% de PB e 4.200 kcal/kg de energia bruta proporcionou os melhores resultados de desempenho.

Olvera-Novoa et al. (2007) testando dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta (20, 28, 34, 42, 50 e 58% PB) na alimentação de juvenis de rã-touro, observaram que rãs alimentadas com dietas contendo níveis abaixo de

34% PB apresentaram menor taxa de crescimento e eficiência alimentar, sendo mais vulneráveis a doenças, recomendando dietas com no mínimo 39,21% de PB e 4.820 kcal de Energia Bruta/kg.

Rodrigues et al. (2007b) estudando o efeito de diferentes níveis de proteína e relação energia/proteína sobre o desenvolvimento da rã-touro, observaram que até os 112 dias as rãs que receberam dieta com 2.850 kcal de energia metabolizável/kg e 48% de PB apresentaram melhor ganho de peso. Dos 126 a 294 dias sugerem o uso de dieta com 3050 kcal de energia metabolizável/kg e 44% de PB.

Castro et al. (2008) estudaram o desempenho da rã-touro na fase de engorda utilizando dietas isoprotéicas (40% PB) e diferentes níveis de energia metabolizável (2.300, 2.400, 2.500, 2.600 e 2.700 kcal/kg). Concluíram que a dieta com 2.600 kcal/kg de EM apresentou tendência de melhor desempenho no rendimento de carcaça e menor valor da relação lipossomática.

A composição corporal da rã-touro alimentada com dietas contendo 40% de carboidratos e 30% de PB foi de 14,73% de proteína bruta, 4,44% de lipídios, 2,85% de matéria mineral e 1.221,96 kcal de energia bruta/ kg, valores em % na matéria seca original (Stéfani, 1996).

Para *Rana rugulosa* alimentada por 84 dias com dietas de 40% de proteína bruta na fase de engorda, a composição corporal foi de 54,90% de proteína bruta; 19,94% de lipídios; 11,32% de cinzas e 75,52 de umidade na matéria natural. A mesma espécie alimentada com ração contendo 4.900 kcal EB/kg e 38% de proteína bruta apresentou a composição de 74,21% de umidade, 63,03% de proteína bruta, 12,40% de lipídios e 14,44 de cinzas (Somsueb e Boonyaratpalin, 2001).

Trabalhos avaliando o desempenho da rã-touro alimentada com dietas comerciais à base de informações nutricionais de peixes carnívoros foram realizados e obtiveram bons resultados zootécnicos. Dentre as dietas, as que apresentaram melhor desempenho foram aquelas com teor de proteína bruta acima de 40% (Casali et al., 2005; Fenerick Jr. e Stéfani, 2005). Entretanto, o uso dessas dietas comerciais tem lesionado alguns órgãos, o que pode prejudicar o desempenho dos animais (Seixas Filho et al., 2009).

Para alimentação de *Rana perezí*, rã criada na Europa, à dieta que proporcionou o melhor resultado foi com 46% de proteína bruta, 22% de lipídios e 13,5% de carboidratos (Martínez et al., 2004).

Devido às diferentes metodologias empregadas e a qualidades dos ingredientes utilizados nos diferentes trabalhos torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos entre os mesmos e, conseqüentemente, a elaboração de uma dieta ideal para a rã-touro.

Os índices zootécnicos são ferramentas importantes para avaliar a produção de uma criação. Dentre eles, o consumo alimentar da dieta, auxilia na análise da eficiência da mesma (Seixas Filho, 2009). Com a finalidade de auxiliar o produtor rural, foi proposto por Lima et al., (2003) uma tabela com o percentual de alimento a ser oferecido em relação às faixas de peso médio de rãs-touro criadas no sistema anfigranja. Deve-se levar em consideração que tais valores devem ser recalculados quando houver o emprego de rações com qualidade nutricional distintas da ração extrusada para peixe carnívoro (45% de PB).

Uma forma de verificar a eficiência da utilização da proteína e energia de uma dieta consumida pelos animais pode ser através de equações que

relacionam a quantidade de proteína e energia digestível consumida com a porção depositada dos mesmos nas carcaças inteiras (Trung et al., 2011).

Para suínos, o consumo de energia digestível por dia está relacionado com o peso corporal e pode ser estimado através de equações empíricas de modelos de crescimento (Hua et al., 2010). Em peixes, existem dificuldades de prever com precisão o consumo da dieta, devido a fatores biológicos e ambientais (por exemplo, a temperatura da água), portanto foram poucas às tentativas de prever o consumo através de modelos para esses animais (Hua et al., 2010). Para rãs também não existe modelos para prever o consumo alimentar e as justificativas são as mesmas enunciadas para peixes.

Ainda são poucas as informações referentes ao crescimento corporal e à deposição dos nutrientes que compõem o sistema corporal dos anfíbios anuros na fase pós-metamorfose. Essas informações são importantes para a compreensão dos mecanismos de deposição e absorção de nutrientes, além de fornecer informações para nutrição e o manejo alimentar dos mesmos.

5. Objetivos

5.1. Objetivo geral

Descrever o crescimento e a deposição de nutrientes da rã-touro durante a engorda, através de modelos não lineares.

5.2. Objetivos específicos

- Descrever o crescimento corporal, do fígado e do corpo adiposo da rã-touro durante a engorda.
- Descrever a deposição dos nutrientes na carcaça e nas coxas da rã-touro durante a engorda.
- Estimar o consumo alimentar da rã-touro através de uma curva não linear.
- Verificar a eficiência proteica da dieta utilizada para a rã-touro.

6. Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, C.A.; SILVA, M.A.; TORRES, R.A.; LIMA, S.L. Curvas de crescimento de rãs-pimenta. *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 20, p. 47-54, 1991.
- AGOSTINHO, C.A.; WECHSLER, F.S.; NICTEROY, P.E.O.; PINHEIRO, D.F. Indução à ovulação pelo uso de LHRH análogo e fertilização em rã-touro (*Rana catesbeiana*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1261-1265, 2000.
- ARAÚJO, R.O.; MARCONDES, C.R.; DAMÉ, M.C.F.; GARNERO, A.D.V.; GUNSKI, R.J.; EVERLING, D.M.; RORATO, P.R.N. Classical nonlinear models to describe the growth curve for murrh buffalo breed. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 550-555, 2012.
- BARBALHO, O.J.M. **Exigência de proteína bruta de rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw 1802), na fase de terminação**. 1991. 55 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- BRAGA, S.L.; LIMA S.L. Influência da temperatura ambiente no desempenho da rã-touro, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802) na fase de recria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, 1659-1663, 2001.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**: with special reference to the efficiency complex of domestic animals. New York: Hafner, 1945. 1023 p.
- CASALI, A.P.; MOURA, O.M.; LIMA, S.L. Rações comerciais e o rendimento de carcaça e subprodutos de rã-touro. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p.1172-1178, 2005.
- CASTRO, J.C.; BARBOZA, W.A.; SILVA, K.K.P.; PIRES, S.C. Níveis de energia metabolizável para rações de rã-touro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 519-525, 2008.
- COSTA, C.L.S.; LIMA, S.L.; ANDRADE, D.R.; AGOSTINHO, C.A. Caracterização morfológica dos estágios de desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino da rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfigranja de criação intensiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 642–650, 1998a.

- COSTA, C.L.S.; LIMA, S.L.; ANDRADE, D.R.; AGOSTINHO, C.A. Caracterização morfológica dos estágios de desenvolvimento do aparelho reprodutor masculino da rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfigranja de criação intensiva. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.27, p.651-657, 1998b.
- DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: Where have we been and where are we going? **Aquaculture Research**, v. 41, p. 161-181, 2010.
- FENERICK Jr, J.; STÉFANI, M.V. Desempenho e parâmetros metabólicos de rã-touro, *Rana catesbeiana*, alimentada com diferentes rações comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 27, n. 3, p. 377-383, 2005.
- FIGUEIREDO, M.R.C; AGOSTINHO, C.A.; BAÊTA, F.C.; LIMA, C.A. Efeito da temperatura sobre o desempenho da rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 661-667, 1999.
- FITZHUGH Jr, H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, 1976.
- FONTANELLO, D.; WIRZ, R.R.;PENTEADO, L.A.; CAMPOS, B.E.S.; MANDELLI JUNIOR, J.; SOARES, H.A. Ganho de peso de rãs-touro (*Rana catesbeiana* Shaw), criadas em gaiolas individuais de diferentes tamanhos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 15, n. 1, p. 45-49, 1988.
- GOMIERO, J.S.G.; FREITAS, R.T.F.; SANTOS, V.B.; SILVA, F.F.; RODRIGUES, P.B.; LOGATO, P.V.R. Curvas de crescimento morfométrico de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 882-889, 2009.
- GONÇALVES, T.M.; DIAS, M.A.; AZEVEDO JUNIOR, J.; RODRIGUEZ, M.AP.; TIMPANI, V.D.; OLIVEIRA, A.I.G. Curvas de crescimento de fêmeas da raça nelore e seus cruzamentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 5, n. 3, p. 582-590, 2011.
- HIRAI, T. Diet composition of introduced bullfrog, *Rana catesbeiana*, in the Mizorogaike Pond of Kyoto, Japan. **Ecological Research**, v. 19, p.375-380, 2004.
- HOTA, A.K. Growth in amphibians. **Gerontology**, v.40, n. 2, p.147-160, 1994.

- HUA, K.; BIRKETT, S.; DE LANGE, C.F.M.; BUREAU, D.P. Adaptation of a non-ruminant nutrient-based growth model to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). **Journal of Agricultural Science**, v. 148, p. 19-27, 2010.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2008. 174 p.
- KUHI, H.D.; PORTER, T.; LÓPEZ, S.; KEBREAB, E.; STRATHE, A.B.; DUMAS, A.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 227-240, 2010.
- LEIVAS, P.T.; MOURA, M.O.; FÁVARO, L.F. The reproductive biology of the invasive *Lithobates catesbeianus* (amphibia: anura). **Journal of Herpetology**, v. 46, n. 2, p. 153-161, 2012.
- LIMA, S.L.; AGOSTINHO, C.A. **A tecnologia de criação de rãs**. Viçosa: UFV, 1992. 168 p.
- LIMA, S.L. **Criação de rãs (Sistema Anfrigranja)**. Viçosa: CPT, manual técnico (08), 1997. 48 p.
- LIMA, S.L.; COSTA, C.L.S.; AGOSTINHO, A.; ANDRADE, D.R.; PEREIRA-FILHO, H.P. Estimativa do tamanho da primeira maturação sexual da rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfrigranja de criação intensiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, p. 416–420. 1998.
- LIMA, S.L.; CASALI, A.P.; AGOSTINHO, C.A. Desempenho zootécnico e percentual de consumo de alimento de rã-touro (*Rana catesbeiana*) na fase de recria (pós-metamorfose) do sistema anfrigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 3, p. 505-511, 2003.
- LÓPEZ, S. Non-linear functions in animal nutrition. In: FRANCE, J.; KEBREAB, E. **Mathematical modelling in animal nutrition**. Cambridge: CABI, 2008, p. 47-88.
- MALHADO, L.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; AFFONSO, P.R.A.M.; SOUZA, A.A.O.; SARMENTO, J.L.R. Growth curve in dorper sheep crossed with the local

- brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. **Small Ruminant Research**, v. 84, p. 16-21, 2009.
- MANSANO, C.F.M.; STÉFANI, M.V.; PEREIRA, M.M.; MACENTE, B.I. Non-linear growth models for bullfrog tadpoles. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 4, p. 454-462, 2012.
- MARTÍNEZ, I.P.; REAL, M.; ÁLVAREZ, R. Growth of *Rana perezi* Seoane, 1885 froglets fed on diets with different nutrient compositions. **Aquaculture**, v. 241, n. 1, p. 387-394, 2004.
- MAZZONI, R.; CARNEVIA, D.; ALTIERI, W.; MATSUMURA, Y. Cría de ranas em “Sistema Inundado”, experiencias en ranarios comerciales. In: ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 8., & TECHNOFROG’95, 1995, VIÇOSA. **Anais...** Viçosa: Academia Brasileira de Estudos Técnicos em Ranicultura e UFV, 1995. p. 121-122.
- MAZZONI, R.; CARNEVIA, D.; ROSO, A. Estudio del porcentaje de proteína y la energia em el alimento peleteado para engorde de rana toro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802), In: ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 7., 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENAR, 1992. p. 185.
- MONTEIRO, E.S., LIMA, S.L.; AGOSTINHO, C.A. Avaliação de desenvolvimento de rã-touro (*Rana catesbeiana*) alimentadas com diferentes níveis de proteína. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., 1988, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1988. p. 77.
- MOREIRA, C.R. **Análise econômica da ranicultura: viabilidade individual e integrada de operações**. 2011. 56f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Pesca) – Instituto de Pesca – APTA –SAA, São Paulo, 2011.
- NEVEU, A. Suitability of European Green frogs for intensive culture: Comparison between different phenotypes of the esculenta hybridogenetic complex. **Aquaculture**, v. 295, n. 1, p. 30-37, 2009.
- Ó, A.O.; RÊGO NETO, A.A.; SANTOS, G.V.; SARMENTO, J.L.R.; BIAGIOTI, D.; SOUSA, J.E.R. Curvas de crescimento de ovinos Santa Inês no vale do Gurgueia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 912-922, 2012.

- OLIVEIRA, H.N.; LÔBO, R.B.; PEREIRA, C.S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1843-1851, 2000.
- OLVERA-NOVOA, M.A.; ONTIVEROS-ESCUZIA, V.M.; FLORES-NAVA, A. Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana*, Shaw, 1802). **Aquaculture**, v. 266, n. 1, p. 191-199, 2007.
- PETERSEN, A.M.; GLEESON, T.T. Characterization of circannual patterns of metabolic recovery from activity in *Rana catesbeiana* at 15°C. **The Journal of Experimental Biology**, v. 210, p. 1786-1797, 2007.
- REED, L.J.; PEARL, R. On the summation of logistic curves. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 90, n. 4, 729-746, 1927.
- REEDER, W.G. 1964 The digestive system. In: MOORE, J.A. (Ed.) **Physiology of the anphibia**. New York, Academic Press, 1964.v.1, 654 p.
- RIBEIRO FILHO, O.P.; LIMA, S.L.; ANDRADE, D.R.; SEIXAS FILHO, J.T. Estudo da desova de Rã-touro, *Rana catesbeiana*, mediante indução do acasalamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.216-233, 1998.
- RICHARDS, J.F. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, n. 2, p. 290-301, 1959.
- RODRIGUES, M.L.; LIMA, S.L.; MOURA, O.M.; AGOSTINHO, C.A.; SILVA, J.H.V.; CRUZ, G.R.B.; CAMPOS, V.M.; CASALI, A.P.; MENDES, R.R.B.; ALBUQUERQUE, A.G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 125-136, 2007a.
- RODRIGUES, M.L.; LIMA, S.L.; MOURA, O.M.; AGOSTINHO, C.A.; SIVA, J.H.V.; SILVA, G.R.B.; CRUZ, V.M.; CAMPOS, V.M.; CASALI, A.P.; MENDES, R.R.B. ALBUQUERQUE, A.G. Efeito dos níveis de proteína e relação energia/proteína sobre o desempenho da rã-touro. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 216, p. 939-942, 2007b.
- SAKOMURA, N.K.; GOUS, R.M.; MARCATO, S.M.; FERNANDES, J.B.K. A description of the growth of the major body components of 2 broilers chicken strains. **Poultry Science**, v. 90, p. 2888-2896, 2011.

- SANTOS, V.B.; FREITAS, R.T.F.; SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Evaluation of morphometric growth curves of tilapia of Nilo (*Oreochromis niloticus*) strains. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1486-1492, 2007.
- SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Analysis of the growth curve of Santa Ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.435-442, 2006.
- SEIXAS FILHO, J.T. **Alimentação e nutrição aplicada a aquicultura**. Rio de Janeiro : Publit, 2009. 242p.
- SEIXAS FILHO, J.T.; HIPOLITO, M.; MARTINS, A.M.C.R.P.F.; RODRIGUES, E.; CASTAGNA, A.A.; MELLO, S.C.R.P. Histopathological alterations in bullfrog juveniles fed commercial rations of different crude protein levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2306-2310, 2009.
- SILVA, E.T.; REIS, E.P.; FEIO, R.N., RIBEIRO FILHO, O.P. Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae) in Viçosa, Minas Gérias State, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 4, n. 3, p. 286-294, 2009.
- SILVA, F.L.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; PACKE, I.U.; MOURÃO, G.B. Growth curves in beef cows of different biological types. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.262-271, 2011a.
- SILVA, N.A.M.; LANA, A.M.Q.; SILVA, F.F.; SILVEIRA, F.G.; BERGMANN, J.A.G.; SILVA, M.A.; TORAL, F.L.B. Seleção e classificação multivariada de modelos de crescimento não lineares para bovinos nelore. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.2, p.364-371, 2011b.
- SILVA, L.S.A.; FRAGA, A.B.; SILVA, F.L.; BEELEN, P.M.G.; SILVA, R.M.O.; TONHATI, H.T.; BARROS, C.C. Growth curve in Santa Inês sheep. **Small Ruminant Research**, v. 105, p. 182-185, 2012.
- SILVEIRA, F.G.; SILVA, F.F.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M. Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 62-73, 2011.

- SOMSUEB, P.; BOONYARATPALIN, M. Optimum protein and energy levels for the Thai native frog, *Rana rugulosa* Weigman. **Aquaculture Research**, v. 31, n. 1, p. 33-38, 2001.
- SOUZA, L.A.; CAIRES, D.N.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; MARTINS FILHO, R. Curvas de crescimento em bovinos da raça Indubrasil criados no estado de Sergipe. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 4, p. 671-676, 2010.
- SOUZA, L.A.; CARNEIRO, P.L.; MALHADO, C.H.M; PAIVA, S.R.; CAIRES, D.N.; BARRETO, D.L.F. Curvas de crescimento em ovinos da raça morada nova criados no estado da bahia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1700-1705, 2011.
- STÉFANI, M.V. **Metabolismo e crescimento da rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) alimentada com níveis crescentes de carboidratos**. 1996. 92f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.
- STÉFANI, M.V. Níveis de proteína adequada ao crescimento da rã-touro, *Rana catesbeiana* Shaw, 1802. In: INTERNATIONAL MEETING ON FROG RESEARCH AND TECHNOLOGY, 1, ENCONTRO NACIONAL DE RANICULTURA, 8., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa:ABETRA/UFV, 1995. p. 65.
- THOLON, P.; QUEIROZ, S.A. Models for the analysis of growth curves for rearing tinamous (*Rhynchotus rufescens*) in captivity. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 1, p. 23-31, 2007.
- TRUNG, D.V.; DIU, N.T.; HAO, N.T.; GLENCROSS, B. Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 320, p. 69-75, 2011.
- VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quartely Review of Biology**, v. 32, p. 217-230, 1957.
- WERNER, E.E.; WILLBORN, G.A.; McPEEK, M.A. Diet composition in post metamorphic bullfrog and green frogs: implications for interspecific predation and composition. **Journal of Herpetology**, v. 29, n. 4, p. 600-607, 1995.

WINSOR, C.P. The Gompertz curve as a growth curve. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.18, p.1-8, 1932.

WIRZ, R.R.; FONTANELO, D.; SOARES, H.A.; FREITAS, E.A.N.; TEIXEIRA FILHO, A.R. Ganho de peso de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) criada em gaiolas, com rações de diferentes níveis protéicos, consorciada com larvas de díptera (*Musca domestica*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 19, n. 1, p. 83-88, 1992.

CAPÍTULO 2

Descrição do crescimento e de diferentes tecidos corporais da rã-touro através do ajuste de modelos não lineares

Resumo: O conhecimento do crescimento dos animais é uma ferramenta importante, tornando a atividade zootécnica mais precisa e sustentável. O objetivo do presente estudo foi descrever o crescimento em peso vivo e dos tecidos hepático e adiposo da rã-touro na fase de engorda, através de ajuste de modelos não lineares. Foram utilizados 2.375 imagos de rã-touro com peso inicial de $7,03 \pm 0,16$ g, os quais foram alojados em cinco baias de engorda com 12 m^2 . Para alimentação dos animais foi utilizada ração comercial com 40% de PB. Foram realizadas 10 amostragens, a cada 14 dias, para obtenção das variáveis: peso vivo, peso do tecido hepático e tecido adiposo para verificar o ajuste dos modelos (Gompertz e Logístico) aos dados em função do tempo. Os valores estimados de peso à maturidade (Pm) e tempo em que a taxa de crescimento é máxima (t^*) dos parâmetros avaliados foram mais próximos do esperado no modelo Logístico. Os valores de Pm para peso vivo, tecido hepático e adiposo foram 343,7 g; 15,7g e 19.6g, respectivamente, com t^* aos 109, 98 e 105 dias, respectivamente. Portanto, o modelo Logístico pode ser uma ferramenta para representar o crescimento da rã-touro.

Palavras chaves: Curvas de crescimento, Logístico, ranicultura, taxa de crescimento.

Description and growth of different tissues of the bullfrog by fitting nonlinear models

Abstract: Knowledge of animal growth is an important tool, making the activity more precisely and sustainable animal production. The aim of this study was to describe the growth in body weight and liver and adipose tissue of the bullfrog in the fattening stage by adjusting nonlinear models. We used 2,375 froglets bullfrog with an initial weight of 7.03 ± 0.16 g, which were housed in five grow-out tanks fattening with 12 m². For feed was used commercial diets with 40% CP. 10 samples were taken every 14 days for the variables: body weight, weight of liver tissue and adipose tissue to check the fit of the models (Gompertz and Logistic) data versus time. The estimated values of mature weight (Mw) and time when the growth rate is maximal (t *) of the evaluated parameters were closer than expected in the logistic model. Pm values for weight, liver and adipose tissue were 343.7 g, 15.7 g and 19.6g, respectively, with t * to 109, 98 and 105 days, respectively. Therefore, the logistic model can be a tool to represent the growth of the bullfrog.

Key words: Growth curves, Logistic, frogculture, growth rate.

1. Introdução

A ricultura, dentre as atividades da aquicultura, apresenta pouco representatividade no perfil socioeconômico do país (Boscardin, 2008), acarretando em pouco investimento tecnológico e de desenvolvimento nas indústrias de insumos (Moreira, 2011). Entretanto, apresenta enorme potencial de consumo, através do crescimento do consumo de carnes brancas e saudáveis pela população (FAO, 2009) e também por ser uma fonte alternativa de proteína (Mello et al., 2006) para uma população que necessita de mais alimentos com a diminuição do uso dos recursos naturais (Schneider et al., 2011).

A modelagem matemática é uma ferramenta utilizada na produção para auxiliar técnicos e pesquisadores na construção de programas de melhoramento e nutrição animal (Sakomura e Rostagno, 2007) com objetivo de tornar as atividades zootécnicas mais precisas, lucrativas e sustentáveis.

As equações matemáticas não lineares mais usadas para descrever o crescimento em peso dos animais de produção são Gompertz (Winsor, 1932), Logístico (Reed e Pearl, 1927), Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957), Brody (Brody, 1945) e Richards (Richards, 1959). Essas equações são adotadas por possuírem três ou mais parâmetros que possuem interpretação biológica, além disso, a partir da derivada da equação não linear é possível calcular a taxa de crescimento e ao dividir esta pela massa corporal se calcula a taxa de crescimento relativo (Fitzhugh Jr, 1976).

Vários trabalhos foram realizados descrevendo o crescimento de diversas espécies de animais, através de curvas não lineares, como bovinos (Souza et al., 2010; Gonçalves et al., 2011; Silva et al., 2011), ovinos (Malhado et al., 2009;

Souza et al, 2011; Silva et al, 2012), bubalinos (Araújo et al., 2012), aves (Tholon e Queiroz, 2007; Kuhl et al., 2010; Sakomura et al., 2011), peixes (Santos et al., 2007; Gomiero et al., 2009; Dumas et al., 2010), rãs na fase terrestre (Agostinho et al., 1991; Rodrigues et al., 2007) e na fase aquática (Mansano et al., 2012).

Na ranicultura, as equações de Gompertz e Logística foram eleitas como modelos a serem utilizados para descrever o crescimento da rã-touro na fase terrestre (Rodrigues et al., 2007), porém as condições de criação adotadas foram de laboratório.

Além de se determinar o crescimento corporal em função do tempo, curvas podem ser obtidas para órgãos do corpo (Marcato et al., 2010) e cortes comerciais (Marcato et al., 2009). Para as rãs, os tecidos de destaque são: o fígado pela sua importância para o bom funcionamento do metabolismo animal (Hipolito et al., 2004, Petersen e Gleeson, 2007; Seixas Filho et al., 2009), e o corpo adiposo por possuir capacidade de armazenamento de gordura para o animal em períodos de baixas temperaturas e de reprodução (Costa et al., 1998; Navarro et al., 2005; Pereira et al., 2011).

Há poucos relatos sobre o crescimento da rã-touro, tornando-se necessário a realização de estudos que forneçam mais informações sobre esse processo. Portanto, o objetivo foi descrever o crescimento em peso vivo e o desenvolvimento dos tecidos hepático e adiposo da rã-touro na fase de engorda, através de ajuste de modelos não lineares.

2. Material e Métodos

Local

O trabalho foi realizado no Centro de Aquicultura, UNESP - Univ Estadual Paulista, Setor de Ranicultura, localizado em Jaboticabal, SP, Brasil, no período outubro de 2010 a fevereiro de 2011.

Animais e métodos de criação

Foram utilizados 2.415 imagos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) com $7,03g \pm 0,16$ (peso vivo médio \pm erro padrão), sendo 40 utilizados para a primeira amostragem e o restante (2.375) alojados em cinco baias de engorda de 12 m² (Lima, 1997) em um galpão experimental.

As baias de engorda continham abrigos, canaleta de água central e cochos vibratórios dispostos linearmente. A água utilizada foi proveniente de poço artesiano, com fluxo contínuo.

As rãs foram alimentadas com dieta comercial extrusada (Tabela 1) oferecida "ad libitum". Durante os primeiros 45 dias o tamanho do pelete da ração foi de 2 a 4 mm e depois com 6 a 8 mm.

Diariamente, as canaletas de água das baias foram esvaziadas, limpas e a água repostas. As sobras da dieta foram retiradas, secas em estufa a 55°C por 24 horas, pesadas e os cochos limpos. Animais mortos foram retirados e anotados.

A temperatura da água e do ambiente foi medida com um termômetro de máxima e mínima, colocado a 30 cm do piso e o sensor anexo ao aparelho dentro da água.

Biometrias e obtenção dos dados

Dez amostragens foram realizadas com intervalo de 14 dias. Inicialmente foram amostradas 40 rãs, na segunda e terceira foram 40 rãs de cada baia, da quarta à décima foram 20 rãs/baia.

As rãs amostradas foram insensibilizadas em gelo e pesadas (balança digital; 0,01g de precisão). Após, a medula foi seccionada e a cavidade celomática aberta para retirada e pesagem do tecido hepático e tecido adiposo.

Os procedimentos adotados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências de Agrárias e Veterinárias da UNESP, documento de número 024999/10, e estão de acordo com os princípios éticos na experimentação animal elaborado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

Análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco unidades experimentais (bacias de 12 m²), sendo as repetições, as médias das cinco bacias nas dez amostragens. As médias de peso vivo das rãs (g), peso do fígado (g) e peso do corpo adiposo (g) foram utilizadas para descrever o crescimento através do ajuste dos modelos de crescimento não-linear (Gompertz e Logístico) através do peso (g) em função da idade (dias).

Os modelos adotados para descrever as curvas de crescimento foram de Gompertz: $P_t = P_m e^{-e^{-b(t-t^*)}}$ e o Logístico: $P_t = P_m / (1 + e^{-b(t-t^*)})$, em que P_t = peso (g) ao tempo t , estimado em função do P_m ; P_m = peso (g) à

maturidade; b = taxa de maturidade (g/dia); t^* = tempo (dias) em que a taxa de crescimento é máxima; t = tempo (dias).

Com base na equação estimada, calcularam-se as taxas de crescimento (g/dia) em função do tempo (t), por meio da derivada das equações de

Gompertz: $dPt'/dt = Pm b e^{-b(t-t^*)} - e^{-b(t-t^*)}$ e do Logístico:
 $dPt'/dt = b(Pt^2 / Pm)e^{-b(t-t^*)}$.

Quando os parâmetros foram estimados, foi utilizado o procedimento NLIN do Sistema de Análises Estatística, SAS (2001). As estimativas dos parâmetros foram obtidas por método iterativo de Gauss-Newton, método modificado, desenvolvido por Hartley (1961), para modelos não-lineares.

Os critérios utilizados para seleção do modelo mais adequado foram: coeficiente de determinação (R^2) (Souza, 1998); quadrado médio do resíduo (QMR); critério de Akaike (AIC) (Akaike, 1974); desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) (Sarmiento et al., 2006), quanto menor o valor do DMA, melhor o ajuste e a distribuição dos resíduos studentizado, usada para detectar pontos discrepantes, em geral, considera-se uma observação marginalmente discrepante se $|Rt_i^*| > 2$ (Lemonte, 2008).

3. Resultados

As temperaturas médias máxima e mínima do ambiente observadas no interior do galpão foram de $33,35^\circ\text{C} \pm 3,20$ e $21,26^\circ\text{C} \pm 1,69$, respectivamente, com variação média e o desvio padrão entre as mesmas de $12,09^\circ\text{C} \pm 3,46$. A variação entre a temperatura máxima e mínima da água das canaletas das baias

foi $3,01\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,80$, onde a temperatura máxima foi de $30,95^{\circ}\text{C} \pm 0,62$ e a mínima de $27,94\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,88$. Temperaturas altas e acima de 35°C foram observadas em vários dias durante o período experimental.

Os valores estimados para os parâmetros P_m e t^* do modelo de Gompertz foram superiores aos do modelo Logístico nas três variáveis estudadas, e os valores para b foram menores (Tabela 2). Os valores estimados para o modelo Logístico apresentaram-se mais próximos do esperado, ou seja, o peso à maturidade (P_m) para peso vivo, tecido hepático e tecido adiposo foram 343,7g; 15,7g e 19,6g, respectivamente, t^* (tempo em que a taxa de crescimento é máxima) aos 109, 98, 105 dias, respectivamente (Tabela 2).

Nas variáveis estudadas (peso vivo, tecido hepático e tecido adiposo), os valores para o quadrado médio do resíduo (10,1960; 0,1501 e 0,1002, respectivamente), desvio médio absoluto (0,0294; 0,0462 e 0,0689; respectivamente), e critério de Akaike (3,2022; 5,0002 e 1,6200, respectivamente) foram menores para o modelo Logístico, indicando melhor ajuste. Os coeficientes de determinação R^2 apresentaram valores bem próximos para os dois modelos (Tabela 2).

As curvas de crescimento para peso vivo, tecido hepático e adiposo descritas pelos dois modelos apresentaram-se bem próximas entre elas e aos dados observados (Figura 1, a-c). A diferença de comportamento entre os modelos é demonstrada nas curvas de taxa de crescimento (g/dia), onde pode-se observar no modelo Logístico que o dia em que a taxa de crescimento foi máxima (t^*) para peso vivo, tecido hepático e adiposo foram aos 109, 98 e 105 dias, respectivamente (Figura 2, a-c).

Os resíduos studentizados dos modelos estudados estiveram dentro da faixa adotada para todas variáveis estudadas e confirmou a inexistência de pontos discrepantes (Figura 3, a-c).

4. Discussão

No final do período experimental (126 dias) as rãs apresentaram peso vivo médio de 214,56g, atingindo o valor estabelecido para abate de 200g. Na ranicultura, o tempo da criação do imago até atingiria o peso de abate pode variar de 77 (Borges et al., 2012) a 166 dias (Teodoro et al., 2005). O principal fator de interferência é a temperatura por influenciar diretamente no metabolismo do animal, assim como todos os anfíbios anuros, a rã-touro é dependente da temperatura do ambiente em que se encontra (Petersen e Gleeson, 2011).

Em alguns dias ocorreram temperaturas acima das consideradas ótimas para rã-touro, isso pode ter influenciado o crescimento das mesmas. Braga e Lima (2001) observaram o melhor crescimento e ganho de peso de rãs-touro com peso vivo entre 37 e 90g na temperatura entre 25,1 e 30,4°C. Já, Figueiredo et al. (1999) para rãs-touro com mais de 100g de peso vivo o melhor desempenho zootécnico foi observado entre as temperaturas de 27,6 e 28,2°C. A temperatura ambiente também afetou os pesos dos tecidos adiposo e hepático, apresentando os maiores valores nas temperaturas de 27,27°C e 26,81°C, respectivamente (Figueiredo et al., 2001).

As temperaturas do ambiente e da água verificadas foram somente a máxima e a mínima, metodologia de rotina nos experimentos referentes a rãs. Entretanto, para trabalhos futuros deve-se recomendar avaliar o tempo de

duração das temperaturas para quantificar o grau de influência das altas e baixas temperaturas. Além disso, o comportamento e locomoção das rãs durante 24 horas dentro das baias nos momentos de temperaturas de desconforto térmico devem ser observados, por exemplo, no período da tarde onde ocorreram as maiores temperaturas a maioria das rãs encontravam-se dentro da canaleta de água, onde as temperaturas eram mais amenas.

Além da temperatura, outros fatores podem influenciar o crescimento, como peso inicial dos imagos (Álvarez e Real, 2006) e se os mesmos estão condicionados a alimentação com ração (Real et al., 2005).

O valor estimado de P_m para peso vivo de 1.051,5g, para o modelo de Gompertz, foi considerado elevado para representar o período de estudo. Espécimes de rã-touro podem atingir esse valor ao longo de sua vida com mais de dois anos. Entretanto, o valor estimado para P_m de 343,7g para o modelo Logístico, foi considerado adequado para o período de engorda dos imagos até o peso de abate, pois as rãs apresentaram peso médio de 214,56g com 126 dias.

O valor ajustado para t^* para a variável peso vivo de 177,6 dias para o modelo de Gompertz apresentou a mesma incoerência para o valor de P_m para o mesmo modelo, pois acredita-se que a rã-touro apresentou taxa de crescimento máxima dentro do período dos 126 dias experimentais, valor que foi ajustado para o modelo Logístico de 109,5 dias.

Os valores de P_m e t^* das variáveis tecidos hepático (38,13g e 140,7 dias) e adiposo (54,04g e 149,7 dias) no modelo de Gompertz também foram elevados apresentando o mesmo comportamento e interpretações dos resultados para peso vivo.

A representação gráfica da taxa de crescimento revelou o ganho diário em gramas para cada variável (Figura 2). A partir disso, pode-se visualizar o comportamento do crescimento das rãs de forma mais precisa, onde o dia em que taxa de crescimento foi máxima para peso vivo (109 dias), tecido (98 dias) e adiposo (105 dias) foram próximos no modelo Logístico.

O modelo Logístico apresentou uma característica de estimar valores iniciais mais baixos que o modelo de Gompertz, subestimando o peso vivo inicial na média de 4,12g (Figura 1, a-c). Esse comportamento também foi observado em rãs-touro criadas em mini-baias, onde o modelo Logístico subestimou em 21,8g o peso inicial (Rodrigues et al., 2007), sendo esse estudo realizado em 294 dias com rãs além da faixa do peso de abate.

Apesar das diferenças dos valores de DMA entre os modelos terem sido mínimas (Tabela 2), esta metodologia pode ser adotada para a escolha do modelo que apresentar o menor valor para ajustar a curva média de crescimento (Sarmiento et al., 2006).

Importante salientar que os resultados encontrados na literatura, para trabalhos que visem encontrar equações que representem o crescimento, podem variar dentre as diversas espécies de anfíbios e das condições adotadas (Hota, 1994).

A escolha de um modelo de crescimento adequado é importante, uma vez que pode ter efeito decisivo sobre os resultados de uma simulação de um modelo de dinâmica ecológica. Por exemplo, o modelo Logístico é indicado para descrever o crescimento em períodos curtos de tempos (dias e meses) e em ambientes que possuam algum controle como a nutrição (Gamito, 1998).

A utilização do modelo Logístico para comparar duas populações de rãs da família Ranidae (*Rana clamitans* e *Rana sptentrionalis*) permitiu diferenciar as características intersexuais e interespecíficas em trajetórias de crescimento (Shirose e Brooks, 1995).

Curvas não lineares do crescimento dos tecidos hepático e adiposo para rãs foram estimadas pela primeira vez e os resultados foram satisfatórios, sendo que o modelo Logístico apresentou melhores ajustes.

O conjunto adotado de avaliadores de ajustes foi satisfatório para auxiliar na tomada de decisão da escolha do melhor modelo estudado. Critérios de avaliação para seleção de um modelo adequado devem ser bem adotados, pois informações dadas pelos avaliadores de qualidade de ajuste podem indicar qual modelo é o mais apropriado para descrever o crescimento corporal de uma população (Silva et al., 2002; Mendes et al., 2009; Silveira et al., 2011).

5. Conclusão

O peso vivo da rã-touro e seus tecidos hepático e adiposo foram melhor estimados pelo modelo Logístico em função do tempo, ou seja, este modelo Logístico pode ser uma ferramenta a ser adotada para representar o crescimento da rã-touro.

6. Referências

- AGOSTINHO, C.A.; SILVA, M.A.; TORRES, R.A.; LIMA, S.L. Curvas de crescimento de rãs-pimenta. *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 20, p. 47-54, 1991.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**. v.19, n.6, p.716-723, 1974.
- ÁLVAREZ, R.; REAL, M. Significance of initial weight of post-metamorphosis froglets for growth and fattening of *Rana perezi* Seone, 1885, raised in captivity. **Aquaculture**, v. 255, p. 249-435, 2006.
- ARAÚJO, R.O.; MARCONDES, C.R.; DAMÉ, M.C.F.; GARNERO, A.D.V.; GUNSKI, R.J.; EVERLING, D.M.; RORATO, P.R.N. Classical nonlinear models to describe the growth curve for murre buffalo breed. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 550-555, 2012.
- BORGES, F.F.; AMARAL, L.A.; STEFANI, M.V. Characterization of effluents from bullfrog (*Lithobates catesbeianus*, Shaw, 1802) grow-out ponds. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 2, p 160-166, 2012.
- BOSCARDIN, N.R. A produção aquícola brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília: FAO. 2008. p. 27-72.
- BRAGA, S.L.; LIMA S.L. Influência da temperatura ambiente no desempenho da rã-touro, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802) na fase de recria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, 1659-1663, 2001.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**: with special reference to the efficiency complex of domestic animals. New York: Hafner, 1945. 1023 p.
- COSTA, C.L.S.; LIMA, S.L.; ANDRADE, D.R.; AGOSTINHO, C.A. Caracterização morfológica dos estádios de desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino da rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfigranja de criação intensiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 642-650, 1998.
- DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: Where have we been and where are we going? **Aquaculture Research**, v. 41, p. 161-181, 2010.

- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2009 *The state of World fisheries and aquaculture*. Disponível em <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf>.
- FIGUEIREDO, M.R.C.; LIMA, S.L.; AGOSTINHO, C.A.; BAÊTA, F.C. Efeito da temperatura e do fotoperíodo sobre o desenvolvimento do aparelho reprodutor de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.916-923, 2001.
- FIGUEIREDO, M.R.C.; AGOSTINHO, C.A.; BAÊTA, F.C.; LIMA, C.A. Efeito da temperatura sobre o desempenho da rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 661-667, 1999.
- FITZHUGH Jr, H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, 1976.
- GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**, v.113, p.83-94, 1998.
- GOMIERO, J.S.G.; FREITAS, R.T.F.; SANTOS, V.B.; SILVA, F.F.; RODRIGUES, P.B.; LOGATO, P.V.R. Curvas de crescimento morfométrico de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 882-889, 2009.
- GONÇALVES, T.M.; DIAS, M.A.; AZEVEDO JUNIOR, J.; RODRIGUEZ, M.AP.; TAMPANI, V.D.; OLIVEIRA, A.I.G. Curvas de crescimento de fêmeas da raça nelore e seus cruzamentos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 5, n. 3, p. 582-590, 2011.
- HARTLEY, H.O. The modified Gauss Newton method for the fitting of non linear regression functions by least squares. **Thechnometrics**, v.3, n.2, p.269 280, 1961.
- HIPOLITO, M., MARTINS, A.M.C.R.P.F.; BACH, E.E. Aspectos bioquímico em fígado de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) sadias e doentes. **Arquivos do instituto Biológico**, v. 71, n. 2, p. 147-153, 2004.
- HOTA, A.K. Growth in amphibians. **Gerontology**, v.40, n. 2, p.147-160, 1994.
- KUHI, H.D.; PORTER, T.; LÓPEZ, S.; KEBREAB, E.; STRATHE, A.B.; DUMAS, A.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. A review of mathematical functions for the

- analysis of growth in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 227-240, 2010.
- LEMONTE, A. J. Diagnóstico em regressão normal linear: princípios e aplicação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.26, p.07-26, 2008.
- LIMA, S.L. **Criação de rãs (Sistema Anfrigranja)**. Viçosa: CPT, manual técnico (08), 1997. 48 p.
- MALHADO, L.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; AFFONSO, P.R.A.M.; SOUZA, A.A.O.; SARMENTO, J.L.R. Growth curve in dorper sheep crossed with the local brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês. **Small Ruminant Research**, v. 84, p. 16-21, 2009.
- MANSANO, C.F.M.; STÉFANI, M.V.; PEREIRA, M.M.; MACENTE, B.I. Non-linear growth models for bullfrog tadpoles. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 4, p. 454-462, 2012.
- MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDES, J.B.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FURLAN, R.L.; PIVA, G.H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculos, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1159-1168, 2009.
- MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDES, J.B.K.; SIQUEIRA, J.C.; DOURADO, L.R.B.; FREITAS, E.R. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frango de corte de duas linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1089-1091, 2010.
- MELLO, S.C.R.P.; PESSANHA, L.S.; MANCO, S.; FRANCO, R.M.; PARDI, H.S.; SANTOS, I.F. Avaliação bacteriológica e físico-química da polpa de dorso de rã obtida por separação mecânica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 39-48, 2006.
- MENDES, P.N.; MUNIZ, J.A.; SILVA, F.F.; MAZZINI, A.R.A., SILVA, N.A.M. Análise da curva de crescimento difásica de fêmeas hereford por meio da função não linear de Gompertz. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 454-461, 2009.

- MOREIRA, C.R. **Análise econômica da ranicultura: viabilidade individual e integrada de operações**. 2011. 56f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Pesca) – Instituto de Pesca – APTA –SAA, São Paulo, 2011.
- NAVARRO, R.D.; RIBEIRO FILHO, O.P.; YASUI, G.S.; MACIEL, E.C.S.; SANTOS, L.C. Efeito do hormônio 17- α -metil-testosterona nos índices somáticos de *Rana catesbeiana*. **Zootecnia Tropical**, v. 23, p. 319-325, 2005.
- PEREIRA, M.M.; RIBEIRO FILHO, O.P.; TRONI, A.R.; TAKAMURA, A.E.; MANSANO, C.F.M.; NASCIMENTO, F.B.; CAMARGO FILHO, C.B. Tecido hepático e corpo adiposo de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) submetido a diferentes fotoperíodo. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, n. 1, p. 76-80, 2011.
- PETERSEN, A.M.; GLEESON, T.T. Acclimation temperature affects the metabolic response of amphibians skeletal muscle to insulin. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 160, p. 72-80, 2011.
- PETERSEN, A.M.; GLEESON, T.T. Characterization of circannual patterns of metabolic recovery from activity in *Rana catesbeiana* at 15°C. **The Journal of Experimental Biology**, v. 210, p. 1786-1797, 2007.
- REAL, M.; MARTINEZ, I.P.; ÁLVAREZ, R. Progressive reductions in the movement induced in food when rearing *Rana perezi* Seone, 1885, in captivity. **Aquaculture**, v. 249, p. 189-193, 2005.
- REED, L.J.; PEARL, R. On the summation of logistic curves. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 90, n. 4, 729-746, 1927.
- RICHARDS, J.F. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, n. 2, p. 290-301, 1959.
- RODRIGUES, M.L.; LIMA, S.L.; MOURA, O.M.; AGOSTINHO, C.A.; SILVA, J.H.V.; CRUZ, G.R.B.; CAMPOS, V.M.; CASALI, A.P.; MENDES, R.R.B.; ALBUQUERQUE, A.G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 125-136, 2007.
- SAKOMURA, N.K.; GOUS, R.M.; MARCATO, S.M.; FERNANDES, J.B.K. A description of the growth of the major body components of 2 broilers chicken strains. **Poultry Science**, v. 90, p. 2888-2896, 2011.

- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Metódos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SANTOS, V.B.; FREITAS, R.T.F.; SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Evaluation of morphometric growth curves of tilapia of Nilo (*Oreochromis niloticus*) strains. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1486-1492, 2007.
- SARMENTO, J.L.R.; REGAZZI, A.J.; SOUZA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Analysis of the growth curve of Santa Ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.435-442, 2006.
- SCHNEIDER, U.A.; HAVLÍK, P.; SCHMID, E.; VALIN, H.; MOSNIER, A.; OBERTEINER, M.; BOTTCHER, H.; SKALSKÝ, R.; BALKOVIC, J.; SAUER, T.; FRITZ, S. 2011. Impacts of population growth, economic development, and technical change on global food production and consumption. **Agricultural Systems**, v.104, p.204-215, 2011.
- SHIROSE, L.J.; BROOKS, R.J. Growth-rate and age at maturity in syntopic populations of *Rana clamitans* and *Rana septentrionalis*) in central Ontario. **Canadian Journal of Zoology**, v. 73, n. 8, p. 1468-1473, 1995.
- SEIXAS FILHO, J.T.; HIPOLITO, M.; MARTINS, A.M.R.P.F.; RODRIGUES, E.; CASTAGNA, A.A.; MELLO, S.C.R.P. Histopathological alterations in bullfrog juveniles fed commercial rations of different crude protein levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2306-2310, 2009.
- SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, A.I.G. Estimativas de parâmetros genéticos de curva de crescimento de gado nelore (*Bos indicus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Edição Especial, p. 1562-1567, 2002.
- SILVA, F.L.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; PACKE, I.U.; MOURÃO, G.B. Growth curves in beef cows of different biological types. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.262-271, 2011.
- SILVA, L.S.A.; FRAGA, A.B.; SILVA, F.L.; BEELEN, P.M.G.; SILVA, R.M.O.; TONHATI, H.T.; BARROS, C.C. Growth curve in Santa Inês sheep. **Small Ruminant Research**, v. 105, p. 182-185, 2012.

- SILVEIRA, F.G.; SILVA, F.F.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M. Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 62-73, 2011.
- SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço de Produção de Informação/ EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-SEA. 1998. 505 p.
- SOUZA, L.A.; CAIRES, D.N.; CARNEIRO, P.L.S.; MALHADO, C.H.M.; MARTINS FILHO, R. Curvas de crescimento em bovinos da raça Indubrasil criados no estado de Sergipe. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 4, p. 671-676, 2010.
- SOUZA, L.A.; CARNEIRO, P.L.; MALHADO, C.H.M; PAIVA, S.R.; CAIRES, D.N.; BARRETO, D.L.F. Curvas de crescimento em ovinos da raça morada nova criados no estado da bahia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1700-1705, 2011.
- TEODORO, S.M.; CHAVES, M.A.; ESCOBEDO, J.F.; AGOSTINHO, C.A. Relação de variáveis ambientais em baias cobertas com polietileno e desempenho da rã-touro (*Rana catesbeiana*). **Engenharia Agrícola**, v. 25, n.1, p. 46-56. 2005.
- THOLON, P.; QUEIROZ, S.A. Models for the analysis of growth curves for rearing tinamous (*Rhynchotus rufescens*) in captivity. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 1, p. 23-31, 2007.
- VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quartely Review of Biology**, v. 32, p. 217-230, 1957.
- WINSOR, C.P. The Gompertz curve as a growth curve. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.18, p.1-8, 1932.

Tabela 1. Nível de garantia do fabricante (NGF) e composição centesimal analisada (CCA) da dieta comercial¹.

	NGF	CCA
Proteína bruta (%)	40,0 (min)	39,65
Energia bruta (Kcal/kg)	-	4.366,3
Extrato etéreo (%)	8,0 (min)	4,89
Fibra bruta (%)	6,0 (máx)	1,91
Matéria mineral (%)	12,0 (máx)	10,28
Umidade (%)	10,0 (máx)	6,13
Cálcio (%)	1,6 (máx)	-
Fósforo (%)	0,8 (min)	-

¹Dieta para peixes tropicais de água doce. Composição básica da dieta, ingredientes: Farelo de soja, farelo de trigo, farelo de glúten de milho 60, farinha de peixe, milho integral moído, gordura vegetal, estabilizada, calcário calcítico, fosfato bicálcico, refinazil e premix vitamínico mineral. Eventuais substitutos: Farelo de arroz, farelo de gérmen de milho, quirera de arroz, sorgo integral moído, levedura seca de cana de açúcar, farinha de carne e ossos, farinha de penas hidrolisada, farinha de vísceras, farinha de sangue. Enriquecimento por Kg do produto: Vitamina A, 16.000 UI/kg; Vitamina D, 4.500 UI/Kg; Vitamina E, 250 mg; Vitamina K, 30 mg; Vitamina C, 350 mg; Tiamina (B1), 32 mg; Riboflavina (B2), 32 mg; Piridoxina (B6), 32 mg; Vitamina B12, 32 mg; Niacina, 170 mg; Biotina 10 mg, Ácido fólico, 10 mg; Pantotenato de cálcio, 80 mg; Colina, 2.000mg; Cobalto, 0,5 mg; Cobre, 20 mg; Ferro, 150 mg; Iodo, 1 mg; Manganês, 50 mg; Selênio 0,7 mg e Zinco, 150 mg.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros e erro padrão, quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2), desvio médio absoluto (DMA) e o critério de Akaike (AIC) de acordo com os modelos estudados para peso vivo e tecidos da rã-touro.

Modelo	Pm (g)	b (g/dia)	t* (dia)	
Peso vivo				
Gompertz	1051,5 ± 82,1000	0,0088 ± 0,0015	177,6 ± 35,6918	
Logístico	343,70 ± 34,9132	0,0313 ± 0,0020	109,5 ± 6,83060	
Tecido hepático				
Gompertz	38,1396 ± 17,0849	0,0113 ± 0,0028	140,700 ± 36,1080	
Logístico	15,7117 ± 1,77810	0,0373 ± 0,0038	98,6917 ± 7,06470	
Tecido adiposo				
Gompertz	54,0436 ± 24,8357	0,0123 ± 0,0028	149,7 ± 32,6302	
Logístico	19,6925 ± 2,11670	0,0430 ± 0,0038	105,2 ± 5,72740	
	QMR	R^2	DMA	AIC
Peso vivo				
Gompertz	15,0126	0,9991	0,5171	3,2107
Logístico	10,1960	0,9994	0,0294	3,2022
Tecido hepático				
Gompertz	0,2495	0,9951	0,0486	5,3957
Logístico	0,1501	0,9971	0,0462	5,0020
Tecido adiposo				
Gompertz	0,2169	0,9970	0,0711	1,6630
Logístico	0,1002	0,9984	0,0689	1,6200

Pm = peso (g) à maturidade; b = taxa de maturidade (g/dia); t* = tempo (dias) em que a taxa de crescimento é máxima.

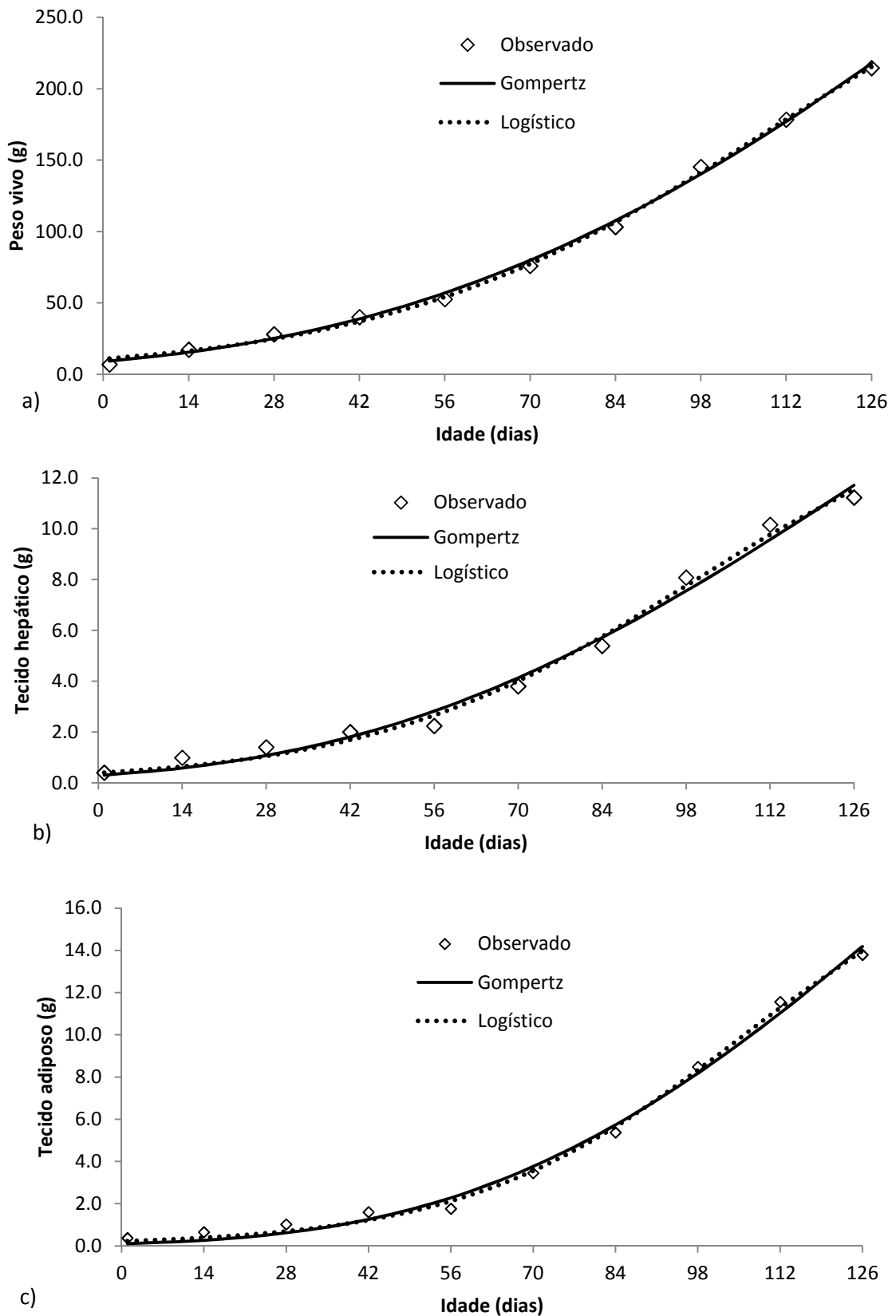


Figura 1. Curvas de Gompertz e Logística estimadas para peso vivo (a), tecido hepático (b) e tecido adiposo (c).

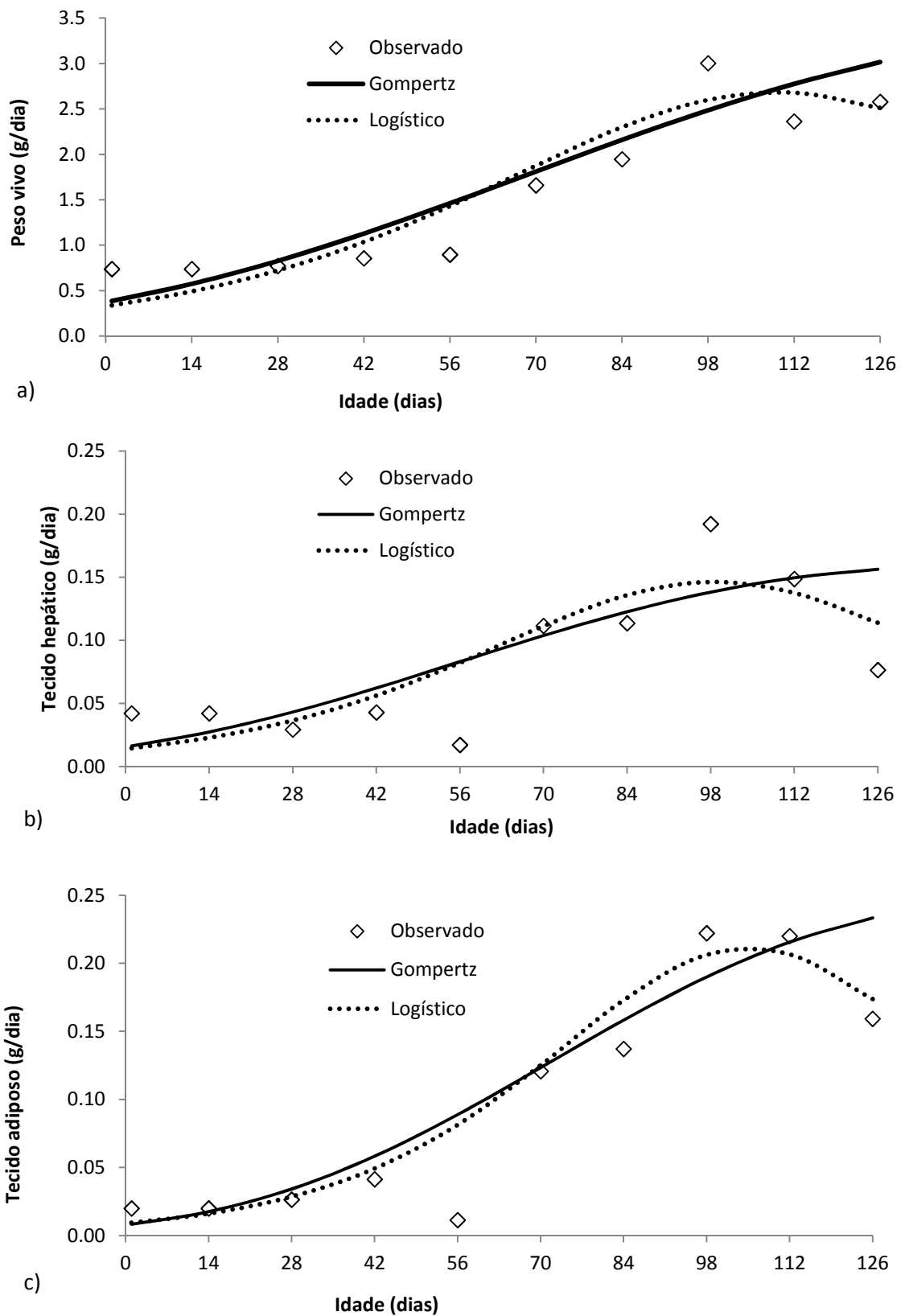


Figura 2. Taxas de crescimento (g/dia) para peso vivo (a), tecido hepático (b) e tecido adiposo (c) estimadas pelos modelos de Gompertz e Logístico.

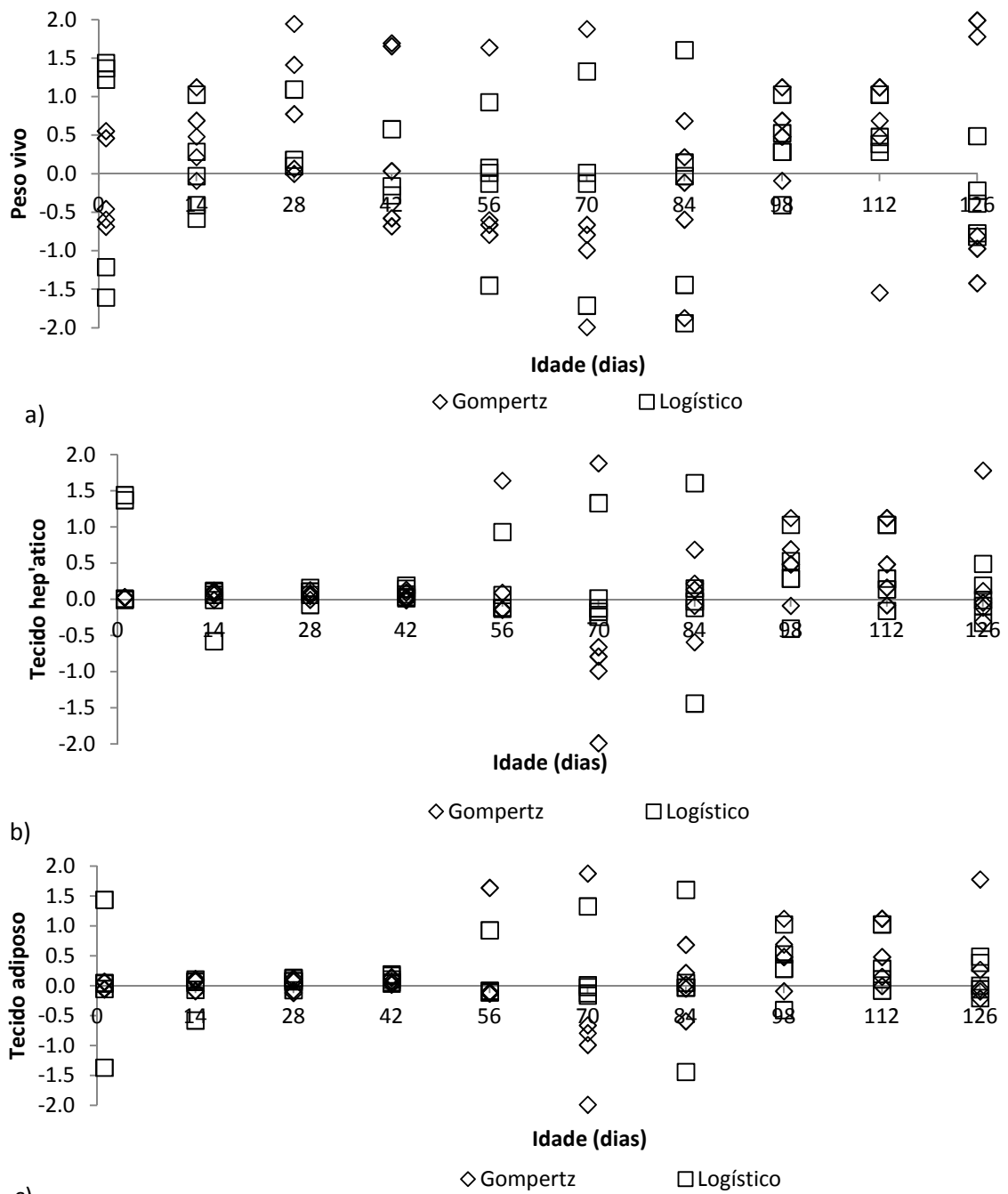


Figura 3. Resíduos studentizados (medidas de diagnóstico para a detecção de pontos discrepantes) para peso vivo (a), tecido hepático (b) e tecido adiposo (c).

CAPÍTULO 3

Deposição dos nutrientes no corpo e coxa da rã-touro na fase de engorda

Resumo: As descrições da deposição dos nutrientes são importantes para auxiliar na determinação das exigências nutricionais para os animais. A partir do exposto, o objetivo do presente estudo foi descrever a deposição dos nutrientes no corpo e nas coxas da rã-touro, bem como o consumo da dieta, através dos modelos de Gompertz e Logístico, e avaliar a eficiência proteica da dieta para rã-touro na fase da engorda. Foram utilizados 2.375 imagos de rã-touro com peso inicial de $7,03 \pm 0,16$ g, alojados em cinco baias de engorda com 12 m². A alimentação dos animais foi com dieta comercial com 40% de PB. A cada 14 dias foram realizados amostragens de animais para obtenção da composição corporal e das coxas. A partir dos critérios de avaliação, o modelo mais adequado para descrever a deposição de nutrientes no corpo e coxas das rãs, bem como o consumo da dieta foi o Logístico. Os valores estimados de peso dos nutrientes à maturidade (Pm) e o tempo onde a taxa de deposição foi máxima (t*) para água, proteína, extrato etéreo e cinzas do corpo e coxas da rã-touro foram: 244,3g e 106 dias ; 55,1g e 103 dias; 30,95g e 124 dias; 8,58 g e 99 dias; 77,6g e 111 dias; 14,5g e 104 dias; 1,42g e 86 dias; 3,71g e 119 dias, respectivamente. Os valores de consumo à maturidade (Cm) e o tempo onde o consumo foi máximo (t*) foi de 369,3g e 107 dias. A dieta comercial apresentou uma baixa eficiência proteica (36,76%).

Palavras chaves: Logístico, *Lithobates catesbeianus*, nutrição, proteína.

Deposition of nutrients in the body and thigh of bullfrogs in the fattening phase

Abstract: The descriptions of the deposition of nutrients are important to aid in determining the nutritional requirements for the animals. From the above, the purpose of this study was to describe the deposition of nutrients in the body and thighs of bullfrogs, and the consumption of the diet, through the Gompertz and Logistic models, and assess the efficiency of dietary protein for frog bull at the stage of fattening. We used 2,375 froglets of bullfrog with an initial weight of 7.03 ± 0.16 g, housed in five grow-out tanks fattening with 12 m^2 . The animals' diet was a commercial diet with 40% CP. Every 14 days the animals were held for obtaining samples of body composition and thighs. From the evaluation criteria, the most appropriate model to describe the deposition of nutrients in the body and thighs of frogs, and the consumption of diet was the logistics. The values estimated weight of nutrients to maturity (P_m) and the time the deposition rate was maximum (t^*) for water, protein, lipid and ash body and thighs of bullfrogs were 244.3 g and 106 days, 55.1 g, 103 days, 30.95 g and 124 days, 99 days 8.58 g, 77.6 g and 111 days; 14.5 g, 104 days, and 86 days 1.42 g, 3.71 g and 119 days respectively. The consumption values to maturity (C_m) and the time consumption was maximum (t^*) was 369.3 g and 107 days. The commercial diet showed a low protein efficiency (36.76%).

Key words: Logístico, *Lithobates catesbeianus*, nutrition, protein.

1. Introdução

A rã-touro, criada nos ranários brasileiros, possui carne com elevado teor proteico, todos os aminoácidos essenciais e baixo teor de gordura (Noll e Lindau, 1987).

As coxas da rã, parte nobre do animal, são constituídas de par de coxas (pernas) da rã-touro é constituído por músculos (tríceps femoris, semimembranosus, bíceps femoris, peroneus, gastrocnemius e tendão de achilles) (Fragoso, 2012) e ossos (fêmur, tíbiofíbula, calcâneo e talus; Bercu et al., 2012). O comércio internacional de coxas de rã gira em torno de 40 milhões de dólares por ano (Turnipseed et al., 2012), onde os maiores consumidores são a França e Estados Unidos (Tokur et al., 2008; Neveu, 2009).

O crescimento dos animais em função do tempo em resposta a um tratamento pode ser expresso por meio de modelos matemáticos (Fitzhugh Jr, 1976), por exemplo, modelos de Gompertz e Logístico para rãs-touro (Rodrigues et al., 2007b).

Além do peso vivo, funções não lineares permitem ajustes para outras funções do crescimento mais complexas, como para componentes corporais (proteína, gordura, água e cinzas) (Knížetová et al., 1991).

A estimação dos parâmetros das equações não lineares é importante para prever o peso e a deposição dos nutrientes, em qualquer idade, além de inferir o melhor peso de mercado, estabelecer alimentação específica para os animais e, assim, contribuir para melhoria do desempenho de produção animal (Marcato et al., 2008).

O acréscimo de massa dos componentes ou nutrientes corporais (água, proteínas, gorduras, minerais) determina o crescimento dos animais. O crescimento de componentes corporais e a eficiência com o qual os nutrientes são convertidos são afetados por fatores endógenos (espécies, genética e fase de vida) e exógenos (composição da dieta, ambiente de criação, etc) (Dumas et al., 2010).

O conhecimento da deposição dos nutrientes corporais no animal permite entender melhor a partição dos nutrientes, trazendo informações importantes para pesquisadores na área da nutrição.

Modelos de crescimento e os processos de deposição de nutrientes em peixes tem contribuído para formulação de dietas para os mesmos (Hua et al., 2010).

A partir do exposto, objetivo foi descrever curvas de deposição dos nutrientes do corpo e coxas da rã-touro, do consumo da dieta, através de dois modelos não lineares e avaliar a eficiência proteica da dieta utilizada para rã-touro na fase da engorda.

2. Material e Métodos

Local

O trabalho foi realizado no Centro de Aquicultura, UNESP - Univ Estadual Paulista, Setor de Ranicultura (durante o período de outubro de 2010 a fevereiro 2011) e no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia FCAV-UNESP.

Animais e métodos de criação

Foram utilizados 2.375 Imagos de rãs-touro (*Lithobates catesbeianus*) com peso vivo de $7,03\text{g}\pm 0,16$, os quais foram divididos e alojados em cinco baias de engorda de 12 m² contendo abrigos, canaleta de água e cochos vibratórios dispostos linearmente (Lima, 1997). A água utilizada foi proveniente de poço artesiano, com fluxo contínuo.

As rãs foram alimentadas diariamente com dieta comercial extrusada (Tabela 1). As sobras de ração dos cochos foram retiradas, colocadas em estufa a 55°C por 24 horas e pesadas, para o cálculo do consumo da dieta pelos animais. O tamanho do pelete da ração nos primeiros 45 dias foi de 2 a 4 mm e depois de 6 a 8 mm.

Diariamente, os cochos foram limpos e a canaleta de água das baias esvaziadas, limpas e a água repostas. Os animais mortos foram retirados e anotados.

A temperatura da água e do ambiente foi medida diariamente com um termômetro de máxima e mínima, colocado a 30 cm do piso, com sensor anexo ao aparelho dentro da água.

Biometrias e amostragens

Foram realizadas dez amostragens com intervalo de 14 dias, onde na inicial foram amostrados 40 imagos do lote inicial, na segunda e terceira foram 40 rãs de cada baia, da quarta à décima amostragem foram 20 rãs de cada baia.

As rãs amostradas foram insensibilizadas com gelo, após, foram pesadas (balança digital; 0,01g) e a medula seccionada.

Metade das rãs amostradas, a pele foi retirada, as coxas cortadas, pesadas e congeladas para posterior análise. Na outra metade, a rã-inteira foi congelada por 24 horas, após, a cavidade celomática foi aberta para retirada e esvaziamento do trato digestivo, o qual foi colocado novamente no interior das carcaças que foram congeladas novamente para posterior análise.

Todos os procedimentos descritos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências de Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, documento de número 024999/10, e estão de acordo com os princípios éticos na experimentação animal elaborado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

Processamento das amostras e análises laboratoriais

As rãs inteiras e as coxas congeladas foram moídas em moinho de carne industrial para obtenção de amostras homogêneas. Da amostra total foi retirada uma sub-amostra de aproximadamente 80 a 100 g, a qual foi acondicionada em placa de petri de plástico descartável e posteriormente liofilizada a -50° C em equipamento Thermo VLP200, para obtenção da matéria pré-seca. Em seguida, foi novamente moída em micromoinho tipo IKA e encaminhada ao laboratório para análises de nitrogênio, extrato etéreo, matéria seca, cinzas e energia bruta.

A proteína bruta das amostras foi determinada pelo método de Dumas em aparelho Leco 528 LC (Etheridge et al., 1998). Para a determinação do extrato etéreo foi realizado a extração com éter de petróleo em aparelho Soxlet. As

cinzas foram determinadas em mufla a 550° C, por incineração e a matéria seca foi obtida em estufa a 105° C por 12 horas. Obtenção da energia bruta foi por bomba calorimétrica tipo Parr. As metodologias utilizadas foram descritas por Silva e Queiroz (2002).

Análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco unidades experimentais, sendo as repetições.

As médias das cinco baias nas dez amostragens de peso corporal da rã-touro e peso das coxas em água (g), proteína (g), extrato étereo (g) e cinzas (g) foram utilizadas para descrever a deposição de nutrientes através do ajuste de dois modelos de crescimento não-linear (Gompertz e Logístico) através do peso (g) em função da idade (dias).

Os modelos adotados para descrever as curvas de deposição de nutrientes foram de Gompertz: $Pt = Pm e^{-e^{-b(t-t^*)}}$ (Winsor, 1932); e o Logístico: $Pt = Pm / 1 + e^{-b(t-t^*)}$ (Reed e Pearl, 1927), em que Pt = peso (componente corporal) (g) ao tempo t, expresso em função do Pm; Pm = peso (g) à maturidade; b = taxa de deposição (g/dia); t* = tempo (dias) em que a taxa de deposição é máxima; t = tempo (dias).

A deposição de nutrientes (g /dia) em função do tempo (t) foi calculado com base na equação estimada, por meio da derivada das equações de Gompertz:

$$dPt'/dt = Pm b e^{-b(t-t^*)} - e^{-b(t-t^*)} \quad \text{e} \quad \text{Logística:}$$

$$dPt'/dt = b(Pt^2 / Pm)e^{-b(t-t^*)}.$$

As equações utilizadas para descrever a curva de consumo da dieta e de proteína da dieta foram a de Gompertz, $Ct = Cm e^{-e^{-b(t-t^*)}}$ (Winsor, 1932) e a Logística, $Ct = Cm / (1 + e^{-b(t-t^*)})$ (Reed e Pearl, 1927) em que Ct = consumo da dieta ou de proteína (g) do animal ao tempo t, expresso em função do Cm; Cm = consumo da dieta ou de proteína da dieta (g) à maturidade do animal; b = taxa de consumo (g/dia); t* = tempo (dias) em que a taxa de consumo é máxima; t = tempo (dias). A partir dos parâmetros das equações estimadas, calcularam-se o consumo diário (g /dia) em função do tempo (t), por meio da derivada das equações.

Quando os parâmetros foram estimados, foi utilizado o procedimento NLIN do Sistema de Análises Estatística, SAS (2001). As estimativas dos parâmetros foram obtidos por método modificado de Gauss-Newton, método iterativo, desenvolvido por Hartley (1961), para modelos não-lineares.

Para seleção do modelo mais adequado foram utilizados os seguintes critérios: coeficiente de determinação (R^2) (Souza, 1998); quadrado médio do resíduo (QMR); critério de Akaike (AIC) (Akaike, 1974); desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) (Sarmiento et al., 2006), quanto menor o valor do DMA, melhor o ajuste e a distribuição dos resíduos studentizado, para detectar pontos discrepantes, em geral, considera-se uma observação marginalmente discrepantes se $|Rt_i^*| > 2$ (Lemonte, 2008).

Os valores estimados pelo modelo Logístico para deposição de proteína na carcaça e consumo de proteína foram utilizados para encontrar a eficiência proteica por meio da equação linear: $Y = A X + B$, onde Y= proteína depositada na carcaça (g) e X = consumo de proteína (g), A = inclinação da reta da regressão

linear e que representa a eficiência da utilização da proteína em % e B = constante que representa a interceptação da reta com o eixo vertical (Sakomura e Rostagno, 2007). Foi utilizado o procedimento PROC REG ($p = 0,05$) do Sistema de Análises Estatística, SAS (2001).

Os valores encontrados para energia bruta, umidade ou água, matéria seca, proteína, extrato etéreo e cinzas do corpo e das coxas da rã-touro foram analisados por meio de regressão polinomial, onde Y= energia bruta ou nutrientes do corpo ou coxa da rã-touro e X= tempo ou idade em dias. Foi utilizado o procedimento PROC REG ($p = 0,05$) do Sistema de Análises Estatística, SAS (2001).

3. Resultados

As temperaturas médias máxima e mínima do ambiente observadas no interior do ambiente de criação das rãs foram de $33,35^{\circ}\text{C} \pm 3,20$ e $21,26^{\circ}\text{C} \pm 1,69$, respectivamente.

Os valores estimados para os parâmetros Pm, Cm e t* do modelo de Gompertz para o consumo da dieta, deposição dos nutrientes e para o peso das coxas da rã-touro e dos seus nutrientes podem ter sido superestimados para representar a fase de engorda da rã-touro. Em relação ao parâmetro t*, o valor estimado encontra-se depois dos 126 dias experimentais. Acredita-se que o dia em que a taxa de consumo ou deposição foi máxima (t*) tenha ocorrido dentro do período experimental (Tabela 2).

Os valores de t* estimados pelo modelo Logístico foram de 107,5 dias para consumo da dieta; 106,1 dias para deposição de água, 113,5 dias para deposição

proteica, 124,4 dias para deposição de gordura ou extrato etéreo e 99,69 dias para deposição de cinzas no corpo das rãs (Tabela 2). Para as coxas das rãs, os valores estimados para t^* pelo modelo Logístico foram de 109,4 dias para peso das coxas; 111,1 dias para deposição de água; 104,0 dias para deposição de proteína; 86,91 dias para deposição de gordura e 119,9 dias para deposição de cinzas, os quais estão dentro dos 126 dias experimentais (Tabela 2).

Os avaliadores de ajuste QMR, DMA e AIC apresentaram menores e conseqüentemente melhores no de modelo Logístico ao descrever a deposição dos nutrientes da rã-touro e o desenvolvimento das coxas e a sua deposição dos nutrientes. O R^2 apresentou valores altos e com mínima diferença entre os modelos (Tabela 3).

As curvas estimadas da deposição dos nutrientes no corpo da rã-touro se apresentaram bem próxima dos valores observados (Figura 1, a-d). As curvas de deposição diária dos nutrientes foram distintas nos dois modelos, sendo que no Logístico os dados estimados foram mais próximos dos observados (Figura 1, e-h).

As curvas que estimaram o consumo da dieta comercial e o consumo proteico durante o período de engorda das rãs-touro se mostraram distintas a partir do 42º dia experimental (Figura 2, a-b). No modelo Logístico os valores observados foram mais próximos dos valores estimados, mostrando-se mais adequado para o consumo diário da dieta, os modelos de Gompertz e Logístico subestimaram os valores até o décimo quarto dia experimental (Figura 2 c-d), não descrevendo bem esse parâmetro (Figura 2, c-d).

As curvas estimadas pelo modelo Logístico para coxas da rã-touro e a deposição dos seus constituintes foram bem próximas aos valores observados

(Figura 3, a, c, e, g, i). As curvas de deposição diária dos nutrientes permitiram visualização do dia em que ocorreu a máxima deposição dos nutrientes (Figura 3, d, f, h, j).

O resíduo studentizado permite diagnosticar pontos discrepantes, os quais não foram encontrados dentre os dois modelos (Figura 4, a-e).

A partir da relação entre deposição de proteína na carcaça e consumo de proteína da dieta observou-se baixa eficiência proteica (36,76%) da dieta comercial que foi fornecida para as rãs-touro na fase de engorda (Figura 5).

Houve efeito quadrático ($p < 0,05$) para os valores de energia bruta, umidade, matéria seca e extrato etéreo da carcaça da rã-touro em função do tempo ou idade em dias (Figura 6, a-d). Para proteína corporal houve efeito linear ($p < 0,05$) (Figura 6, c) e para cinzas não houve efeito de regressão linear ($p > 0,05$) (Figura 6, d).

A composição centesimal das coxas da rã-touro durante a engorda em média foi de $79,29 \pm 0,59\%$ de água; $15,83 \pm 0,50\%$ de proteína; $1,74 \pm 0,07\%$ de gordura e $2,99 \pm 0,11\%$ de cinzas. Houve uma redução do teor de água nas coxas durante o período analisado (Figura 7, a) e aumento dos teores de proteína e matéria seca (Figura 7, b) e não houve alteração para extrato etéreo e cinzas (Figura 7, c).

4. Discussão

A temperatura do local de criação apresentou em alguns dias valores fora da faixa ideal de criação de $25,1$ e $30,4$ °C para rãs-touro com peso vivo entre 37 e 90g (Braga e Lima, 2001) e de $27,6$ e $28,2$ °C para rãs-touro com mais de 100g de

peso vivo (Figueiredo et al., 1999). Um dos principais fatores de interferência no crescimento de rãs é a temperatura por influenciar diretamente no metabolismo do animal. Assim como todos os anfíbios anuros, a rã-touro é dependente da temperatura do ambiente em que se encontra (Petersen e Gleeson, 2011).

No presente estudo, buscaram-se resultados mais próximos da realidade do produtor de rãs, onde as criações estão sujeitas às variações diárias de temperaturas.

A temperatura encontrada não deve ter influenciado na deposição dos nutrientes e sim no tempo em que esta ocorreu. Temperatura fora da faixa de conforto do animal diminui o metabolismo e com isso, o consumo de ração, e em consequência a deposição dos nutrientes (Pirozzi et al., 2010).

Os valores estimados dos parâmetros P_m e C_m do modelo de Gompertz não apresentaram interpretação biológica para o consumo da dieta, composição corporal da rã-touro e das coxas, pois os mesmos foram considerados altos para representar a fase da engorda (Tabela 2). Entretanto, se fosse para representar a vida total do animal poderia ter interpretação mas isso deve ser realizado em trabalho com esse objetivo.

Um dos problemas frequentemente associados com curvas de crescimento é a falta de interpretação biológica dos parâmetros da equação (Muruyama et al., 2001).

Além da interpretação biológica dos parâmetros dos modelos, os avaliadores de ajustes e as medidas de diagnósticos também foram mais adequados para o modelo Logístico. Apesar de ter superestimado os valores iniciais para todas as variáveis estudadas, o modelo Logístico foi considerado o melhor para descrever o consumo da dieta, consumo proteico, desenvolvimento

da coxa e a deposição dos nutrientes no corpo e coxas da rã-touro na fase de engorda.

Ao comparar os mesmos modelos para estimar a dinâmica de fermentação ruminal “*in vitro*” do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*), o modelo Logístico superestimou os valores iniciais. Porém, apresentaram os melhores valores dentre os avaliadores de ajuste, sendo recomendado para representar o fenômeno (Farias et al., 2011).

O modelo Logístico dentre cinco modelos (Gompertz, Brody, Richards, Von Bertalanffy) também foi o mais versátil para ajustar o crescimento de camarão, rã-pimenta, coelho, frango, caprino, ovino, suíno e bovino (Freitas, 2005).

Diferentemente, Rodrigues et al. (2007b) elegeram os modelos de Gompertz e Logístico para estimar o crescimento em peso da rã-touro em recria em mini-baias. Ou seja, inúmeros fatores (genética, dieta, temperatura, e manejo) podem ter influenciado o conjunto de dados para que o ajuste do modelo de Gompertz não fosse satisfatório no presente trabalho.

A primeira descrição da deposição dos nutrientes no corpo da rã-touro durante a engorda é importante, pois, somente o conhecimento do peso corporal não é suficiente para determinar as exigências nutricionais dos animais. Segundo Neme et al. (2006) a composição corporal deve ser avaliada para auxiliar e melhorar os programas de alimentação, bem como para determinar exigências de proteína e energia para peixes (Dumas et al., 2010; Hua et al., 2010; Trung et al., 2011).

O valor de 124,4 dias para t^* , da equação do modelo Logístico, que descreve o dia em que a taxa de deposição de extrato etéreo ou gordura na carcaça da rã-touro foi máxima durante a engorda, foi mais tardia aos dos demais

nutrientes da composição corporal. Isto ocorreu pelo fato do animal primeiramente crescer em estrutura corporal e depois acumular gordura nos corpos adiposos para reprodução e períodos de hibernação (Costa et al., 1998; Pereira et al., 2011). Amrkolaie et al. (2012) também observaram que a deposição de gordura aumentou lentamente de acordo com o crescimento do corpo do esturjão.

Os valores de 106,1 e 113,5 dias de t^* , da equação do modelo Logístico para deposição de água e proteína foram próximos. Esse processo fisiológico ocorreu em girinos desta mesma espécie, pois esses animais começam a reter mais água neste período devido à realização de maior síntese de proteína (Mansano, 2012).

A deposição máxima de cinzas (t^*) na rã-touro durante a engorda ocorreu aos 99,69 dias e foi anterior aos outros nutrientes, possivelmente isso ocorreu por causa da formação dos ossos e dos tecidos estruturais das rãs.

Houve um aumento da energia bruta corporal da rã-touro em função do tempo principalmente devido à elevação da deposição de gordura e proteína com o passar do tempo (Figura 6).

Os valores estimados pelas duas equações para consumo alimentar diário se mostraram diferentes dos valores observados (Figura 2, c-d). Essa diferença foi devido à forma como foi realizado o cálculo dos valores observados (média do valor para o período de 14 dias) e os valores estimados pelas equações (valores dia a dia).

As equações permitem calcular o consumo alimentar dos animais dia a dia, diferente da tabela proposta por Lima et al. (2003) que calcula o alimento a ser oferecido em função do peso do animal. Neste caso, não se pesa o animal

diariamente, mas por períodos, e a oferta poderá ser menor ou maior do que o animal realmente necessita.

O valor encontrado de 36,76% mostra uma baixa eficiência proteica da dieta comercial elaborada com base nas exigências de peixes carnívoros, a qual é utilizada para alimentação de rãs na maioria dos ranários brasileiros. Além disso, mostra que há perda muito grande para o ambiente de um nutriente importante para o animal e de alto valor comercial (Amrkolaie, 2011; Borges et al., 2012).

De acordo com Amrkolaie et al. (2012) a baixa eficiência proteica observada para *Huso huso*, apesar do seu crescimento rápido, pode ser em razão do alto custo para excreção de uréia e também devido a lipogênese. A proteína para a manutenção e crescimento do esturjão beluga pode indicar que o mesmo está utilizando proteína como uma fonte de energia para satisfazer as necessidades energéticas crescentes para crescimento. Portanto, a energia da dieta deve vir de fonte não proteica.

Uma das formas de aumentar a eficiência proteica das dietas para rãs é a utilização de ingredientes que possuem maior digestibilidade. Outra forma de é através do melhoramento animal. Trabalhos com diferentes linhagens de aves (Gous et al., 1999; Muruyama et al., 2001; Marcato et al., 2008) revelaram diferenças na deposição dos nutrientes ao longo do tempo e de peixes (Liebert et al., 2006) na eficiência da utilização das dietas.

A composição centesimal encontrada na literatura para carne de rã-touro variou de acordo com os números considerados e a presença ou não dos ossos (Tabela 4). Essa diversidade pode estar relacionada com inúmeros fatores, por exemplo, dietas compostas por diferentes fontes de óleo influenciaram na composição de proteína e extrato étereo em lambari (*Astyanax altiparanae*)

(Gonçalves et al., 2012). A composição do filé de dois grupos genéticos de tilápias apresentaram diferenças na proteína e no extrato etéreo (Lugo et al., 2003). Truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas três vezes ao dia até saciedade tiveram os teores de gordura mais elevado e o de umidade mais baixo dos filés que os daquelas alimentadas uma vez por dia até saciedade (Hafs et al., 2012).

Os valores de cinzas observados no presente estudo (2,99%) foram superiores aos da literatura, pois as amostras continham carne e ossos, os quais são compostos por minerais em grande quantidade (Tabela 4).

O valor encontrado para teor de extrato etéreo na coxas de rã-touro foi superior ao da maioria dos valores citados na literatura e inferior ao de Assis et al. (2009). Em relação às outras fontes de proteína como a carne de vaca, galinha e porco, apresentam baixo teor de extrato etéreo (Noll e Lindau, 1987).

Além do baixo teor de gordura nas coxas de rã-touro, o valor de t^* estimado pelo modelo Logístico foi de 86,91 dias com isso a taxa máxima de deposição de gordura ocorreu primeiro do que a dos outros nutrientes (Tabela 2).

Os valores estimados para t^* pelo modelo Logístico para peso das coxas (109, 4 dias), deposição de água (111,1 dias) e proteína (104,0 dias) apresentaram-se próximos. A água é o nutriente de maior representatividade da composição centesimal das coxas e também, quanto maior a realização de síntese proteica maior a retenção de água neste período (Mansano, 2012).

O valor de t^* para cinzas, 119,9 dias, foi o mais tardio em relação aos outros nutrientes. Isso pode ter ocorrido, pois a calcificação da cartilagem hipertrófica e a deposição de trabéculas ósseas são eventos tardios e não desempenham um papel essencial no desenvolvimento e crescimento dos ossos

longos de rã-touro. No entanto, como o animais crescem e ganham peso, o reforço do osso é necessário (Felisbino e Carvalho, 2001).

Essa pesquisa releva a necessidade de mais estudos sobre a digestibilidade dos alimentos e das exigências de proteína, energia, minerais e vitaminas para formar um conjunto de informações para elaboração de uma ração para esta espécie (Seixas Filho et al., 2009).

5. Conclusão

As curvas de deposição dos nutrientes corporais, da coxa e de seus constituintes da rã-touro durante a engorda foram bem descritas pelo modelo Logístico.

O consumo da dieta pode ser estimado pelo modelo Logístico e sendo uma boa ferramenta para o fornecimento diário de ração. Mais ajustes ainda são necessários.

A dieta comercial apresentou uma baixa eficiência proteica (36,76%) para rã-touro, sendo necessário o desenvolvimento de uma dieta ideal para a mesma.

6. Referências

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**. v.19, n.6, p.716-723, 1974.
- AMRKOLAIE, A.K. Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. **Reviews in Aquaculture**, v.3, p.19-26, 2011.

- AMRKOLAIE, A.K.; YANSARI, A.T.; KHALES, M.K. Calculation of protein and energy requirements in beluga sturgeon (*Huso huso*) using a factorial approach. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 96, p. 1-10. 2012.
- ASSIS, M.F.; FRANCO, M.L.R.S.; STÉFANI, M.V.; FRANCO, N.P.; GODOY, L.C.; OLIVEIRA, A.C.; VISENTAINER, J.V.; SILVA, A.F.; HOCH, A.L.V. Efeito do alecrim na defumação da carne de rã (*Rana catesbeiana*): características sensoriais, composição e rendimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 553-556, 2009.
- BERCU, V.; NEGUT, C.D.; DILIU, O.G. Detection of irradiated frog (*Limnonectes macrodon*) leg bones by multifrequency EPR spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 135, p. 2313-2319, 2012.
- BORGES, F.F.; AMARAL, L.A.; STEFANI, M.V. Characterization of effluents from bullfrog (*Lithobates catesbeianus*, Shaw, 1802) grow-out ponds. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 2, p. 160-166, 2012. doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000035.
- BRAGA, S.L.; LIMA S.L. Influência da temperatura ambiente no desempenho da rã-touro, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802) na fase de recria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, 1659-1663, 2001.
- COSTA, C.L.S.; LIMA, S.L.; ANDRADE, D.R.; AGOSTINHO, C.A. Caracterização morfológica dos estádios de desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino da rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfigranja de criação intensiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 642-650, 1998.
- DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: Where have we been and where are we going? **Aquaculture Research**, v. 41, p. 161-181, 2010.
- ETHERIDGE, R.D.; PESTI, G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.21-28, 1998.

- FARIAS, L.N.; VASCONCELOS, V.R.; CARVALHO, V.R.; SARMENTO, J.L.R. Avaliação dos modelos logístico bicompartimental e de Gompertz na estimativa da dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do farelo e da torta de babaçu (*Orbignya martiana*). **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 1, p. 136-142, 2011.
- FELISBINO, S.L.; CARVALHO, H.F. Growth cartilage calcification and formation of bone trabeculae are late and dissociated events in the endochondral ossification of *Rana catesbeiana*. **Cell Tissue Research**, v. 306, p. 319-323, 2001.
- FIGUEIREDO, M.R.C; AGOSTINHO, C.A.; BAÊTA, F.C.; LIMA, C.A. Efeito da temperatura sobre o desempenho da rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 661-667, 1999.
- FITZHUGH Jr, H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, 1976.
- FRAGOSO, S.P. **Avaliação de características físico-químicas da carne de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) liofilizada de pigmentação normal e albina**. 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar) – Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 2012.
- FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.786-795, 2005.
- GONÇALVES, L.U.; FERROLI, F.; VIEGAS, E.M.M. Effect of the inclusion of fish residue oils in diets on the fatty acid profile of muscles of males and females lambari (*Astyanax altiparanae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n.9, p. 1967-1974, 2012.
- GOUS, E.T.; STILBORN, H.R.; BRADFORD, G.D.; EMMANS, G.C. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, v. 78, p. 812-821, 1999.
- HAFS, A.W.; MAZIK, P.M.; KENNEY, P.B.; SILVERSTEIN, J.T. Impact of carbon dioxide level, water velocity, strain, and feeding regimen on growth and fillet

- attributes of cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 350, p. 46-53, 2012.
- HARTLEY, H.O. The modified Gauss Newton method for the fitting of non linear regression functions by least squares. **Thechnometrics**, v.3, n.2, p.269-280, 1961.
- HUA, K.; BIRKETT, S.; DE LANGE, C.F.M.; BUREAU, D.P. Adaptation of a non-ruminant nutrient-based growth model to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). **Journal of Agricultural Science**, v. 148, p. 19-27, 2010.
- KNÍZETOVÁ, H.; HYÁNEK, J.; KNÍZE, B.; ROUBICEK, J. Analysis of growth-curves of fowl .1. chickens. **British Poultry Science**, v. 32, n. 5, p. 1027-1038, 1991. **DOI:** 10.1080/00071669108417427.
- LEMONTTE, A. J. Diagnóstico em regressão normal linear: princípios e aplicação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.26, p.07-26, 2008.
- LIEBERT, F.; SÜNDER, A.; MOHAMED, K. Assessment of nitrogen maintenance requirement and potential for protein deposition in juvenile Tilapia genotypes by application of an exponential nitrogen utilization model. **Aquaculture**, v. 78, p. 812-821, 2006.
- LIMA, S.L. **Criação de rãs (Sistema Anfrigranja)**. Viçosa: CPT, manual técnico (08), 1997. 48 p.
- LIMA, S.L.; CASALI, A.P.; AGOSTINHO, C.A. Desempenho zootécnico e percentual de consumo de alimento de rã-touro (*Rana catesbeiana*) na fase de recria (pós-metamorfose) do sistema anfrigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 3, p. 505-511, 2003.
- LUGO, M.G.; ALVAREZ, I.G.; NOVOA, M.A. O; CÓRDOVA, G.M. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1023-1028, 2003.
- MANSANO, C.F.M. **Características do crescimento morfométrico e composição corporal de girinos de rã-touro em cativeiro**. 2012. 85f.

Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; MUNARI, D.P.; FERNANDES, J.B.K.; KAWAUCHI, I.M.; BONATO, M.A. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 10, n. 2, p. 117-123, 2008.

MELLO, S.C.R.P.; SILVA, L.E.; MANO, S.; FRANCO, R.M. Avaliação bacteriológica e físico-química das carnes do dorso e coxa de rã (*Rana catesbeiana*) processadas em matadouro comercial. **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v. 13, n. 3, p. 151-154, 2006.

MURUYAMA, K.; VINYARD, B.; AKBAR, M.K.; SHAFER, D.J.; TURK, C.M. Growth curve analyses in selected duck lines. **British Poultry Science**, v. 42, p. 574-582, 2001.

NEME, R.; SAKOMURA, N.K.; FUKAYAMA, E.H.; FREITAS, E.R.; FIALHO, F.B.; RESENDE, K.T.; FERNANDES, J.B.K. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais de aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1091-1100, 2006.

NEVEU, A. Suitability of European Green frogs for intensive culture: Comparison between different phenotypes of the esculenta hybridogenetic complex. **Aquaculture**, v. 295, n. 1, p. 30-37, 2009.

NÓBREGA, I.C.C.; ATAÍDE, C.S.; MOURA, O.M.; LIVERA, A.V.; MENEZES, P.H. Volatile constituents of cooked bullfrog (*Rana catesbeiana*) legs. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 186-191, 2007.

NOLL, I.B.; LINDAU, C.P. Aspectos da composição em nutrientes da carne de rã touro-gigante (*Rana catesbeiana*). **Caderno de Farmácia**, v. 3, n. 1, p. 29-36, 1987.

PEREIRA, M.M.; RIBEIRO FILHO, O.P.; TRONI, A.R.; TAKAMURA, A.E.; MANSANO, C.F.M.; NASCIMENTO, F.B.; CAMARGO FILHO, C.B. Tecido hepático e corpo adiposo de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) submetido a diferentes fotoperíodos. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, n. 1, p. 76-80, 2011.

- PETERSEN, A.M.; GLEESON, T.T. Acclimation temperature affects the metabolic response of amphibians skeletal muscle to insulin. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 160, p. 72-80, 2011.
- PIROZZI, I.; BOOTH, M.A.; ALLAN, G.L. A factorial approach to deriving dietary specifications and daily feed intake for mulloway, *Argyrosomus japonicus*, based on the requirements for digestible protein and energy. **Aquaculture**, v. 302, p. 235–242, 2010.
- REED, L.J.; PEARL, R. On the summation of logistic curves. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 90, n. 4, 729-746, 1927.
- RODRIGUES, M.L.; LIMA, S.L.; MOURA, O.M.; AGOSTINHO, C.A.; SILVA, J.H.V.; CRUZ, G.R.B.; CAMPOS, V.M.; CASALI, A.P.; MENDES, R.R.B.; ALBUQUERQUE, A.G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 214, p. 125-136, 2007.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Metódos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDA, F.C.; MENEZES, G.R.O. Analysis of the growth curve of Santa Ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.435-442, 2006.
- SEIXAS FILHO, J.T.; HIPOLITO, M.; MARTINS, A.M.C.R.P.F.; RODRIGUES, E.; CASTAGNA, A.A.; MELLO, S.C.R.P. Histopathological alterations in bullfrog juveniles fed commercial rations of different crude protein levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2306-2310, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço de Produção de Informação/ EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-SEA. 1998. 505 p.
- TOKUR, B.; GÜRBÜZ, D.; ÖZYURT, G. Nutricional composition of frog (*Rana esculanta*) waste meal. **Bioresource Technology**, v. 99, n 1, p. 1332-1338, 2008.

- TRUNG, D.V.; DIU, N.T.; HAO, N.T.; GLENCROSS, B. Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 320, p. 69-75, 2011.
- TURNIPSEED, S.B.; CLARK, S.B.; STOREY, J.M.; CARR, J.R. Analysis of veterinary drug residues in frog legs and other aquacultured species using liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 4430-4439, 2012.
- WINSOR, C.P. The Gompertz curve as a growth curve. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.18, p.1-8, 1932.

Tabela 1. Nível de garantia do fabricante (NGF) e composição centesimal analisada (CCA) da dieta comercial¹.

Índices	NGF	CCA
Proteína bruta (%)	40,0 (min)	39,65
Energia bruta (Kcal/kg)	-	4.366,3
Extrato etéreo (%)	8,0 (min)	4,89
Fibra bruta (%)	6,0 (máx)	1,91
Matéria mineral (%)	12,0 (máx)	10,28
Umidade (%)	10,0 (máx)	6,13
Cálcio (%)	1,6 (máx)	-
Fósforo (%)	0,8 (min)	-

¹Dieta para peixes tropicais de água doce.

Composição básica da dieta, ingredientes: Farelo de soja, farelo de trigo, farelo de glúten de milho 60, farinha de peixe, milho integral moído, gordura vegetal, estabilizada, calcário calcítico, fosfato bicálcico, refinazil e premix vitamínico mineral. Eventuais substitutos: Farelo de arroz, farelo de gérmen de milho, quirera de arroz, sorgo integral moído, levedura seca de cana de açúcar, farinha de carne e ossos, farinha de penas hidrolisada, farinha de vísceras, farinha de sangue.

Enriquecimento por Kg do produto: Vitamina A, 16.000 UI/kg; Vitamina D, 4.500 UI/Kg; Vitamina E, 250 mg; Vitamina K, 30 mg; Vitamina C, 350 mg; Tiamina (B1), 32 mg; Riboflavina (B2), 32 mg; Piridoxina (B6), 32 mg; Vitamina B12, 32 mg; Niacina, 170 mg, Biotina 10 mg, Ácido fólico, 10 mg; Pantotenato de cálcio, 80 mg; Colina, 2.000mg; Cobalto, 0,5 mg; Cobre, 20 mg; Ferro, 150 mg; Iodo, 1 mg; Manganês, 50 mg; Selênio 0,7 mg e Zinco, 150 mg.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros dos modelos estudados para consumo acumulado e de proteína da dieta, para a composição corporal da rã-touro inteira (Rãs), para peso das coxas da rã-touro e sua composição (Coxas das rãs).

Modelo	Cm (g)	b (g/dia)	t* (dia)
Consumo da dieta			
Gompertz	1059,6 ± 259,10	0,0102 ± 0,0014	156,7 ± 23,166
Logístico	369,30 ± 35,432	0,0335 ± 0,0020	107,5 ± 6,1641
Consumo de proteína da dieta			
Gompertz	394,2 ± 94,8682	0,0102 ± 0,0014	156,7 ± 23,055
Logístico	137,4 ± 12,3549	0,0335 ± 0,0021	107,5 ± 5,7951
Pm (g)			
Água (Rãs)			
Gompertz	653,3 ± 218,500	0,0094 ± 0,0015	162,0 ± 30,550
Logístico	244,3 ± 23,1017	0,0314 ± 0,0020	106,1 ± 6,4627
Proteína (Rãs)			
Gompertz	217,400 ± 103,9	0,0082 ± 0,0051	201,8 ± 44,518
Logístico	55,1604 ± 6,014	0,0325 ± 0,0020	113,5 ± 6,9098
Extrato etéreo (Rãs)			
Gompertz	226,900 ± 49,70	0,0065 ± 0,0017	274,8 ± 39,155
Logístico	30,9508 ± 4,550	0,0311 ± 0,0020	124,4 ± 9,0358
Cinzas (Rãs)			
Gompertz	18,8105 ± 6,506	0,0106 ± 0,0021	137,7 ± 30,193
Logístico	8,58800 ± 0,955	0,0320 ± 0,0028	99,69 ± 7,7932
Coxas			
Gompertz	300,700 ± 119,5	0,0091 ± 0,0016	176,7 ± 36,051
Logístico	96,9032 ± 10,01	0,0324 ± 0,0021	109,4 ± 6,7337
Água (Coxas das rãs)			
Gompertz	261,600 ± 34,50	0,0086 ± 0,0016	187,0 ± 0,8036
Logístico	77,6277 ± 8,466	0,0318 ± 0,0021	111,1 ± 7,1577
Proteína (Coxas das rãs)			
Gompertz	34,6536 ± 10,11	0,0110 ± 0,0017	145,6 ± 23,772
Logístico	14,5422 ± 1,295	0,0348 ± 0,0023	104,0 ± 5,6596
Extrato etéreo (Coxas das rãs)			
Gompertz	2,2181 ± 0,4031	0,0151 ± 0,0023	95,83 ± 12,8867
Logístico	1,4272 ± 0,0989	0,0377 ± 0,0031	86,91 ± 4,62810
Cinzas (Coxas das rãs)			
Gompertz	17,8502 ± 3,821	0,0076 ± 0,0020	227,5 ± 33,9949
Logístico	3,71290 ± 0,663	0,0317 ± 0,0028	119,9 ± 11,0911

Cm = consumo (g) à maturidade; Pm = peso do nutriente (g) à maturidade; b = taxa de consumo ou deposição (g/dia); t* = tempo (dias) em que a taxa de consumo ou deposição é máxima.

Tabela 3. Quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2), desvio médio absoluto (DMA) e o critério de Akaike (AIC) de acordo com os modelos estudados para consumo acumulado e de proteína da dieta, para a composição corporal da rã-touro inteira (Rãs) e para peso das coxas da rã-touro e sua composição (Coxas das rãs).

Modelo	QMR	R^2	DMA	AIC
Consumo da dieta				
Gompertz	19,1666	0,9993	2,1945	1,7450
Logístico	18,9616	0,9994	0,3748	1,3402
Consumo de proteína da dieta				
Gompertz	2,0833	0,9993	0,7942	2,1000
Logístico	2,0770	0,9996	0,0414	2,0059
Água (Rãs)				
Gompertz	8,9763	0,9990	0,0403	2,7085
Logístico	6,1126	0,9993	0,0099	2,5003
Proteína (Rãs)				
Gompertz	0,5003	0,9987	0,2664	2,8644
Logístico	0,3222	0,9990	0,0171	2,4331
Extrato etéreo (Rãs)				
Gompertz	0,0947	0,9988	0,2003	2,9300
Logístico	0,0695	0,9991	0,0081	2,6630
Cinzas (Rãs)				
Gompertz	0,0749	0,9951	0,0107	3,0001
Logístico	0,0743	0,9951	0,0071	2,9980
Coxas (Coxas das rãs)				
Gompertz	1,5061	0,9988	0,1851	2,1323
Logístico	1,0227	0,9992	0,0076	2,0978
Água (Coxas das rãs)				
Gompertz	0,9864	0,9988	0,0143	1,5123
Logístico	0,6502	0,9992	0,0099	1,4233
Proteína (Coxas das rãs)				
Gompertz	0,0461	0,9984	0,0185	1,4532
Logístico	0,0451	0,9984	0,0150	1,2999
Extrato etéreo (Coxas das rãs)				
Gompertz	0,0031	0,9946	0,0032	1,5565
Logístico	0,0025	0,9955	0,0027	1,4560
Cinzas (Coxas das rãs)				
Gompertz	0,0022	0,9984	0,0354	1,0067
Logístico	0,0022	0,9984	0,0314	1,0033

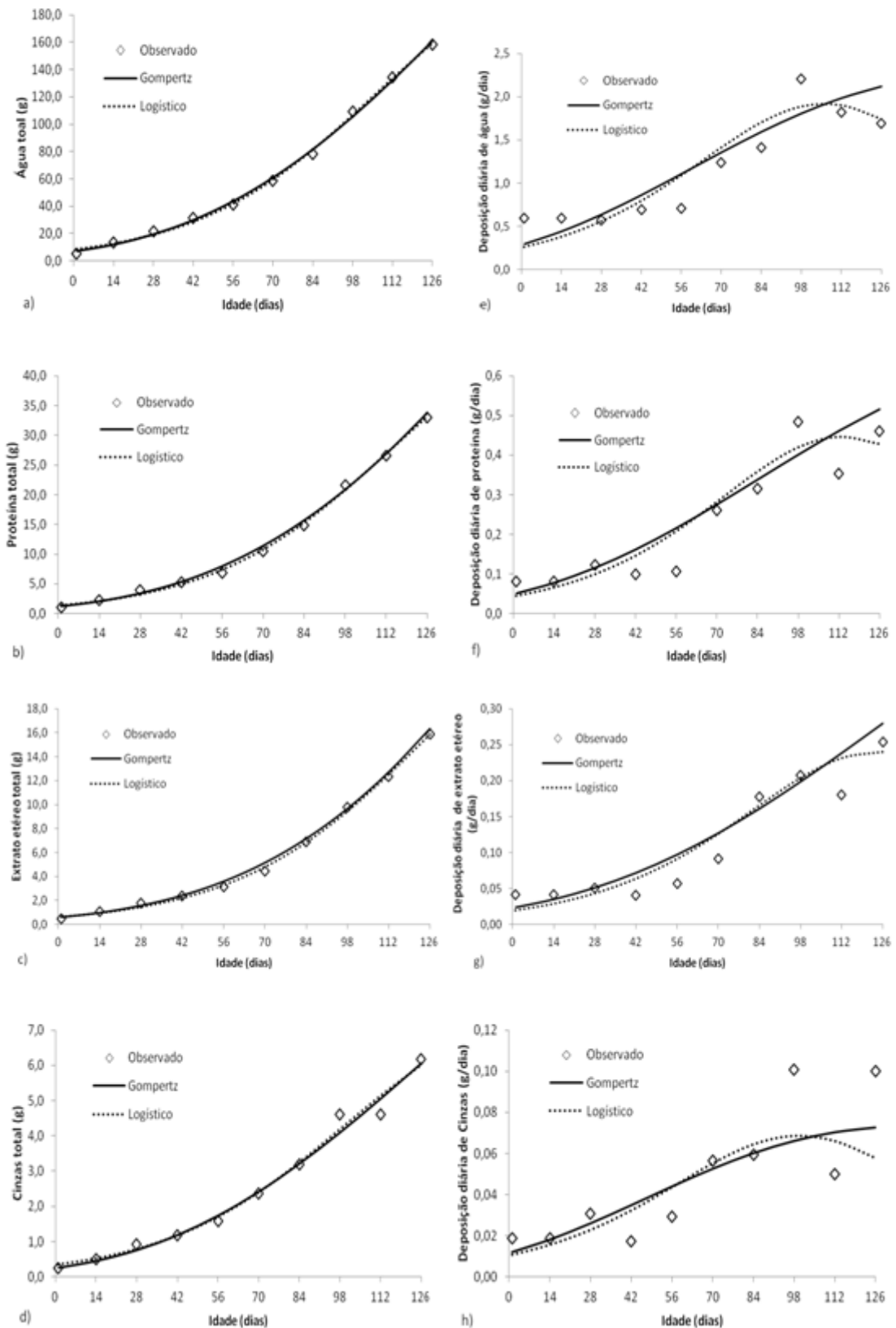


Figura 1. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever deposição dos nutrientes no corpo (a-d) e a deposição diária (e-h) para rãs-touro durante a engorda.

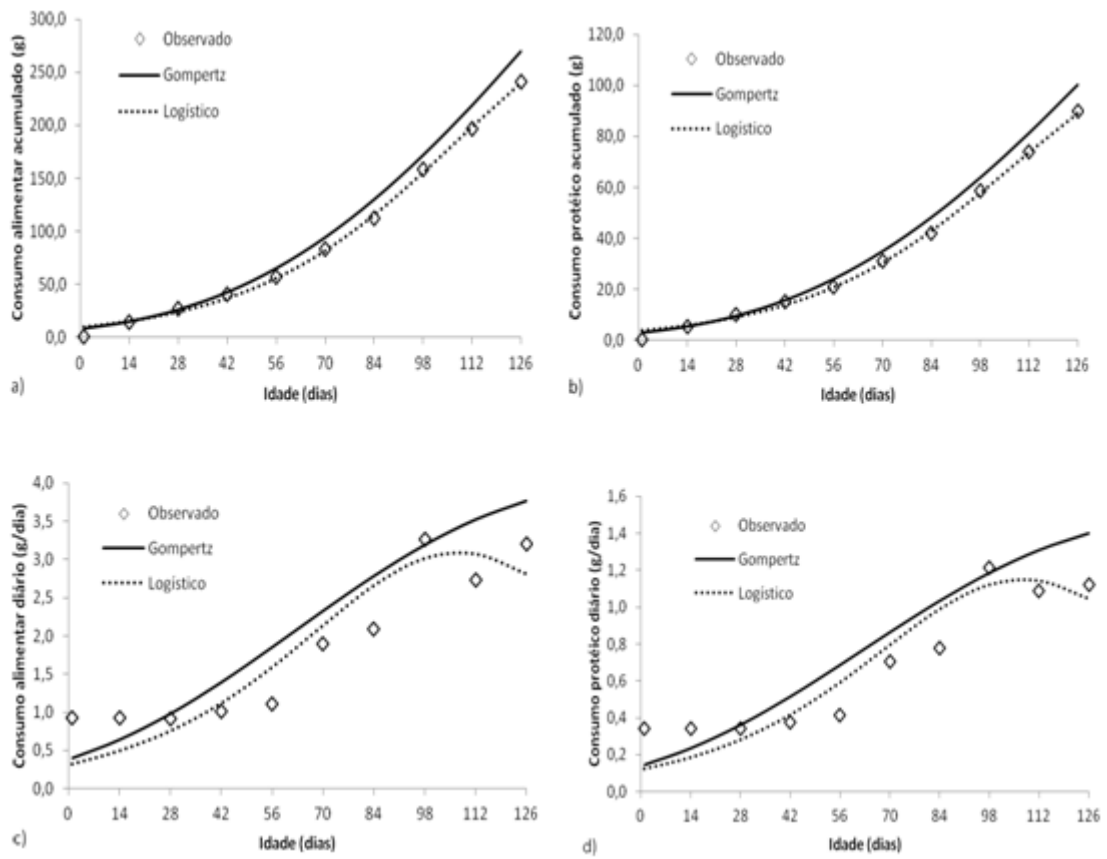


Figura 2. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever o consumo alimentar da dieta e em proteína (a-b) e consumos diário (c-d) para rã-touro durante a engorda.

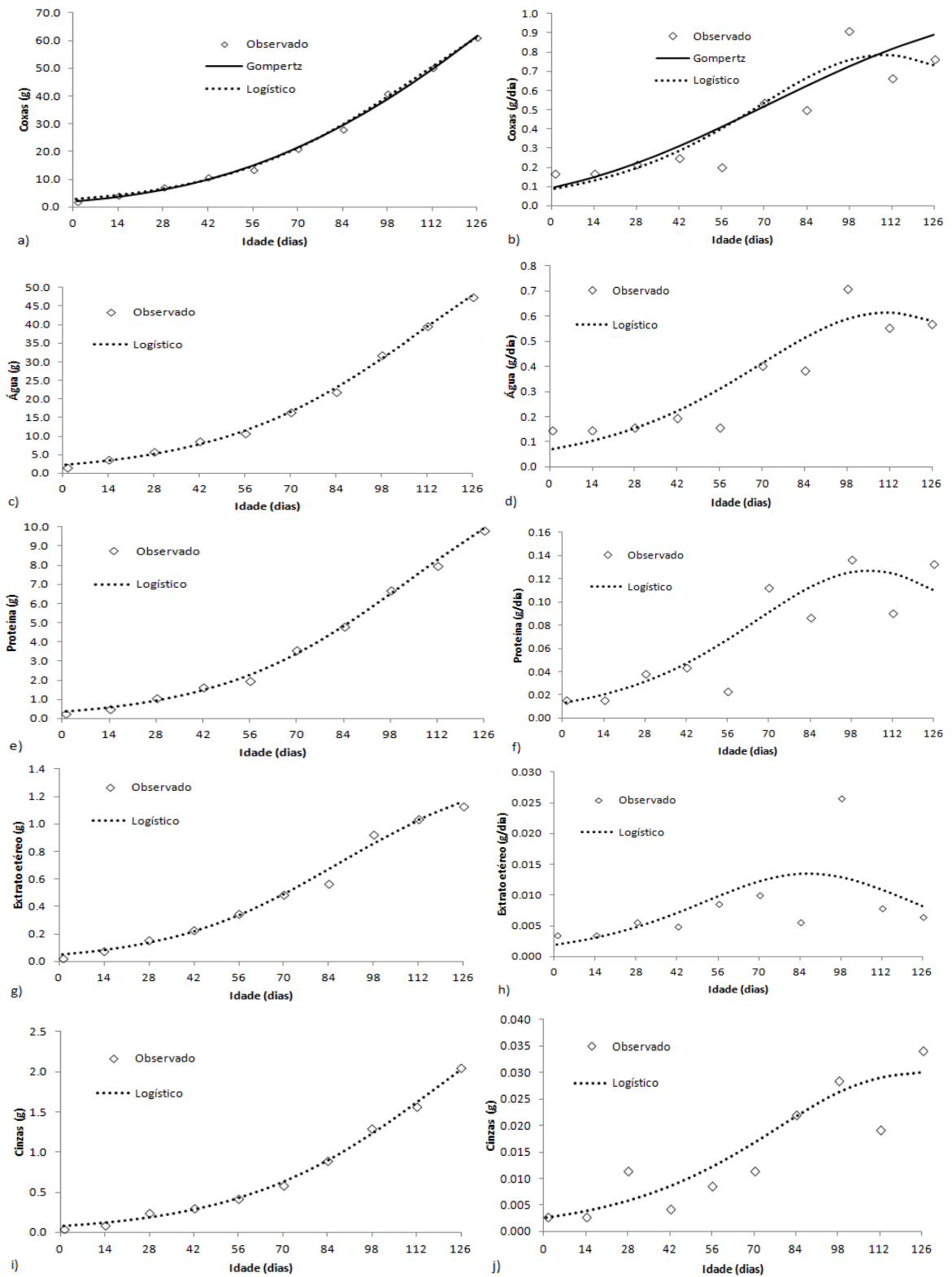


Figura 3. Curvas de Gompertz e Logístico para descrever o desenvolvimento em peso das coxas das rãs-touro durante a engorda (a), desenvolvimento diário (b). Curvas estimadas pelo modelo Logístico para descrever a deposição dos nutrientes: água (c), proteína (e), extrato étéreo (g) e cinzas (i) das coxas das rãs-touro durante a engorda e as deposições diárias, respectivamente (d, f, h, j).

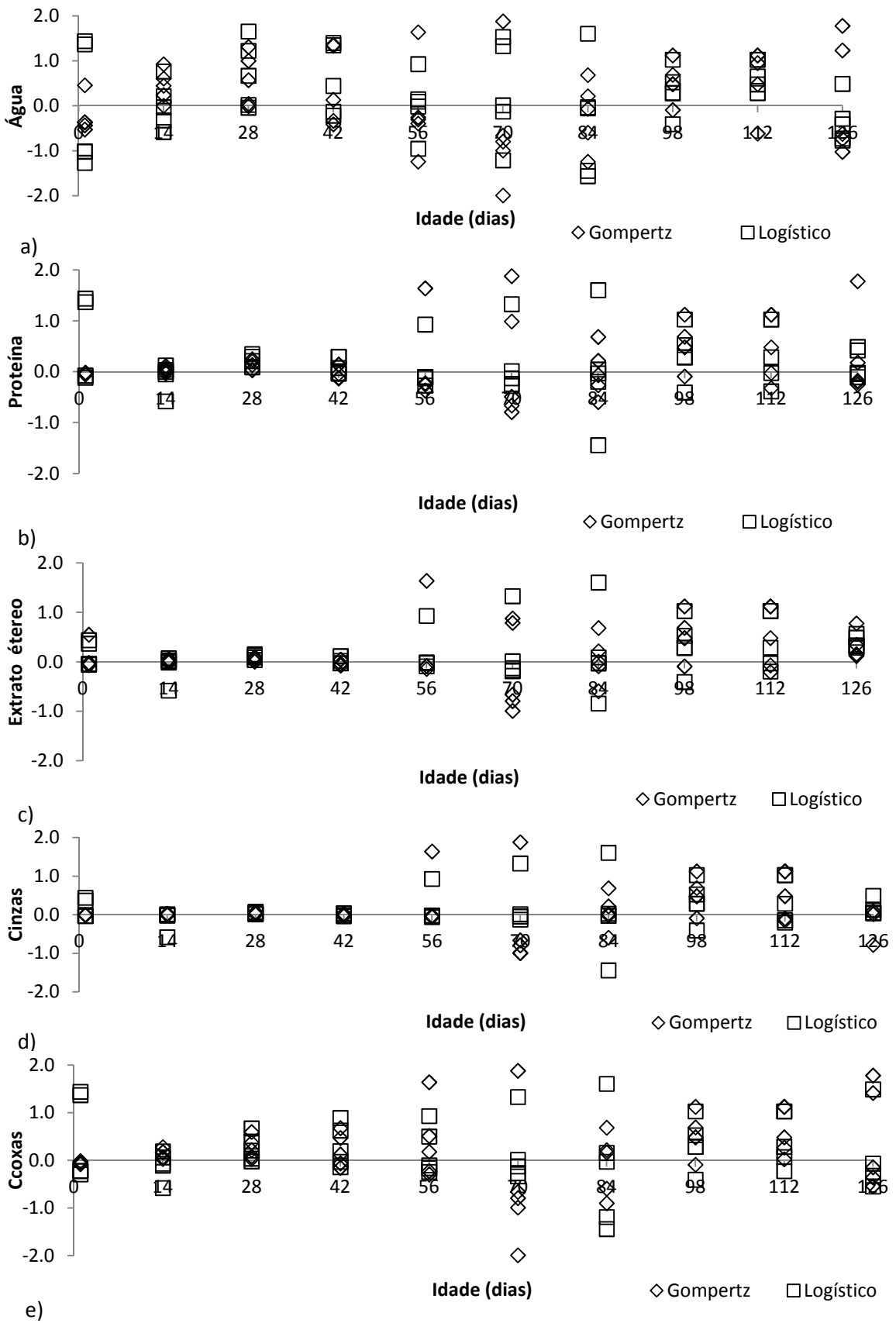


Figura 4. Resíduos studentizados (medidas de diagnóstico para a detecção de pontos discrepantes) para componentes corporiais da rã-touro e para coxas da rã-touro.

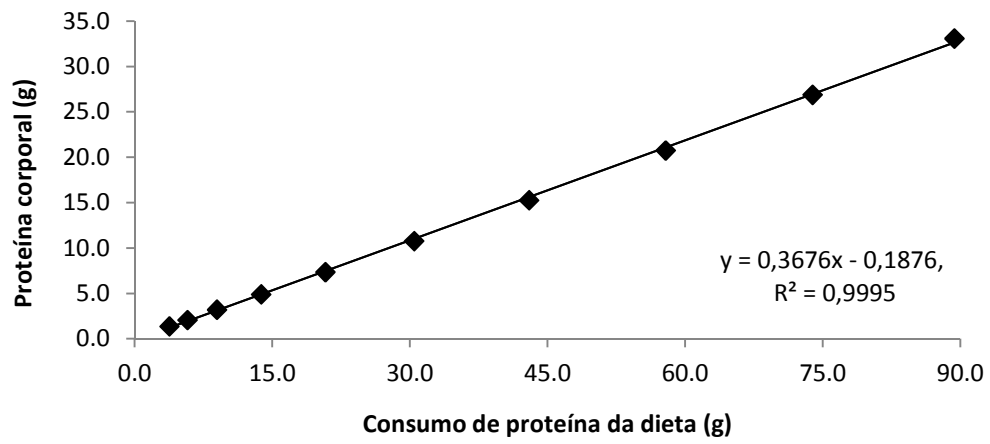


Figura 5. Eficiência proteica da dieta comercial para rês-touro na engorda.

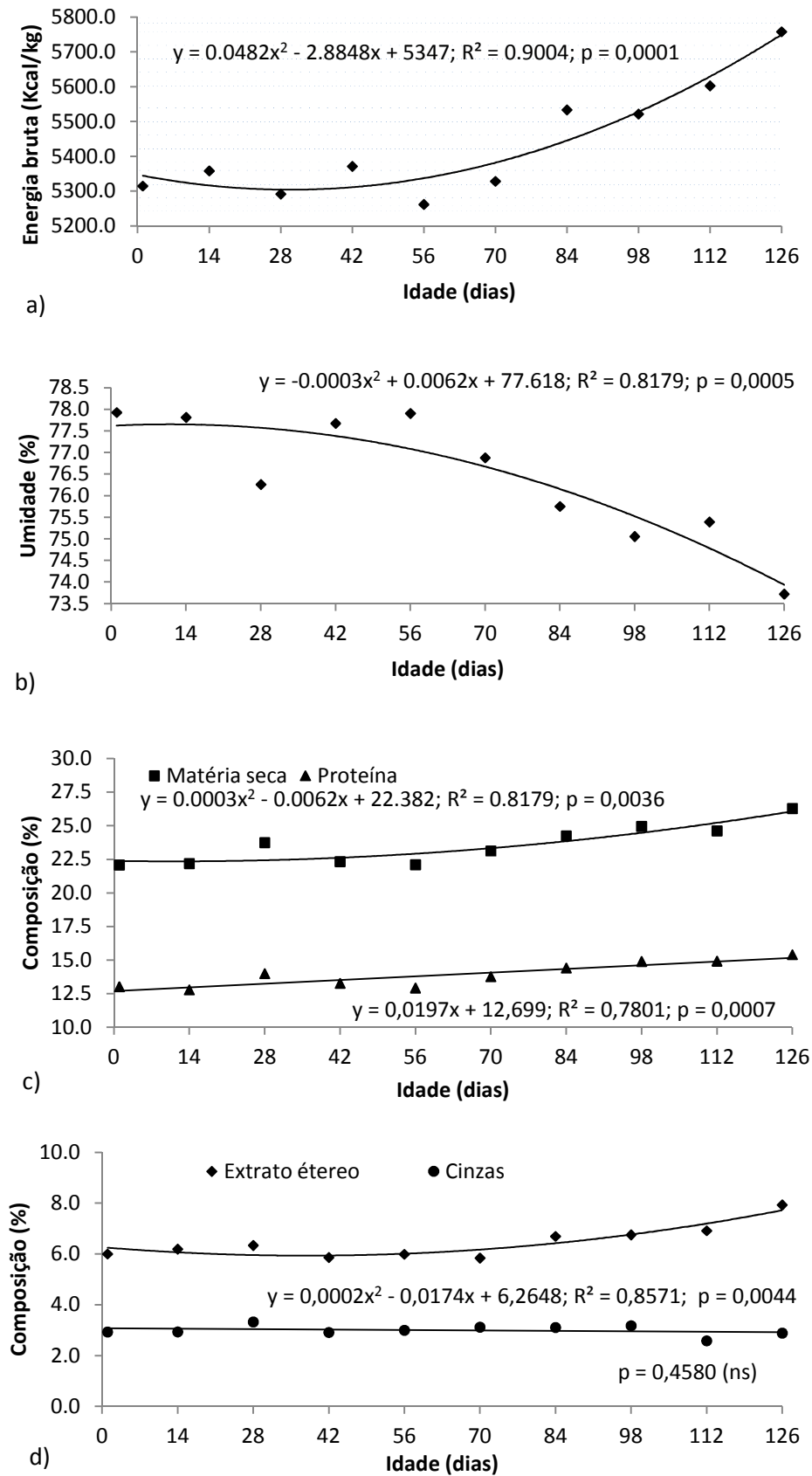


Figura 6. Composição da rã-touro durante a engorda, energia bruta (a); umidade ou água (b); matéria seca e proteína (c); extrato etéreo e cinzas (d).

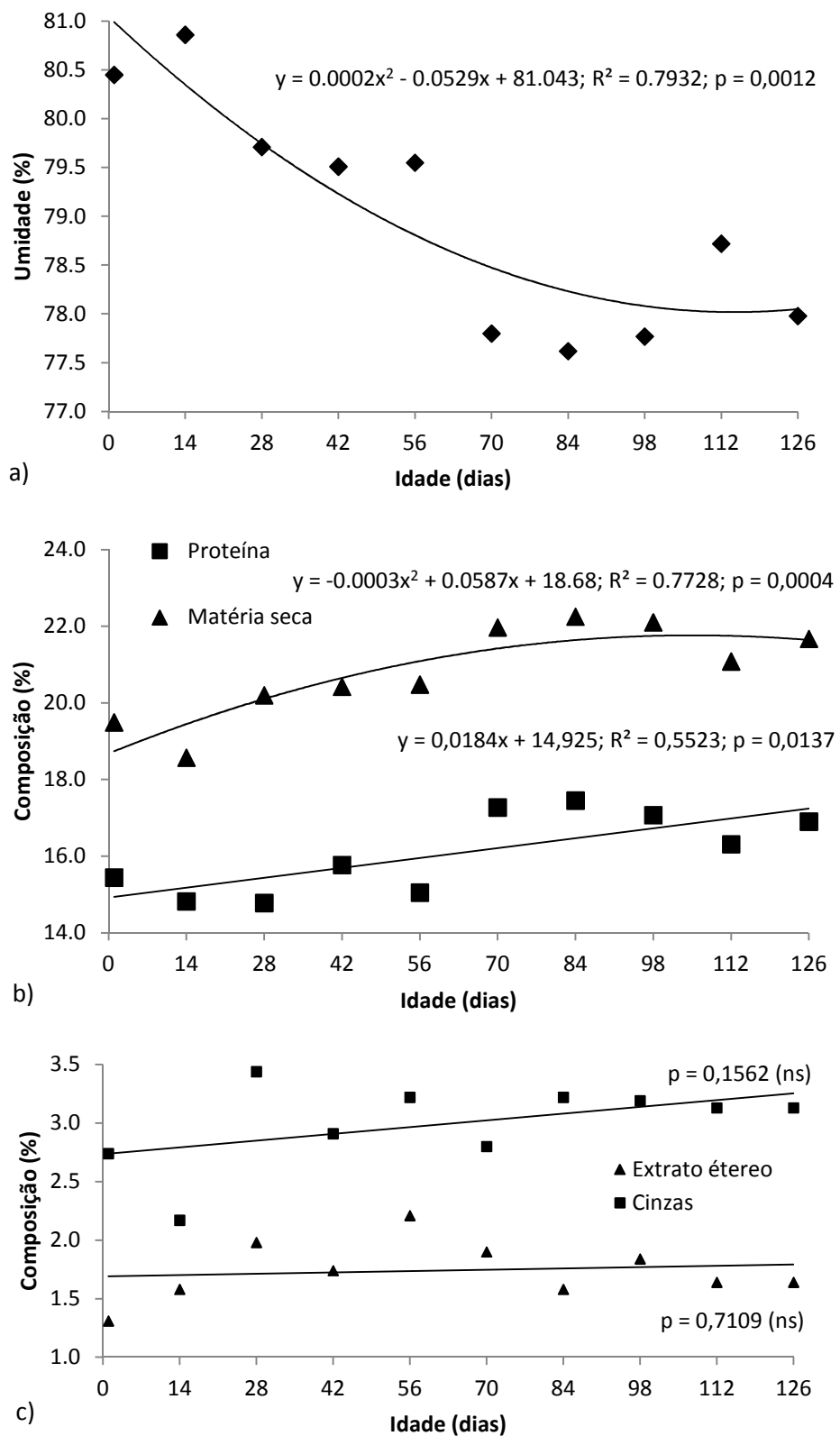


Figura 7. Composição centesimal das coxas de rãs-touro durante a engorda, sendo, água ou umidade (a), matéria seca e proteína (b) e extrato étereo e cinzas (c).

Tabela 4. Composição centesimal dos músculos das pernas, coxa e dorso da rã-touro.

Fonte	Local dos músculos	Água (%)	Proteína (%)	EE (%)	Cinzas (%)
Noll e Lindau, 1987	Pernas e dorso	83,68±3,69	16,52±1,60	0,31±0,12	0,89±0,16
Mello et al., 2006	Coxa	79,18±0,60	15,99±0,32	0,16±0,07	1,17±0,32
	Dorso	79,18±0,60	15,66±0,46	0,17±0,04	0,95±0,01
Assis et al., 2009	Pernas e dorso	75,00±0,39	23,40±0,30	2,27±0,06	0,85±0,02
Nóbrega et al., 2007	Pernas	74,10±0,40	19,40±0,00	0,60±0,00	1,00±0,00
Presente estudo	Pernas(c/ossos)	78,99±1,89	16,09±1,59	1,74±0,24	2,99±0,34

*Média ± Desvio padrão.