



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA



“Júlio de Mesquita Filho”

Centro de Aquicultura da Unesp- CAUNESP

**CARACTERÍSTICAS DO CRESCIMENTO MORFOMÉTRICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL DE GIRINOS DE RÃ-TOURO EM CATIVEIRO**

Cleber Fernando Menegasso Mansano

Médico Veterinário

Orientadora: Profa Dra Marta Verardino De Stéfani

Jaboticabal

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA



“Júlio de Mesquita Filho”

Centro de Aquicultura da Unesp- CAUNESP

**CARACTERÍSTICAS DO CRESCIMENTO MORFOMÉTRICO E COMPOSIÇÃO
CORPORAL DE GIRINOS DE RÃ-TOURO EM CATIVEIRO**

Cleber Fernando Menegasso Mansano

Médico Veterinário

Orientadora: Profa Dra Marta Verardino De Stéfani

Dissertação 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 Mestre.

Jaboticabal

2012

M286c Mansano, Cleber Fernando Menegasso
Características do crescimento morfométrico e composição corporal de girinos de rã-touro em cativeiro / Cleber Fernando Menegasso Mansano. -- Jaboticabal, 2012
iii, 74 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012
Orientadora: Marta Verardino De Stéfani
Banca examinadora: Cláudia Maris Ferreira Mostério, Luciano Hauschild

Bibliografia

1. Ranicultura. 2. Curva de crescimento. 3. Deposição de nutrientes. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

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.
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Características do crescimento morfométrico e composição corporal de girinos de rã-touro em cativeiro

AUTOR: CLEBER FERNANDO MENEGASSO MANSANO

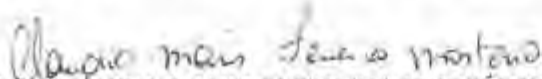
ORIENTADORA: Profa. Dra. MARTA VERARDINO DE STEFANI

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



Profa. Dra. MARTA VERARDINO DE STEFANI

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. CLÁUDIA MARIS FERREIRA MOSTÉRIO

Instituto de Pesca, São Paulo, SP



Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 09 de fevereiro de 2012.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Jesus e Aparecida, minha irmã Elisangela e meus avós Jesus e Maria “in memoriam” e Ricardo e Olinda, por todos os ensinamentos passados, para que eu pudesse me tornar esta pessoa que sou hoje, sem contar que me ensinaram o que é o verdadeiro Amor; Com muito carinho, dedico.

À minha namorada Beatrice por todo Amor, Respeito, Carinho e Paciência, desde sempre;

Com todo amor, ofereço.

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 São Paulo (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 passados.

Ao amigo e funcionário Marcio (Perereca), pela amizade e participação indispensável na realização do projeto.

Aos membros do Setor de Ranicultura do CAUNESP, em especial ao amigo Marcelo, pela orientação e ajuda durante o decorrer do projeto, e a amiga Thalita pela ajuda imprescindível nas coletas.

Ao Prof. Dr. Luciano Hauschild pela participação nas bancas de qualificação e defesa, agradeço pelos conselhos e amizade.

A Prof.^a Dr. Cláudia Maris Ferreira Mostério pela participação na banca de defesa com valiosas contribuições.

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

Aos membros do LANOA do CAUNESP, Tiago (Estrume), Lidiane, Helen e a todos os outros, muito obrigado.

Aos membros do Laboratório de Patologia do CAUNESP, Roberson, Thais e José o muito obrigado pelo companheirismo.

Aos funcionários do CAUNESP, Valdecir, Marcio Alves, Mauro, Roberto e Marcio Gonçalves pela força e amizade.

Aos meus amigos do CAUNESP, que me ensinaram e socorreram toda vez que eu precisei e a todos que conviveram comigo durante este período, compartilhando a minha pesquisa.

APOIO FINANCEIRO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pelo auxílio concedido na forma de Bolsa de Mestrado (processo nº: 2010/14721-3) e auxílio pesquisa (processo nº: 11/50865 - 2).

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
CAPÍTULO 1	1
CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. DESENVOLVIMENTO DOS GIRINOS	2
2. FISIOLOGIA DA ALIMENTAÇÃO	4
3. DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES NA CARCAÇA.....	6
4. CURVA DE CRESCIMENTO	8
5. OBJETIVO GERAL	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
CAPÍTULO 2	19
CURVAS DE CRESCIMENTO NÃO-LINEARES PARA GIRINOS DE RÃ-TOURO	19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4. CONCLUSÃO	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
CAPÍTULO 3	37
CARACTERÍSTICAS DO CRESCIMENTO MORFOMÉTRICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE GIRINOS DE RÃ-TOURO EM CATIVEIRO	37
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40

2.1. Animais e condições experimentais	40
2.2. Delineamento Experimental	41
2.3. Dietas e manejo alimentar	41
2.4. Variáveis analisadas	43
2.5. Processamento das amostras e análises laboratoriais	44
2.6. Obtenção da curva de crescimento e Análises estatísticas	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1. Parâmetros físico e químicos da água	45
3.2. Crescimento corporal	47
3.3. Consumo de ração	52
3.4. Conversão alimentar	54
3.5. Consumo de proteína e deposição de nutrientes na carcaça	55
4. CONCLUSÃO	63
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	69

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Fórmula e composição nutricional da dieta utilizada 23

Tabela 2. Tabela 2. Estimativas dos parâmetros e erro padrão de acordo com os modelos estudados para peso vivo e comprimento total de girinos de rã-touro 26

Tabela 3. Quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2), desvio médio absoluto (DMA) e número de iterações (NI), de acordo com os modelos estudados para peso vivo e comprimento total de girinos de rã-touro 27

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Fórmula e composição nutricional da dieta utilizada 42

Tabela 2. Nível de garantia do fabricante (NGF) e composição centesimal analisada (CCA) da dieta comercial (DC)..... 43

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros de qualidade da água das caixas experimentais com girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 46

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso vivo, consumos de ração e proteína, comprimentos total e padrão e deposição dos nutrientes para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 48

Tabela 5. Conversão alimentar aparente observadas e estimadas para girinos de rã-touro, alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC)... . 54

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Médias de pesos observados e estimados em relação à idade. Modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico 29

Figura 2. Médias de comprimento totais observados e estimados em relação à idade. Modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico..... 31

Figura 3. Resíduo studentizado do peso vivo (A) e comprimento total (B)..... 32

CAPÍTULO 3

Figura 1. Avaliação morfométrica dos girinos. CT = comprimento total CP = comprimento parcial 41

Figura 2. Curva de peso vivo dos girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC)..... 46

Figura 3. Ganho de peso diário dos girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC)..... 47

Figura 4. Curva de comprimento total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados de comprimento total para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC) 48

Figura 5. Curva de comprimento padrão para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC)..... 49

Figura 6. Curva de consumo acumulados de ração para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC) 50

Figura 7. Curva da taxa de consumo diário para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 50

Figura 8. Curva de consumo protéico acumulado para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC) 52

Figura 9. Curva de proteína total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC)..... 53

Figura 10. Curva da taxa de consumo protéico diário para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 54

Figura 11. Curva da taxa diária de deposição protéica para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 54

Figura 12. Curva de gordura total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC)..... 56

Figura 13. Curva da taxa de deposição diária de gordura para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 56

Figura 14. Curva de água total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC)..... 57

Figura 15. Curva da taxa diária de deposição de água para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 58

Figura 16. Curva de cinzas totais para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC)..... 59

Figura 17. Curva da taxa de deposição de cinzas para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC) 59

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A aquicultura vem se tornando uma das principais atividades agrícolas em ascensão no Brasil, uma alternativa de renda para as diferentes regiões. Entre as muitas atividades inseridas na aquicultura, a ranicultura tem ganhado grande destaque, principalmente pelo fato de ser passível de realização em pequenas áreas. Na última década, grandes avanços tecnológicos foram alcançados na criação de rãs, mas há ainda, a necessidade de muitos estudos para análise de sua viabilidade técnica e econômica (ABRANTES e SEIXAS FILHO, 2007).

O Brasil em relação à criação de rã-touro tem uma posição privilegiada: o mercado consumidor é maior que a oferta deste tipo de carne. No mercado mundial também há mais demanda do que oferta. A produção brasileira de carne de rã aumentou de 10 t para 639 t no período de 1986 a 2006. Enquanto o crescimento mundial foi de 1.296%, o do Brasil alcançou 6.290%. Somos o maior produtor das Américas, tendo obtido uma participação, entre 2000 e 2006, de 58% a 68% do total produzido no continente (CRIBB, 2009). No começo da década de 80 iniciamos nossa exportação de rãs vivas para os Estados Unidos e na década de 90 para Argentina e Chile (MELLO, 2005).

Segundo Feix et al. (2006), a carne de rã-touro é um produto muito apreciado devido à baixa quantidade de gordura, em média 0,3%, adequando-se a busca atual de um alimento mais saudável. Com a adoção das Boas Práticas de Fabricação e o sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) pelas indústrias de beneficiamento, a industrialização de rãs no Brasil conseguiu um salto imenso, com a obtenção de um produto inócuo para o consumidor (MELLO, 2005).

Com o aprimoramento da ranicultura no Brasil, é cada vez mais necessária a busca de novas pesquisas visando diminuir os custos com a produção nas diferentes etapas do seu desenvolvimento. A fase de criação de girinos é de fundamental importância para um bom funcionamento do ranário, pois desta fase que surgirão os animais, após a metamorfose, em condições ideais para se

realizar a recria. Nessa etapa os animais devem estar em condições compatíveis com os índices zootécnicos.

A alimentação adequada dos girinos constitui-se em um dos pontos fundamentais já que muitas vezes a ocorrência de mortalidade, mutações ou desenvolvimento lento apresentam sinais clássicos de possíveis desordens nutricionais.

Estudos estão sendo realizados para melhoramento das técnicas de alimentação e nutrição de girinos. A maioria dos trabalhos estão relacionados à necessidade de proteína e energia bruta e muito pouco se conhece em relação à digestibilidade ou a necessidade de carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais. Devido a esses fatos, acaba-se administrando aos girinos, dietas de outras espécies com necessidades nutricionais diferentes, como de peixes carnívoros.

Torna-se, portanto, necessário a realização de pesquisas que permitam elaborar modelos de crescimento (MARCATO, 2007), sendo que as informações obtidas por estes estudos poderão ser muito importantes para o estabelecimento de programas de nutrição e melhoramento genético (SANTOS, 2004).

As pesquisas nestas áreas poderão contribuir para a criação de novas técnicas e desvendar algumas dúvidas, para o desenvolvimento de uma dieta que atenda as necessidades nutricionais dos girinos, tendo então um melhor desempenho e uma maior geração de lucros para os ranicultores.

1. Desenvolvimento dos girinos

O desenvolvimento se destaca como um dos fenômenos mais fundamentais e vitais na biologia. Os organismos vivos são considerados por apresentar crescimento, a fim de sobreviver e se reproduzir. Algumas definições de crescimento proposto na literatura referem-se a aumentar as células orgânicas e constituintes inorgânicos (RAHN, 1933), a prevalência de anabolismo sobre o catabolismo (VON BERTALANFFY, 1960), ampliação e multiplicação das células (HAFAZ e DYER, 1969; BATT, 1980), e as alterações no tamanho (RICKER, 1979). Distinções têm sido feitas entre crescimento e desenvolvimento, sendo este último de conformação do corpo, resultando de diferenciação celular (por exemplo, durante a maturação sexual) (VON BERTALANFFY, 1960; BATT, 1980).

Estudos mais recentes determinaram o crescimento ontogenético que inclui tanto o crescimento e desenvolvimento, como alteração no fenótipo resultante de mudanças na distribuição de energia metabólica através do tempo de vida de um organismo vivo (WEST et al., 2001).

Respostas de crescimento observadas em nível de corpo inteiro são resultados finais de processos biológicos ocorrendo a nível celular. Crescimento é, portanto, devido à capacidade das células em multiplicar-se e ampliar-se. Multiplicação celular (mitose) e o alargamento (aumento de volume de protoplasma) surgem a partir da replicação de moléculas de DNA no núcleo e síntese de proteínas no citoplasma, respectivamente (GUYTON, 1986).

Embora todos os fatores que controlam a replicação do DNA não tenham sido ainda descritos, estudos têm demonstrado que a nutrição e envelhecimento são coordenados e altamente estruturados por reguladores deste fenómeno (HAFEZ e DYER, 1969; MOTT e BERGER, 2007).

A nutrição fornece a energia sob a forma de ATP e promove a síntese de fatores de crescimento (insulina, insulina como o factor-1 de crescimento, etc), os quais são necessários para iniciar a replicação do DNA (MOTT e BERGER, 2007).

A síntese de proteínas ocorre principalmente nos ribossomos em forma de proteínas estruturais como enzimas. A primeira síntese ocorre em associação com lipídios, a fim de construir estruturas de organelas celulares e membranas, enquanto a segunda em função de catalisar reações bioquímicas que conduzem para a síntese de outras proteínas, lipídeos, ATP, etc (GUYTON, 1986).

A expressão gênica no interior das células leva à síntese de proteínas que especificam propriedades celulares e comportamentos particulares, que, por sua vez, determinam o curso do desenvolvimento embrionário. O padrão passado e corrente da atividade gênica confere à célula certo estado ou identidade em qualquer dado momento, que é refletido na sua organização molecular, em particular, na definição de quais proteínas estarão presentes (MOTT e BERGER, 2007) .

O ciclo de vida dos girinos é dividido em três fases: embrionária, larval e metamorfose. A fase embrionária constitui o período de fecundação e o desenvolvimento dentro do ovo. A segunda fase, larval, inicia-se com a eclosão do ovo e todo o período de desenvolvimento do girino. Na terceira e última fase, a

metamorfose, ocorrem as mudanças de girino para o anfíbio adulto (ALTIG e McDIARMID, 1999).

Gosner (1960), levando em consideração as modificações morfológicas que ocorrem nessas fases, subdividiu-as em 46 estágios de desenvolvimento, sendo a primeira fase embrionária correspondendo aos estágios 1 ao 25; a segunda fase, de crescimento do corpo e início do desenvolvimento dos membros posteriores, do estágio 26 ao 35. Nos estágios 36 ao 41 ocorre a estabilização do crescimento corpóreo e desenvolvimento dos membros posteriores, e nos estágios 42 ao 46 ocorre a finalização da metamorfose, com a exteriorização dos membros anteriores, reabsorção da cauda e modificação da mandíbula.

2. Fisiologia da alimentação

Após a eclosão dos girinos, no estágio 20 da tabela de Gosner (1960), eles não realizam movimentos natatórios e nutrem-se do saco vitelínico. A partir do estágio 25 (GOSNER, 1960), os girinos absorvem todo seu saco vitelínico, ocorrendo também a encapsulação das brânquias e maturação do aparelho bucal para apreensão e captura do alimento. Durante esta fase, os girinos começam a ingerir organismos planctônicos e se movimentam ativamente à procura de alimentos (DUELLMAN e TRUEB, 1994; ALTIG e McDIARMID, 1999).

Na busca de alimentos, os girinos aspiram partículas de alimento livres na água. Com o aparecimento dos dentículos labiais, adquirem a capacidade de raspar e apreender alimentos, comendo a todo o momento e aumentando seu peso rapidamente, mantendo esse hábito até atingirem o clímax da metamorfose (GOSNER, 1960; WEBER, 1967).

Durante o crescimento, os girinos adquirem um comportamento alimentar mais generalista, consumindo todo tipo de material vegetal e animal, como por exemplo, carcaça de outros girinos, ovos de peixes ou até mesmo suas próprias fezes (STEINWASCHER, 1978; DUELLMAN e TRUEB, 1994). Os girinos passam a raspar alimentos maiores, ingerindo, bactérias, protozoários, e detritos orgânicos, filtrando, todo tipo de alimento presente na coluna da água (ALBINATI et al., 2001).

No momento em que raspam os materiais aderidos ao substrato através do aparelho bucal, eles liberam na água, partículas de alimento que serão filtradas

posteriormente. Essa filtração é feita no momento em que os girinos aspiram a água, ocorrendo a ingestão de partículas de proteínas, gorduras e bactérias (KENNY, 1969; DUELLMAN e TRUEB, 1994; ALTIG e McDIARMID, 1999).

Burly e Whelan (1985) observaram que a principal alimentação de girinos de rã-touro na natureza são plantas aquáticas e alguns microinvertebrados.

Os girinos possuem ainda uma estrutura funcional que pode ser caracterizada como estômago, além dos intestinos médios e posteriores, com tamanhos maiores que o seu corpo, e responsáveis pela digestão enzimática e bacteriana (REEDER, 1964).

Segundo Oliveira–Bahia (2007), o girino de rã-touro possui um tubo digestório bastante longo, sem distinção anatômica do estômago, morfometricamente seis vezes maior que o próprio girino na fase de maior desenvolvimento, classificando estes animais com o hábito alimentar onívoro.

Apesar de atualmente muitos pesquisadores tentarem encontrar um nível ideal de proteína na ração para a criação de girinos (CARMONA-OSALDE et al., 1996; BARBOSA et al., 2005; SEIXAS FILHO et al., 2011), e usarem o ganho de peso como um índice determinante (CULLEY et al., 1978; FONTANELLO et al., 1982; MARTINEZ et al., 1993), isso não nos fornece um resultado claro.

Seixas Filho et al. (2011), testando três níveis de proteína bruta (22%, 24% e 28%) na alimentação de girinos de rã-touro, observaram que a partir dos 15 primeiros dias houve diferenças significativas para peso, comprimento e consumo de ração, respectivamente, sendo que os girinos que receberam ração com 28%PB, apresentaram o melhor resultado (5,279g, 29,10mm e 2,518g), seguidos pelos que receberam ração com 24%PB (3,558g, 24,77mm e 2,410g). A melhor taxa de sobrevivência foi de 94,87% com ração de 22%PB, e a temperatura média da água variou de 24 a 26°C.

Barbosa et al. (2005) pesquisaram o efeito de três rações experimentais com diferentes níveis protéicos (33,6%, 26,6% e 22,5%PB), comparadas a uma ração comercial (46,5%PB), no desempenho e crescimento heterogêneo de girinos de rã-touro mantidos com temperatura média de $25,7 \pm 3,2^{\circ}\text{C}$. Verificaram que girinos alimentados com a ração comercial apresentaram o maior ganho médio de peso, porém apresentaram crescimento heterogêneo mais elevado, e alguns indivíduos apresentaram deformações nos membros. Os girinos alimentados com as rações com 33,6% e 26,6% de proteína bruta tiveram

desenvolvimento similar entre si, menor crescimento heterogêneo e não apresentaram deformações. A ração com 22,5% de proteína bruta mostrou-se inadequada às necessidades dos girinos.

Seis níveis de proteína (30%, 35%, 40%, 45%, 50% e 55%PB) foram testados em dietas isocalóricas para girinos de rã-touro, mantidos na temperatura da água de 25 ± 2 °C, para avaliar seus efeitos sobre o ganho de peso e da metamorfose, e determinar um nível ideal de proteína. Verificou-se que os dados para ganho de peso (2,2; 2,2; 2,3; 2,5; 2,9 e 3,4g respectivamente), não se apresentaram adequados para calcular o nível ideal de proteína. A frequência acumulada de metamorfose mostrou uma relação direta com a proteína da dieta e o nível ideal de proteína bruta foi determinado em 44,61% (CARMONA-OSALDE et al., 1996).

Albinati et al. (2001) testaram seis níveis de energia digestível (3.627, 3.693, 3.758, 3.823, 3.889 e 3.954 kcal/kg), em uma ração com 38,6% de PB para girinos de rã-touro. Não houve diferença, para consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e sobrevivência dos girinos, assim como para os parâmetros de composição da carcaça, com exceção da relação adiposo-somática, que apresentou um crescimento linear com o aumento do nível de energia da ração. Diariamente, foram tomados dados de temperatura da água, sendo a média das mínimas igual a $18,6 \pm 1,5$ °C e a média das máximas igual a $29,0 \pm 1,8$ °C.

3. Deposição de nutrientes na carcaça

Segundo Mazzini et al. (2003), o crescimento de um animal esta diretamente relacionado com o ganho de peso do mesmo, constituído pela retenção de água, proteína, gordura e minerais em quantidades que podem variar de organismo para organismo. A ordem de formação dos tecidos é óssea, muscular e adiposa, dependendo da maturidade fisiológica, ou seja, o desenvolvimento de cada tecido ocorre de maneira isométrica, sendo que cada um terá seu estímulo de crescimento em fases diferentes da vida do animal (ENSMINGER et al., 1990; GONZALES e SARTORI, 2002).

Através desta sequência, observamos o destino final dos nutrientes no corpo do animal, sendo assim importante conhecer o peso e/ou idade em que a taxa de crescimento corporal diminui e a maior parte dos nutrientes é enviada

para o tecido adiposo, devido ao aumento da demanda de gasto energético (LAWRENCE e FOWLER, 1997). Pesquisas para determinar o crescimento corporal são necessárias para determinar uma maior produção. Entretanto, para que o desenvolvimento corporal ocorra de uma forma adequada, há necessidade de uma boa sustentação, proporcionada pela estrutura óssea, cujo desenvolvimento deve estar intimamente interligado com o desenvolvimento dos músculos para que ocorra um crescimento corporal ideal (MARCATO et al., 2009).

A quantidade de nutrientes corporais é formada por nutrientes disponíveis temporariamente, acumulados no sangue e em tecidos de alta intensidade metabólica, como órgãos. Os nutrientes acumulados pelo animal e os originados do catabolismo tecidual são incorporados ao pool (proteína, gordura e carboidratos). A manutenção e os processos corporais retiram os nutrientes do pool (VARGAS et al., 2005).

As enzimas são proteínas que catalisam as reações químicas do metabolismo, possuindo funções estruturais ou mecânicas, como o sistema de armação celular usado para manter a forma da célula, entre outros papéis importantes no ciclo celular em geral (MICHIE e LÖWE, 2006). Além disso, sua deposição se faz necessária para ser utilizada durante o processo de metamorfose.

A taxa de deposição de proteína e energia vai depender da disponibilidade de nutrientes no pool, ou seja, se houver uma redução na disponibilidade de nutrientes ocorre uma diminuição na taxa de deposição. A energia utilizada para a deposição de proteína está intimamente ligada à quantidade de proteína que está sendo depositada, ou seja, a quantidade de tecido adiposo depositado depende das reservas de energia no pool de nutrientes, sendo maior quando houver sobra de energia da deposição de proteína na carcaça (VARGAS et al., 2005).

De acordo com Kessler et al. (2000), o frango de corte tem a capacidade de depositar gordura no tecido muscular, quando está disponível no pool de nutrientes, e quando ultrapassa o limite de absorção do animal para o equilíbrio homeostático.

Nos girinos, o tecido adiposo pode ocorrer como depósitos individualizados, como existentes na região visceral na forma de corpo adiposo (ALBINATI et al., 2001); ou distribuídos de forma menos difusa em músculos,

fígado, pele, rins, pulmões, ossos e tecido conjuntivo (HOTA, 1994). O depósito de gordura nos girinos é adquirido de seus genes que foram passados pelos seus pais (MANWELL, 1966), entretanto outros fatores contribuem para o acúmulo de gordura nos animais, como a dieta e condições ambientais (AGOSTINHO et al., 1991b).

Cada animal apresenta uma variação individual e específica do crescimento de cada osso, e seu controle ocorre através da físe, ou seja, cada cartilagem de conjugação apresenta uma taxa específica de desenvolvimento, o que geralmente é um fator genético (MACARI et al., 1994).

O crescimento animal está diretamente relacionado à alimentação que ele recebe e às condições do clima da região onde ele se encontra, com o estado sanitário, e também com outras características como genética, biótipo, raça, peso, idade e estado corpóreo (MAZZINI et al., 2003).

Emmans (1981) afirmou que um método ideal de calcular as exigências nutricionais e indicar o consumo de alimento de um animal em seu desenvolvimento é começar primeiro descobrindo seu potencial de crescimento. As exigências de nutrientes e o desenvolvimento do animal estão inteiramente interligados, sendo que através da compreensão destas interações é possível encontrar as falhas nutricionais, e assim obter o máximo desempenho, discernindo os limites de produção, e fazendo as alterações adequadas para melhorar a produtividade (LEESON e SUMMERS, 1997).

4. Curva de crescimento

Durante o crescimento do animal ele deve habitar um ambiente onde possa expressar suas características zootécnicas de desenvolvimento, podendo assim permitir que ele aumente de tamanho, massa corpórea e de peso. O crescimento de um animal é o aumento da massa muscular, tecidos estruturais e órgãos, seguido por uma mudança na sua forma ou composição oriunda do crescimento diferencial das partes estruturais do animal (ELIAS, 1998).

O desenvolvimento de um gráfico do peso ou da massa corpórea em relação à idade do animal gera a criação de uma curva de crescimento. O principal uso das curvas de crescimento é na descoberta de pontos importantes

como maturidade sexual, e de peso, composição de carcaça e idade de abate, de uma maneira econômica e eficiente (GOTTSCALL, 1999).

Pesquisas foram realizadas demonstrando o ganho de peso e o crescimento corporal da rã-touro, mas trabalhos na área de funções matemáticas visando a sua produção são escassos.

Cada espécie animal possui uma determinada curva de crescimento, onde a mesma deve estar em um ambiente adequado e não limitante. Ressalta-se o fato de que vários aspectos como maturidade, composição e taxas de deposição dos nutrientes corporais, podem interferir na curva de crescimento. Por isso, existe a necessidade da utilização de modelos matemáticos, que mostrem com maior precisão e clareza o crescimento desses animais em função da sua idade, para pesquisa e programas de alimentação (GOUS et al., 1999).

A utilização de modelos matemáticos pode ser considerada um instrumento valioso para descrever o crescimento da carcaça de uma forma geral, permitindo uma avaliação do animal, para que então se adote estratégias, melhorando assim o desempenho, e consequentemente aumentando o ganho de peso e eficiência alimentar (MARCATO, 2007).

Um instrumento muito importante para a padronização dos pesos corporais seria a utilização das equações não-lineares para adequação à sequência de pontos que correlacionam o peso com a idade dos animais (LOBO e MARTINS FILHO, 2001). O uso de modelos matemáticos para a estimativa de níveis de produtividade e de desenvolvimento em animais é uma técnica que pode direcionar a melhor escolha para o método de criação de uma espécie zootécnica (RODRIGUES et al., 2007).

Para escolha do modelo adequado da curva de crescimento são considerados dois pontos importantes, possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros e qualidade do ajuste (MARCATO, 2007). Existem diversos modelos matemáticos não-lineares que são usados para descrever o crescimento e a deposição de nutrientes corporais; entre estes destacam-se, o Logístico, Brody, Robertson, Richards, Von Bertalanffy e Gompertz (MARCATO, 2007). Destes, os modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico foram eficazes para adequação dos dados de peso e idades de várias espécies produtivas (FREITAS et al., 2000).

Os ajustes das funções não-lineares para peso-idade dos animais estão sendo muito utilizados como método para descrever informações contidas em alguns pontos que permitam interpretação biológica, onde deverão ser usados na derivação de características importantes para a pesquisa do crescimento (PAZ, 2002).

O modelo de Von Bertalanffy foi aplicado em uma pesquisa de crescimento de rãs-pimenta em cativeiro, para estimar o crescimento em comprimento e peso. Observaram que o modelo utilizado superestimou o peso inicial, com uma correspondência muito próxima entre os valores observados e os estimados, com um coeficiente de determinação de 99,8% para machos e 99,5% para fêmeas (AGOSTINHO et al., 1991a).

Ramos (2000) testou os modelos Gompertz e Logístico em rã-touro. Concluiu que os dados desses modelos convergiram; entretanto, a soma de quadrados da regressão foi alta, pelo fato dos animais utilizados encontrarem-se com 50g, ou seja, os animais já estavam adaptados ao ambiente. Para o modelo de Von Bertalanffy não foi estimado um critério de convergência para os dados.

Agostinho et al. (2002) avaliaram o crescimento da rã-touro em laboratório com fotoperíodo de 12/12 L:D e temperatura controlada de 25°C. O modelo escolhido foi o Bertalanffy; entretanto, o coeficiente de determinação foi de 82%, sendo um pouco baixo.

Segundo Rodrigues et al. (2007), os modelos Gompertz e Logístico foram os eleitos para estimar o crescimento da rã-touro. Hruby et al. (1996) verificaram que através de comparativos entre os coeficientes de identificação e tamanho de resíduo, para frangos de corte, o modelo de Gompertz obteve o melhor ajuste de dados.

O conhecimento da composição corporal permite desenvolver e simular curvas de crescimento de diferentes grupos, possibilitando demonstrar a eficiência biológica da atividade em diversas condições de alimentação, ambiente e manejo (LANNA, 1995). Nesse contexto, poucos trabalhos foram desenvolvidos para comparar o crescimento e composição corporal em girinos de rã-touro.

5. Objetivo Geral

Ainda são escassas as informações referentes ao crescimento corporal e à deposição dos nutrientes que compõem o sistema corporal dos anfíbios durante o ciclo de produção. Esses conhecimentos são fundamentais para a compreensão dos mecanismos de deposição e absorção de nutrientes, além de fornecer informações à nutrição e manejo alimentar dos mesmos em cativeiro.

No capítulo 1 serão avaliados diferentes modelos não lineares para descrever o crescimento corporal e comprimento total de girinos de rã-touro.

No capítulo 2 serão avaliados o desempenho e deposição dos nutrientes de girinos de rã-touro, fornecendo informações importantes para o desenvolvimento da ranicultura, tais como melhorias das dietas oferecidas e das condições de manejo dos animais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, J.; SEIXAS FILHO, J.T. A parceria entre Universidade, Governo e Empresa, aplicada ao aumento da produtividade da ranicultura, no Estado do Rio de Janeiro. Centro Universtário Augusto Motta – **UNISUAM**. 10p. 2007.

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, 1991a.

AGOSTINHO, C.A.; SILVA, M.A.; TORRES, R.A.; LIMA, S.L. Parâmetros genéticos de características de produção em rã-pimenta (*Leptodactylus labyrinthicus*) (Spix, 1824). **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.55-60, 1991b.

AGOSTINHO, C.A.; CHAVES, M.A.; LIMA, S.L. Curva de crescimento de rã-touro criada em laboratório. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD.

- ALBINATI, R.C.B.; LIMA, S.L.; DONZELE, J.L. Níveis de energia digestível na ração de girinos de rã-touro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.2, p.48-52, 2001.
- ALTIG, R.; McDIARMID, R.W. Body plan: developmental and morphology. In: R. W. McDIARMID; R. ALTIG. **Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae**. Ed: Chicago Press, Chicago, 1999, p.24-51.
- BARBOSA, J.M.; SILVEIRA, A.M; GOMIDE, C.A. Crescimento heterogêneo de girinos de rã-touro alimentados com diferentes rações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1015-1019, 2005.
- BATT, R. A. L. **Influences on Animal Growth and Development**. University Park Press, Baltimore, Maryland, 1980, 60p.
- BURRY, R. B.; WHELAN, J. A. **Ecology and management of the bullfrog**. Whashintgon D. C. U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, 1985. 23p.
- CARMONA-OSALDE, C.; OLVERA-NOVOA, M.A.; RODRIGUEZ-SERNA, M.; FLORES-NAVA, A. Estimation of the protein requirement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles, and its effect on metamorphosis ratio. **Aquaculture**, v.141, p.223-231, 1996.
- CRIBB, A.Y. Projeto para fortalecer a ranicultura na região sudeste. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. 2009. Disponível em: <http://agronegociar.com/pecuaria/30502-projeto-para-fortalecer-a-ranicultura-na-regiao-sudeste.html>>. Acesso em: 07 Abr. 2011.

- CULLEY JR., D.D.; MEYRS, S.P.; DOUCETTE JR., A.J. Current status of amphibian culture with emphasis on nutrition, diseases and reproduction of the bullfrog, *Rana catesbeiana*. In: ANNUAL MEETING OF THE WORLD MARICULTURE SOCIETY, 1978, Baton Rouge. **Proceedings...** Baton Rouge: WMS, 1978. p.653-669.
- DUELLMAN, W.E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1994. 670p.
- ELIAS, A. M. **Análise de curvas de crescimento de vacas da raça Nelore, Guzerá e Gir**. 1998. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- EMMANS, G.C. A model of the growth and feed intake of *ad libitum* fed animals, particularly poultry. In: HILLYER, G.M., WHITTEMORE, C.T.; GUNN, R.G. **Computers in animal production**. British Society of Animal production, occasional publication, 5 ed., 1981, p.103-110.
- ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD. J. E.; HEINEMANN, W. W. **Feeds and nutrition**. 2. ed. Califórnia, 1990. 1544 p.
- FEIX, R,D.; ABDALLAH, P.R.; FIGUEIREDO, M.R.C. Resultado econômico da criação de rã em regiões de clima temperado, Brasil. **Informações Econômicas**, v.36, n.3, p.70-80, 2006.
- FONTANELLO, D.; ARRUDA SOARES, H.; MANDELLI JR., J.; REIS, J. M. Crescimento de girinos de *Rana catesbeiana*, Shaw, 1802 (rã-touro) criadas com rações de diferentes níveis protéicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.9, p.125-129, 1982.

- FREITAS, A.R., RIBEIRO, V.Q.; MELLO, L.C.P.; MEDEIROS, L.P. 2000. Curvas de crescimento na produção animal. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/anais2000/melhoramento/049.pdf>> acesso em: 3 de agosto de 2011.
- GONZALES, E.; SARTORI, J.S. **Crescimento e metabolismo muscular. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.279-298.
- GOSNER, K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. **Herpetologica**, v.16, p.183-190, 1960.
- GOTTSCHALL, C. S. Impacto nutricional na produção de carne-curva de crescimento. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p.169-192.
- GOUS, R.M.; MORAN JR., 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.812-21, 1999.
- GUYTON, A. C. **Textbook of Medical Physiology**, Seventh Edition. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1986, 1210p.
- HAFEZ, E. S. E.; DYER, I.A. **Animal Growth and Nutrition**. Lea and Febiger, Philadelphia, 1969, 402p.
- HOTA, A.K. Growth in amphibians. **Gerontology**, v.40, p.147-160, 1994.
- HRUBY, M.; HAMRE, M.L.; COON, N. Non-linear and linear functions in body protein growth. **Journal of Applied Poultry Research**, v.5, p.109-15, 1996.
- KENNY, J. L. Feeding mechanisms in anuran larvae. **Journal of Zoology**, v.69, n.2, p.213-251, 1969.

- KESSLER, A. M.; SNIZEK, P. N.; BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** p.107-133.
- LANNA, D.P.D. Estimation of carcass and empty body composition of zebu bulls using the composition of rib cuts. **Scientia Agricola**, v.52, n.1, p.189-197, 1995.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. New York: CAB, 1997. 330p.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**, 2.ed. Guelph, 1997, 355p
- LOBO, R.N.B; MARTINS FILHO, R.. Avaliação de métodos de padronização dos pesos corporais às idades de 205, 365 e 550 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1695-1706. 2001.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 246 p.
- MANWELL, C. Metamorphosis and gene action-i. electrophoresis of dehydrogenases, esterases, phosphatases, hemoglobins and other soluble proteins of tadpole and adult bullfrogs. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.17, p.805-823, 1966.
- MARCATO, S.M. **Características do Crescimento Corporal, dos Órgãos e Tecidos de Duas Linhagens Comerciais de Frangos de Corte**. 2007. 183f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

- MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDEZ, J.B.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FURLAN, R.L.; PIVA, G.H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculo, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.4, p.1159-1168, 2009.
- MARTÍNEZ, I.P.; HERRÁEZ, M.P.; ÁLVAREZ, R. Optimal level of dietary protein for *Rana perezi* Seoane larvae. **Aquaculture and Fisheries Management**, v.24, p.271-278, 1993.
- MAZZINI, A.R.A.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L.H.; SILVA, F.F. Análise da curva de crescimento de machos hereford. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1105-1112. 2003.
- MICHIE, K.; LÖWE, J. Dynamic filaments of the bacterial cytoskeleton. **Annual Review of Biochemistry**, v.75, p.467-492, 2006.
- MELLO, S.C.R.P. Criação de Rãs na América Latina. **LACC . WAS**. Boletim do Capítulo Latinoamericano & Caribenho da Sociedade Mundial de Aquicultura. boletim 02. 2005. Disponível em: <https://www.was.org/LAC-WAS/boletins/boletim04/03_reportagem/02port_3.htm>. Acesso em: 31 Mar. 2011.
- MOTT, M. L.; BERGER, J.M. DNA replication initiation: mechanisms and regulation in bacteria. **Nature Reviews Microbiology**. v.5, p.343-354, 2007.
- OLIVEIRA-BAHIA, V.R.L. **Morfologia e enzimologia do sistema digestório dos girinos da ra-touro (*Rana catesbeiana*) durante o desenvolvimento e metamorfose**. 2007. 148f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- PAZ, C.C.P. **Associação entre polimorfismos genéticos e parâmetros da curva de crescimento em bovinos de corte**. 2002, 107f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

- RAHN, O. Problems in growth chemistry. **Quarterly Review of Biology**. v.8, p.77-91, 1933.
- RAMOS, E.M. **Características alométricas e químicas de rã touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802)**. 2000. 103f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- REEDER, W.G., The digestive system. In: MOORE, J. A. (ed). **Physiology of the amphibia**. New York, Academic Press, 1964, p.99-150.
- RICKER, W. E. Growth rates and models. **Fish Physiology**, v.8, p.677-743, 1979.
- 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.
- SANTOS, V. B. **Crescimento morfométrico e alométrico de linhagens de Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- SEIXAS FILHO, J.T.; NAVARRO, R.D.; SILVA, L.N.; SOUZA, L.N. Alimentação de girinos de rã-touro com diferentes níveis de proteína bruta. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.2, p.250-256, 2011.
- STEINWASCHER, K. The effect of coprophagy on the growth of *Rana catesbeiana*, tadpoles. **Copeia**, v.1, p.130-134, 1978.
- VARGAS, G. D.; DIONELLO, N.L.; BRUM, P.A.R.; RUTZ, F.; FIALHO, F.B. Modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento de frangos de corte: descrição e implementação. **Ciência Rural**, v.35, n.2, p.440-445, 2005.

VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. **Quarterly Review of Biology**. v.32, p.217-231, 1957.

WEBER, R. **The biochemistry of animal development**. New York, Academic Press, 1967. v.2. 481p.

WEST, G. B.; BROWN, J.H.; ENQUIST, B.J. A general model for ontogenetic growth. **Nature**, v.413, p.628-631, 2001.

CAPÍTULO 2

CURVAS DE CRESCIMENTO NÃO-LINEARES PARA GIRINOS DE RÃ-TOURO

RESUMO:

Descrever o crescimento animal em modelos não lineares permite uma avaliação criteriosa deste comportamento, além de revelar informações importantes da resposta a um determinado tratamento. Este estudo objetivou avaliar o ajuste do crescimento em peso e comprimento total de girinos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) em quatro modelos não lineares: Gompertz, Von Bertalanffy, Logístico e Brody. Os dados apresentados para peso e comprimento total não se ajustaram ao modelo de Brody, assim como o modelo de Von Bertalanffy subestimou os pesos iniciais, mostrando dificuldade de interpretação biológica, indicando que estes modelos não são apropriados para esta espécie na fase aquática. Os modelos de Gompertz e Logístico são adequados para descrever o crescimento e comprimento de girinos de rã-touro em cativeiro.

Key words: curva de crescimento, *Lithobates catesbeianus*, ranicultura

NON-LINEAR GROWTH RATE CURVES FOR BULLFROG TADPOLES

ABSTRACT:

Using non-linear models to describe animal growth rate allows a detailed evaluation of growth behavior and gives relevant information in response to a particular treatment. In this study, weight gain and total length of bullfrog tadpoles (*Lithobates catesbeianus*) were fitted and compared by the following four non-linear models: Gompertz, Von Bertalanffy, Logístico and Brody. Brody mathematical model was not a good fit for weight gain and total length, while Von Bertalanffy model underestimated tadpole initial weight, thus showing the difficulty of mathematical models to describe biological data at this growth stage. However, the Gompertz and Logistic models were considered to be an adequate to describe growth rate and length of bullfrog tadpoles in captivity.

Key words: growth curve, *Lithobates catesbeianus*, frog farming.

1. INTRODUÇÃO

A ranicultura brasileira possui um grande potencial como produtor de proteína animal de qualidade e baixo teor de gordura. No entanto, esta é uma área que necessita ser melhor explorada, através do uso de ferramentas que auxilie pesquisadores, técnicos e produtores a maximizar a produção e minimizar os custos no processo produtivo (DIAS et al., 2010) e sustentável (BOSMA e VERDEGEM, 2011), para uma população que necessita de mais alimentos com a diminuição do uso dos recursos naturais (SCHNEIDER et al., 2011).

Modelos não lineares representam o crescimento através do ajuste de uma função que descreve todo o período de vida do animal. Isso torna-se mais informativo o fenômeno do crescimento, pois condensa as informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis (SANTOS et al., 2007). Os principais modelos não lineares utilizados para descrever crescimento de animais aquáticos são: Gompertz, Von Bertalanffy, Logístico e Brody (GOMIERO et al., 2009).

Anfíbios anuros possuem ciclo de vida complexo, apresentando uma fase aquática e outra terrestre (WILBUR, 1980), com possibilidade de ajuste dos modelos não lineares para as duas fases. Na fase aquática, os modelos de Gompertz, Logístico e o Von Bertalanffy apresentaram excelentes ajustes para as diferentes espécies de anuros (HOTA, 1994). Já para a fase terrestre, os mesmos modelos apresentaram excelentes ajustes, sendo os modelos de Gompertz e Logístico mais adequados para rã-touro em cativeiro (RODRIGUES et al., 2007) e o modelo de Von Bertalanffy para a rã-pimenta (*Leptodactylus labyrinthicus*) (AGOSTINHO et al., 1991).

Há, portanto, uma necessidade de desenvolver modelos matemáticos que melhor descrevam as características e taxas de crescimento, e como estes aspectos relacionam-se entre si. Essas informações são cruciais para a compreensão dos processos de crescimento em girinos, contribuindo para ampliar o conhecimento atual sobre o crescimento e utilização de nutrientes para ganho de biomassa, melhorando os sistemas atuais de alimentação.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o ajuste e a adequação de modelos não lineares para um padrão médio de crescimento em peso e comprimento total de girinos de rã-touro em cativeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Aquicultura da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, no período de novembro de 2010 a janeiro de 2011.

Foram utilizados 3.240 girinos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) com peso médio inicial de 0,044g e comprimento total médio de 12,79 mm, no estágio 25 (GOSNER, 1960), procedentes de uma mesma desova, oriundos do setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP.

Os animais foram alojados em 18 caixas de amianto de 100L de capacidade, contendo 90 L de água, as quais apresentavam abastecimento individual e escoamento diretamente pelo fundo. A água utilizada foi proveniente de mina, com renovação de 100% a cada 24 horas. Para a manutenção da qualidade da água, as caixas foram sifonadas em dias alternados para retirada de fezes e ração não consumida.

As temperaturas máxima e mínima da água das caixas foram medidas diariamente através de um termômetro digital (termômetro digital máxima e mínimo – Incoterm). Os valores de oxigênio dissolvido (medidor de oxigênio YSI linha profissional), condutividade (condutivímetro de bolso Mod.CD-203 – PHTEK) e pH (pHmetro de bolso modelo pH-100 - PHTEK) foram aferidos semanalmente.

Os girinos foram alimentados com dieta farelada contendo 26,23% de proteína digestível (Tabela 1), “ad libitum”, três vezes ao dia, evitando-se sobras, de forma que a quantidade oferecida foi considerada a consumida (SOLOMON e TARUWA, 2011).

Os dados de peso vivo e comprimento total foram obtidos no início do experimento e com 13, 23, 33, 42, 55 e 64 dias, sendo o último dia do período experimental determinado quando 20% dos animais se apresentavam no clímax da metamorfose (estágio 42 de Gosner, 1960), onde os girinos param de se alimentar e utilizam as reservas acumuladas (WRIGHT et al., 2011). Para obtenção dos dados, 10% dos animais de cada caixa foram pesados em balança digital (precisão de 0,01g) e medidos com paquímetro digital (precisão de 0,001mm).

Tabela 1 – Fórmula e composição nutricional da dieta utilizada.

Alimentos	(%)
Farinha de peixe	18,0
Farelo de soja	20,5
Farinha de vísceras	10,0
Farelo de trigo	17,0
Farelo de milho	17,88
Amido de milho	10,0
Óleo de soja	6,0
Premix mineral e vitamínico ¹	0,6
BHT	0,02
Composição analisada	
Proteína bruta	32,68
Proteína digestível ²	26,23
Energia bruta (kcal/kg)	4434,34
Energia digestível (kcal/kg) ²	3743,07
Fibra bruta	2,45
Matéria mineral	7,78
Extrato etéreo	10,98
Extrato não nitrogenado	38,13

¹ Umidade (%) 2,0, Cinzas (%) 71,6442, Colina (mg/kg) 30.000, Magnésio (%) 0,0085, Enxofre (%) 1,1589, Ferro (mg/kg) 25.714, Cobre (mg/kg) 1.960, Manganês (mg/kg) 13.345, Zinco (mg/kg) 30.000, Iodo (mg/kg) 939, Selênio (mg/kg) 30, Vitamina A (UI/kg) 600.000, Vitamina D3 (UI/kg) 600.000, Vitamina E (mg/kg) 12.000, Vitamina K3 (mg/kg) 631, Tiamina B1 (mg/kg) 1.176, Riboflavina B2 (mg/kg) 1.536, Piridoxina B6 (mg/kg) 1.274, Vitamina B12 (mcg/kg) 4.000, Niacina (mg/kg) 19.800, Acido Pantotênico B3 (mg/kg) 3.920, Acido Fólico (mg/kg) 192, Biotina (mg/kg) 20, Vitamina C (mg/kg) 40.250.

² Valores calculados a partir do coeficiente de digestibilidade por Secco et al. (2005).

Modelos não-lineares adotados para verificar a curva de crescimento médio dos girinos, em peso e comprimento total, foram Gompertz, $Y = A \exp(-\exp(-b(t-T)))$; Von Bertalanffy, $Y = A(1 - K \exp(-Bt))^3$; Logístico, $Y = A(1 + K \exp(-Bt))^{-1}$ e Brody, $Y = A(1 - K \exp(-Bt))$.

Os parâmetros utilizados nessas funções têm o seguinte significado: “Y”= valor da medida (g ou cm); “t” = dias experimentais; “A” = peso ou comprimento à maturidade; “K”= parâmetro de escala sem interpretação biológica para os modelos Von Bertalanffy, Logístico e Brody; “b” e “B” representa a taxa de crescimento relativo à maturidade; “T”= taxa de crescimento relativo à maturidade, para o modelo de Gompertz onde representa o dia em que a taxa de crescimento é máxima. Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método de Gauss Newton modificado por meio de regressão não linear utilizando o procedimento NLIN do SAS (2001).

Os critérios utilizados para selecionar o modelo que melhor descreveu a curva de crescimento foram: o quadrado médio do resíduo (QMR); o coeficiente de determinação (R^2) calculado como o quadrado da correlação entre os pesos observados e estimados, que é equivalente a $1 - (SQR - SQT_C) / SQT_C$ (SOUZA, 1998), em que SQR é soma de quadrados do resíduo e SQT_C , a soma de quadrados total corrigida pela média; análise gráfica dos resíduos; desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) (SARMENTO et al., 2006), calculado como: $DMA = \sum_{i=1}^n [Y_i - \hat{Y}_i] / n$, em que Y_i é o valor observado, $\hat{Y}_i$, o valor estimado e n o tamanho da amostra, quanto menor o valor do DMA, melhor o ajuste; o formato da curva; número de iterações; interpretação biológica dos parâmetros e a distribuição dos resíduos studentizado, $t_i^* = t_i (n - p - 1 / n - p - t_i^2)^{1/2}$ onde t_i^* = resíduo studentizado, t_i = resíduo padronizado, n= número de observações, p= estimadores da equação (LEMONTE, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas mínima e máxima da água das caixas durante o período experimental foram $24,2 \pm 1,4$ e $26,0 \pm 1,2$ °C, respectivamente. Esses valores estão dentro da faixa considerada ótima para cultivo de girinos (24,5 a 29,1 °C) (LIMA et al., 2003; BAMBOZZI et al., 2004; HAYASHI et al., 2004; SEIXAS FILHO

et al., 2008). A temperatura da água interfere diretamente no metabolismo dos animais, devido à sua ectotermia, aumentando a velocidade de crescimento e ganho de massa corpórea quando em condições térmicas favoráveis (HOFFMAN et al. 1989).

Os teores médios de oxigênio dissolvido na água ($3,07 \pm 0,92$ mg/L) estão dentro do limite aceitável para o cultivo de girinos, segundo Hailey et al. (2006). A condutividade elétrica da água das caixas experimentais ($38 \pm 0,26$ μ S/cm) encontra-se dentro dos parâmetros indicados por Sipaúba-Tavares (1994), entre 23,0 e 71,0 μ S/cm, para o cultivo de organismos aquáticos em viveiros escavados. O valor médio do potencial hidrogeniônico (pH) da água das caixas ($6,17 \pm 0,34$) está próximo ao valor de 6,5 encontrado por Albinati et al. (2001).

Para que o modelo encontrado possa ser validado, foram adotados vários cuidados durante o período experimental, como o uso de densidade populacional e oferta de alimento adequados e a temperatura da água sem alterações, seguindo preceitos de Browne et al. (2003).

Os valores dos parâmetros encontrados para cada modelo de crescimento adotado em peso e comprimento total encontram-se na Tabela 2, sendo destacados somente os modelos nos quais o critério de convergência foi atingido, sendo eles Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico. O modelo de Brody não convergiu para o conjunto de dados observados para peso e comprimento neste trabalho. Uma possível explicação é o fato de o modelo não possuir solução analítica das equações normais, sendo as estimativas dos parâmetros dos modelos não lineares obtidas por algoritmos iterativos (SILVA et al., 2011).

O peso à maturidade ou assintótico (A) (Tabela 2) encontrado para o modelo Logístico foi o que apresentou menor valor, seguido do encontrado para o modelo de Gompertz, que foi inferior ao encontrado para o modelo Von Bertalanffy. Para o comprimento total à maturidade, o parâmetro A apresentou o mesmo comportamento. Os valores de A para os modelos aqui adotados são biologicamente interpretáveis para girinos de rã-touro.

Comportamento semelhante entre o valor de A foi observado para os modelos aqui adotados ao descrever o crescimento de ovinos Santa Inês (SARMENTO et al., 2006), tilápia (*Oreochromis niloticus*) (SANTOS et al., 2007) e piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) (GOMIERO et al., 2009).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros e erro padrão de acordo com os modelos estudados para peso vivo e comprimento total de girinos de rã-touro.

Modelo	Estimativas dos parâmetros				
	A	b	K	T	B
Peso Vivo					
Gompertz	10,66±1,052	0,0558±0,0088	-	38,19±2,2963	-
V. Bert.	13,36±1,964	-	1,216±0,1543	-	0,033±0,0060
Logístico	8,90±0,410	-	98,422±8,0619	-	0,112±0,0119
Comprimento Total					
Gompertz	119,0±3,570	0,0338±0,0020	-	22,01±0,9691	-
V. Bert.	131,2±5,578	-	0,568±0,0098	-	0,028±0,0019
Logístico	104,7±1,881	-	6,710±0,3482	-	0,068±0,0027

A = peso ou comprimento à maturidade; K= parâmetro de escala sem interpretação biológica; B, b = representa a taxa de crescimento relativo à maturidade; T = dia em que a taxa de crescimento é máxima.

O peso observado aos 64 dias experimentais (8,17g) foi obtido no momento em que 20% dos animais apresentavam clímax metamórfico, no entanto os animais restantes continuariam a crescer até ocorrer completamente a metamorfose. Sendo assim, o modelo de Gompertz demonstrou estimar um valor de peso vivo para estes animais de 10,66g ao completarem a metamorfose, próximo ao encontrado por Castro e Pinto (2000) de 10,73g aos 90 dias, com temperatura entre 24,5 a 27,5 °C.

Os parâmetros b de Gompertz e o B do modelo de Von Bertalanffy e Logístico (Tabela 2), representam a taxa de crescimento relativo à maturidade, onde o menor valor destes parâmetros representa o maior peso e comprimento total à maturidade (FREITAS, 2005). O modelo Logístico apresentou o valor mais alto, entre os três modelos, apresentando o menor peso e comprimento total à maturidade. O oposto ocorreu com o modelo de Von Bertalanffy que apresentou o valor de B mais baixo para este parâmetro e, conseqüentemente, maior peso e comprimento total a maturidade.

Os valores de R^2 (Tabela 3) encontrados para todos os modelos foram excelentes, com pequenas diferenças tanto para peso vivo como para

comprimento total. No entanto, o R^2 não é um bom diferenciador para a escolha de modelos não lineares (SILVA et al., 2011). A partir do QMR encontrado para os modelos, pode se constatar que não houve diferença entre os modelos estudados, tanto para peso vivo como para comprimento total (Tabela 3), o que também pode ser observado pelo DMA (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2), desvio médio absoluto (DMA) e número de iterações (NI), de acordo com os modelos estudados para peso vivo e comprimento total de girinos de rã-touro.

Modelo	QMR	R^2	DMA	NI
Peso Vivo				
Gompertz	0,3641	0,9848	0,0302	6
Von Bertalanffy	0,3916	0,9838	0,0385	13
Logístico	0,3310	0,9862	-0,0030	8
Comprimento Total				
Gompertz	7,0440	0,9984	0,0324	5
Von Bertalanffy	7,7604	0,9983	-0,0095	6
Logístico	7,2525	0,9984	-0,0905	5

Entre o número de iterações, o menor valor deste é melhor, pois revela se os parâmetros da curva se ajustaram conjuntamente em relação a todos os dados. Dentre os modelos, o de Gompertz apresentou menor número de iterações ao ajustar o crescimento para peso, mostrando sua facilidade em ajustar os dados estimados em relação aos observados (Tabela 3).

O modelo de Von Bertalanffy apresentou valores negativos e consequentemente subestimou o peso inicial dos girinos (Figura 1). O modelo Logístico apresentou o valor final mais próximo do observado, porém, superestimou o valor inicial (Figura 1). Com o modelo de Gompertz foi verificado que, apesar de estimar um valor final um pouco superior ao encontrado pelo Logístico, no valor inicial foi o que melhor ajustou-se aos dados observados (Figura 1).

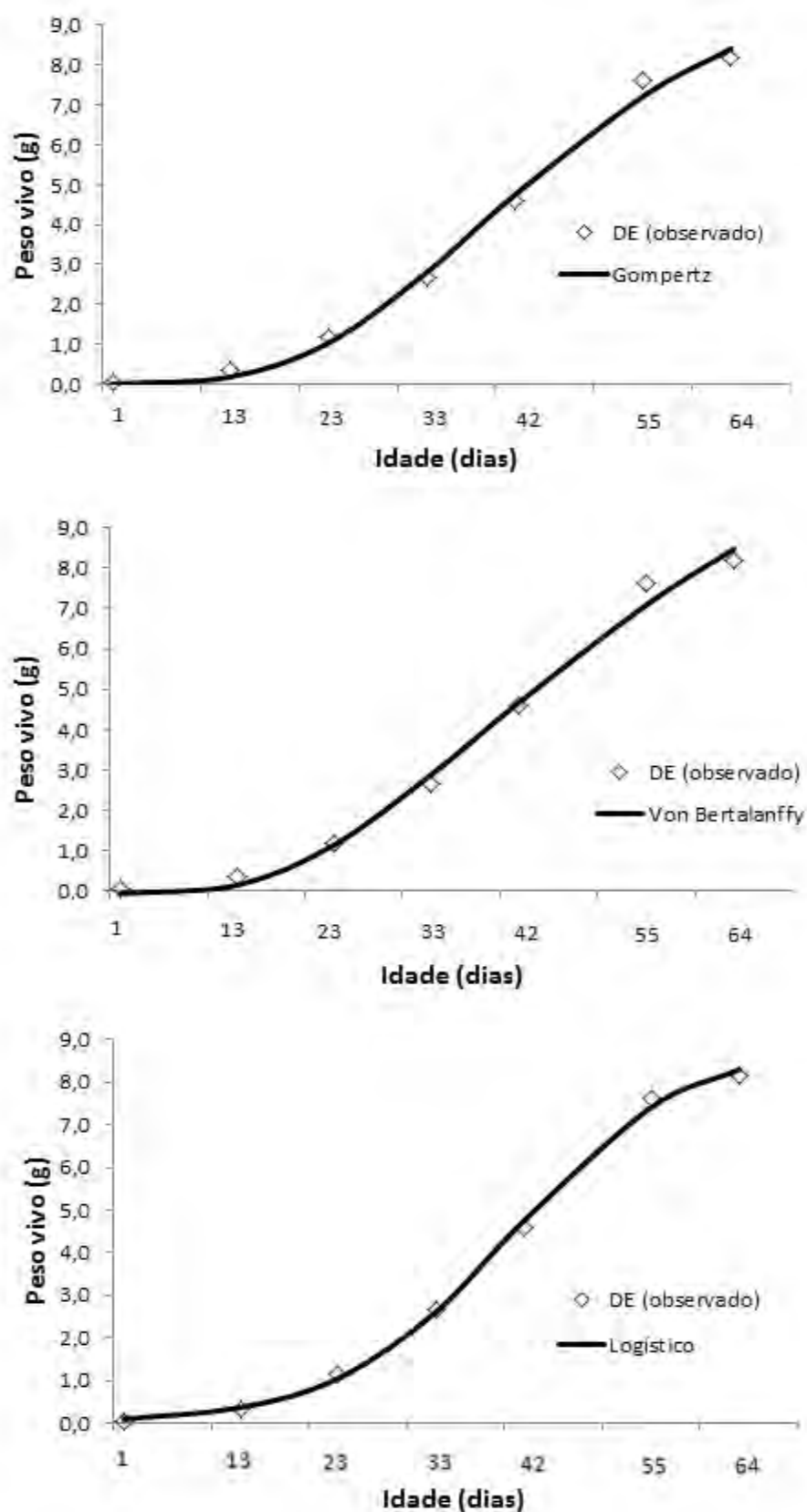


Figura 1 – Médias de pesos observados e estimados em relação à idade. Modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico.

As curvas de crescimento, estimadas para peso pelos modelos, apresentaram formato sigmoidal (Figura 1). De acordo com Vargas et al. (2005), quando a curva apresenta o maior e mais prolongado platô, maior é a eficiência do animal em crescer. Nas curvas estimadas para comprimento total (Figura 2) é possível observar que não apresentam formato sigmoidal característico como os encontrados para peso vivo.

Para estimativas de comprimento total, se observou que o modelo de Gompertz e Von Bertalanffy apresentaram características semelhantes obtendo-se bons ajustes. O modelo Logístico, apesar de apresentar particularidades para a dispersão de resíduos, demonstrou características bastante homogêneas. Logo, estes três modelos podem ser utilizados com bastante confiabilidade para prever o comprimento total de girinos (Figura 3).

Os modelos utilizados nesta pesquisa apresentaram vantagens e desvantagens. O modelo Logístico apresentou uma menor dispersão residual para peso vivo (Tabela 3), mas vícios entre os 33 e 64 dias de idade foram acentuados (Figura 3). De acordo com Guedes et al. (2004) o modelo Logístico apresenta uma descrição adequada para o crescimento em laboratório de organismos vivos com ciclos de vida simples, e não para descrição de população com ciclo de vida complexa.

O modelo de Gompertz demonstrou uma menor dispersão residual para comprimento total (Figura 3) e apresentou um bom ajuste para peso e comprimento total inicial, porém superestimou o peso e comprimento total aos 64 dias. Os girinos de anfíbios anuros apresentam crescimento rápido e com ciclo de vida curto (MONELLO et al., 2006). O modelo de Gompertz é recomendado para animais que apresentam a descrição anterior (GAMITO, 1998). Estas mesmas características permitem um excelente ajuste a modelos não lineares, além do Gompertz, como o de Von Bertalanffy e Logístico (HOTA, 1994), principalmente o peso em função de dias (SOCKMAN et al., 2008).

A escolha de um modelo de crescimento adequado é importante, pois pode ter efeito decisivo sobre os resultados de simulação (WAFA et al., 2004).

Os dados apresentados por este trabalho não se ajustaram ao modelo de Brody, assim como o modelo de Von Bertalanffy subestimou os pesos iniciais, mostrando dificuldade de interpretação biológica, indicando que estes modelos não são apropriados para esta espécie na fase aquática.

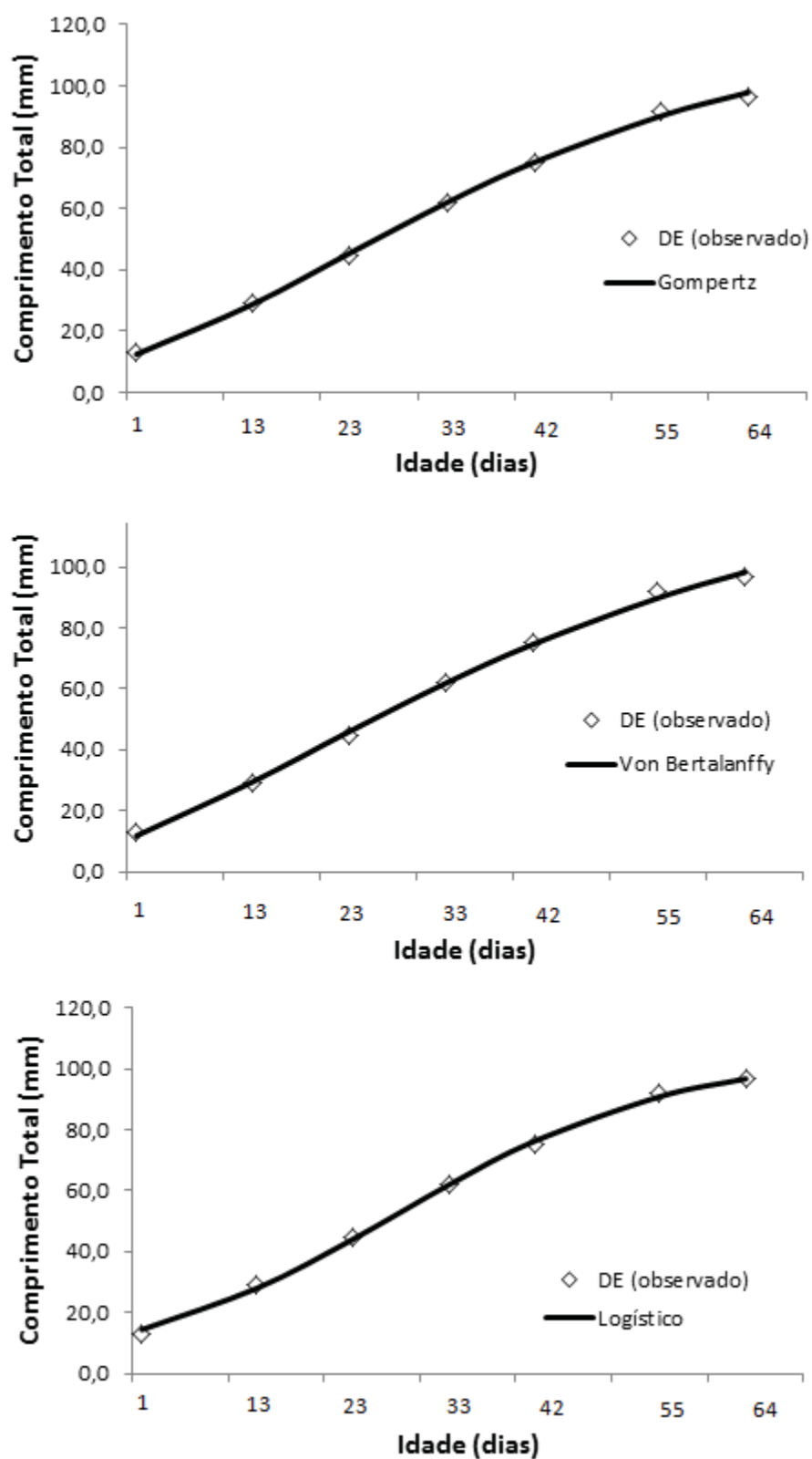


Figura 2 – Médias de comprimento totais observados e estimados em relação à idade. Modelos Gompertz, Von Bertalanffy e Logístico.

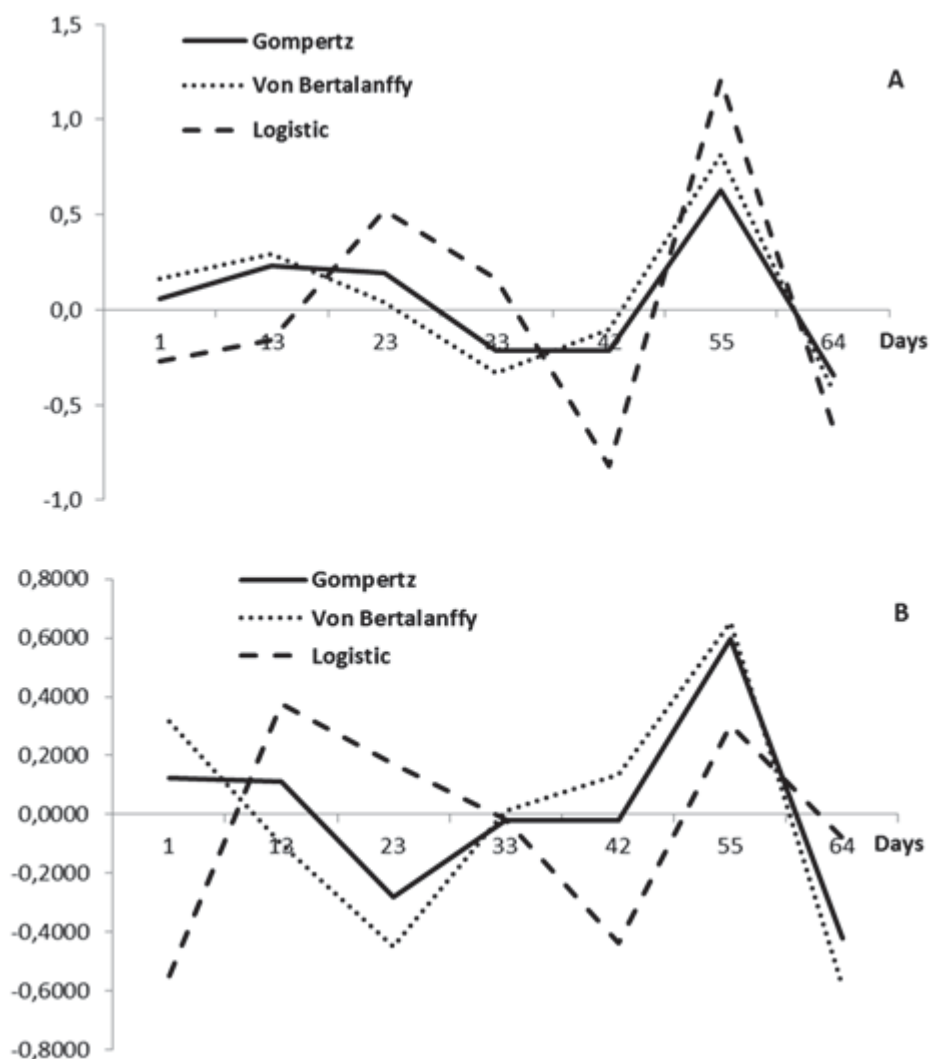


Figura 3 - Resíduo studentizado do peso vivo (A) e comprimento total (B).

A dispersão dos resíduos (Figura 3) demonstra que o ajuste desses três modelos foi semelhante, alternando-se ao longo do período quanto ao melhor ajuste. A dispersão residual do modelo de Von Bertalanffy apresentou-se próximo do observado para o modelo de Gompertz (Figura 3), porém subestimou o peso inicial dos animais e superestimou o peso (Figura 1) e o comprimento total a maturidade (Figura 2). O modelo de Von Bertalanffy é utilizado por muitos autores por causa de sua virtude em excluir termos que representem erros de divergência, como por exemplo, variações ambientais (FREITAS, 2005). Contudo, tem a desvantagem de não ser adequado para descrever crescimento inicial (GAMITO,1998).

4. CONCLUSÃO

Os modelos de Gompertz e Logístico são adequados para descrever o crescimento em peso e comprimento de girinos de rã-touro em cativeiro.

5. 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 Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 20, p.47-54, 1991.
- ALBINATI, R.C.B.; LIMA, S.L.; DONZELE, J.L. Níveis de energia digestível na ração de girinos de rã-touro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 2, p.48-52, 2001.
- BAMBOZZI, C.A.; SEIXAS FILHO, J.T.; THOMAZ, L.A.; OSHIRO, M.Y. Efeito do fotoperíodo sobre o desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1-17, 2004.
- BOSMA, R.H.; VERDEGEM, M.C.J. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. **Livestock Science**, v.139, p.58-68, 2011.
- BROWNE, R.K.; POMERING, M.; HAMER, A.J. High density effects on the growth, development and survival of *Rana catesbeiana* tadpoles. **Aquaculture**, v.215, p.109-121, 2003.
- CASTRO, J.C.; PINTO, A.T. Qualidade da água em tanques de girinos de rã-touro, (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802), cultivados em diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v 29, p.1903-1911, 2000.

- DIAS, D.C.; STÉFANI, M.V.; FERREIRA, C.M.; FRANÇA, F.M.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; SANTOS, A.A. Haematologic and immunologic parameters of bullfrogs, *Lithobates catesbeianus*, fed probiotics. **Aquaculture Research**, v.41, p.1064-1071, 2010.
- FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.786-795, 2005.
- 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.
- GOSNER, K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. **Herpetologica**, v.16, p.183-190, 1960.
- GUEDES, M.H.P.; MUNIZ, J.A.; PEREZ, J.R.O.; SILVA, F.F.; AQUINO, L.H.; SANTOS, C.L. Estudo da curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando heterogeneidade de variância. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.2, p.381-388, 2004.
- HAILEY, A.; SOOKOO, N.; MOHAMMED, A.; KHAN, A. Factors affecting tadpole growth: Development of a rearing system for the Neotropical leptodactylid *Physalaemus pustulosus* for ecotoxicological studies. **Applied Herpetology**, v.3, p.111-128, 2006.
- HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M.; FURUYA, V.R.B.; BOSCOLO, W.R. Desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) cultivados em diferentes densidades de estocagem em tanque-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.14-20, 2004.

- HOFFMANN, D.F.; LEBOUTE, E. M.; SOUZA, S.M.G. Efeito da temperatura e desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, v.18, p.557-566, 1989.
- HOTA, A.K. Growth in amphibians. **Gerontology**, v.40, p.147-160, 1994.
- LEMONTTE, A. J. Diagnóstico em regressão normal linear: princípios e aplicação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.26, p.07-26, 2008.
- LIMA, S.L.; CASALI, A.P.; AGOSTINHO, C.A. Desempenho zootécnico e tabela de alimentação de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*) criados no sistema anfigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.512-518, 2003.
- MONELLO, R.J.; DENNEHY, J.J.; MURRAY, D.L.; WIRSING, A.J. Growth and behavioral responses of tadpoles of two native frogs to an exotic competitor, *Rana catesbeiana*. **Journal of Herpetology**, v.40, p.403-407, 2006.
- 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. Growth curve of bull frog during post-metamorphic stage. **Archivos de Zootecnia**, v.56, p.125-136, 2007.
- 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.
- SECCO, E.M.; STÉFANI, M.V.; VIDOTTI, R.M. Apparent digestibility of different ingredients in diets for bullfrog *Rana catesbiana* tadpoles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.36, p.135-140, 2005.

- 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.
- SEIXAS FILHO, J.T.; HIPOLITO, M; CARVALHO, V. F.; MARTINS, A.M.C.R.P.F.; SILVA, L.N.; CASTAGNA, A.A. Alterações histopatológicas em girinos de rã-touro alimentados com rações comerciais de diferentes níveis protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2085-2089, 2008.
- 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.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.
- SOCKMAN, K.W.; WEISS, J.; WEBSTER, M.S.; TALBOTT, V.; SCHWABL, H. Sex-specific effects of yolk-androgens on growth of nestling American kestrels. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.62, p.617-625, 2008.
- SOLOMON, R.J.; TARUWA. S.M. The growth comparison of two catfishes (*C. Gariepinus* and *Heteroclaris*), **Nature and Science**, v.9, p.138-148, 2011.
- SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Serviço de Produção de Informação. 1998. 505 p.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM SAS. **Version Release 8.2. for Windows, 2001**. CD ROM.
- VARGAS, G. D.; DIONELLO, N.L.; BRUM, P.A.R.; RUTZ, F.; FIALHO, F.B. Modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento de frangos de corte: descrição e implementação. **Ciência Rural**, v.35, p.440-445, 2005.

WAFA, A.H.; PIERRE, D.; DANIEL, B. Modelling growth and food intake rhythms of brook trout *Salvelinus fontinalis* under the effects of density and ration. **Ecological Modelling**, v.175, p.385-394, 2004.

WILBUR, H.M. Complex life cycles. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.67-93, 1980.

WRIGHT, M.L., RICHARDSON, S.E.; BIGOS, J.M. The fat body of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) tadpoles during metamorphosis: changes in mass, histology and melatonin content and effect of food deprivation. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v.160, p.498-503, 2011.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS DO CRESCIMENTO MORFOMÉTRICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE GIRINOS DE RÃ-TOURO EM CATIVEIRO

RESUMO:

Melhorias no manejo alimentar devem ser implementadas na ranicultura, visando diminuir os efeitos indiretos da alimentação inadequada, resultando em melhores taxas de crescimento e deposição de nutrientes, consequentemente obtendo animais de melhor qualidade. O objetivo do presente estudo foi estabelecer curvas de crescimento morfométrico de girinos de rã-touro e sua deposição de nutrientes na carcaça. Foram utilizados 6.480 girinos de rã-touro no estágio 25 de Gosner, alimentados com dieta experimental (26,23% PD – 32,68 PB) e comercial (37,92% PB), oferecida “ad libitum”. O modelo utilizado para descrever a curva de crescimento foi de Gompertz. Os girinos alimentados com a dieta experimental, além de apresentarem uma deposição protéica final maior, o modelo sigmoidal apresentou-se muito mais homogêneo, mostrando uma taxa de deposição protéica diária mais constante. O modelo de Gompertz apresentou um ótimo ajuste para descrição da curva de crescimento morfométrico e deposição de nutrientes na carcaça para girinos de rã-touro, mostrando que os girinos alimentados com a dieta experimental, apresentaram melhor taxa de crescimento e deposição de nutrientes na carcaça.

Palavras-chave: curva de crescimento, deposição de nutrientes, modelo de Gompertz, ranicultura.

MORPHOMETRIC GROWTH AND CORPORAL COMPOSITION CHARACTERISTICS OF BULLFROG UNDER CAPTIVITY.

ABSTRACT:

Improvements in food handling must be implemented in frog culture in order to reduce the indirect effects of inadequate nutrition, resulting in better rates of growth and deposition of nutrients, thus obtaining better quality animals. The objective of this study was to establish morphometric growth curves of bullfrog tadpoles and deposition of nutrients in the substrate. We used 6480 of bullfrog tadpoles in stage 25 of Gosner, fed experimental diets (DP 26,23% - 32,68 CP) and commercial (37,92% CP) offered "ad libitum". The model used to describe the curve of growth was the Gompertz. Tadpoles fed the experimental diet, in addition to having a higher final protein deposition, the sigmoidal model presented is much more homogeneous, showing a daily protein deposition rate constant. The Gompertz model showed a good fit for describing the growth curve morphometric and deposition of nutrients in the substrate for bullfrog tadpoles, showing that the tadpoles fed the experimental diet showed better growth rate and deposition of nutrients in the substrate.

Key words: growth curve, nutrient deposition, model Gompertz, frog farming.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas pesquisas para o aprimoramento da ranicultura no Brasil, torna-se necessário com o aumento da demanda de proteína animal.

A rã-touro é um anfíbio anuro que apresenta um ciclo de vida complexo (WILBUR, 1980). A fase inicial ou girinagem é essencial para um bom funcionamento do ranário, pois nesta fase surgirão os animais, após a metamorfose, em condições ideais para realizar-se a recria.

Ponto fundamental para criação de animais é a alimentação adequada, já que muitas vezes o aparecimento de mortalidade, mutações ou desenvolvimento desordenado demonstram sinais clássicos de possíveis desordens nutricionais.

Estudos para aprimoramento da alimentação e nutrição de girinos têm sido realizados. A maior parte dos trabalhos está relacionada à necessidade de proteína e energia brutas (CARMONA-OSALDE et al., 1996; SEIXAS FILHO et al., 1998; BARBOSA et al., 2005). A digestibilidade da proteína e energia de alguns alimentos utilizados em rações de girinos já foi determinada (ALBINATI et al., 2000; SECCO et al., 2005). Entretanto, a exigência nutricional dos girinos ainda não foi determinada. Devido à falta desses dados, fornecem-se aos animais, dietas de outras espécies, com necessidades nutricionais diferentes, como de peixes carnívoros (SEIXAS FILHO et al., 2008).

Estudos que permitam elaborar modelos de crescimento, levando em consideração as informações oferecidas por estes, poderão ser muito importantes para o estabelecimento de programas de nutrição e melhoramento genético (SANTOS et al., 2007; MARCATO et al., 2010), os quais são escassos na ranicultura.

Modelos matemáticos não-lineares demonstram as características de crescimento dos indivíduos através do perfil de respostas ao longo do tempo em alguns parâmetros, podendo assim identificar os animais por exemplo, de maior peso em menor idade (MARCATO et al., 2010; SILVA et al., 2011).

Já foram descritos modelos não lineares para vários animais domésticos como frangos comerciais (MARCATO et al., 2008), ovinos Santa Inês (SARMENTO et al., 2006), vacas de corte (SILVA et al., 2011), tilápia do Nilo (SANTOS et al., 2007), rã-pimenta pós-metamórfica (AGOSTINHO et al., 1991) e

rã-touro pós-metamórfica (RODRIGUES et al., 2007). Esses estudos revelaram que os crescimentos destas espécies ajustaram-se para estes modelos com qualidade estatística.

Este trabalho teve por objetivo determinar as curvas e taxas de crescimento, assim como a deposição dos nutrientes (proteína, gordura, minerais e água) na carcaça dos girinos de rã-touro, através do modelo matemático não linear de Gompertz.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Aquicultura da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, no período de novembro de 2010 a janeiro de 2011.

2.1. Animais e condições experimentais

Foram utilizados 6.480 girinos de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*) com peso médio inicial de 0,044g no estágio 25 de Gosner (1960), procedentes de uma mesma desova, oriundos do setor de Ranicultura do Centro de Aquicultura da UNESP.

Os animais foram alojados em 36 caixas de amianto de 100L de capacidade, contendo 90 L de água, na densidade inicial de 2 girinos/L .

As caixas apresentavam abastecimento individual e escoamento diretamente pelo fundo. A água utilizada foi proveniente de mina, livre de cloro, com renovação de 100% em cada 24 horas.

Para a manutenção da qualidade da água, as caixas foram sifonadas em dias alternados para retirada de fezes e ração não consumida.

A temperatura máxima e mínima do ambiente e da água das caixas foram medidas diariamente através de um termômetro digital (termômetro digital máxima e mínimo – Incoterm). Os valores de oxigênio dissolvido (medidor de oxigênio YSI linha profissional), condutividade (condutivímetro de bolso Mod.CD-203 – PHTEK) e pH (pHmetro de bolso modelo pH-100 - PHTEK) foram aferidos semanalmente.

2.2. Delineamento Experimental

Os girinos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos (dieta experimental e dieta comercial) e seis repetições, sendo que cada parcela experimental foi constituída por três unidades experimentais, onde cada unidade apresentava 180 girinos.

2.3. Dietas e manejo alimentar

Os girinos foram alimentados com duas dietas fareladas: dieta experimental (DE) contendo 26,23% de proteína digestível (32,68% proteína bruta) (Tabela 1) e dieta comercial (DC) contendo 37,92% de proteína bruta (Tabela 2).

As análises bromatológicas dos ingredientes utilizados na dieta experimental foram realizados no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Caunesp e Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da FCAV-Unesp.

O arraçoamento foi “ad libitum”, três vezes ao dia, evitando-se sobras, de forma que a quantidade oferecida foi considerada a consumida (SOLOMON e TARUWA, 2011).

Tabela 1 – Fórmula e composição nutricional da dieta experimental (DE).

Alimentos	(%)
Farinha de peixe	18,0
Farelo de soja	20,5
Farinha de vísceras	10,0
Farelo de trigo	17,0
Farelo de milho	17,88
Amido de milho	10,0
Óleo de soja	6,0
Premix mineral e vitamínico ¹	0,6
BHT	0,02
Composição analisada	
Proteína bruta	32,68
Proteína digestível ²	26,23
Energia bruta (kcal/kg)	4434,34
Energia digestível (kcal/kg) ²	3743,07
Fibra bruta	2,45
Matéria mineral	7,78
Extrato etéreo	10,98
Extrato não nitrogenado	38,13

¹ Umidade (%) 2,0, Cinzas (%) 71,6442, Colina (mg/kg) 30.000, Magnésio (%) 0,0085, Enxofre (%) 1,1589, Ferro (mg/kg) 25.714, Cobre (mg/kg) 1.960, Manganês (mg/kg) 13.345, Zinco (mg/kg) 30.000, Iodo (mg/kg) 939, Selênio (mg/kg) 30, Vitamina A (UI/kg) 600.000, Vitamina D3 (UI/kg) 600.000, Vitamina E (mg/kg) 12.000, Vitamina K3 (mg/kg) 631, Tiamina B1 (mg/kg) 1.176, Riboflavina B2 (mg/kg) 1.536, Piridoxina B6 (mg/kg) 1.274, Vitamina B12 (mcg/kg) 4.000, Niacina (mg/kg) 19.800, Acido Pantotênico B3 (mg/kg) 3.920, Acido Fólico (mg/kg) 192, Biotina (mg/kg) 20, Vitamina C (mg/kg) 40.250.

² Valores calculados a partir do coeficiente de digestibilidade por Secco et al. (2005).

Tabela 2. Nível de garantia do fabricante (NGF) e composição centesimal analisada (CCA) da dieta comercial (DC).

	NGF	CCA
Proteína bruta (%)	35,0 (min)	37,92
Extrato etéreo (%)	-	7,53
Energia bruta (kcal/kg)	-	4156,3476
Fibra bruta (%)	-	3,35
Matéria Mineral (%)	-	10,95

Composição básica da ração: Milho integral moído, farelo de soja, farelo de glúten de milho – 60, farinha de carne e ossos, farinha de penas hidrolisadas, farinha de sangue, gordura vegetal estabilizada, cloreto de sódio (sal comum), cloreto de colina, calcário calcítico. Eventuais substitutivos: sorgo integral moído, quirera de arroz, farelo de milho, farelo de glúten de milho, farelo de trigo, farelo de arroz, levedura seca de cana de açúcar.

Premix: Vitamina A (min) 35.000 U.I., Vitamina D3 (min) 2.000 U.I., Vitamina E (min) 120 U.I., Vitamina K3 (min) 800 mg, Ácido fólico (min) 10 mg, Biotina (min) 10 mg, Tiamina (B1) (min) 25 mg, Riboflavina (B2) (min) 35 mg, Piridoxina (B6) (min) 40 mg, Vitamina B 12 (min) 100 mcg, Niacina (min) 350 mg, Acido Pantotênico (min) 150 mg, Colina (min) 2.500 mg, Cobre (min) 25 mg, Ferro (min) 150 mg, Manganês (min) 75 mg, Selênio (min) 1 mg, Zinco (min) 140 mg, Mananoligossacarídeo (min) 60 mg.

2.4. Variáveis analisadas

Para obtenção do peso médio e ganho de peso (peso final – peso inicial), 10% dos girinos de cada caixa experimental, foram pesados individualmente em balança eletrônica digital com precisão de 0,01g. A avaliação morfométrica também foi realizada nos girinos, registrando-se com paquímetro digital o comprimento total (início da cabeça até o final da cauda) e o comprimento parcial (início da cabeça até inserção da cauda) (Figura 1). Essas avaliações foram realizados no 1º, 13º, 23º, 33º, 42º, 55º e 64º dia (último dia do período experimental e início do clímax da metamorfose - estágio 42 de Gosner, 1960), quando os girinos param de se alimentar.

Os girinos foram pesados individualmente em um becker com água, em balança eletrônica digital com precisão de 0,01g.



Figura 1. Avaliação morfométrica dos girinos. CT = comprimento total CP = comprimento parcial.

A dieta consumida em cada caixa experimental também foi quantificada para cálculo da conversão alimentar aparente (consumo de ração / ganho de peso).

Para avaliação da composição corporal inicial dos girinos, antes de serem alojados nas caixas experimentais, um lote de animais (± 35 g de peso vivo de girinos) foi abatido para posterior análise de composição corporal (proteína, extrato etéreo, matéria seca e cinzas).

Nas avaliações posteriores (13°, 23°, 33°, 42°, 55° e 64° dia) foram coletadas amostras de 10g de peso vivo de girinos de cada três caixas experimentais, constituindo uma parcela experimental. Para isso, os girinos selecionados de cada três caixas experimentais, foram colocados em recipiente com água por 24 horas para eliminação do conteúdo do trato gastrointestinal. Em sequência foram colocados em gelo para insensibilização, eutanasiados, acondicionados em coletor universal de plástico identificado e congelados para posterior processamento e obtenção das amostras laboratoriais.

2.5. Processamento das amostras e análises laboratoriais

Para análise dos nutrientes na carcaça, os girinos foram moídos congelados em processador de alimentos para obtenção de amostras homogêneas, as quais foram acondicionadas em placas de Petri de plástico descartável e posteriormente liofilizadas a -50°C em equipamento Thermo VLP200, para obtenção da matéria pré-seca. Após, foram moídos em moinho de bola e encaminhados ao laboratório para análises de proteína, extrato etéreo, matéria seca e cinzas.

A proteína bruta foi determinada através do 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. A matéria seca foi obtida em estufa a 105° C por 12 horas. As metodologias utilizadas para análises foram descritas por Silva e Queiroz (2002).

2.6. Obtenção da curva de crescimento e Análises estatísticas

O modelo utilizado para descrever a curva de crescimento e de composição corporal (proteína, gordura, água e minerais) foi de Gompertz: $P_t = P_m \cdot \exp \cdot (-\exp \cdot (-b \cdot (t - t^*)))$ em que P_t = peso nutrientes (g) do animal ao tempo t , expresso em função do P_m ; P_m = peso nutrientes (g) à maturidade do animal; b = taxa de maturidade (por dia); t^* = tempo (dias) em que a taxa de crescimento é máxima. Com base na equação estimada, calcularam-se as taxas de crescimento (g /dia) em função do tempo (t), por meio da derivada $dP_t / dt = b \cdot P_t \cdot \exp \cdot (-b \cdot (t - t^*))$, da equação descrita por Winsor (1932). Os parâmetros do modelo foram estimados pelo método de Gauss Newton modificado por meio de regressão não linear, utilizando o procedimento NLIN do SAS (2001).

Os parâmetros indicados nas equações dos modelos matemáticos não lineares e a conversão alimentar (observada e estimada) foram submetidos à análise de variância usando o procedimento ANOVA do SAS (2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros físico e químicos da água

A temperatura mínima e máxima da água das caixas durante o período experimental foram $24,2 \pm 1,4$ a $26,0 \pm 1,2$ °C respectivamente. Esses valores estão dentro da faixa considerada ótima (24,5 a 29,1 °C) para cultivo de girinos, (LIMA et al., 2003; BAMBOZZI et al., 2004; HAYASHI et al., 2004; SEIXAS FILHO et al., 2008).

A temperatura da água interfere diretamente no metabolismo dos animais, devido à sua ectotermia, aumentando a velocidade de crescimento e ganho de massa corpórea quando em condições térmicas favoráveis (HOFFMAN, et al. 1989).

Os valores médios do oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH da água das caixas durante o período experimental encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros de qualidade da água das caixas experimentais com girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Variáveis	Dietas	
	Experimental (DE)	Comercial (DC)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	3,07±0,92	3,08±0,03
Condutividade Elétrica (µS/cm)	38±0,26	42±0,78
pH	6,17±0,34	6,01±0,29

Os teores médios de oxigênio dissolvido da água (Tabela 3) estão dentro do limite aceitável para o cultivo de girinos (HAILEY et al. (2006).

Não há estudos sobre o limite de tolerância dos girinos ao oxigênio dissolvido. A pouca concentração desse gás na água parece que não é problema para os girinos, que o retiram do ar atmosférico (LIMA e AGOSTINHO, 1992).

A condutividade elétrica da água das caixas experimentais (Tabela 3) encontra-se dentro dos parâmetros indicados por Sipaúba-Tavares (1994) entre 23,0 e 71,0 µS/cm para o cultivo de organismos aquáticos em viveiros escavados.

Houve um pequeno crescimento da condutividade elétrica durante o período experimental. Entretanto, a qualidade da água manteve-se em níveis adequados de cultivo, devido ao sinfonamento em dias alternados da matéria orgânica depositada no fundo das caixas, e ao controle da ração, ofertada de maneira controlada para evitar excesso de resíduos no fundo da caixa.

Os valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) da água das caixas (Tabela 3) também estão dentro da faixa compreendida entre 6,0 e 7,0, considerada ideal para o cultivo de girinos de rã-touro (ALVES, 1995) e próximos ao valor de 6,5 encontrados por Albinati et al. (2001).

De maneira geral, os parâmetros hídricos apresentaram-se relativamente constantes em todas as caixas.

3.2. Crescimento corporal

Muitos modelos matemáticos não-lineares estão sendo utilizados para descrição do crescimento e da deposição de nutrientes dos animais. Entretanto, se discute qual o melhor modelo a ser adotado, já que, segundo Fitzhugh Jr. e TAYLOR (1969), a escolha do melhor modelo se deve aos seguintes fatores: possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros e qualidade do ajuste. Dentro desses aspectos, a função de Gompertz foi considerada a mais adequada para descrever o crescimento de girinos de rã-touro alimentados com duas dietas diferentes.

Os modelos não lineares utilizam ajustes para as curvas de crescimento e deposição de nutrientes, sendo muito usados para determinar as exigências nutricionais dos animais (MARCATO et al., 2010). Dessa forma é possível, determinar um programa alimentar específico para girinos de rã-touro. Também contribuem na definição do tempo ideal para atingir o peso máximo antes de ocorrer a metamorfose (HOTA, 1994), e consequentemente aumentar o desempenho e reduzir os custos (LIMA e AGOSTINHO, 1992).

Os valores das estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso vivo, comprimento total, comprimento padrão, consumo de ração, consumo protéico e composição corporal (proteína, água, gordura e cinzas) para girinos alimentados com dietas diferentes estão apresentados na Tabela 4.

Pode-se observar que os girinos alimentados com a dieta experimental, atingiram peso vivo final maior estimado por Gompertz, do que os que receberam dieta comercial (Tabela 4). No entanto, na fase inicial estas diferenças não foram tão marcantes, se diferenciando a partir do 20º dia (Figura 2).

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz para peso vivo, consumos de ração e proteína, comprimentos total e padrão e deposição dos nutrientes para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Variável	Dieta	Parâmetros		
		Pm	b (por dia)	t*
Peso vivo (g)	DE	10,66±1,0517 ^a	0,0558±0,0088	38,195±2,2956
	DC	9,54±0,4174 ^b	0,0590±0,0044	37,571±0,9918
Valor de P		0,0028	0,3628	0,3020
Comprimento total (mm)	DE	120,0±3,8715	0,0394±0,0022	21,813±1,0297
	DC	122,1±3,1691	0,0371±0,0016	23,516±0,8630
Valor de P		0,3124	0,2764	0,1046
Comprimento padrão (mm)	DE	37,26±1,0098 ^a	0,0415±0,0023	16,465±0,8371
	DC	35,56±0,8304 ^b	0,0425±0,0021	15,978±0,7135
Valor de P		0,0199	0,5618	0,4519
Consumo acumulado de ração (g)	DE	15,19±0,6551	0,0482±0,0026	42,563±1,0919
	DC	15,33±0,5732	0,0485±0,0023	42,656±0,9413
Valor de P		0,5828	0,7863	0,5979
Consumo acumulado de proteína (g)	DE	4,56±0,1970 ^b	0,0482±0,0026	42,563±1,0919
	DC	5,42±0,5732 ^a	0,0485±0,0023	42,655±0,9413
Valor de P		0,0001	0,7863	0,8405
Proteína total (mg)	DE	873,8±0,1837 ^a	0,0478±0,0122	43,759±2,3173
	DC	697,0±0,0373 ^b	0,0672±0,0062	41,271±1,0896
Valor de P		0,0265	0,0817	0,2525
Água total (mg)	DE	9.103,8±0,8588 ^a	0,0564±0,0088	37,461±2,2084
	DC	8.168,8±0,3603 ^b	0,0599±0,0048	36,467±1,0097
Valor de P		0,0028	0,5940	0,1574
Gordura total (mg)	DE	469,4±0,0864	0,0568±0,0154	43,961±3,9850
	DC	421,5±0,0330	0,0592±0,0061	46,103±1,6829
Valor de P		0,6612	0,4787	0,1197
Cinzas total (mg)	DE	195,6±0,0444	0,0443±0,0105	48,064±2,932
	DC	169,6±0,0124	0,0528±0,0043	47,024±1,706
Valor de P		0,1044	0,0545	0,7943

Pm = peso ou comprimento à maturidade; b (por dia) = taxa de maturidade; t* (dias) = tempo de taxa de crescimento máxima. Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem (P<0,05) pela ANOVA.

Quando as interações ambientais influenciam o tamanho do animal, as taxas de crescimento são altamente flexíveis, sendo que o crescimento específico e mortalidade são os pontos fundamentais para caracterizar o crescimento da população (WERNER e GILLIAM, 1984). É amplamente aceito que os anfíbios e répteis mostram crescimento indeterminado e que o tamanho corporal e idade são, portanto, positivamente correlacionados (DUELLMAN e TRUEB, 1994).

Segundo Duarte (1975) o peso à maturidade (P_m) é um parâmetro que geneticamente expressa o potencial de desenvolvimento e a interação dos genes que determinam o crescimento, tornando a medida assintótica um parâmetro resultante dos estágios anteriores do crescimento.

O nível protéico da dieta afeta a taxa de desenvolvimento dos girinos, onde o clímax metamórfico aparentemente só pode ser alcançado quando os girinos conseguem atingir suas necessidades nutricionais, permitindo-lhes transformarem-se em um animal novo e completamente diferente (CARMONA – OSALDE et al., 1996). Esta dependência nutricional também foi observada por Martinez et al. (1994) trabalhando com *Rana perezi*, onde a alimentação inadequada prolongou o período larval.

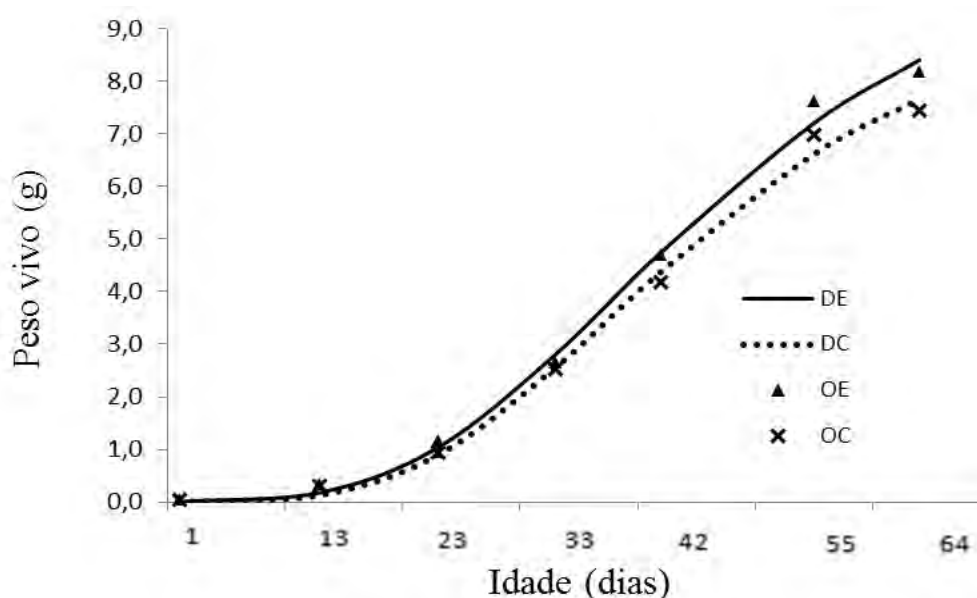


Figura 2. Curva de peso vivo dos girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

Na Figura 3 observa-se também que a dieta experimental obteve um melhor ganho de peso diário.

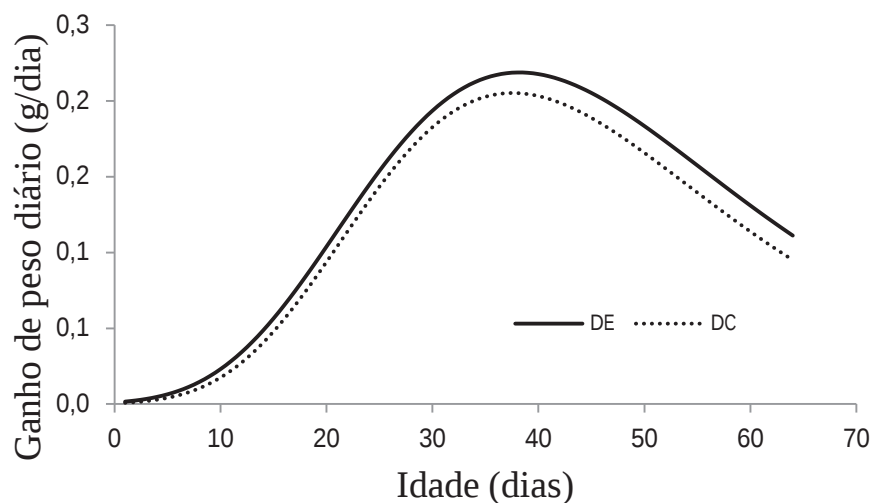


Figura 3. Ganho de peso diário dos girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Foram observadas neste experimento, diferenças significativas no ganho de peso de girinos alimentados com diferentes níveis protéicos, sendo que os que apresentaram melhores resultados foram os alimentados com uma ração com 26,23% de proteína digestível (32,68% PB), contradizendo os valores de 55% de proteína bruta, descritos por Camona – Osalde et al. (1996); 45 e 55% de proteína bruta por Seixas Filho et al. (2010) e 36,8% proteína digestível por Hayashi et al. (2004).

Segundo Barbosa et al. (2005), é de fundamental importância que a alimentação de girinos em sistema de criação comercial seja realizada em grande quantidade e com qualidade. Entretanto, trabalhos encontrados na literatura sobre níveis protéicos e de crescimento, são muitos escassos.

O padrão da curva de crescimento de girinos é consideravelmente diferente do padrão de animais pós-metamorfose. No primeiro caso, a taxa de crescimento é rápida e a função exponencial do modelo de Gompertz se encaixa bem aos dados. As variáveis paramétricas do modelo podem ser geradas por vários processos biológicos, como no fornecimento, distribuição e acesso do animal ao alimento; as variações na qualidade da comida, partículas; ou heterogeneidade

dos animais, ocasionando competições, interferindo na curva e deposição de nutrientes (HOTA, 1994).

O comprimento total dos girinos de rã-touro não foi influenciado pelas dietas (Tabela 4 e Figura 4). Já para o comprimento padrão dos girinos houve diferença significativa (Tabela 4 e Figura 5), sendo o melhor resultado observado nos animais alimentados com a dieta experimental, para os quais, o peso vivo final também foi superior.

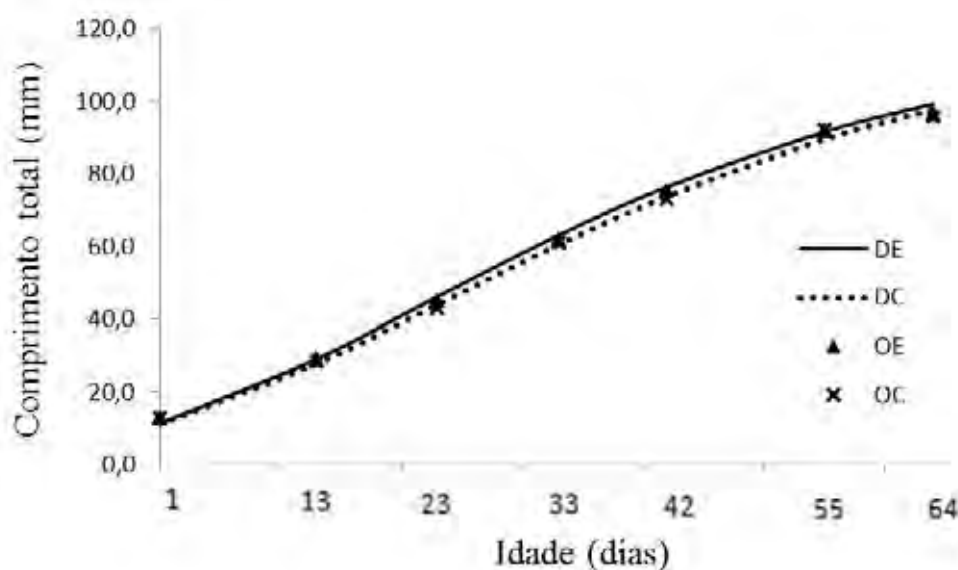


Figura 4. Curva de comprimento total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados de comprimento total para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

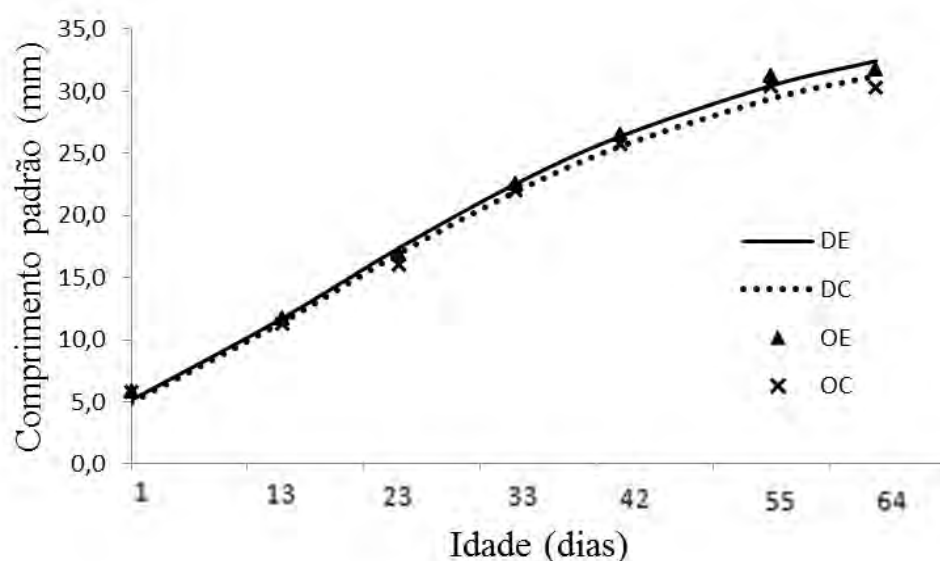


Figura 5. Curva de comprimento padrão para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

3.3. Consumo de ração

Os valores observados para consumo de ração dos dois tratamentos apresentaram-se bastante homogêneos, não havendo diferença significativa entre os mesmos (Tabela 4), demonstrando que os girinos dos dois grupos consumiram a mesma quantidade de ração.

Estimando o consumo de ração através de Gompertz os dados se mantiveram próximos dos observados (Figura 6).

O consumo diário de ração para girinos de rã-touro pode ser observado na Figura 7. Nota-se que a partir do 42º dia ocorreu uma queda acentuada no consumo de ração influenciado pelo início do clímax metamórfico, que é uma fase especialmente estressante para os girinos e as modificações anatomo-fisiológicas que ocorrem nesse período são complexas e problemáticas. Os animais deixam de se alimentar e passam a se valer das reservas orgânicas do corpo adiposo e da cauda, devido à mudança no hábito alimentar de onívoro para carnívoro.

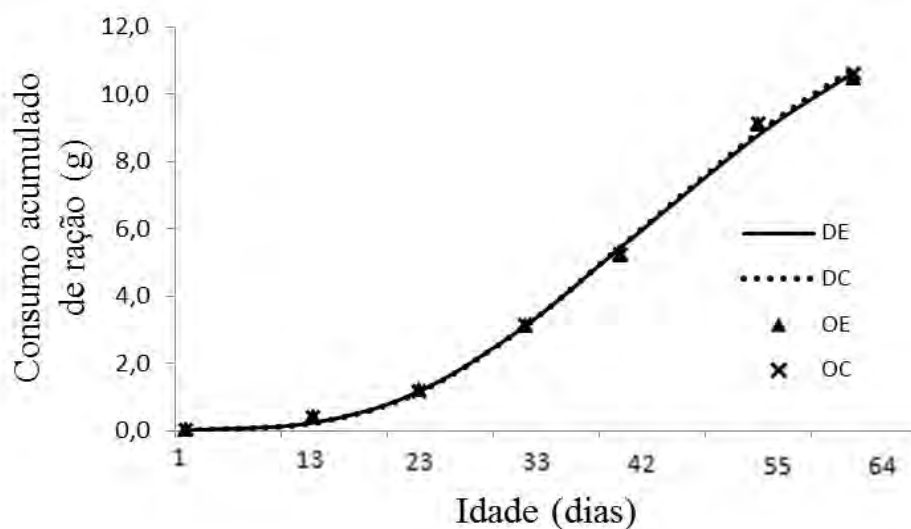


Figura 6. Curva de consumo acumulados de ração para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

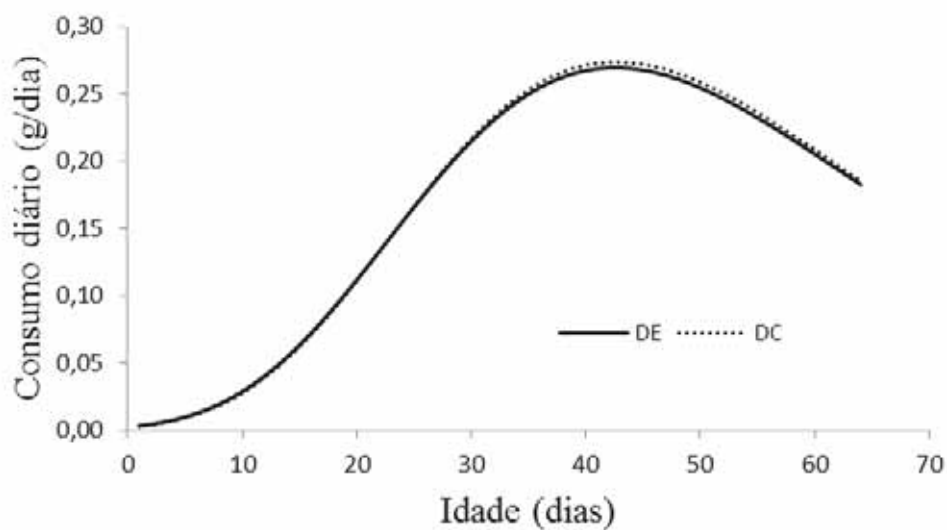


Figura 7. Curva da taxa de consumo diário para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

3.4. Conversão alimentar

A conversão alimentar aparente dos girinos alimentados com dois tipos de dietas, uma experimental e outra comercial, encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5. Conversão alimentar aparente observadas e estimadas para girinos de rã-touro, alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Dietas	Conversão alimentar média	
	Observada	Estimada
DE	1,28±0,07 ^a	1,26±0,04 ^a
DC	1,43±0,05 ^b	1,40±0,03 ^b

Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem ($P < 0,05$) pela ANOVA.

Os girinos que receberam a dieta experimental apresentaram conversão alimentar melhor do que aqueles que receberam a ração comercial, mesmo apresentando um nível protéico menor. Isso demonstra que a dieta experimental atendeu melhor a exigência nutricional dos girinos, o que pode ser confirmado pelo ganho de peso dos animais, levando em consideração o hábito alimentar dos mesmos, que são onívoros (OLIVEIRA-BAHIA, 2007), comprovando que não há um grande requerimento de proteína na ração para que os girinos apresentem um maior desenvolvimento.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam evidente melhora da produtividade, quando comparados aos dados de Lima e Agostinho (1992); Lima et al. (1997); Lima e Valles (1998) (média de 1,69) e Lima et al. (2003) (média de 1,5), alcançando uma conversão média de 1,28 com a dieta experimental. Esses resultados podem representar uma redução nos custos da produção, sendo que a alimentação de rãs significa 57% do custo total da produção (LIMA e AGOSTINHO, 1992).

Entretanto, outro fator importante que influenciou uma boa conversão alimentar para os animais alimentados com a dieta experimental, foi à qualidade da ração fornecida aos animais, e a qualidade da proteína utilizada para o

beneficiamento da ração, levando em consideração que as fontes proteicas sempre devem proceder de uma fonte de qualidade.

O sucesso de uma boa conversão alimentar deve-se aos ajustes efetuados no manejo de rotina, respeitando a quantidade certa de alimento a ser oferecido, e principalmente à padronização da tecnologia (instalações e manejo).

3.5. Consumo de proteína e deposição de nutrientes na carcaça

Os girinos que foram alimentados com a dieta comercial apresentaram um consumo de proteína significativamente maior, devido à dieta possuir maior quantidade de proteína bruta em sua composição (Tabela 4 e Figura 8). Entretanto, o consumo diário (**b**) e tempo máximo de maior crescimento (**t***) de proteína mantiveram-se o mesmo para os dois tratamentos (Tabela 4).

Apesar dos girinos que receberam a dieta comercial terem consumido maior quantidade de proteína bruta, a deposição de proteína foi significativamente maior na carcaça dos girinos alimentados com a dieta experimental (Tabela 4 e Figura 9). Isso indica que, apesar de ter uma quantidade menor de proteína (26,23% PD e 32,68% PB) comparado com a dieta comercial (37,92% PB), essa proteína foi melhor utilizada pelos animais. Além disso, o excesso de proteína pode ocasionar problemas renais e hepáticos, aumentando a quantidade de nitrogênio eliminado pelos rins, podendo sobrecarregar e mais tarde, ocasionar problemas neste órgão, assim como grandes quantidades de proteínas metabolizadas no fígado, comprometendo o funcionamento do mesmo.

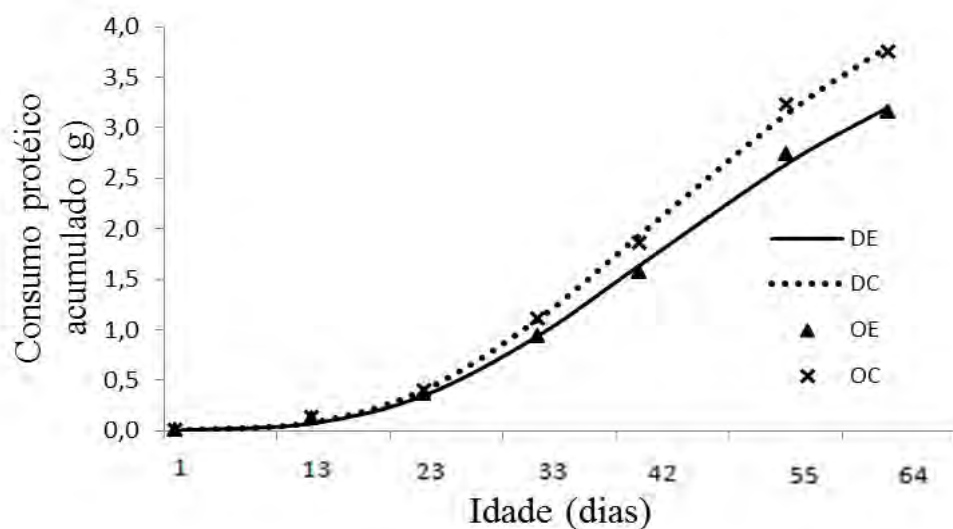


Figura 8. Curva de consumo protéico acumulado para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

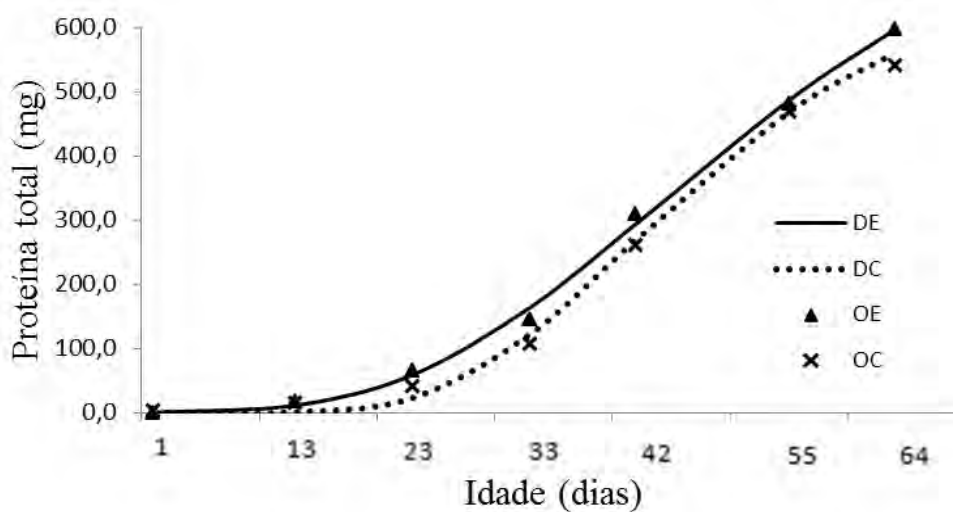


Figura 9. Curva de proteína total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

Com base nas Figuras 8 e 9 observou-se que apesar dos girinos alimentados com a ração comercial terem apresentado um consumo protéico diário maior (Figura 11), os mesmos tiveram menor deposição de proteína na carcaça. Verificou-se que os girinos alimentados com a dieta experimental, além

de apresentarem uma deposição protéica final maior, o modelo sigmoidal apresentou-se muito mais homogêneo (Figura 11), mostrando uma taxa de deposição protéica diária mais constante.

Segundo Kessler et al. (2000), quando o animal apresenta o maior e mais prolongado platô de deposição de proteína, maior é a sua eficiência em produzir carne e melhor é o equilíbrio na sua composição corporal.

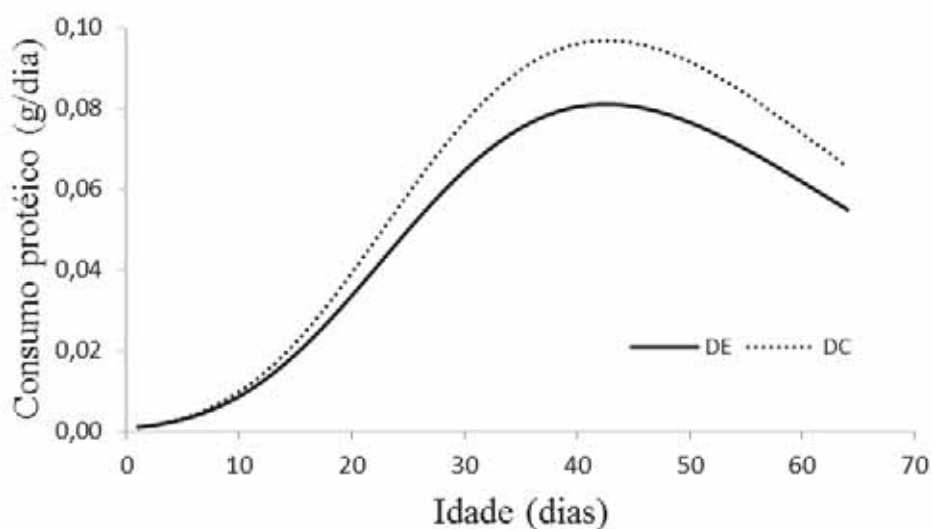


Figura 10. Curva da taxa de consumo protéico diário para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

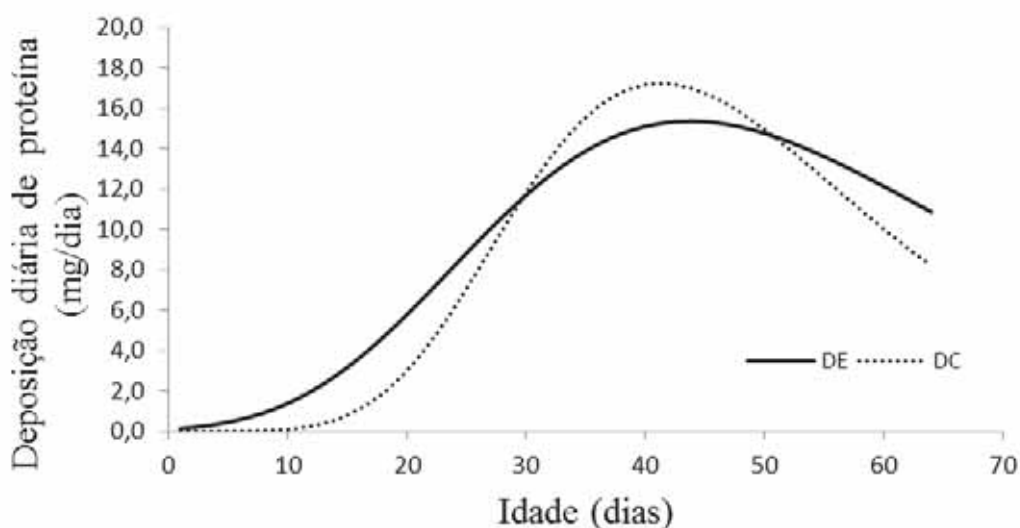


Figura 11. Curva da taxa diária de deposição protéica para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Gonzales e Sartori (2002) trabalharam com frango de corte e observaram que a diferença de deposição protéica é prioritariamente devida à modificação nas taxas de degradação e não das taxas de síntese de proteína. Com o avanço da idade, o declínio da taxa de degradação é mais pronunciado do que da taxa de síntese, o que determina menor deposição protéica. Neste experimento, observou-se que os girinos que ingeriram a dieta comercial apresentaram um maior declínio após atingir o ponto de inflexão da curva de deposição de proteína (Figura 11).

Não é aconselhável que ocorra metamorfose dos girinos sem que tenham armazenado uma quantidade mínima de energia (WERNER, 1986). Em condições de alta densidade, é provável que gasta mais energia para evitar encontros físicos e outros estresses associados (BROWNE et al, 2003). Além disso, presumivelmente menos energia pode ser armazenada, se as reservas são necessárias para combater inibidores de crescimento em condições de alta densidade, como é o caso da criação comercial intensiva de girinos (GRUMP, 1981). Mesmo se o alimento for superabundante, a concorrência é a interferência esperada, por isso há a necessidade de uma dieta balanceada para suprir essas necessidades nutricionais (MARTÍNEZ et al, 1996).

Não houve diferença significativa na deposição de gordura na carcaça dos girinos alimentados com as diferentes dietas (Tabela 4). O aumento gradativo desse depósito de gordura foi devido principalmente ao crescimento do corpo adiposo com o desenvolvimento dos girinos.

De acordo com os resultados deste trabalho, a deposição de gordura na carcaça (Figura 12) foi mais tardia comparada com a deposição de proteína e água.

Apesar dos girinos alimentados com dieta experimental terem apresentado um aumento na taxa de deposição de gordura na fase inicial, esses valores não diferiram estatisticamente (Tabela 4), obtendo um valor semelhante na fase final (Figura 13).

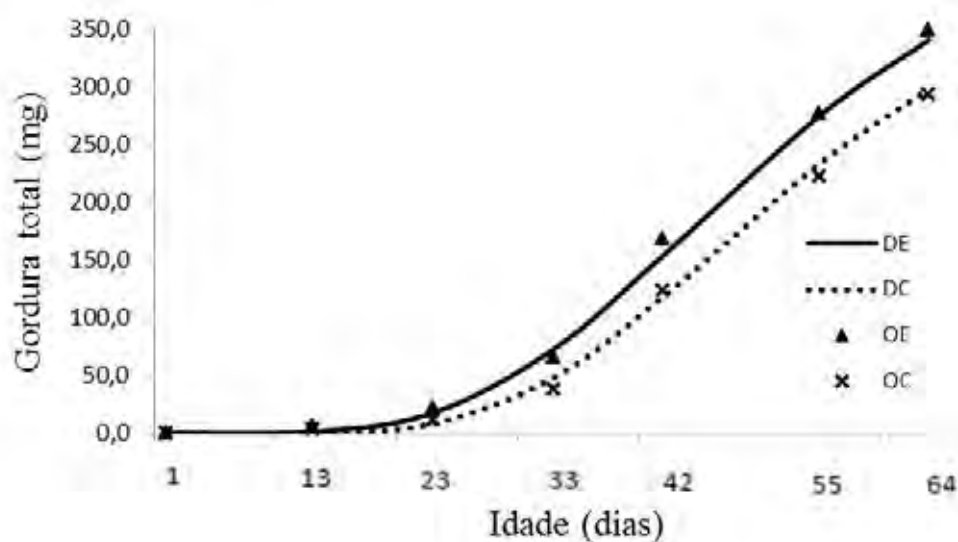


Figura 12. Curva de gordura total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

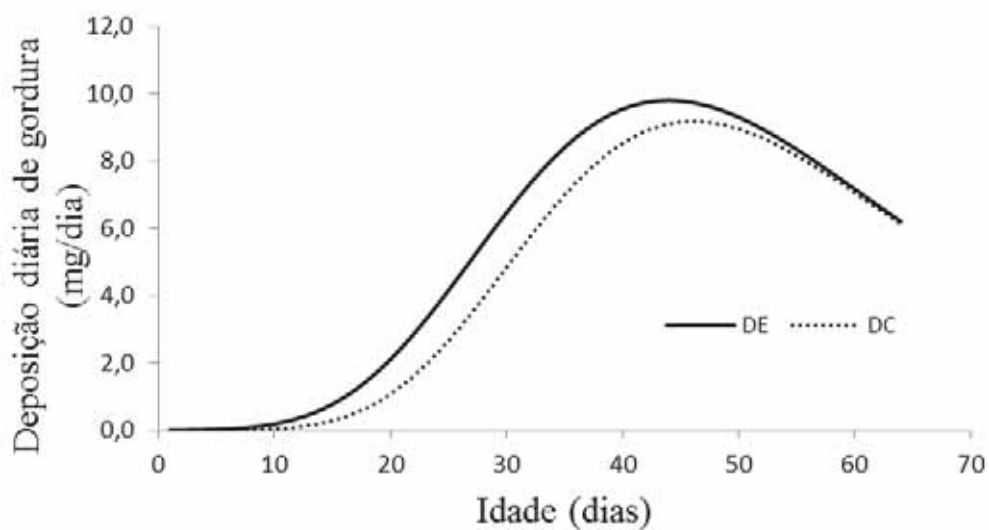


Figura 13. Curva da taxa de deposição diária de gordura para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

A elaboração de dietas para nutrição animal deve apresentar um equilíbrio entre os níveis de proteína e energia, de modo que o animal se desenvolva, sem que o mesmo converta o excesso de proteína em energia, ou apresentar grande deposição de tecido adiposo na carcaça. Além disso, as fontes protéicas e

energéticas são os principais componentes no custo de produção das dietas; e qualquer desbalanceamento pode ocasionar perdas econômicas.

Os valores de deposição de água corporal estão intimamente ligados à taxa de deposição de proteína corporal de girinos, mostrando que esses animais começam a reter mais água neste período devido à realização de maior síntese de proteína.

Observou-se que os girinos alimentados com a dieta experimental apresentaram uma deposição significativamente maior de água (Tabela 4 e Figura 14), estando diretamente relacionada com a maior deposição de proteína, apresentada nos girinos desse grupo.

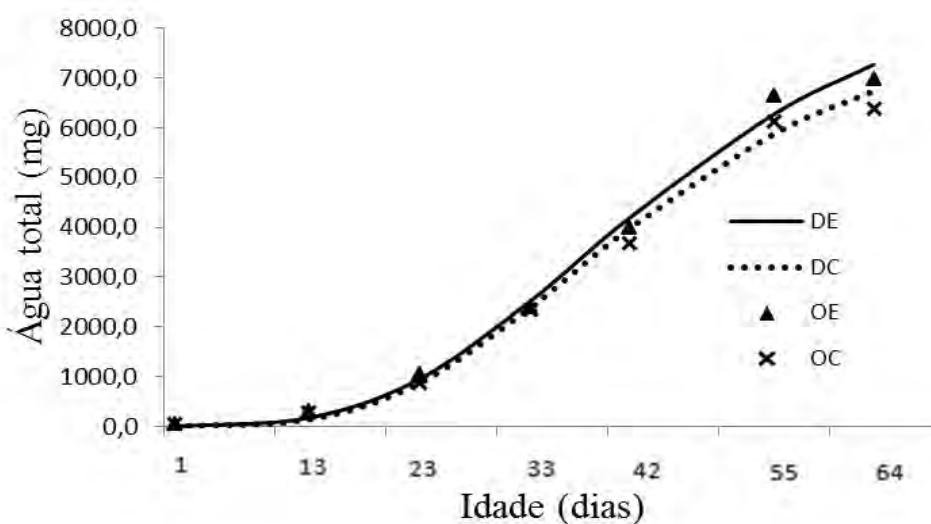


Figura 14. Curva de água total para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

Constatou-se também que ocorreu uma relação entre a taxa de deposição de água e gordura, a partir do momento em que ocorreu queda na deposição dos dois nutrientes (Figuras 13 e 15). Foi observado que a diminuição na deposição de água foi muito mais crítica, ou seja, o animal deposita muito mais gordura na fase final em relação a água, mostrando que quanto maior a quantidade de água corporal, menos gordura o animal apresentará.

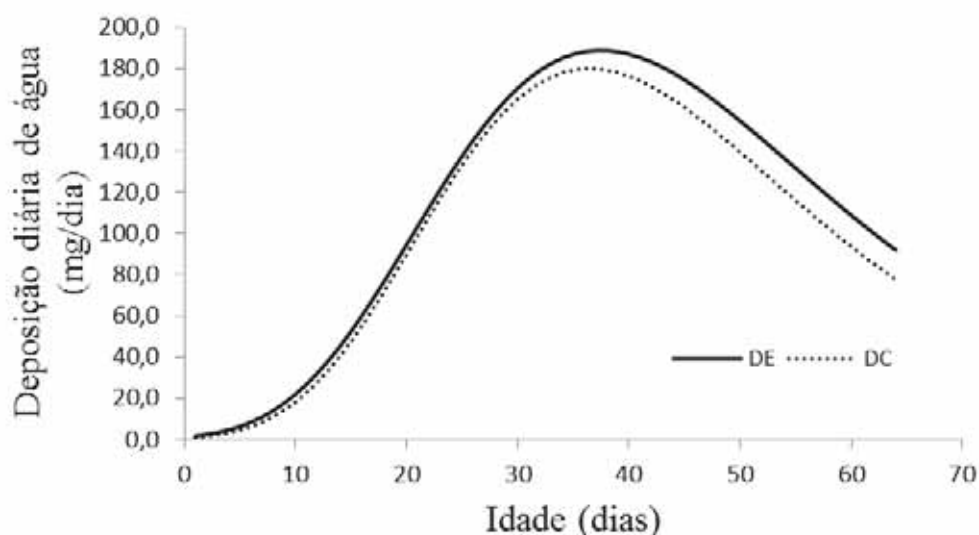


Figura 15. Curva da taxa diária de deposição de água para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

O ponto máximo de deposição de cinzas foi considerado o mais tardio entre os nutrientes, não ocorrendo diferença significativa na deposição de cinzas na carcaça dos girinos alimentados com as diferentes dietas (Tabela 4). Isso demonstra que os girinos dos dois grupos apresentaram formações ósseas semelhantes (Figuras 16 e 17), e que o crescimento corporal acontece em sincronismo, sendo que o crescimento do tecido muscular ocorre primeiro do que o tecido adiposo que por sua vez, é mais acelerado do que o tecido ósseo, pois nos girinos o desenvolvimento dos membros posteriores e anteriores ocorrem na fase final da metamorfose. O tecido ósseo apresenta uma maior deposição de minerais no final de seu crescimento (GARTNER e HIATT, 2007).

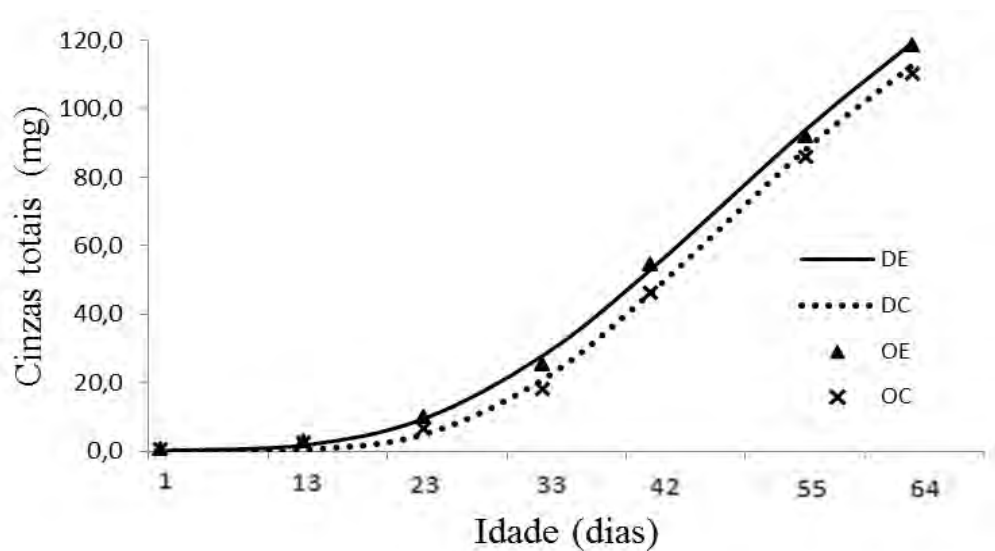


Figura 16. Curva de cinzas totais para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC); valores observados para dieta experimental (OE) e dieta comercial (OC).

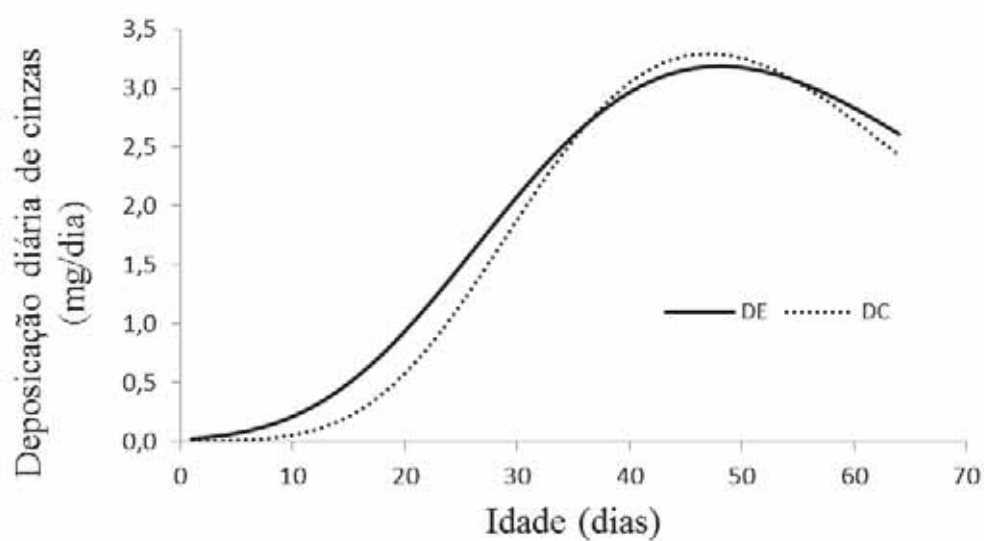


Figura 17. Curva da taxa de deposição de cinzas para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

4. CONCLUSÃO

O modelo de Gompertz apresentou um ótimo ajuste para descrição da curva de crescimento morfométrico e deposição de nutrientes na carcaça para girinos de rã-touro, demonstrando que os girinos que receberam a dieta experimental (26,23% PD) apresentaram melhor taxa de crescimento e maior deposição de nutrientes na carcaça.

5. 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 Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.47-54, 1991a.
- ALBINATI, R.C.B.; LIMA, S.L.; TAFURI, M.L.; DONZELE, J.L. Digestibilidade aparente de dois alimentos protéicos e três energéticos para girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*, Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2151-2156, 2000.
- ALBINATI, R.C.B.; LIMA, S.L.; DONZELE, J.L. Níveis de energia digestível na ração de girinos de rã-touro. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.2, p.48-52, 2001.
- ALVES, A.R. **Estudo comparativo da criação de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) em dois tipos de tanque**. 1995. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.
- BAMBOZZI, C.A.; TEIXEIRA DE SEIXAS, J.; THOMAZ, L.A.; OSHIRO, M.Y. Efeito do fotoperíodo sobre o desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1-17, 2004.

- BARBOSA, J.M.; SILVEIRA, A.M; GOMIDE, C.A. Crescimento heterogêneo de girinos de rã-touro alimentados com diferentes rações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.1015-1019, 2005.
- BROWNE, R.K.; POMERING, M.; HAMER, A.J. High density effects on the growth, development and survival of *Litoria aurea* tadpoles. **Aquaculture**, v.215, p.109-121, 2003.
- CARMONA-OSALDE, C.; OLVERA-NOVOA, M.A.; RODRIGUEZ-SERNA, M.; FLORES-NAVA, A. Estimation of the protein requirement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles, and its effect on metamorphosis ratio. **Aquaculture**, v.141, p.223-231, 1996.
- DUARTE, F. A. M. **Estudo da curva de crescimento de animais da raça Nelore, através de cinco modelos estocásticos**. 1975. 284 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1975.
- DUELLMAN, W.E.; TRUEB. L. **Biology of Amphibians**. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1994. 670p.
- 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.
- FITZHUGH Jr, H.A.; TAYLON, S.T.;C.S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, v.33, n. 4, p. 717-725. 1969.
- GARTNER, L.P.; HIATT, J.L. **Tratado de Histologia em Cores**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 436 p.

- GONZALES, E.; SARTORI, J.S. Crescimento e metabolismo muscular. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.279-298.
- GOSNER, K. L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. **Herpetologica**, v.16, p.183-190, 1960.
- GRUMP, M.L. Energy accumulation and amphibian metamorphosis. **Oecologia**, v.49, p.167- 169, 1981.
- HAILEY, A.; SOOKOO, N.; MOHAMMED, A.; KHAN, A. Factors affecting tadpole growth: Development of a rearing system for the Neotropical leptodactylid *Physalaemus pustulosus* for ecotoxicological studies. **Applied herpetology**, v.3, p.111-128, 2006.
- HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M.; FURUYA, V.R.B.; BOSCOLO, W.R. Desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) cultivados em diferentes densidades de estocagem em tanque-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.14-20, 2004.
- HOFFMANN, D.F.; LEBOUTE, E. M.; SOUZA, S.M.G. Efeito da temperatura e desenvolvimento de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, v.18, n.6, p.557-566, 1989.
- HOTA, A.K. Growth in amphibians. **Gerontology**, v.40, p.147-160, 1994.
- KESSLER, A. M.; SNIZEK, P. N.; BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, 2000. p. 107-133.
- LIMA, S.L.; CASALI, A.P.; AGOSTINHO, C.A. Desempenho zootécnico e tabela de alimentação de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*) criados no sistema anfigranja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.512-518, 2003.

- LIMA, S.L.; VALLES, G. A. Desenvolvimento de instalações e técnicas de manejo para a criação intensiva de girinos de rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfigranja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., 1998, Recife. **Resumos...** Recife: Associação Brasileira de Aquicultura, 1998. p.273.
- LIMA, S.L.; LANZA, A.L.; CASALI, A.P. Sistema anfigranja: índices de produtividade com rã-touro *Rana catesbeiana*. In: TECHNOFROG'97, 1997, Santos. **Anais...** Santos: Academia de Estudos Técnicos em Ranicultura, 1997. p.198-199.
- LIMA, S.L.; AGOSTINHO, C.A. **A tecnologia de criação de rãs**. UFV, Viçosa. 1992. 168 p.
- 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, p.117-123, 2008.
- 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 frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1082-1091, 2010.
- MARTÍNEZ, I.P.; ÁLVAREZ, R.; HERRÁEZ, M.P. Growth and metamorphosis of *Rana perezi* in culture: effects of larval density, **Aquaculture**, v.142, p.163-170, 1996.
- MARTÍNEZ, I.P.; HERRÁEZ, M.P.; ÁLVAREZ, R. Response of hatchery-reared *Rana perezi* larvae fed different diets. **Aquaculture**, v.128, p.235-244, 1994.

- OLIVEIRA-BAHIA, V.R.L. **Morfologia e enzimologia do sistema digestório dos girinos da rã-touro (*Rana catesbeiana*) durante o desenvolvimento e metamorfose.** 2007. 148f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Unesp, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- 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, p.125-136, 2007.
- SANTOS, V.B.; FREITAS, R.T.F.; SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1486-1492, 2007.
- SARMENTO, J.L.R.; REZAZZI, A.J.; SOUZA, W.H.; TORRES, R.A.; BREDAS, F.C.; MENEZES, G.R.O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.435-442, 2006.
- SECCO, E.M.; STÉFANI, M.V.; VIDOTTI, R.M. Apparent digestibility of different ingredients in diets for bullfrog *Rana catesbeiana* tadpoles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.36, p.135-140, 2005.
- SEIXAS FILHO, J.T.; MELO, S.C.R.P.; SILVA, J.M.F.; TOMAS, J.E.; MELO, C.M.S. Efeito de níveis de energia e proteína bruta no desempenho de girinos (*Rana catesbeiana*, Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.664-669, 1998.
- SEIXAS FILHO, J.T.; HIPOLITO, M.; CARVALHO, V. F.; MARTINS, A.M.C.R.P.F.; SILVA, L.N.; CASTAGNA, A.A. Alterações histopatológicas em girinos de rã-touro alimentados com rações comerciais de diferentes níveis protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2085-2089, 2008.

- SEIXAS FILHO, J.T.; NAVARRO, R.D.; SILVA, L.N.; GARCIA, S.L.R.; HIPÓLITO, M. Desempenho de girinos de rã-touro alimentados com ração comercial contendo diferentes concentrações de proteína bruta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.428-433, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, F.L.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; PACKE, I.U.; MOURÃO, G.B. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.262-271, 2011.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 70p, 1994.
- SOLOMON, R.J.; TARUWA. S.M. The growth comparison of two catfishes (*C. Gariepinus* and *Heteroclaris*), **Nature and Science**, v.9, p.138-148, 2011.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM SAS. **Version Release 8.2. for Windows, 2001**. CD ROM.
- WERNER, E. E.; GILLIAM, J. F. The ontogenetic niche and species interactions in size- structured populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.15, p.393-425, 1984.
- WERNER, E.E. amphibian metamorphosis: growth rate, predation risk, and the optimal size at transformation. **The American Naturalist**, n.3, v.128, p.319-341, 1986.
- 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.

ANEXOS

Anexo 1. Valores observados para peso vivo, comprimento total e padrão para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Idade (dias)	Peso Vivo (mg)		Comprimento Total (cm)		Comprimento Padrão (cm)	
	DE	DC	DE	DC	DE	DC
1	0,044±0,001	0,044±0,001	12,79±0,19	12,79±0,19	5,86±0,18	5,86±0,18
13	0,340±0,031	0,313±0,014	29,14±0,46	28,44±0,57	11,72±0,18	11,31±0,21
23	1,165±0,034	0,936±0,017	44,60±0,73	43,07±0,42	16,90±0,29	16,07±0,18
33	2,651±0,115	2,528±0,091	61,88±0,93	61,09±0,80	22,56±0,34	22,03±0,33
42	4,601±0,223	4,181±0,057	75,02±1,08	73,15±0,48	26,52±0,41	25,72±0,24
55	7,618±0,509	6,988±0,163	91,84±2,04	92,34±0,85	31,22±0,65	30,43±0,26
64	8,175±0,292	7,448±0,047	96,55±1,04	95,78±0,23	31,75±0,38	30,60±0,08

Média ± Erro padrão.

Anexo 2. Valores observados para consumo total de ração e de proteína para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Idade (dias)	Consumo total de ração (g)		Consumo protéico (g)	
	DE	DC	DE	DC
1	0,030±0,001	0,030±0,001	0,0092±0,0004	0,0107±0,0003
13	0,399±0,017	0,394±0,012	0,1201±0,0052	0,1393±0,0043
23	1,190±0,056	1,152±0,024	0,3578±0,0153	0,4077±0,0086
33	3,120±0,050	3,132±0,031	0,9385±0,0153	1,1078±0,0111
42	5,222±0,060	5,254±0,036	1,5704±0,0182	1,8584±0,0128
55	9,909±0,100	9,147±0,084	2,7339±0,0302	3,2351±0,0298
64	10,481±0,100	10,601±0,084	3,1518±0,0302	3,7494±0,0297

Média ± Erro padrão.

Anexo 3. Ganho diário estimado de peso, consumo diário estimado de ração e de proteína para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Idade (dias)	Ganho de peso diário (g/dia)		Consumo diário (g/dia)		Consumo diário protéico (g/dia)	
	DE	DC	DE	DC	DE	DC
1	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
13	0,041	0,033	0,047	0,046	0,014	0,016
23	0,134	0,124	0,144	0,144	0,043	0,050
33	0,208	0,197	0,237	0,240	0,071	0,085
42	0,214	0,198	0,269	0,273	0,080	0,096
55	0,157	0,139	0,232	0,235	0,069	0,083
64	0,111	0,095	0,182	0,185	0,059	0,065

Anexo 4. Valores observados para deposição de nutrientes para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Idade (dias)	Deposição de Proteína (mg)		Deposição de água (mg)		Deposição de gordura (mg)		Deposição de cinzas (mg)	
	DE	DC	DE	DC	DE	DC	DE	DC
1	3,4±0,1	3,4±0,1	38,0±1,0	38,0±1,0	0,8±0,3	0,8±0,3	0,6±0,1	0,6±0,1
13	17,0±0,1	14,9±1,0	309,0±28,0	289,0±13,0	6,4±0,8	3,5±0,3	2,9±0,3	2,4±0,1
23	66,3±2,3	41,9±0,9	1.047,0±31,0	866,0±16,0	21,7±2,2	12,2±0,4	9,9±0,5	6,6±0,1
33	146,1±8,3	107,7±6,1	2.383,0±111,0	2.344,0±88,0	65,9±6,2	38,9±1,5	25,3±1,7	18,0±1,1
42	309,1±21,0	261,1±8,2	3.992,0±193,0	3.687,0±49,0	169,0±15,8	123,6±5,9	54,3±3,1	46,2±0,8
55	481,8±53,3	470,3±13,9	6.637,0±429,0	6.128,0±143,0	277,8±22,7	222,7±7,8	91,9±7,6	86,1±2,1
64	598,4±32,6	541,2±10,8	6.976,0±247,0	6.383,0±38,0	351,4±28,9	294,0±4,4	118,4±6,8	110,2±2,4

Anexo 5. Taxas de deposição de nutrientes para girinos de rã-touro alimentados com dieta experimental (DE) e dieta comercial (DC).

Idade (dias)	Deposição de proteína (mg/dia)		Deposição de água (mg/dia)		Deposição de gordura (mg/dia)		Deposição de cinzas (mg/dia)	
	DE	DC	DE	DC	DE	DC	DE	DC
1	0,1028	0,0001	1,0657	0,6019	0,0017	0,0001	0,0162	0,0007
13	2,3440	0,3912	38,3715	33,7979	0,4665	0,1465	0,3625	0,1301
23	7,5912	5,2626	121,0462	116,6560	3,2701	1,9714	1,2639	0,9096
33	13,1176	14,2836	182,4847	175,8905	7,7066	6,1751	2,4051	2,3065
42	15,3097	17,2106	183,2826	171,3440	9,7454	8,8901	3,0641	3,1699
55	13,6058	12,5117	131,6459	115,9727	8,3481	8,1641	3,0544	3,0488
64	10,8546	8,1846	91,8862	77,6005	6,2005	6,1158	2,6109	2,4298