



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL



**MODELOS NÃO LINEARES, ALOMETRIA E DINÂMICA
DE MACROMOLÉCULAS PARA ANALISAR O
CRESCIMENTO DO ACARÁ BANDEIRA
(*Pterophyllum scalare*)**

CARMEN HELENA ESPITIA MANRIQUE
ZOOTECNISTA

JABOTICABAL - SÃO PAULO

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL



**MODELOS NÃO LINEARES, ALOMETRIA E DINÂMICA
DE MACROMOLÉCULAS PARA ANALISAR O
CRESCIMENTO DO ACARÁ BANDEIRA
(*Pterophyllum scalare*)**

CARMEN HELENA ESPITIA MANRIQUE

Orientador: Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do CAUNESP, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Aquicultura.

JABOTICABAL - SÃO PAULO
2012

Espitia Manrique, Carmen Helena
E77m Modelos não lineares, alometria e dinâmica das macromoléculas para analisar o crescimento do acará bandeira (*Ptherophyllum scalare*) / Carmen Helena Espitia Manrique – – Jaboticabal, 2012
ix, 93 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2012

Orientador: João Batista Kochenborger Fenandes

Banca examinadora: Anita Rademaker Valença, Nelson José Peruzzi.

Bibliografia

1. Crescimento morfométrico . 2. Curvas de crescimento 3. Critério de informação de Akaike. 4. Peixes ornamentais 5. Coeficientes alométricos I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.34:519.2

SUMÁRIO

Dedicatória	i
AGRADECIMENTO ESPECIAL	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
Apoio Financeiro	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE EQUAÇÕES	ix
CAPÍTULO 1	10
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	2
1.1.Aquicultura ornamental	3
1.2.Situação atual no Brasil	3
1.3.Generalidades da espécie	4
1.4.Comercialização do acará bandeira	5
1.5.Crescimento animal.....	6
1.6.Crescimento em peixes.....	6
1.6.1.Crescimento muscular.....	6
1.7.Crescimento inicial do acará bandeira	7
1.8.Fatores que regulam o crescimento em peixes	8
1.9.Modelos matemáticos	9
1.10.Classificação dos modelos matemáticos	10
1.10.1.Modelos Determinísticos Vs. Modelos Estocásticos.....	10
1.10.2.Modelos Dinâmicos Vs. Modelos Estáticos.....	11
1.10.3.Modelos Empíricos Vs. Modelos Mecanísticos.....	11
1.11.Modelos matemáticos para descrever o crescimento em peixes	11

1.11.1.Modelo Logístico	14
1.11.2.Modelo Gompertz	14
1.11.3.Modelo Von Bertalanffy	15
1.11.4.Modelo Brody	16
1.11.5.Modelo Richards	17
1.12.Avaliação da precisão dos modelos matemáticos.....	17
1.13.Seleção do modelo.....	18
1.13.Quadrado médio do resíduo (QMR)	18
1.13.Coefficiente de determinação	19
1.13.3 Critério de informação Akaike (AIC).....	19
1.13.4 Critério de informação Bayesiano (BIC)	20
1.14. Crescimento Alométrico.....	20
1.15.Dinâmica das macromoléculas	21
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2	30
RESUMO.....	31
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	36
OBJETIVOS.....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1. Peixes e condições experimentais	42
3.2. Manejo Alimentar.....	43
3.3. Biometrias	43
3.4. Análise de Composição Corporal.....	45
3.5. Obtenção de Índices de desempenho	46
3.6. Obtenção das curvas de crescimento	46
3.7. Modelagem dos dados	47
3.8. Comparação dos modelos.....	47

3.9. Modelo ajustado	48
3.10. Avaliação Alométrica	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1. Monitoramento das condições ambientais	50
4.2. Índices de desempenho produtivo.....	50
4.3. Curvas de Crescimento	52
4.4. Comparação dos modelos.....	59
4.5. Taxa de crescimento	61
4.6. Avaliação Alométrica	63
4.6.1. Relações Comprimento Padrão (CP) Comprimento Cabeça (CC), Altura (A) e Largura (L)	63
4.6.2. Relação Comprimento Padrão (CP) - Peso.....	66
4.7. Dinâmica das Macromoléculas.....	68
4.7.1. Deposição dos Nutrientes Corporais.....	69
4.7.2. Alometria	74
CONCLUSÕES	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS	84
ANEXOS	92



A Deus, por fazer meus desejos uma realidade, a Maria pela sua proteção e amor, a Jesús por residir no meu coração, e a meu Anjélico que mora no céu.

Dedico

Àos meus pais Enrique e Carmen Alicia, a minha tia Cecilia e o meu amado amigo e parceiro de aventuras Ángel Andrés

Ofereço



AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Professor Dr. João Batista

Mestre é aquele que caminha com o tempo propondo paz, fazendo comunhão despertando sabedoria.
Mestre é aquele que estende a mão, inicia diálogo encaminhando para aventura da vida.
Não é aquele que dá seu saber, mas aquele que faz germinar o saber do discípulo.
Eu serei sempre um dos seus discípulos na escola da vida.

Obrigada, Professor.

Mari Klebis



AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. João Batista Kochenborger Fernandes, obrigado pela orientação, confiança e também por todas as oportunidades oferecidas para meu desenvolvimento intelectual e profissional.

Aos membros da banca da qualificação e da defesa, Prof. Luciano e Profa. Marta, Prof. Nelson e Profa. Anita obrigada pelo tempo, leitura atenta e importantes contribuições.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, Prof. Dalton, Prof. Euclides, Prof. Sergio, Profa. Romagosa, Profa. Irene, Profa. Laura, Profa. Urbinati, Prof. Volpato, Profa. Cristina muito obrigada pelos ensinamentos e conhecimentos compartilhados, e as motivações para continuar na frente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa para a realização desta pesquisa.

A o Dr. Luis Carlos Sarmiento Angulo e sua fundação COLFUTURO, pela ajuda econômica.

Ao meu namorado Andrés pelo grande amor, carinho e compreensão, além da sua companhia nos momentos mais difíceis.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Peixes Ornamentais do CAUNESP, Julian, Haluko, Pastor, Jefferson, Artur, muito obrigada pelo apoio e ajuda durante a fase experimental desta pesquisa.

Agradeço de um jeito muito especial ao meu amigo Valdecir Fernandes de Lima, pela ajuda no momento indicado, pela boa disposição para trabalhar e pelos ânimos e apoio durante o experimento e a cirurgia, de coração muito obrigada, você é meu amigo.

A minha prezada colônia colombiana obrigada pelas boas festas e a amizade, as risadas e as piadas que nos ajudaram a viver melhor em Jabotiloco.

Agradeço a minha amiga e irmãzinha de coração Cris Pop, muito obrigada pelas risadas nos dias bons e pelo apoio, amizade e companhia nos dias ruins e, sobretudo pelos ânimos e expressões de carinho. Muuuito obrigada você é de mais.

Aos meus amigos de Jaboti Sra. Cidinha, Sra. Marta, Dr. Pascal, sem sua ajuda teria sido quase impossível continuar.

E aos meus amigos incondicionais Chopin, Tila, Xocolate, Pecas, Fiona, Quiquito I e II, Ester I e II, Chantilly, Tato e Brandy.

Apoio Financeiro

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
pela concessão de bolsa para a realização desta pesquisa.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação e composição química calculada das dietas experimentais.....	44
Tabela 2. Condições dos peixes (<i>P. scalare</i>) no início do experimento	51
Tabela 3. Desempenho produtivo de juvenis de <i>P. scalare</i> nas diferentes fases	51
Tabela 4. Predição do peso corporal (g) de <i>P. scalare</i> dos diferentes modelos não lineares.....	52
Tabela 5. Resultados dos critérios utilizados na avaliação e comparação	60
Tabela 6. Estimativas dos limites inferior e superior dos intervalos de confiança a 95% dos parâmetros	61
Tabela 7. Equações alométricas em juvenis de <i>P. scalare</i> dos 30 aos 233 dias de idade em relação ao Comprimento Padrão	63
Tabela 8. Estimativas dos parâmetros das equações de Gompertz para pesos da proteína, gordura, água e cinzas obtidos para acará bandeira (<i>P. scalare</i>).....	70
Tabela 9. Taxas de deposição de proteína, gordura, cinza e água em função da idade de <i>P. scalare</i>	73
Tabela 10. Equações alométricas de peso corporal em gordura, cinzas e água em relação ao peso corporal protéico em juvenis de <i>P. scalare</i> do 30 ao 233 dia de idade.....	75
Tabela 11. Equações alométricas de peso corporal em gordura, cinzas e água em relação ao peso vivo em juvenis de <i>P. scalare</i> do 30 aos 233 dias de idade.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trajetória típica do crescimento em peixes. Fonte: DUMAS et al., 2010.....	13
Figura 2. Avaliação morfométrica de Acará bandeira. CP (comprimento padrão), CC (comprimento da cabeça), L (largura) e A (altura) tomadas na nadadeira dorsal.	45
Figura 3. Curva de peso corporal em função da idade em <i>P. scalare</i> ajustada pelo modelo Logístico.	55
Figura 4. Curva de peso corporal em função da idade em <i>P. scalare</i> ajustada pelo modelo Gompertz.....	55
Figura 5. Curva de peso corporal em função da idade em <i>P. scalare</i> ajustada pelo modelo Von Bertalanffy.	56
Figura 6. Curva de peso corporal em função da idade em <i>P. scalare</i> ajustada pelo modelo Richards.....	56
Figura 7. Simulação da Taxa de Crescimento Absoluta Instantânea (TCI) de <i>P. scalare</i>	62
Figura 8. a. Relações alométricas Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e Comprimento Padrão (CP) em <i>P. scalare</i> dos 30 aos 233 dias de idade. b. Relações alométricas Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e Comprimento Padrão (CP) em <i>P. scalare</i> dos 30 aos 72 dias de idade. c. Relações alométricas Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e Comprimento Padrão (CP) em <i>P. scalare</i> dos 73 aos 233 dias de idade	66
Figura 9. Relações alométricas entre Peso e Comprimento Padrão em <i>P. scalare</i> dos 30 aos 233 dia de idade. a. Regressão linear b. Coeficiente de determinação	68
Figura 10. Curva e taxa deposição de proteína em função da idade em <i>P. scalare</i>	71

Figura 11. Curva e taxa deposição de gordura em função da idade em <i>P. scalare</i>	71
Figura 12. Curva e taxa deposição de cinzas em função da idade em <i>P. scalare</i>	72
Figura 13. Curva e taxa deposição de água em função da idade em <i>P. scalare</i>	72
Figura 14. Simulação Taxa de deposição de proteína, gordura, cinzas e água em <i>P. scalare</i>	74
Figura 15. Relações alométricas entre Proteína e gordura, cinzas e água em <i>P. scalare</i> dos 30 aos 233 dias de idade.	75
Figura 16. Relações alométricas entre peso vivo e gordura, cinzas e água em <i>P. scalare</i> do dia 30 ao dia 233 de idade.....	77
Figura 17. Relação entre peso da água corporal e peso da proteína corporal em <i>P. scalare</i> dos 30 aos 233 dias de idade.	78
Figura 18. Conteúdo relativo de água e lipídios corporais em <i>P. scalare</i> dos 30 aos 233 dias de idade.	79

LISTA DE EQUAÇÕES

$y = f(t)$ [Eq. 1]	12
$y = A/(1 + B e^{-kt})$ [Eq. 2]	14
$y = A \times e^{-e(-B \times t - D)}$ [Eq. 3].....	15
$y = A(1 - B e^{-kt})^3$ [Eq. 4]	16
$y = A(1 - B e^{-kt})$ [Eq. 5]	16
$y = A(1 - B e^{-kt})^m$ [Eq. 6]	17
$QMR = SQEN - k$ [Eq. 7]	18
$R^2 = 1.0 - SS_{reg}/SS_{tot}$ [Eq. 8].....	19
$AIC = -2 \times \log Lik + 2N$ [Eq. 9].....	19
$BIC = -2 \times \log Lik + \log(N) \times K$ [Eq. 10].....	20
$y = aXb$ [Eq. 11]	21
$\ln y = \ln a + X \ln b$ [Eq. 12].....	21
$GP = Pf - Pi$ [Eq. 13]	46
$TCE = 100 \times \ln Pf - \ln Pit$ [Eq. 14]	46
$TCI = dy/dt$ [Eq. 15]	48
$dy/dt = ABk \times e^{-kt}(1 + B e^{-kt})^2$ [Eq. 16]	62
$dy/dt = 35,05 \times e^{-0,025 \times t}(1 + 100,29 \times e^{-0,025t})^2$ [Eq. 17].....	62

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Aquicultura ornamental

O cultivo controlado ou semi-controlado de animais aquáticos é uma atividade que teve início na China, há uns 4.000 anos aproximadamente, com o monocultivo da carpa (CAMARGO; POUHEY, 2005). Por outro lado, Stickney (2009) expõe que o primeiro registro escrito sobre criação de peixes e seus benefícios foi num livro escrito por Fan Li no ano 460 A.C.. Existem hieróglifos registrando pessoas cultivando tilápia em viveiros na época do antigo Egito.

As primeiras referências históricas conhecidas sobre técnicas de cultivo de peixes ornamentais surgiram no ano 500 a.C. na Babilônia; na China entre os anos 968 e 975, foi proibido o consumo de *Carassius* e foi destinado somente para fins de ornamentação. O desenvolvimento da atividade neste país inclui o início da reprodução do *Carassius* no ano 1136 d.C. por Hia-Tsung, considerado o primeiro criador de peixes ornamentais no mundo. Já no século XVI era muito comum ter esta espécie em casa como animal de estimação, e no início do século XVII é reportado sua introdução no Japão, onde era adotado pelas classes sociais altas. No ano de 1691 têm-se registros da introdução dos peixes ornamentais no ocidente, com a chegada do *Carassius auratus* em Portugal. Esta espécie foi logo introduzida na Inglaterra por volta do ano 1781 e já no ano 1850 ingressa ao novo mundo e foi considerada uma grande atração (LALINDE et al., 2010).

1.2. Situação atual no Brasil

O Brasil conta com condições favoráveis para a expansão da aquicultura, porque têm 13,7% de toda a água doce do mundo, 5,5

milhões de hectares de superfície hídrica represada (PEREIRA, 2007). Apresenta uma extensa variedade de espécies de peixes (2.100 catalogadas) (BUCKUP; MENEZES, 2003) com micro climas propícios para a atividade, fontes de matérias primas para a fabricação de rações de baixo custo e a topografia que favorece a construção de infraestrutura (CAMARGO; POUHEY, 2005).

Segundo as estatísticas de United Nations Commodity Trade Statistics Database (COMTRADE) (2010), durante 2010, os países que mais exportaram peixes ornamentais, foram: Cingapura, Espanha, Japão, Tailândia e República Checa. Por outro lado, na América do Sul os principais países exportadores são Colômbia, Brasil, Peru. Já os países que importam maior quantidade de peixes do Brasil foram: Japão, Estados Unidos, Alemanha e Tailândia. Entre as principais espécies que possuem uma alta demanda no mercado internacional estão: *Paracheirodon axelrodi*, *Otocinclus affinis*, *Hemigrammus bleheri*, *P. simulans*, *O. vittatus*, *Corydoras sp.*, *Peckoltia spp.*, *Nannostomus marginatus*, *Ancistrus spp* (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS [IBAMA], 2008).

1.3. Generalidades da espécie

No ano de 1831 Cuvier e Valenciennes publicaram no livro "Historie Naturelle des Poissons" uma descrição de um peixe que nomearam como *Platax scalaris*, porque encontraram uma similaridade com o peixe morcego, um peixe marinho que também tem as nadadeiras cumpridas e listas pretas. Em 1839 a classificação taxonômica é revisada por Hackel que descobre características suficientes para classificar esta espécie dentro da família dos ciclídeos. Assim, o nome da espécie muda para *Pterophyllum scalare* (MACEDA; GONZÁLEZ, 2010), sendo no Brasil conhecido popularmente por acará bandeira. De acordo com os mesmos autores, em descreveu-se o *Pterophyllum altum*, sendo as primeiras

capturas comerciais realizadas em 1909 perto de Manaus no rio Amazonas que foram exportados para Europa. Em 1986, Kullander fez a classificação atual deste gênero, onde consideram válidas três espécies: *P. altum*, *P. leopoldi* e *P. scalare*, sendo as outras variedades (*dumerilii* e *eimekei*) consideradas híbridos entre as três espécies anteriores (FARIÑAS, 2010).

De acordo com Maceda e González (2010) *Pterophyllum* deriva-se do grego que significa “folha com asas” enquanto *scalare* significa “em escada” pela forma da nadadeira dorsal.

O acará bandeira é um ciclídeo amazônico, com ocorrência na Colômbia, Peru e Brasil. Seu corpo geralmente é prateado com listras verticais escuras e achatado lateralmente, de modo que é muito estreito (RIBEIRO et al., 2007).

1.4. Comercialização do acará bandeira

Na comercialização dos peixes são utilizadas várias categorias de classificação de acordo com o comprimento total. Nos Estados Unidos as moedas são usadas como referência para estimar o tamanho comercial do acará bandeira: dime, nickel, quarter, half dólar e dólar (TAS, 2002). No Brasil é classificado como pequeno que apresenta comprimento de 3,5 a 4,5 cm; médio de 4,5 a 6,5 cm; médio-grande 6,5 a 8,0 cm, e matriz acima de 8,0 cm (RIBEIRO et al., 2007). Segundo TAS (2002) quando os peixes alcançam os 6 - 8 meses de idade são considerados como adultos, pois se encontram sexualmente maduros. Já Cacho et al., (1999) classifica um acará bandeira adulto quando atinge um peso de 8 a 10 g.

O acará bandeira apresenta grande potencial econômico, que o posiciona num lugar de destaque entre as principais espécies de peixes ornamentais de água doce, sendo muito procurado pelos aquaristas, porque possui boa capacidade reprodutiva em cativeiro (LUNA; GÓMEZ, 2005), beleza e um comportamento pacífico com outras espécies (CHAPMAN, 2000).

Devido ao processo de criação e melhoramento da espécie, é possível encontrar diversas linhagens como marmorato, ouro, siamês, Koi, leopardo, negro, fumaça e palhaço (RIBEIRO et al., 2007).

1.5. Crescimento animal

O crescimento envolve o aumento no tamanho do animal, que é acompanhado por mudanças nas proporções do corpo, sendo este último conhecido com "desenvolvimento". As proporções do corpo mudam em resposta às funções e à estrutura celular mudando com a idade (GOUS, 2001; DANIŞMAN, 2009). O crescimento tem início após a fecundação do óvulo e finaliza quando o organismo atinge o peso adulto (HAMMOND, 1960).

1.6. Crescimento em peixes

1.6.1. Crescimento muscular

O crescimento muscular em peixes difere dos mamíferos em que o recrutamento muscular continua em grande parte do ciclo de vida (JOHNSTON, 1999). Em mamíferos, Gómez et al., (2008) descrevem que o aumento de peso é produzido por três processos: hiperplasia que é o aumento do número das células musculares; hipertrofia que é o aumento do tamanho das células e metaplasma que é a transformação das células. Assim, o crescimento animal é uma resposta celular a diferentes fatores que podem ser internos ou externos.

Em peixes, distinguem-se três fases da formação muscular: a primeira fase leva à formação das fibras musculares embrionárias que estão agrupadas como mioblastos indiferenciados, que são a fonte de crescimento subsequente. Na segunda fase do crescimento, é observada nas larvas com saco vitelino, a diferenciação da zona germinal e

proliferativa dos mioblastos, onde são observados o ápice dorsal e ventral dos miotomos. Finalmente, os mioblastos na superfície das fibras musculares embrionárias são ativados, num processo que pode continuar ao longo da vida (JOHNSTON, 1999).

1.7. Crescimento inicial do acará bandeira

A fase do desenvolvimento e crescimento larval da espécie inicia com a eclosão, a qual ocorre durante as primeiras 60 horas após a desova, a uma temperatura média de 26,6°C, sendo a duração do processo determinada pela temperatura (THE ANGELFISH SOCIETY [TAS], 2002). Por outro lado, Ribeiro et al., (2007) menciona que o início da eclosão ocorre a partir das 48 horas após a fertilização. Logo, as larvas ainda com o saco vitelino, permanecem no fundo por até três dias pós-eclosão. Após este período as larvas ainda não nadam normalmente apresentando nado errático e utilizam as reservas vitelínicas como alimento. Quando o vitelo encontra-se na fase final de absorção as larvas passam a consumir alimento exógeno. Após 12 dias o corpo das larvas alonga-se, as nadadeiras dorsal e anal apresentam-se completamente desenvolvidas, os animais já apresentam nado horizontal, e estão totalmente desenvolvidos, e seu crescimento é acelerado, sendo conhecidos nesta fase como juvenis. Por volta de 3 semanas os juvenis adquirem a aparência dos adultos mas, com tamanho reduzido.

Os estudos efetuados por Luna e Gómez, (2005), estabeleceram que no seu habitat natural, os juvenis de acará bandeira apresentam um comportamento alimentar fitoplânctofago e zooplânctofago. Quando atingem a fase de juvenil-adulto sua alimentação é baseada principalmente no consumo de larvas de insetos e micro crustáceos. Soriano e Hernandez, (2002) sugerem que a espécie também pode utilizar como alimento, várias espécies de anelídeos. Estas fontes de alimento encontram-se amplamente distribuídas na natureza e o consumo destes

organismos proporciona os nutrientes necessários para um adequado desenvolvimento e crescimento.

1.8. Fatores que regulam o crescimento em peixes

O crescimento de um animal depende da interação genótipo-ambiente e de fatores como a qualidade e quantidade de alimento, manejo e estado de saúde.

O peso e o comprimento do corpo são uma das principais formas dos produtores determinarem se o nível de alimentação está adequado. Para que a dieta atenda um rápido crescimento, é essencial compreender as relações entre peso ou comprimento e crescimento, assim, se o alimento é insuficiente tanto para manutenção como para crescimento, este último pode inibir ou cessar por completo (HEPHER, 1993).

Além do peso e do alimento consumido, o crescimento é influenciado por outros fatores, que com frequência interagem com a quantidade da ração ingerida e o peso corporal. De acordo com Hepher (1993) estes fatores podem ser internos (que se relacionam com o peixe) e ambientais (externos). Assim por exemplo, algumas espécies apresentam evidente diferença de acordo com o sexo variando entre 5 - 10% (BARBATO; VASILATOST-YOUNKEN, 1991). Dutta (1994) menciona que machos de *Xiphophorus* e *Lebistes*, atingem um "tamanho específico", entretanto as fêmeas continuam crescendo depois da maturidade e a taxa de crescimento diminui ao longo do tempo; outro exemplo são as tilápias onde os machos crescem mais rápido que as fêmeas, embora na carpa comum (*Cyprinus carpio*) e na enguia (*Anguilla anguilla*) observa-se maior crescimento da fêmea em relação ao macho (HEPHER, 1993).

Quando a fêmea apresenta um peso menor comparada com o macho, os valores da velocidade de crescimento inicial, do ponto de inflexão e do peso assintótico são menores, não obstante apresenta

menor tempo para atingir a maturidade. Estas diferenças de precocidade entre os sexos podem ser observadas no crescimento dos diferentes tecidos (BARBATO; VASILATOSTYOUNKEN, 1991; RAMOS, 2010), em algumas características genéticas e no estado fisiológico do animal. O crescimento de alguns peixes diminui quando atingem a maturidade sexual. Algumas espécies do gênero *Oncorhynchus* e *Anguilla* migram para desovar e morrem. Por outro lado, o *Salmo salar* pode repetir este procedimento muitas vezes, ou seja, os indivíduos se alimentam e crescem entre cada desova. No caso de alguns peixes tropicais como *Heterandria*, seu crescimento se interrompe quando o animal atinge um “tamanho específico” (DUTTA, 1994).

Os fatores externos que interferem no crescimento estão (temperatura, luz e a qualidade da água) podem interatuar com o genótipo do peixe e gerar variações na taxa de crescimento muscular (DUMAS et al., 2010).

1.9. Modelos matemáticos

Segundo Tedeschi (2006) os modelos são representações matemáticas dos mecanismos que regem os fenômenos naturais que podem não ser totalmente reconhecidos, controlados, ou compreendidos.

Um modelo matemático é uma equação ou conjunto de equações as quais representam o comportamento de um sistema, onde há uma correspondência entre as variáveis do modelo e as quantidades observadas (THORNLEY; FRANCE, 2007). Segundo Dumas et al., (2010) os modelos matemáticos são soluções analíticas para as equações diferenciais que podem ser ajustadas aos dados de crescimento empregando a regressão não linear. Do mesmo modo, a análise de regressão utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas, de tal forma que se pode presumir uma variável em função de outra. Os objetivos principais da análise de regressão, são baseados em três

propósitos: descrição, controle e predição (MARTINEZ, R.; MARTINEZ, N., 1997).

O processo da modelagem inclui a definição dos objetivos, construção de um diagrama para identificar o principal fator implicado no sistema a modelar, formular as adequadas funções matemáticas, coletar os dados para estimar os parâmetros, solucionar as equações, avaliar e verificar o modelo e programar a simulação (RONDÓN-OVIEDO; WALDROP, 2002).

1.10. Classificação dos modelos matemáticos

Os modelos matemáticos podem ser classificados em determinísticos, estocásticos, dinâmicos, estáticos, empíricos e mecanísticos.

1.10.1. Modelos Determinísticos Vs. Modelos Estocásticos

Os modelos determinísticos podem fazer predições para quantidades, as variáveis respostas possuem um valor exato e expressa o valor medio da população (THORNLEY; FRANCE, 2007), por exemplo, consumo de alimento, quantidade de matéria seca da carcaça dos peixes sem alguma distribuição de probabilidade associada. Por outro lado, o termo estocástico origina-se do grego *stokhastikos*, o que significa “capaz de adivinhar” (BROWN; ROTHERY, 1993). Deste modo, os modelos estocásticos incluem elementos randômicos como parte do modelo, e desta forma, as predições tem uma distribuição de probabilidade associada. O problema com estes modelos é que pode ser difícil sua construção e avaliação (THORNLEY; FRANCE, 2007).

1.10.2. Modelos Dinâmicos Vs. Modelos Estáticos

Os modelos dinâmicos predizem como as quantidades variam com o tempo, deste modo, o tempo t , age como uma variável Independente. Nos modelos estáticos o tempo não é uma variável, o modelo faz predições para um intervalo específico de tempo (THORNLEY; FRANCE, 2007).

1.10.3. Modelos Empíricos Vs. Modelos Mecanísticos

O objetivo dos modelos empíricos é descrever as respostas de desempenho de um sistema, habitualmente utilizando equações matemáticas ou estatísticas sem nenhuma interpretação biológica dos parâmetros e sem as restrições dos princípios científicos (THORNLEY; FRANCE, 2007). Os modelos mecanísticos proporcionam um grau de entendimento ou explicação de um problema que esta sendo modelado. Para isto, o modelo deve ser construído (no mínimo) com dois níveis de descrição dentro de uma hierarquia (por exemplo, peixe e órgãos). O termo "entendimento" implica uma relação causal entre as quantidades e mecanismos ou processos, os quais são representados desde um nível inferior e são preditos até um nível superior, por exemplo, taxas de crescimento (nível superior) que pode ser interpretado em termos de deposição de nutrientes (nível inferior) (THORNLEY; FRANCE, 2007).

1.11. Modelos matemáticos para descrever o crescimento em peixes

O crescimento nos animais pode ser explicado por meio de funções matemáticas. Estas funções podem predizer a evolução do peso vivo, o que auxilia na avaliação da produtividade de uma raça sob uma

condição de criação específica (PARKS, 1982; GÓMEZ et al., 2008). O crescimento geralmente pode ser descrito e predito usando a matemática convencional, já que este não ocorre de uma forma caótica (DUMAS et al., 2010). Desta forma para compreender a variação aleatória entre medidas do animal, usa-se a aplicação de curvas de crescimento, com o objetivo de ajustar e padronizar a variação de peso e idade, durante a vida do indivíduo (FREITAS, 2007).

Os modelos de crescimento têm sido usados para oferecer um resumo matemático da evolução do crescimento de um organismo ou suas partes em função do tempo (THORNLEY; FRANCE, 2007). A expressão modelo de crescimento é usado para descrever uma função analítica, descrita por uma única equação [Eq. 1]:

[Eq. 1]

Onde, y é a variável resposta (peso) que depende da relação funcional, que é estabelecida em função da variável independente t (tempo).

De acordo com Thornley e France (2007) os modelos de crescimento podem ser categorizadas de acordo com o comportamento funcional f como: curvas que descrevem um rendimento decrescente (Monomolecular), as que apresentam um comportamento sigmoideal com um ponto de inflexão (por exemplo Logístico, Gompertz, Schumacher) e aquelas curvas com um ponto de inflexão flexível (como Von Bertalanffy, Richards, López, Weibull).

As curvas de crescimento envolvem uma série de medições de algum interesse ao longo do tempo (peso corporal, composição corporal, diâmetro, longitude) (STRATHE et al., 2010), geralmente são ajustadas sob condições controladas, e são os primeiros passos para a predição de exigências de nutrientes dos diferentes genótipos (GOUS et al., 1999;

DUMAS et al., 2010), avaliam parâmetros como velocidade de crescimento, taxa de maturidade em diferentes idades e peso ao abate, características que permitem estabelecer programas de melhoramento zootécnico (GÓMEZ et al., 2008).

Segundo Brown e Rothery (1993) cada modelo tem a capacidade para calcular uma estimativa do peso médio à maturidade e da maturidade precoce. A assíntota mais próxima é o peso à maturidade, como uma condição constante relativa a um modelo para composição corporal sob ambiente produtivo. Dumas et al., (2010) expõem que a trajetória do crescimento dos animais apresenta uma fase inicial de aceleração, e se nivela quando o animal está próximo da sua etapa adulta ou induz seu crescimento reprodutivo, sendo esta etapa denominada fase de inibição do crescimento (Figura 1). Muitas espécies de peixes, moluscos, crustáceos e anfíbios podem crescer após atingir o tamanho da maturidade e a fase final do crescimento apresenta uma maior plasticidade (DUMAS et al., 2010).

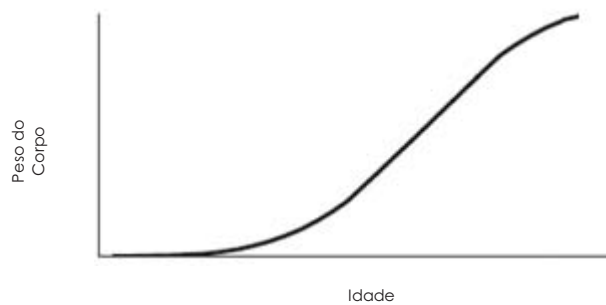


Figura 1. Trajetória típica do crescimento em peixes. Fonte: DUMAS et al., 2010.

Para descrever o crescimento em peixes é comum o uso de modelos matemáticos não lineares, as mais usadas são: Brody, Gompertz, Logístico, Richards e Von Bertalanffy (BROWN et al., 1976; BARLOW, 1992; KEELE et al., 1992; GOMIERO, 2005). Estas funções são empregadas em modelos de simulação, para estimar a composição corporal do animal em qualquer

fase do desenvolvimento, precisando de poucas informações sobre o crescimento e composição corporal inicial (DUMAS et al., 2010).

Estes modelos contêm diversos parâmetros em comum, embora existam variações quanto à sua interpretação e conteúdo, é possível associar significado biológico a cada um deles (RAMOS, 2010).

1.11.1. Modelo Logístico

Esta função foi proposta por Verlhust no ano 1838, e fundamenta-se em três suposições: o crescimento é proporcional ao peso y , que é proporcional ao substrato (quantidade de alimento) S , e o crescimento é um processo irreversível (THORNLEY; FRANCE, 2007). Comumente a equação Logística é (FREITAS, 2007) [Eq. 2]:

[Eq. 2]

Em que:

y = peso no tempo t

A : peso assintótico peso à maturidade

B : constante de integração

e : base dos logaritmos naturais

k : taxa de maturação

t : tempo

1.11.2. Modelo Gompertz

A função de Gompertz é derivada do modelo Logístico, assume-se que a taxa de crescimento é autocatalítica e é modificada pela disponibilidade de substrato (THORNLEY; FRANCE, 2007).

A taxa de crescimento diminui exponencialmente com o tempo após atingir o ponto de inflexão (MARTINEZ et al., 2010). A equação geral de Gompertz é descrita da seguinte forma [Eq. 3]:

[Eq. 3]

onde os parâmetros são:

y : é o peso do animal no tempo t

A : é o peso adulto $A > 0$

e : base dos logaritmos naturais

B : taxa específica de crescimento ou índice de maturidade

t : tempo

D : controla a diferença entre o peso inicial e o peso final no tempo

1.11.3. Modelo Von Bertalanffy

Um dos primeiros modelos que descrevem o crescimento foi dado por Ludwig Von Bertalanffy em 1938, no qual utilizou um enfoque mecanístico para expressar o crescimento. Assim, o ganho de peso se apresenta como resultado do processo anabólico e a perda de peso como produto do catabolismo. Von Bertalanffy postulou que o ganho de peso é proporcional à área de superfície do organismo (BROWN; ROTHERY, 1993).

A função é descrita através da equação [Eq. 4]:

[Eq. 4]

Em que:

y = peso no tempo t

A : peso assintótico ou peso à maturidade

B : peso do animal ao nascimento

e : base dos logaritmos naturais

k : taxa de maturação

t : tempo

Day e Taylor, 1997; Lester et al., 1994 citados por Dumas et al., (2010) concordam que o crescimento estimado pela diferença entre anabolismo e catabolismo é impróprio, porque não se estima o papel do tempo a maturidade na curva de crescimento. Existem evidências de que aqueles organismos que crescem indeterminadamente mobilizam mais recursos para o desenvolvimento das gônadas que para o equilíbrio entre anabolismo e catabolismo (CEZARNOLESKI, KOZLOWSKI, 1998; CHARNOV et al., 2008; DAY; TAYLOR, 1997 citados por DUMAS et al., 2010).

1.11.4. Modelo Brody

A função de Brody pode ser descrita pela seguinte equação (BRODY, 1945) [Eq. 5]:

[Eq. 5]

Em que:

y : peso no tempo t

A : peso assintótico ou peso à maturidade

B : constante de integração

e : base dos logaritmos naturais

k : taxa de maturação

t : tempo

1.11.5. Modelo Richards

A função de Richards tem flexibilidade para se adaptar à forma da curva, sendo descrita da seguinte maneira (RICHARDS, 1959) [Eq. 6]:

[Eq. 6]

em que:

y : peso no tempo t

A : peso assintótico

B : constante de integração

e : base dos logaritmos naturais

k : taxa de maturação

t : tempo

m : termo relacionado à forma da curva

1.12. Avaliação da precisão dos modelos matemáticos

De acordo com Tedeschi (2006), a avaliação da precisão do modelo é um passo essencial no processo da modelagem que indica o nível de precisão nos ajustes das predições. A avaliação do modelo pode e deve proceder até o nível dos resultados preditos (nível superior) e até o nível dos pressupostos (nível mais baixo), embora os parâmetros devam ser determinados pelos pesquisadores. Infelizmente, isto não é sempre possível, e alguns “ajustes” ou “calibração” dos parâmetros são usualmente necessários. Uma maior avaliação pode considerar

propriedades do modelo como: simplicidade, plasticidade de ajuste, aplicabilidade e qualidade e quantidade do ajuste das predições.

1.13. Seleção do modelo

De acordo com Santos et al., (2007) para escolha do modelo que mais se ajusta aos dados são considerados os seguintes critérios: quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R^2) e Interpretabilidade biológica dos parâmetros.

1.13.1. Quadrado médio do resíduo (QMR)

O quadrado médio do resíduo é a relação entre a soma de quadrados do resíduo e o número de observações menos o número de tratamentos [Eq. 7].

[Eq. 7]

Onde:

SQE: Soma de quadrados do erro

N: número de observações

k: níveis do modelo (tratamentos)

O QMR diminui quando novas variáveis são adicionadas ao modelo. A diminuição dos graus de liberdade do erro podem não compensar a diminuição da soma de quadrados do erro e a adição de efeitos não necessários ao modelo, podendo aumentar o quadrado médio residual do modelo (KAPS; LAMBERSON, 2004).

1.13.2. Coeficiente de determinação

O valor do coeficiente de determinação (R^2) quantifica o ajuste do modelo aos dados. É dado pela equação [Eq. 8]:

[Eq. 8]

Em que:

SS_{reg} : Soma de quadrados da regressão

SS_{tot} : Soma de quadrados total

O R^2 é um número entre 0,0 e 1,0, e não tem unidades. Quando o $R^2 = 0$ o ajuste da curva é uma linha horizontal através do meio de todos os valores de Y ; e quando $R^2 = 1$ os pontos estão na curva, e conhecendo X é possível calcular os valores de Y . O R^2 pode ser interpretado como uma fração do total da variância de Y que é explicada pelo modelo (MOTULSKY; CHRISTOPOULOS, 2003).

1.13.3. Critério de informação Akaike (AIC)

Este critério permite determinar o bom ajuste dos modelos em relação ao conjunto de dados. O método combina o método da máxima verossimilhança, informação teórica e entropia da informação (POSADA; ROSERO, 2007). O critério é definido pela equação 9:

[Eq. 9]

Em que:

N : número de parâmetros estimados pelo modelo

log Lik: logaritmo de máxima verossimilhança

O AIC é um método útil para comparar modelos com diferentes números de parâmetros.

A vantagem que apresenta em comparação ao coeficiente de determinação (R^2) é que este se incrementa com o número de parâmetros do modelo, não sendo muito preciso. O melhor modelo é aquele que possui o menor valor de AIC, e que apresente coerência biológica dos parâmetros estimados.

1.13.4. Critério de informação Bayesiano (BIC)

O BIC é calculado para os diferentes modelos como uma função do ajuste do *log Lik*, e o número total de dados. O modelo com o menor BIC é considerado o melhor. O BIC é representado pela equação 10 (POSADA; ROSERO, 2007):

$$BIC = - \quad [Eq. 10]$$

Onde,

log Lik: logaritmo de máxima verossimilhança.

N: número de parâmetros estimados pelo modelo

K: número de parâmetros ajustados

1.14. Crescimento Alométrico

Alometria refere-se às mudanças nas diferentes dimensões das partes do corpo que são correlacionadas com as mudanças do corpo inteiro (GAYON, 2000). Segundo Thornley e France (2007) alometria significa crescimento de uma parte do corpo (W_1) relacionada a uma proporção diferente do corpo inteiro (W). Podendo ser expressa da seguinte forma Eq. 11:

[Eq. 11]

Em que:

a : constante de normalização

b : dimensões dos parâmetros alométricos.

A equação 11 pode ser linearizada da seguinte forma [Eq. 12]:

[Eq. 12]

Se b é 1, as taxas de desenvolvimento de "X" e "Y" foram semelhantes no intervalo de crescimento considerado e se denomina isogônico e heterogônico quando $q \neq 1$.

As relações isométricas e alométricas baseadas em análise de regressão ainda prevalecem para estimar a composição corporal em peixes e animais de produção (DUMAS et al., 2010).

1.15. Dinâmica das macromoléculas

Os diferentes genótipos podem diferir entre os aspectos que se estimam a partir das curvas de crescimento como: maturidade, composição corporal na maturidade, conteúdo de gordura, taxas de maturidade dos componentes químicos do corpo. A composição química varia ao longo do tempo (GOUS et al., 1999). O ganho de energia pode ser predito usando modelos bioenergéticos, mas estes não fornecem muita

informação da composição química e ganho de biomassa (DUMAS et al., 2010).

A composição corporal dos peixes muda ao longo do ciclo de vida, e sua utilização é afetada por fatores endógenos (espécie, tamanho) e exógenos como época do ano, composição da ração (DUMAS et al., 2007). Segundo Bureau et al., (2002), fatores nutricionais como o balanço de aminoácidos disponíveis, aminoácidos essenciais, a quantidade de proteína e a relação proteína:energia da ração, são importantes na deposição de proteína e lipídios nos tecidos. Portanto, durante o crescimento, ocorrem mudanças estacionais na composição corporal, associadas ao estado endócrino e as etapas fisiológicas especiais. Já na etapa da reprodução há sínteses e reserva de novos tecidos (DUMAS et al., 2010). Para analisar esta dinâmica, podem-se utilizar os modelos de predição de nutrientes, que são modelos mecanísticos empregados para definir o destino dos nutrientes da dieta, considerando a utilização de aminoácidos, ácidos graxos e seus precursores (DUMAS et al., 2010). Assim por exemplo, a quantidade de proteína no corpo pode ser descrita por meio de uma função de crescimento. Já o incremento na deposição da água, cinzas e lipídios pode ser relacionado com a proteína para determinar a taxa de crescimento do corpo inteiro (GOUS et al., 1999).

REFERÊNCIAS

2. REFERÊNCIAS

AGUILAR, F. *Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (Oreochromis spp.) y tilapia nilótica (Oreochromis niloticus var. Chitralada)" alimentadas con dietas peletizadas o extruidas.* 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Produção animal) – Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colômbia, Bogotá, Colômbia. 2010.

BARBATO, G.F.; VASILATOS-YOUNKEN, R. Sex-linked and maternal effects on growth in chickens. **Poultry Science**, v.70, p.709-718, 1991.

BARLOW, J. Nonlinear and Logistic Growth In Experimental Populations of Guppies. **Ecology**, Vol. 73, n. 3, p. 941-950, 1992.

BRODY, S. Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex of domestic animals. New York:Hafner, p. 1023, 1945.

BROWN, J. E.; FITZHUGH, JR. H. A., AND CARTWRIGHT, T. C. A Comparison of Nonlinear Models for Describing Weight-Age Relationships in Cattle. **Journal of Animal Science**, Texas, v. 42, p. 810-818, 1976.

BROWN, D.; ROTHERY, P. *Models in Biology: Mathematics, Statistics and computing.* England: John Wiley and Sons; Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 1993. 688 p.

BUCKUP, P.A.; MENEZES, N.A. *Catalogo de peixes marinhos e de água doce do Brasil.* 2ª Ed. 2003. Disponível <<http://www.mnrj.ufrj.br>>. Acesso em: abril de 2010.

BUREAU, D.P.; KAUNSHIK, S.J.; CHO, C.Y. Bioenergetics In: Halver, J.E.; Hardy, R.W. **Fish Nutrition**. 3rd ed. San Diego, CA, USA: Academic Press, 2002. p 1-59.

CACHO, R.F. M; YAMAMOTO M. E.; CHELLAPA, S. Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* Cuvier &

Valenciennes (Osteichthyes, Cichlidae) **Revista Brasileira de Zoologia**. v.16, n.1, p. 653 - 664,1999.

CAMARGO, S. G. O.; POUHEY, J. L. O. F. AQUICULTURA - UM MERCADO EM EXPANSÃO. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, out-dez, 2005.

CHAPMAN, F. A. Ornamental fish culture, freshwater. In: STICKNEY, R. (Ed.). **Encyclopedia of aquaculture**. Nova York: Wiley-Interscience, pages 602-610. 2000.

DANIŞMAN, R. *Predicting the weights of the physical parts of broilers*. 2009. 138 f. Dissertação (Master of Science in Agriculture) - School of Agricultural Sciences and Agribusiness, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg. 2009.

DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going?. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 161-181, 2010.

DUTTA, H. Growth in fishes. **Gerontology**, India, v. 40, p. 97-112, 1994.

FARIÑAS, J.M. Género Ptherophyllum. 2010. Disponível em: <http://www.mipez.com/areas/ciclidos/escalares/escalares.html>, Acesso: 04-08-10.

FREITAS, A. R. Estimativas de curvas de crescimento na produção animal. **Embrapa pecuária Sudeste Documentos**, 68. São Carlos. 2007. Disponível em: www.cppse.embrapa.br Acesso: 22 - 06 - 10.

GAYON, J. History of the concept of allometry. **American Zoologist**, n. 40, p. 748-758. 2000.

GÓMEZ, D.A.A., CERÓN M.F.M., RESTREPO L.F.B. Modelación de funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. **Revista Colombiana Ciencias Pecuarias**, v. 21, p. 39-58, 2008.

GOMIERO, J. *Curvas de crescimento morfométrico e alométrico de piracanjuba (Brycon orbignyanus)*. 2005. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Minas de Gerais. 2005.

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. 812-82, 1999.

GOUS, R.M. Modelling energy and amino acid requirements in order to optimise the feeding of commercial broilers. In: 2nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AVIAN NUTRITION. Concordia, Brazil, 2001.

HAMMOND, J. *Farm Animals*. 3^a ed. London: Edward Arnold Publishers Ltd.; 1960.

HEPHER, B. Growth. In: HEPHER, B. *Nutrition of pond fishes*. Cambridge: Cambridge University, 1993. p 163-191.

HUANG, C. M.; LIAO, I.C. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. ***Aquaculture***, v.85, n.1/4, p. 199-205, 1990.

JOHNSTON I.A. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. ***Aquaculture***, v.177, p. 99-115, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. IBAMA. <Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 06 de Agosto de 2010.

KAPS, M.; LAMBERSON, W. *Biostatistics for animal science*. USA: Cabi Publishing, 2004. 459 p.

KEELE, J. W.; WILLIAMS, C. B.; BENNETT, G. L. A computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle. I. Theory and development. ***Journal of Animal Science***, v. 70, n. 3, p. 841-857, 1992.

KÖHN F. SHARIFI, A. R.; SIMIANER, H. Modeling the growth of the goettingen minipig. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 84-92, 2007.

LALINDE F., MURGUEITIO A., CHARÁ J. Historia Del acuarismo. Sistema de cria de peces ornamentales. 2010. Disponível em <<http://elacuario.org/acuacultivosdelvalle/reproduccionycriadediscosybai larinas.pdf>>. Acesso em: 08-05-11.

LUNA F.; GÓMEZ J.P. E. Incorporación de *Culex quinquefasciatus* y *Daphnia* sp. en la dieta y su influencia en la reproducción de *Pterophyllum scalare* (Pisces:Ciclidae). **Revista Naturaleza y Desarrollo**, v. 3, n. 1, p. 5-1, 2005.

MACEDA A.; GONZÁLEZ I. Historia escalar Escalar belleza y popularidad en un mismo pez. 2010. <http://www.alaquairum.net/escalar.htm> Acceso: 06-06-2011

MARTÍNEZ, R., MARTÍNEZ, N. *Diseño de experimentos: Análisis de datos estándar y no estándar*. Bogotá: Editorial Guadalupe, 1997. 479 p.

MARTINEZ, C.A.; RODRÍGUEZ A. P.; JIMÉNEZ, J.A.; MANRIQUE, C.; Descripción matemática de la función gompertz aplicada al crecimiento de animales. **Revista Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v. 51, n. 1, 2010.

MOTULSKY H.J.; CHRISTOPOULOS A. Fitting Models to biological data using linear and nonlinear regression. A practical guide to curve fitting. **Graph Pad Software, Inc**, San Diego CA, 2003.

PARKS, J.A. *Theory of feeding and growth of animals*. Berlin: Springer-Verlag; 451p, 1982.

PEREIRA, L.G.C. Pesca e aquicultura no Brasil. Câmara dos Deputados. Consultoria Legislativa. Anexo III Terreo. Brasília DF. 2007.

POSADA, S.L.; ROSERO, N.R. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 20, p.141-148, 2007.

RAMOS S. *Ajustes de curvas de crescimento e estimativas da variabilidade genética de peso corporal de avestruzes (Struthio camelus)*. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2010.

RIBEIRO, F. A. S.; FERNANDES, J.B.K.; RODRIGUES, L.A. Desempenho de juvenis de Acará-Bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v.33, n.2, p. 195-203, 2007.

RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In-**Plant Physiology, a treatise**, ed. Steward, F.C. Academic Press, London, p.1-76, 1959.

RONDÓN-OVIEDO, O.; WALDROUP, P.W. Models to Estimate Amino Acid Requirements for Broiler Chickens: A Review. **International Journal of Poultry Science**, v.1, n. 5, p. 106-113, 2002.

SANTOS, V. B.; de FREITAS, R. T. F.; SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) **Ciências Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, 2007.

SORIANO, M. B. S.; HERNANDEZ D. O. Tasa de crecimiento del pez ángel *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. **Acta Universitaria**, v.12, p 28-33, 2002.

STICKNEY, R. Aquaculture: an introductory text. Texas A&M University. 2ª Ed. Cambridge University Press. 304 p, 2009.

STRATHE, A.B.; DANFAER, A.; SØRENSEN, H.; KEBREAB, E.A. A multilevel nonlinear mixed effects approach to model growth in pigs. **Journal of Animal Science**, Allbany, v. 88, p, 638-649, 2010.

THE ANGELFISH SOCIETY. 2002. TAS Angelfish Standard: standardized sizing. The Angelfish Society. Disponível em: <<http://theangelfishsociety.org/standards4.htm>>. Acessado em: 11 de Junho de 2010.

TEDESCHI, L. O. Review Assessment of the adequacy of mathematical models. ***Agricultural Systems***, n. 89, p. 225–247, 2006.

THORNLEY, J. H. M.; FRANCE, J. ***Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences***. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2007. 906p.

UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS DATABASE 6 (COMTRADE, 2010). <http://comtrade.un.org/db/>

CAPÍTULO 2

RESUMO

MODELOS NÃO LINEARES, ALOMETRIA E DINÂMICA DE MACROMOLÉCULAS PARA ANALISAR O CRESCIMENTO DO ACARÁ BANDEIRA (*Pterophyllum scalare*)

RESUMO

Os modelos matemáticos não lineares são ferramentas úteis para analisar o processo de crescimento, sendo que em peixes têm sido estudados algumas funções de três e quatro parâmetros como Gompertz, Von Bertalanfy, Brody, Logístico e Richards. Assim o presente estudo teve três objetivos, primeiro avaliar estes 5 modelos, segundo estabelecer as relações alométricas para o formato do corpo, e terceiro, determinar as taxas de deposição nutrientes corporais. Durante 233 dias 600 acarás bandeira foram mantidos em 12 aquários de 200L. Biometrias foram realizadas a cada 14 dias e análise de composição química a cada 30 dias. A avaliação dos modelos de crescimento foi realizada mediante diferentes critérios onde, o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados de peso foi o Logístico, apresentando o menor valor para critério de informação Akaike (AIC), critério de informação bayesiano (BIC), quadrado médio do resíduo (QMR), e menor intervalo dos parâmetros e número de iterações, e o maior valor para o coeficiente de determinação (R^2), e a interpretabilidade biológica dos parâmetros esteve ajustada à realidade. Foram estimadas as relações alométricas entre Comprimento Padrão (CP) e as seguintes variáveis: Comprimento de Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e peso. Através da equação alométrica logaritmizada, os resultados demonstraram que houve um crescimento precoce para CC e L, e crescimento isogônico para A e peso. Com o modelo de Gompertz, foram estimadas as taxas de deposição dos nutrientes corporais, houve maior precocidade na deposição de cinzas e proteína.

Palavras chaves: Crescimento morfométrico, *curvas de crescimento*, *Criterio de Informação Akaike*, *peixes ornamentais*, *coeficientes alométricos*.

ABSTRACT

NON LINEAR MODELS, ALLOMETRY AND MACROMOLECULAS DYNAMIC FOR GROWTH ANALISE IN ANGEL FISH (*Pterophyllum scalare*)

ABSTRACT

The nonlinear mathematical models are useful tools for analyzing the growth process, and fish have been studied in some functions of three and four parameters as Gompertz, Von Bertalanfy, Brody, Logistic and Richards. Thus the present study had three objectives, first to assess these five models, the second to establish the allometric relationships to body shape, and third, to determine deposition rates of body nutrients. During 233 days in 600 discus fish distributed in 12 aquariums 200L by biometry performed every 14 days and analysis bromatological every 30 days. The evaluation of growth models was done by different criteria where the mathematical model that best fitted the data of weight was the logistics with the lowest value for Akaike information criterion (AIC), Bayesian information criterion (BIC), square average residual (QMR) and smaller range of parameters and number of iterations, and the highest value for the coefficient of determination (R^2), and biological interpretation of parameters was adjusted to reality. We estimated the allometric relationships between Standard Length (SL) and the following variables: length of head (CC), Height (A), width (L) and weight. Through logarithmic allometric equation, the results show that there was an early growth for CC and L, and isogonics for A and weight. With the Gompertz model, the estimated deposition rates of body nutrients showed higher early in the deposition of ash and protein.

Key words: morphometric growth, growth curves, Akaike information criterion, ornamental fish, allometric coefficient.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o cultivo de peixes ornamentais destaca-se como um dos ramos da aquicultura que oferece um grande potencial de desenvolvimento, apresentando um crescimento dinâmico, através do incremento e melhorias das técnicas de produção.

Para a indústria do peixe ornamental, as características intrínsecas, como a morfologia externa do corpo, o tamanho da cabeça, o tamanho das nadadeiras e outros fatores fenotípicos estão diretamente relacionados com o valor mercadológico do animal. Do ponto de vista econômico, o parâmetro mais importante a ser buscado num programa de seleção é o crescimento (HUANG; LIAO, 1990). Assim um dos componentes avaliados é o formato do corpo. Este componente pode ser expresso por medidas ou índices morfométricos (REIST, 1985), embora, a maioria dos estudos de crescimento em animais se concentram na relação peso-idade.

O crescimento dos peixes é diretamente influenciado pelos fatores ambientais do meio aquático (temperatura, oxigênio, etc.). Devido às grandes alterações climáticas que ocorrem durante o período de cultivo, especialmente naqueles mais prolongados, torna-se muitas vezes difícil estabelecer uma associação do peso com a idade.

A modelagem matemática é considerada como uma metodologia para fazer cálculos com grande precisão do processo de crescimento dos animais. Esta metodologia permite analisar variáveis como deposição de proteína, lipídios, água e minerais, para avaliar sua respectiva eficiência na conversão de nutrientes em biomassa e o tempo que sua taxa de ganho é máxima e, deste modo estabelecer o dia do abate ou venda sem gerar perdas econômicas, segundo Hruby e Hamre (1996) o emprego de modelos de crescimento diminui entre 8 – 10% dos custos de produção.

O crescimento dos animais pode ser descrito por muitas funções, por exemplo, o aumento do tamanho relativo em função do tempo (TOMLINSON; ABRAMSON, 1961). Muitos modelos de crescimento são propostos para estimar uma média de crescimento individual em peixes dentro de uma população. A composição corporal sofre mudanças durante o crescimento, tanto em termos químicos quanto físicos, devido que a taxa de ganho de diferentes componentes não é diretamente proporcional à taxa de crescimento em diferentes pesos (MARCATO, 2007). Alguns têm uma relação empírica enquanto outros têm uma base teórica e são conduzidos até equações diferenciais que integram os processos de metabolismo e catabolismo (KATSANEVAKIS, 2006).

Para analisar dados de crescimento se utilizam modelos não lineares, os quais resumem diferentes medidas em parâmetros biologicamente interpretáveis (BROWN et al., 1976). Os modelos de predição mais estudados e aplicados em peixes são Gompertz, Von Bertalanffy, Brody, Logístico e Richards. Por outro lado, as taxas de deposição de nutrientes, especialmente de proteína e lipídios, são úteis para avaliar os efeitos da utilização dos componentes do alimento para o crescimento, os efeitos da genética, da nutrição e do ambiente, na resposta do crescimento e as exigências nutricionais (BLACK, et al., 1995; SCHINCKEL, DE LANGE, 1996; citados por DUMAS et al., 2010).

Embora haja poucos trabalhos relacionados ao crescimento do acará bandeira a motivação principal é conhecer o crescimento potencial desta espécie por meio da análise das curvas de crescimento e as taxas de deposição de nutrientes. Deste modo, os resultados obtidos neste trabalho podem ajudar em futuras pesquisas para a estimação das exigências nutricionais desta espécie, desenvolver um plano de alimentação adequado, determinar o dia da venda.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar o processo de crescimento de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) dos 30 aos 233 dias de idade.

2.2. Objetivos Específicos

- Comparar cinco modelos matemáticos não lineares (Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy, Richards, e Brody) para descrever o crescimento do Acará bandeira (*Pterophyllum scalare*).
- Estabelecer as relações alométricas para Comprimento Padrão, Comprimento Cabeça, Altura, Largura e Peso, empregando a equação alométrica linearizada.
- Descrever a dinâmica das macromoléculas do peixe inteiro, as taxas de deposição e as relações alométricas dos nutrientes, utilizando o modelo de Gompertz e a equação alométrica linearizada.

MATERIA E MÉTODOS

3. MATERIAI E MÉTODOS

O presente trabalho foi elaborado na Universidade Estadual Paulista, junto ao Laboratório de Peixes Ornamentais Neotropicais do Centro de Aquicultura (CAUNESP), no campus de Jaboticabal - SP, durante 233 dias.

3.1. Peixes e condições experimentais

Foram utilizados 600 juvenis de acará bandeira (*Ptherophyllum scalare*), obtidos de reprodutores do próprio laboratório. Após a eclosão, as larvas foram transferidas para aquários de 60L, até que atingiram 30 dias de idade, sendo estas transferidas para 12 aquários de 180 Litros, onde foram distribuídos ao acaso na proporção de 50 peixes por aquário, com um peso inicial médio de 0,2422g.

A fonte de água para o abastecimento dos aquários experimentais foi proveniente de nascente (mina). Diariamente foi determinado oxigênio dissolvido e a temperatura a través de um oxímetro digital YSI® modelo 55. Além disso, em cada unidade experimental foi instalado um termômetro de máxima e mínima para registrar as variações das temperaturas diárias na água. Cada tanque foi provido de filtro de espuma, aeração constante para manter a concentração de oxigênio em níveis adequados para a espécie estudada. Para manter a temperatura estável (26°C), um termostato com aquecedor de 100W foi instalado em cada unidade experimental. Diariamente foram realizadas trocas de 50% do volume de água dos tanques por sifonagem do fundo, para retirar os excessos de alimento e fezes. O fotoperíodo que os peixes estiveram expostos durante o estudo foi de 12 horas luz e 12 horas escuro.

3.2. Manejo Alimentar

As dietas experimentais foram formuladas utilizando-se o aplicativo SOLVER de Microsoft Office Excel 2007 (Tabela 1). Todos os ingredientes foram moídos e depois misturados manualmente. Após este procedimento, a ração foi peneirada e recebeu 50% de água sendo em seguida peletizada com um moinho de carne. Após esta etapa as rações foram secas por ventilação forçada durante 72 horas. Devido ao pequeno porte dos peixes nos primeiros dias, as rações foram peneiradas em peneiras de aço de malha 0,7 mm para reduzir a granulometria do alimento e facilitar a apreensão.

Os juvenis receberam uma dieta inicial com 36% PB durante os primeiros 70 dias, e durante a fase final do experimento, uma dieta contendo 32% PB. Inicialmente os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (9:00, 11:00, 14:00 e 16:00 horas) e depois com a segunda dieta duas vezes (9:00 e 14:00 horas), na proporção de 6 % do peso vivo por dia.

3.3. Biometrias

As pesagens e biometrias foram realizadas a cada 14 dias. Para este procedimento, os peixes permaneceram em jejum durante 24 horas para esvaziamento do sistema digestório, sendo amostrados ao acaso 20 peixes de cada aquário. Para reduzir lesões causadas pelo manejo, os animais foram manipulados em água contendo uma concentração salina de 4ppt.

As medições foram realizadas com um paquímetro digital graduado em milímetros, e incluíram as seguintes medidas (Figura 2):

a) Comprimento padrão (CP): distância entre a extremidade anterior da cabeça e o menor perímetro do pedúnculo (inserção da nadadeira caudal).

Tabela 1. Formulação e composição química calculada das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dieta Inicial	Dieta Final
	Níveis de inclusão (%)	Níveis de inclusão (%)
Farinha de peixe	13,05	13,50
Farinha de vísceras de aves	9,57	9,40
Farelo de soja	35,00	35,67
Amido de milho	5,00	6,00
Farelo de arroz	7,90	7,50
Milho	15,00	13,50
Farelo de trigo	8,30	8,30
Óleo de soja	1,30	1,30
Fosfato bicálcico	1,00	0,30
Premix ¹	1,00	1,00
Vitamina C	0,03	0,03
Caulim	2,85	3,50
TOTAL	100,00	100,0

Composição estimada	Dieta Inicial	Dieta Final
Matéria seca (%)	90,39	90,39
Proteína bruta (%)	36,42	32,55
Energia bruta (kcal/kg)	4149,29	4150,42
Extrato etéreo (%)	6,30	6,00
Fibra bruta (%)	4,01	3,99
Material mineral (%)	7,80	7,29
Cálcio (%)	1,23	1,17
Fósforo (%)	1,02	0,90

¹ Suplemento vitamínico e mineral : vit. A: 500.000 UI; vit. D3: 200.000 UI; vit. E: 5.000 UI; vit. K3: 1.000mg; vit. B1: 1.500mg; vit. B2: 1.500mg; vit. B6: 1.500mg; vit. B12: 4.000mg; vit. C: 15.000mg; Ácido fólico: 500mg; Ácido Pantotênico : 4.000mg; Biotina: 50mg; Colina: 40g; Cobalto : 10mg; Cobre : 500mg; Ferro : 5.000mg; Iodo: 50mg; Manganês: 1.500mg; Selênio: 10mg; Zinco: 5.000mg; veículo q.s.q.: 1000g.

b) Comprimento da cabeça (CC): compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o bordo caudal do opérculo.

- c) Altura (A): altura do corpo medida à frente do 1º raio da nadadeira dorsal.
- d) Largura (L): largura do corpo medida à frente do 1º raio da nadadeira dorsal.

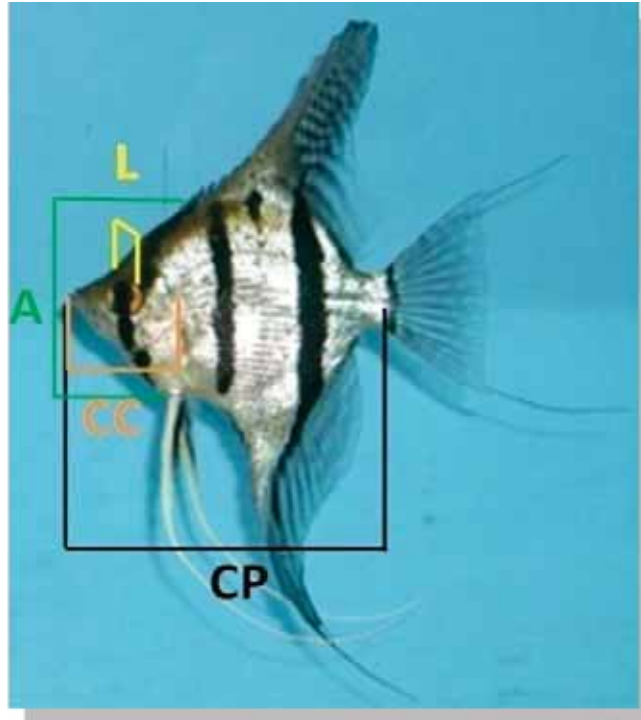


Figura 2. Avaliação morfométrica de Acará bandeira. CP (comprimento padrão), CC (comprimento da cabeça), L (largura) e A (altura) tomadas na nadadeira dorsal.

3.4. Análise de Composição Corporal

As análises de composição corporal foram feitas mensalmente. Durante os primeiros 4 meses foi feito um “pool” com peixes de todos os aquários devido ao pouco peso dos animais, após este período, foram selecionadas amostras de cada aquário. Para o abate, foram selecionados peixes que apresentavam o peso médio do aquário. Os peixes foram mantidos em jejum durante 24 horas sendo então pesados e abatidos em água com gelo durante 5 minutos. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente marcados, identificados e conservados em freezer (-20 °C).

Para as análises químicas as amostras foram retiradas do freezer e posteriormente liofilizadas a uma temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, para a obtenção da matéria pré-seca. Posteriormente as amostras foram trituradas e homogeneizadas utilizando moinho tipo “martelo de bola”. Em seguida, foram determinados a matéria seca mediante desidratação em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, o extrato etéreo pelo método de éter de petróleo, as cinzas mediante incineração na mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a proteína bruta utilizando-se o método de determinação do nitrogênio por Kjeldahl (SILVA; QUEIROZ, 1998).

3.5. Obtenção de Índices de desempenho

a. O Ganho de peso (GP) foi calculado pela equação 13:

[Eq. 13]

b. A Taxa de Crescimento Específica (TCE) é descrita pela seguinte equação [Eq. 14]:

[Eq. 14]

Em que:

P_f : peso final

P_i : peso inicial

t : tempo em dias

\ln : Logaritmo natural

3.6. Obtenção das curvas de crescimento

Foram avaliados cinco modelos de crescimento: Logístico (THORNLEY; FRANCE, 2007), Gompertz (WINSOR, 1932), Von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1957), Brody (BRODY, 1945) e Richards (RICHARDS, 1959).

3.7. Modelagem dos dados

Os dados de peso foram analisados para a população em geral devido ao tamanho dos peixes e as condições de manejo, não sendo possível o acompanhamento individual, utilizando os modelos não lineares descritos anteriormente. A programação foi desenvolvida no programa estatístico SAS® (*Statistical Analysis System*) SAS Institute Inc., Version 9 para Windows (Anexo 1). Após exclusão dos *outliers* e valores influentes, verificou-se a normalidade dos erros. Posteriormente, com o comando *proc nlin* foi realizada análise de regressão não linear. Em seguida, utilizando-se o método dos mínimos quadrados com o algoritmo de Gauss-Newton e Marquardt, foram realizadas as iterações que, com o comando *maxiter*, limitou-se o número máximo de 50 iterações. Com o comando *model* definiu-se cada função e com o comando *parms estimaram-se* os parâmetros (A, B, k, M) sendo atribuídos valores iniciais ou “priors” tomados da experiência do trabalho com esta espécie. Usando o comando NLMIXED do programa SAS® foram obtidos os critérios de informação de Akaike e Bayesiano.

3.8. Comparação dos modelos

Para a comparação dos modelos foram empregados os seguintes critérios:

- a. Número de iterações necessárias para atingir a convergência
- b. Coeficiente de determinação

- c. Quadrado médio dos resíduos
- d. Critério de Informação de Akaike (AIC)
- e. Critério de Informação Bayesiano (BIC)
- f. Interpretação biológica dos parâmetros
- g. Intervalo de confiança de 95%

3.9. Modelo ajustado

Um parâmetro que ajuda a descrever, entender e avaliar o crescimento num período de tempo específico de acordo com Freitas, (2007) e Gómez, (2008), é a Taxa de Crescimento Instantânea Absoluta (TCI): faz uma estimacão entre o incremento de peso em cada unidade de tempo. Esta taxa é a derivada do peso y em relacão ao tempo t [Eq. 15]

[Eq. 15]

Esta derivada foi empregada para analisar as taxas de deposicão dos nutrientes.

3.10. Avaliacão Alométrica

A avaliacão dos dados foi feita com a equacão alométrica linearizada descrita por Thornley e France (2007) (Equacão 12).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Monitoramento das condições ambientais

O valor médio da temperatura da água durante a fase de alevinagem foi $28,6 \pm 1,02$ °C, e o oxigênio dissolvido foi de $6,04 \pm 1,33$ mg/L. Na fase de crescimento os valores médios foram de $26,7 \pm 1,47$ °C, e $5,93 \pm 1,1$ mg/L, para a temperatura e oxigênio dissolvido respectivamente. Estes resultados concordam com outros estudos do acará bandeira onde o intervalo ótimo de temperatura para juvenis encontrou-se entre 26 °C e 30 °C (OLIVEIRA, 2009; PEREZ et al., 2003; RODRIGUES, 2004;). Deste modo, para avaliar o crescimento, deve-se garantir aos peixes adequadas condições de manejo (controle dos fatores ambientais) evitando-se afetar a taxa de crescimento que é altamente dependente da temperatura da água (DUMAS et al., 2010).

4.2. Índices de desempenho produtivo

Os valores iniciais de peso, comprimento padrão, comprimento da cabeça, altura e largura dos acará bandeira são apresentados na Tabela 2, e os parâmetros produtivos durante as etapas de alevinagem (70 dias,) e crescimento (163 dias) são apresentados na Tabela 3 estes resultados foram obtidos com as Equações 13 e 14.

No presente estudo durante a fase de alevinagem, utilizando-se uma ração de 36%PB os peixes obtiveram um ganho de peso de 1,253 g. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Oliveira (2009), testando dois níveis de proteína bruta (29 % e 32 %). Este autor alimentou 160 acará bandeira durante 42 dias, com peso inicial de 0,3489 g, e não

encontrou diferença significativa entre os tratamentos para o ganho de peso (0,8038g).

Tabela 2. Condições dos peixes (*P. scalare*) no início do experimento

Parâmetro	Valor
Peso (g)	0,2422 ± 0,055
Comprimento Padrão (mm)	18,9112 ± 1,0382
Comprimento cabeça (mm)	7,7816 ± 0,638
Altura (mm)	11,4144 ± 1,16
Largura (mm)	3,2267 ± 0,4714

Tabela 3. Desempenho produtivo de juvenis de *P. scalare* nas diferentes fases de alevinagem e crescimento

Parâmetro produtivos	Alevinagem (70 dias)	Crescimento (163 dias)
Peso inicial (g)	0,2422	1,4945
Peso final (g)	1,4945	10,8951
Ganho de peso (g)	1,2523	9,4641
Taxa de crescimento específico (%/dia)	2,5996	0,6720

Igualmente Koca et al., (2009) reportam que alimentando alevinos de acará bandeira com um peso inicial de 0,75 g durante 60 dias, estes apresentaram um ganho de peso de 1,57 g utilizando ração comercial extrusada contendo 49 % de proteína bruta.

A taxa de crescimento específico (TCE), também conhecida como coeficiente μ de crescimento, relaciona o peso com o tempo, mas não considera a temperatura da água. Esta taxa apresenta-se constante quando não existem variações na temperatura. Também pode ser utilizada para analisar o crescimento quando há semelhanças entre os pesos iniciais e finais (DUMAS et al., 2010). Durante a fase de alevinagem os peixes apresentaram uma TCE de 2,6 % dia⁻¹. Já na etapa de

crescimento a TCE foi 0,67 % dia⁻¹, apresentando-se menor a medida que o peixe vai envelhecendo. Estes resultados concordam com os observados por Oliveira (2009), que obteve uma TCE de 2,7 % dia⁻¹ para juvenis de acará bandeira durante 42 dias de experimento alimentados com uma ração de 29 % de PB. Por outro lado, Zuanon et al., (2006), testando diferentes teores de PB (34 %, 38 %, 42 % e 46 %) na dieta de acará bandeira de 0,4 g durante 60 dias, encontrou TCE entre 2,31 e 2,61 % dia⁻¹. Resultados semelhantes foram reportados por Rodrigues (2004) em alevinos de acará bandeira alimentados com ração peletizada. Contudo Abdolbaghian et al., (2010), encontraram diferenças na TCE em acará bandeira mantidos a diferentes temperaturas (27, 28, 29 e 31 °C). Os autores encontraram uma ótima resposta a uma temperatura de 31 °C.

4.3. Curvas de Crescimento

Dos modelos que atingiram a convergência Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Richards comparou-se as estimativas dos pesos assintóticos obtidas pelas diferentes funções com a mesma abordagem de ajuste, e os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Predição do peso corporal (g) de *P. scalare* dos diferentes modelos não lineares

Parâmetros	Logístico	Gompertz	Von Bertalanffy	Richards
A (g)	13,9823	26,1356	66,6284	15,3788
	±0,1972	±1,1037	±7,0629	±0,8134
B	100,29	--	1,0021	-29,6237
	±3,5399	--	±0,033	±16,1181
k (g/dia)	0,02505	0,008857	0,00343	0,02012
	±0,000342	±0,000255	±0,000828	±0,02012
m	--	--	--	-1,4444
	--	--	--	±0,2708
D (dias)	--	216,93	--	--
	--	±4,7423	--	--

Peso assintótico (A), peso ao nascimento para o modelo de Von Bertalanffy (B), e para o Logístico e Richards B é uma constante de integração, taxa de maturação (k), parâmetro

relacionado à forma da curva (m) e idade em que a taxa de crescimento diário atinge seu valor máximo (D).

O modelo Logístico apresentou o menor peso assintótico ou peso à maturidade (A) 13,9823g (Figura 3), e a maior velocidade de crescimento (parâmetro k 0,02505), seguido por Richards, Gompertz e Bertalanfy (Tabela 4). A curva do peso corporal em função da idade para o modelo Logístico com os parâmetros é apresentada na Tabela 4, e se apresenta graficamente na Figura 3. Na fase inicial do crescimento, apresenta-se uma fase lenta, após o dia 130 o crescimento dá início à fase de aumento de ganho de peso, que vai finalizar quando o peixe atinge o peso à maturidade (13,9823).

Nos modelos que o valor do parâmetro k é alto, os peixes apresentam maturidade precoce comparados com os que tem valores menores e peso inicial similar, assim, este parâmetro pode ser um indicador da velocidade relativa do crescimento, e um parâmetro de seleção quando se quer implantar um plano de melhoramento genético.

Segundo os resultados obtidos neste estudo, observou-se que o peso assintótico do modelo Logístico (Figura 3) foi estimado com valores muito próximos aos pesos observados nas biometrias (10,89513g). Resultados similares foram encontrados por Serafini et al., (2009), analisando o crescimento de tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e seus híbridos a partir dos 300 dias de idade os resultados demonstraram que o peso assintótico do modelo Logístico foi o menor comparado com os estimados pelos outros modelos.

Além dos parâmetros estimados no modelo, é necessário estimar também os efeitos aleatórios e as co-variáveis, que poderiam interferir na análise. Do mesmo modo, Aguilar (2010), encontrou o menor peso assintótico com o modelo Logístico para Tilápia-do-Nilo; Gomiero (2005) num estudo com piraicanjuba (*Brycon orbignyanus*) descartou o modelo da análise porque subestimava o valor do parâmetro A .

Em outro ensaio similar com esta mesma espécie, o menor peso assintótico foi o estimado pelo modelo Logístico (FREATO et al., 2010). Por

outro lado, Espingolan et al., (2009), encontraram que o modelo Logístico também apresentou valores de A mais próximos da realidade, mas a base de dados estava composta de pesos inferiores aos dois anos de idade, uma vez que o abate dos animais ocorreu com idades inferiores a esta idade. Segundo os mesmos autores os modelos não apresentaram um bom ajuste para idades próximas à maturidade, entretanto, para as idades dentro do intervalo considerado, os modelos Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy apresentaram um bom ajuste com valores preditos próximos aos valores observados. Resultados similares foram obtidos por Andrade (2010) com ovinos da raça Morada Nova, indicando que o comportamento do parâmetro A é ajustado a valores muito próximos dos observados, independente da espécie estudada.

O ponto de inflexão pode ser menos influenciado pelo fenótipo dos animais e mais pelos atributos do modelo (FITZHUGH, 1976). Kuhl et al., (2010) relataram que algumas vezes é melhor analisar o crescimento com um modelo de quatro parâmetros como Richards. Para analisar o crescimento em função do consumo ou taxa de deposição de nutrientes pode ser utilizado o modelo de Brody, porque não proporciona um ponto de inflexão. Em equações como Logístico e Gompertz a limitação pode ser o ponto de inflexão fixo, este ponto incide em pesos menores à metade do peso final e varia dependendo da idade, sexo, manejo e tipo de animal. Entretanto, em alguns casos, as equações com quatro parâmetros e com um ponto de inflexão flexível apresentam melhor ajuste do crescimento (KUHLE et al., 2010).

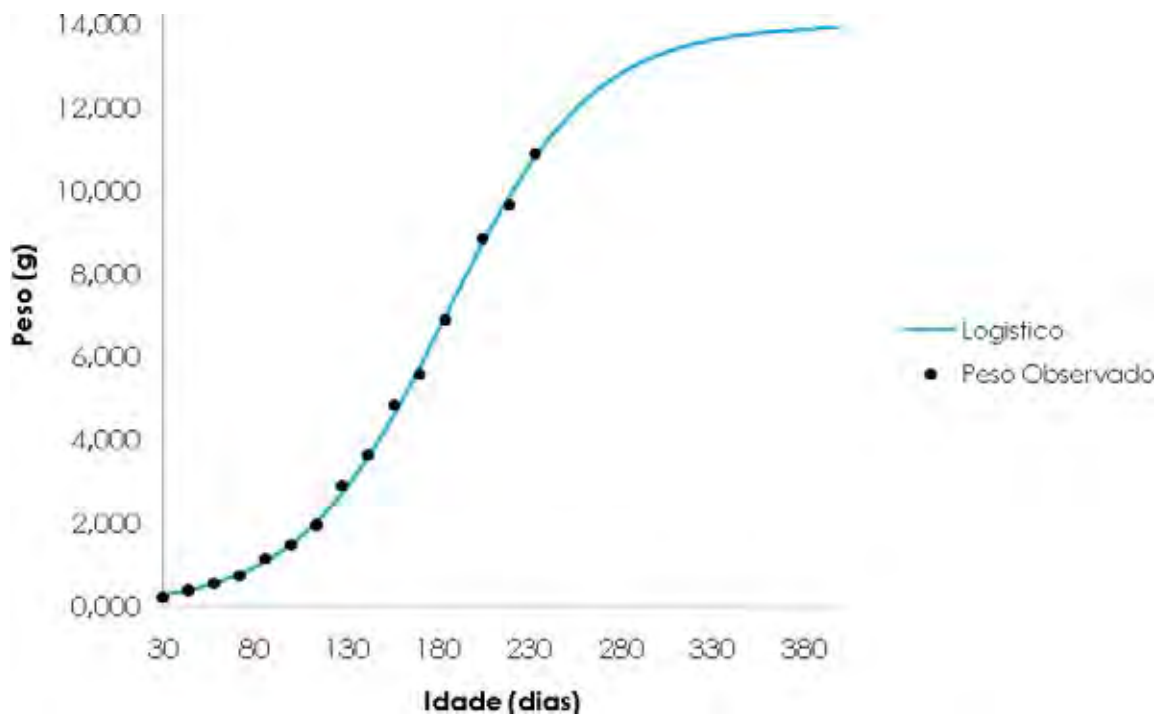


Figura 3. Curva de peso corporal em função da idade em *P. scalare* ajustada pelo modelo Logístico.

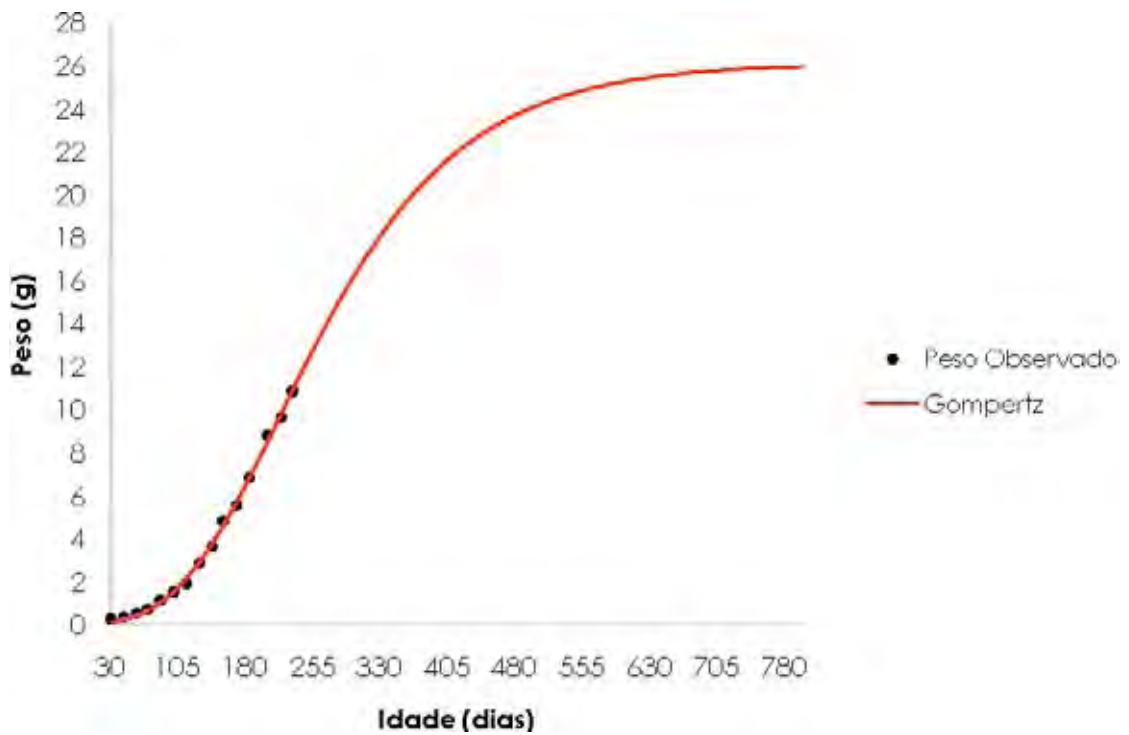


Figura 4. Curva de peso corporal em função da idade em *P. scalare* ajustada pelo modelo Gompertz.

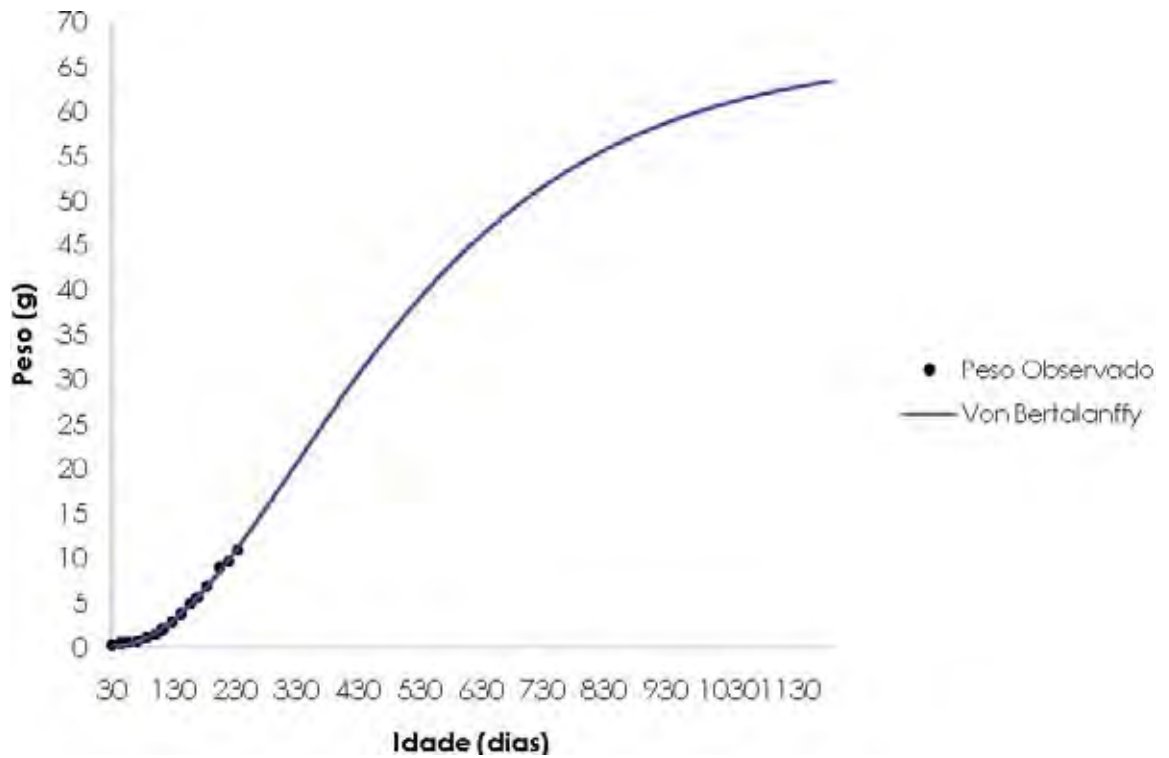


Figura 5. Curva de peso corporal em função da idade em *P. scalare* ajustada pelo modelo Von Bertalanffy.

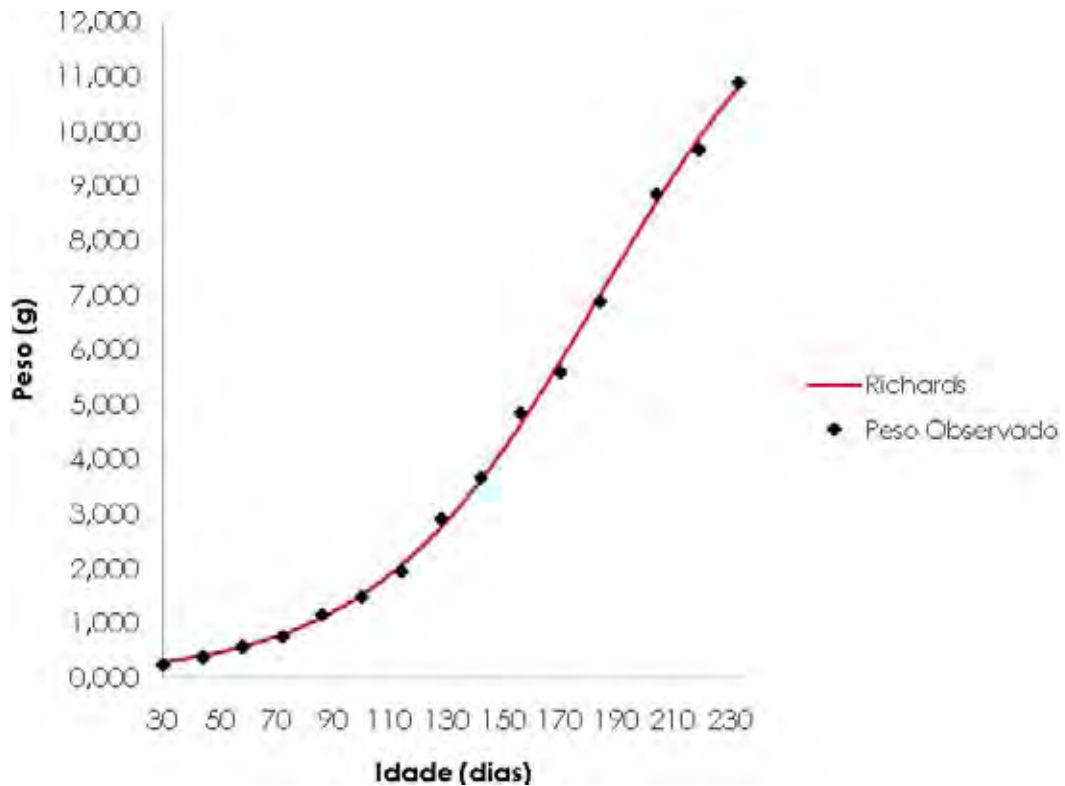


Figura 6. Curva de peso corporal em função da idade em *P. scalare* ajustada pelo modelo Richards.

No modelo de Gompertz o peso assintótico foi 26,1356 g, a taxa de maturação foi 0,008857 g/dia e o parâmetro D foi de 216,93 dias que é interpretado como o tempo em que o crescimento diário pode atingir seu máximo valor (Tabela 4). A curva de crescimento se apresenta na Figura 4. A fase de aceleração inicia após o dia 114, neste dia o peso estimado (2,17 g) foi maior do que o peso observado (1,94 g), mesmo assim o modelo teve um bom ajuste aos dados.

Este modelo tem sido empregado amplamente para analisar o crescimento em muitas espécies, possuindo propriedades desejáveis. Além disso, estima que a massa corporal inicial é maior que zero o que reflete no fato de que o animal já nasce com algum peso (fialho, 1999 citado por MARCATO, 2007), sendo vantajoso para descrever o crescimento de peixes jovens, em conjunto com os modelos parabólicos (GAMITO, 1998).

Conforme a Tabela 4, o peso assintótico do modelo de Von Bertalanffy foi super estimado (66,6284 g), o parâmetro B, que indica a idade ao peso 0, foi o dia 1, e a taxa de maturação foi 0,00343. A curva de peso corporal deste modelo esta representada na Figura 5.

Embora este modelo tenha sido usado por muitos pesquisadores pelo fato de representar propriedades metabólicas e de assimilação, não é adequado para descrever o crescimento em peixes durante o primeiro ano de vida (GAMITO, 1998).

Neste experimento não foi possível atingir a convergência do modelo de Brody, resultados semelhantes foram obtidos Espigolan et al., (2009) quando tentaram ajustar este modelo para analisar o peso de novilhos da raça Hereford. Assim as dificuldades no ajuste dos modelos variam entre a escolha da função de crescimento e as características da base de dados. De acordo com Fitzhugh (1976), algumas funções são mais sensíveis à frequência e regularidade dos dados do peso ao nascimento e as escalas do tempo. Os algoritmos que incluem iterações são mais sensíveis na seleção dos valores iniciais e eventualmente podem não

atingir a convergência, ou mesmo gerar resultados matematicamente aceitáveis, mas biologicamente incoerentes.

O modelo de Richards apresentou problemas para atingir a convergência. Entretanto, foi possível obter o peso assintótico (A) 15,3788g, taxa de maturação (k) 0,02012, e o parâmetro m que é relacionado a la forma de la curva (-1,4444). Estes resultados são apresentados na Tabela 4 e graficamente na Figura 6.

A flexibilidade da curva converte o modelo de Richards numa alternativa para substituir outras equações (Monomolecular, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy) (KUHl et al., 2010). Assim, para tentar atingir a convergência foram testados os algoritmos de Gauss-Newton e Marquardt, mas surgiram muitas iterações o que resultou numa dificuldade do ajuste do modelo. De acordo com Ratkowsky (1990) o modelo de Richards, em certas ocasiões apresenta problemas na convergência pela sua intrínseca não linearidade sendo necessária a utilização de diferentes algoritmos.

Embora fossem comparadas funções de crescimento com três e quatro parâmetros, as funções com quatro parâmetros como o modelo de Richards é teoricamente superior para descrever o crescimento ao longo do tempo. Este tipo de função é recomendada para a análise de dados de crescimento em monogástricos (KUHl et al., 2010). Entretanto quando comparado com os outros modelos, as circunstâncias associadas à natureza dos dados como a escassez de registros de peso observado, pode justificar o uso de equações com três parâmetros (PEROTTO et al., 1992). Em outras espécies como frangos, a função de Richards apresenta melhor ajuste quando comparado com funções como Gompertz e Logístico. Quando se avaliou a relação entre peso corporal e idade, algumas vezes esta equação apresenta problemas de otimização e não atinge a convergência. Isto pode ser devido principalmente, aos problemas relacionados à estimação do peso inicial e à alta correlação entre os parâmetros k e m (FITZHUGH, 1976). Assim para reduzir os

problemas derivados da falta de ajuste do modelo, Kuhl et al., (2010) sugerem fixar o valor do peso inicial, quando este é conhecido.

4.4. Comparação dos modelos

Apesar das condições ambientais para o desenvolvimento deste trabalho estiveram controladas, é necessário considerar que os sistemas biológicos são complexos, possuindo muitas interações entre o genótipo, a heterogeneidade, as covariáveis individuais e as ambientais, exercendo influência na estimação dos parâmetros. Portanto, ter um modelo que seja considerado perfeito não é possível, só pode-se esperar identificar o modelo que possa ter uma boa aproximação dos dados avaliados (ANDERSON; BURNHAM, 1994).

Para avaliar os modelos utilizaram-se cinco critérios diferentes que são apresentados na Tabela 5. O modelo Logístico apresentou o melhor ajuste, pois foram necessárias duas iterações para conseguir a convergência dos parâmetros. O coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) foi alto (0,9988) sendo que para todos os modelos esteve acima de 0,99. Além disso, apresentou os menores valores do quadrado médio do resíduo (0,2071). O Critério de Informação de Akaike (AIC) foi 5341,8 e de Informação Bayesiano (BIC) foi 5365,2.

Critérios semelhantes foram empregados por Andrade (2010) em ovinos e frangos por Kuhl et al., (2010). Contudo as características intrínsecas dos dados e o objetivo da análise determina o método de preferência para ajustar a curva (FITZHUGH, 1976). Assim, em múltiplos estudos de comparação de modelos de crescimento os critérios de seleção coincidem com os usados neste trabalho (SANTOS et al., 2007).

Além desses critérios, Oliveira et al., (2008) em um estudo similar em codornas, empregou o desvio médio absoluto dos resíduos (DMA), calculado pela soma da diferença entre o valor observado e o valor estimado e dividido pelo tamanho da amostra. Igualmente, Ramos (2010)

utilizou esse critério trabalhando com avestruzes. Em outro estudo Kuhl et al., (2010) utilizaram o Critério de informação Bayesiano (BIC) para escolher o modelo que apresenta o melhor ajuste para descrever o crescimento em função da idade em frangos. Deste modo avaliaram o nível de significância dos parâmetros estimados, a variância estimada do erro e o erro padrão dos modelos. Assim nesta avaliação de peso realizada por meio dos modelos matemáticos não lineares e os critérios de comparação, o modelo logístico apresentou um ajuste satisfatório.

Em estudos realizados com outras espécies de peixes como Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) o modelo que apresentou a maior precisão no ajuste dos dados de peso foi o Logístico (FREATO et al., 2010).

Tabela 5. Resultados dos critérios utilizados na avaliação e comparação dos modelos

	Logístico	Gompertz	Von Bertalanffy	Richards
No. Iterações	2	3	2	34
R²_{aj.}	0,9988	0,9983	0,9974	0,9989
QMR	0,2071	0,2939	0,45120	0,1872
AIC	5341,8	5379,8	5446,2	5348,3
BIC	5365,2	5403,1	5469,6	5367,5

Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), Quadrado médio dos resíduos (QMR), Critério de Informação Akaike(AIC), Critério de Informação Bayesiano (BIC).

Tanto o intervalo de confiança quanto o desvio padrão oferecem uma aproximação da boa determinação dos parâmetros (MOTULSKY; CHRISTOPOULOS, 2003). Assim, os intervalos de confiança dos parâmetros estudados são apresentados na Tabela 6, onde com um intervalo de confiança de 95% a menor amplitude obtida foi do modelo Logístico.

A interpretação biológica dos diversos parâmetros faz uma aproximação da realidade, assim, para peso assintótico, o modelo de Von Bertalanffy superestimou o peso (66,63g). Os outros modelos apresentam estimativas biologicamente mais aceitáveis, como o Logístico que apresenta um intervalo de 13,5956 e 14,3691g ou o modelo de Richards

com um intervalo entre 13,7838 e 16,9739. Se os valores dos parâmetros não são sensíveis cientificamente, o modelo não teve um bom ajuste, sendo necessário aproximar os valores a um intervalo sensível e tentar de novo a análise (MOTULSKY; CHRISTOPOULOS, 2010).

Não existe um padrão para definir o instante que o acará bandeira atinge à maturidade sexual, pode ocorrer entre os 6 - 8 meses com um peso de 8 - 10g (CACHO et al., 1999), ou entre os 9 - 10 meses de idade (ORTEGA-SALAS et al., 2009). São necessários mais trabalhos para definir as características em que isto acontece, tendo em conta o desenvolvimento das gonadas e a linhagem.

Tabela 6. Estimativas dos limites inferior e superior dos intervalos de confiança a 95% dos parâmetros

Parâmetros	Logístico		Gompertz		Bertalanffy		Richards	
	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Superior
A (g)	13,5956	14,3691	23,9713	28,2999	66,6284	70,7409	13,7838	16,9739
B	93,3507	107,23	-	-	0,9907	1,0035	-61,2277	1,9843
K (g/dia)	0,02438	0,02572	0,00835	0,009357	0,003273	0,00346	0,011597	0,02427
M	-	-	-	-	-	-	-1,9753	-0,9134
D (dias)	-	-	207,63	226,23	-	-	-	-

Peso assintótico (A), peso ao nascimento (B), taxa de maturação (k), termo relacionado à forma da curva (m) e idade em que a taxa de crescimento diário atinge seu valor máximo (D).

4.5. Taxa de crescimento

Como consequência a semelhança no ajuste dos diferentes modelos de crescimento apresentou valores preditos similares, a parametrização das diferentes funções pode oferecer uma aproximação mais real dependendo dos objetivos propostos no início do estudo.

O modelo Logístico [Eq. 2] por apresentar um ajuste satisfatório foi empregado para obter a Taxa de Crescimento Instantânea Absoluta (TCI) é dada pela primeira derivada originando a seguinte equação:

[Eq. 16]

Substituindo com os parâmetros obtidos (Tabela 4):

[Eq. 17]

A Figura 7 representa a simulação da TCI durante 230 dias. Ao longo do tempo a TCI aumentou atingindo seu máximo teórico no dia 184 com um valor de 0,08737g/dia. Após este dia começa a decrescer gradativamente, até conseguir se estabilizar no dia 575 onde a TCI é mínima (0,000021g/dia). Esta taxa pode ser importante para estabelecer e prever o dia do abate em animais de produção, ou neste caso pode ser o dia da venda, poderia também ajudar a formular um plano de alimentação adequado de acordo com as mudanças próprias do animal.

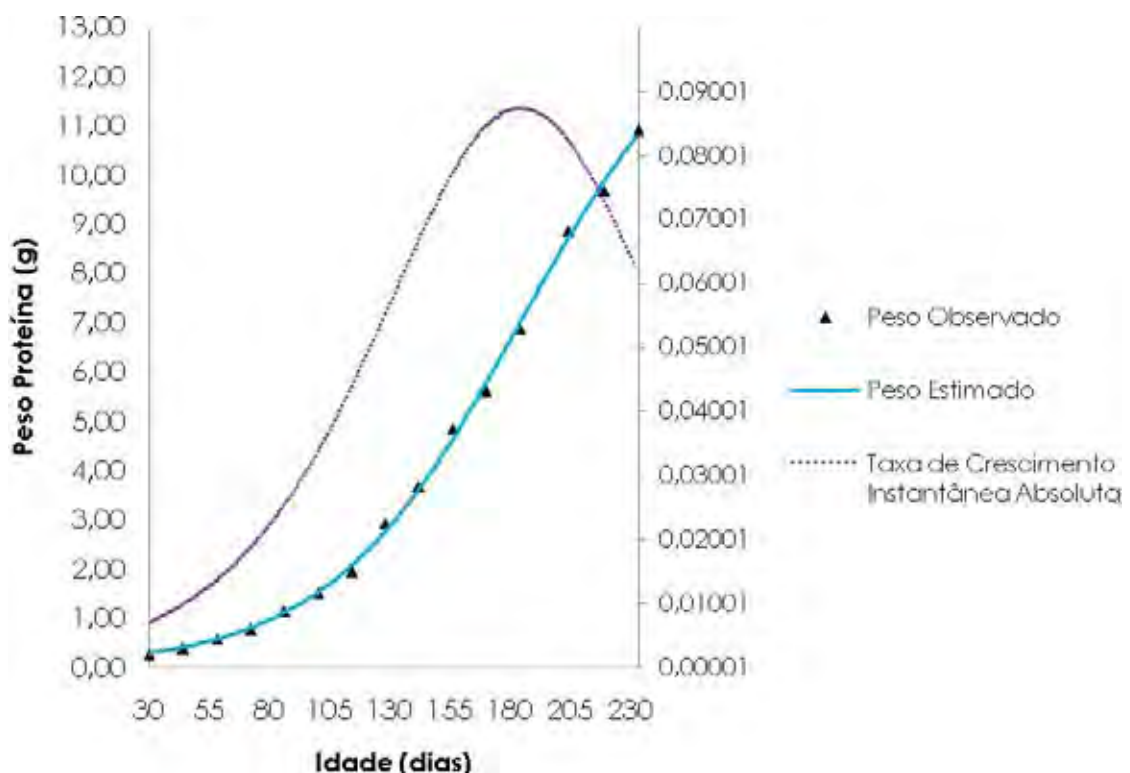


Figura 7. Simulação da Taxa de Crescimento Absoluta Instantânea (TCI) de *P. scalare*

4.6. Avaliação Alométrica

4.6.1. Relações Comprimento Padrão (CP) Comprimento Cabeça (CC), Altura (A) e Largura (L)

As equações alométricas e seus componentes além do coeficiente de determinação (R^2) se apresentam na Tabela 7. Para o componente Altura o valor de b foi 1,095 o que indica que os peixes apresentam um crescimento alométrico positivo ou crescimento isogônico ($b=1$), ou seja, dos 30 aos 233 dias de idade, a altura cresceu em igual magnitude que o comprimento padrão.

Tabela 7. Equações alométricas em juvenis de *P. scalare* dos 30 aos 233 dias de idade em relação ao Comprimento Padrão

Componente	Coeficientes		Equações	R^2
	Ln a	b		
Comprimento Cabeça	-0,678	0,907	CC = -0,678 + 0,907CP	0,907
Altura	-0,728	1,095	A = -0,728 + 1,095CP	0,900
Largura	-1,029	0,749	L = -1,029 + 0,749CP	0,886
Peso	-10,25	3,060	Peso= -10,25 + 3,060CP	0,989

Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L), Peso e Comprimento Padrão (CP), Logaritmo natural da constante de normalização (Ln a), dimensões dos parâmetros alométricos.

Os outros componentes, como o comprimento de cabeça e largura apresentam um crescimento precoce ($b<1$), aumentando a uma taxa menor que a altura, porém com mais intensidade na fase final do período de crescimento (Figura 8 a.). Concordando com o relatado por SANTOS et al., (2006) o crescimento da cabeça é precoce para garantir o consumo de alimento durante as fases iniciais do crescimento dos peixes, na fase adulta apresenta-se um crescimento tardio.

Neste estudo machos e fêmeas estavam juntos nos aquários, não sendo possível estimar a proporção entre sexos pela dificuldade na identificação do dimorfismo sexual nos estágios iniciais do crescimento.

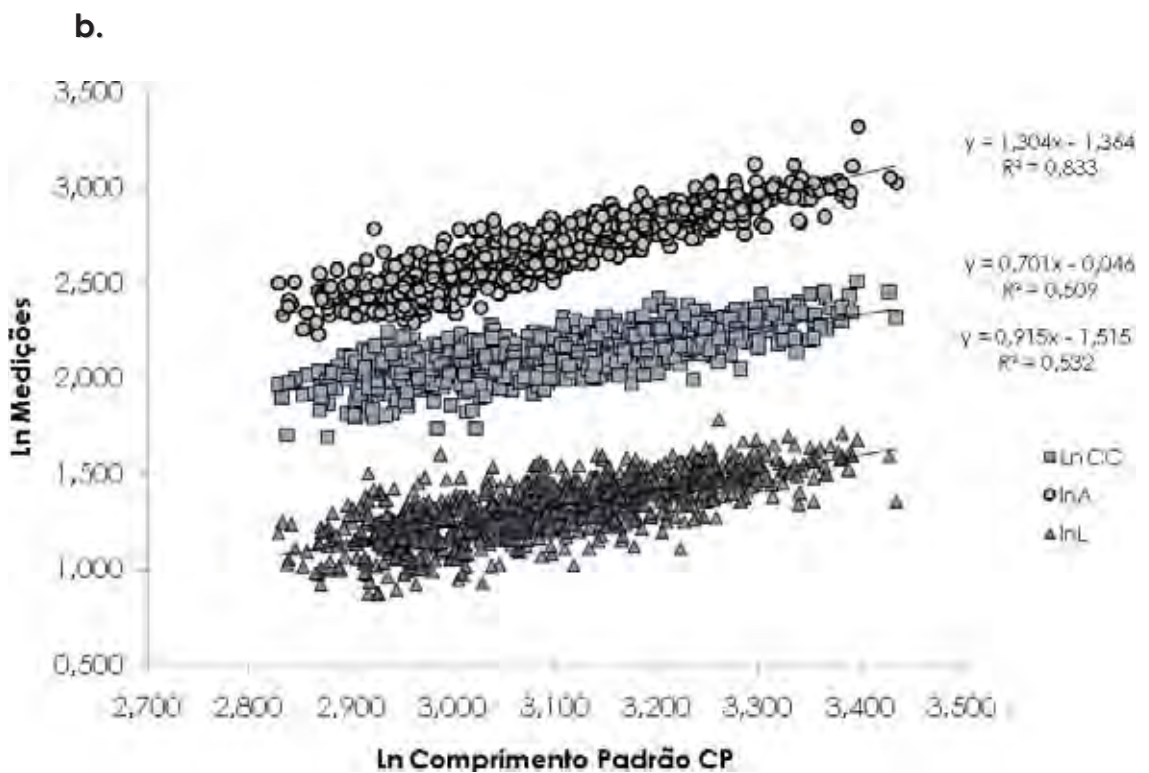
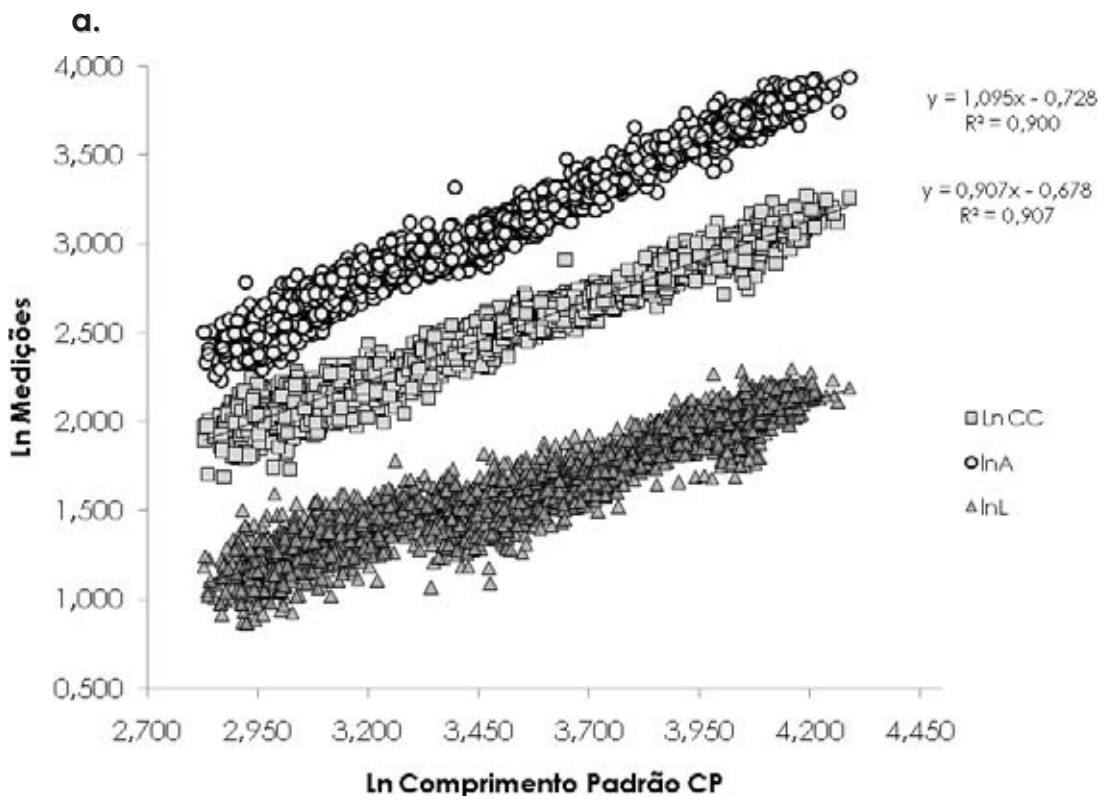
A diferença entre as velocidades de crescimento das diferentes partes do peixe é mais notória ao longo do período de estruturação, estabilizando-se quando atingem a maturidade.

Apesar da ausência de documentação científica da avaliação dos coeficientes alométricos em acará bandeira, é importante para os criadores e pesquisadores desta espécie fazer uma aproximação das proporções de desenvolvimento do corpo, e as equações de predição.

Em peixes de produção é útil conhecer o crescimento do filé em relação ao peso corporal, para poder estimar o peso do possível abate, assim, Gomiero (2005) avaliou o desenvolvimento do filé em relação ao peso corporal em Piracanjuba, que apresentou um crescimento isogônico. Segundo os resultados obtidos por Almeida et al., (2006) o filé de *Oreochromis niloticus* cultivada num sistema semi-intensivo o crescimento do filé foi menor que o crescimento do corpo, enquanto num sistema de criação intensiva o filé se apresentou um desenvolvimento igual ao peso corporal com um valor de $b=0,9690$.

Na Figura 8 b. apresenta-se graficamente as relações alométricas entre CP e CC, A e L, dos 30 aos 72 dias de idade. Houve uma alta precocidade na relação CC e CP com um valor de $b = 0,701$, para a relação L e CP também apresentou precocidade ($b = 0,915$), enquanto a relação A e CP foi tardia ($b = 1,304$). Para esta fase, os coeficientes de determinação foram muito baixos.

Na fase de crescimento (73 até 233 dias) apresentou se maior precocidade para a relação L e CP com um valor de $b = 0,884$ e para CC em relação ao CP com um valor de $b = 0,901$. Para a relação A e CP foi tardia ($b = 1,133$). Para esta fase o coeficiente de determinação esteve entre 0,74 e 0,845.



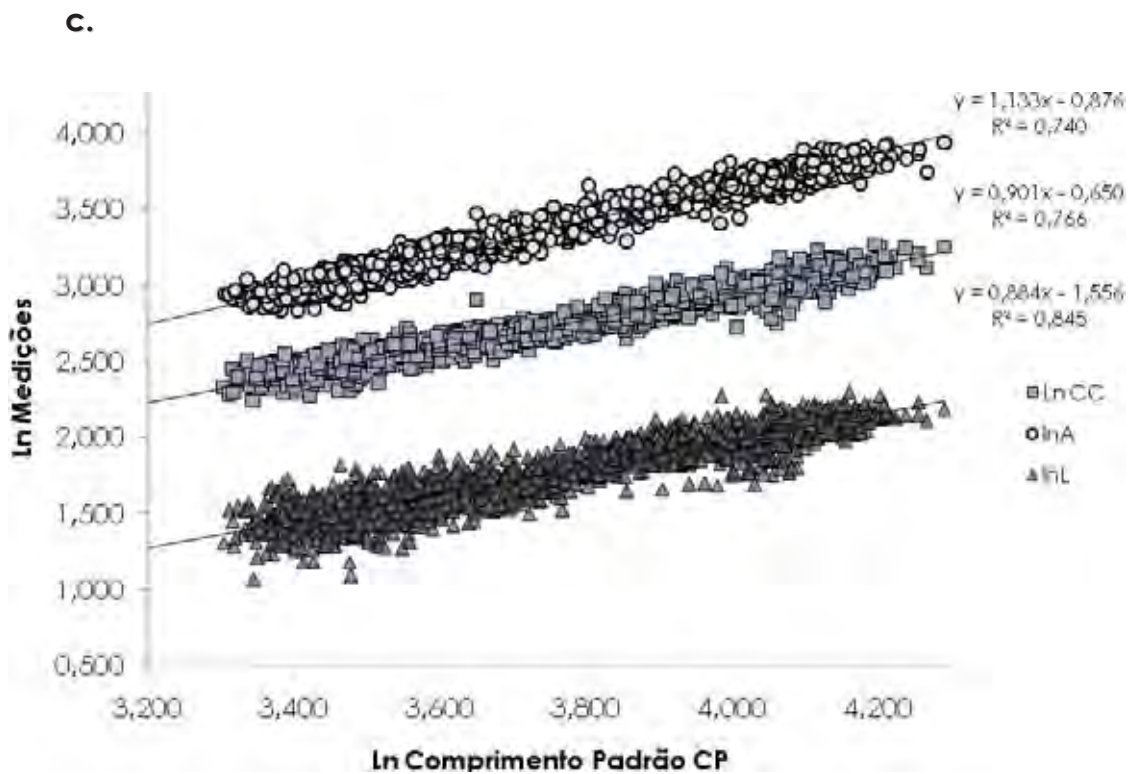


Figura 8. **a.** Relações alométricas Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e Comprimento Padrão (CP) em *P. scalare* dos 30 aos 233 dias de idade. **b.** Relações alométricas Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e Comprimento Padrão (CP) em *P. scalare* dos 30 aos 72 dias de idade. **c.** Relações alométricas Comprimento Cabeça (CC), Altura (A), Largura (L) e Comprimento Padrão (CP) em *P. scalare* dos 73 aos 233 dias de idade

4.6.2. Relação Comprimento Padrão (CP) - Peso

O resultado da análise da relação comprimento padrão peso é apresentado na Tabela 7, e Figura 9 (a e b). Na Figura 9a. apresenta-se a regressão linear entre o comprimento padrão e o peso, o coeficiente alométrico para esta equação foi 3,060, apresentando um crescimento isogônico indicando um incremento proporcional de peso e comprimento. Na Figura 9b. pode-se observar a relação exponencial entre comprimento padrão e peso. O coeficiente de determinação foi 0,989 para as duas regressões.

O valor de b obtido neste trabalho foi de 3,06. Resultados semelhantes foram reportados para outras espécies de peixes. Por exemplo, em *Arapaima gigas* cultivado num sistema semi-intensivo no estado de Amazonas, Tavares-Dias et al., (2010) obtiveram para o coeficiente b um valor de 3,068. Por outro lado Silva-Júnior et al., (2007) obtiveram um valor de b entre um intervalo de 2,4 e 3,4 para 33 espécies de peixes de estuário na ilha do Maranhão. Resultados semelhantes obtiveram Sani et al., (2010) em 14 espécies de peixes de água doce na Índia, com um intervalo do valor de b entre 2,4 e 3,52. Estes valores se encontram dentro do ideal para peixes, o qual deve estar perto de 3 (HILE, 1936). A época do ano teve influencia na relação peso comprimento em salmão (*Salmo trutta*), no inverno houve alometria negativa, nas outras estações o crescimento foi isométrico, para fêmeas, machos e o grupo misturado (ARSLAN et al., 2004).

Em concordância com Gomiero e Braga, 2003; Tavares-Dias et al., 2006 citados por Tavares-Dias (2010) narram que conhecendo o valor do peso corporal pode se estimar o valor do comprimento padrão ou vice-versa.

Devido à dificuldade na identificação do dimorfismo sexual nos acarás bandeira no momento do inicio da fase experimental, os peixes não foram separados por sexo, sendo que para a realização das biometrias os peixes foram selecionados aleatoriamente. Ílkyaz et al., (2010), avaliaram a relação comprimento – peso em *Buglossidium luteum*, separaram os peixes em grupos por sexo e também em grupos misturados. Apesar do comprimento entre sexos apresenta valores diferentes, as curvas de comprimento peso foram muito semelhantes. Concluíram que o crescimento foi isométrico para fêmeas, machos e para o grupo misturado.

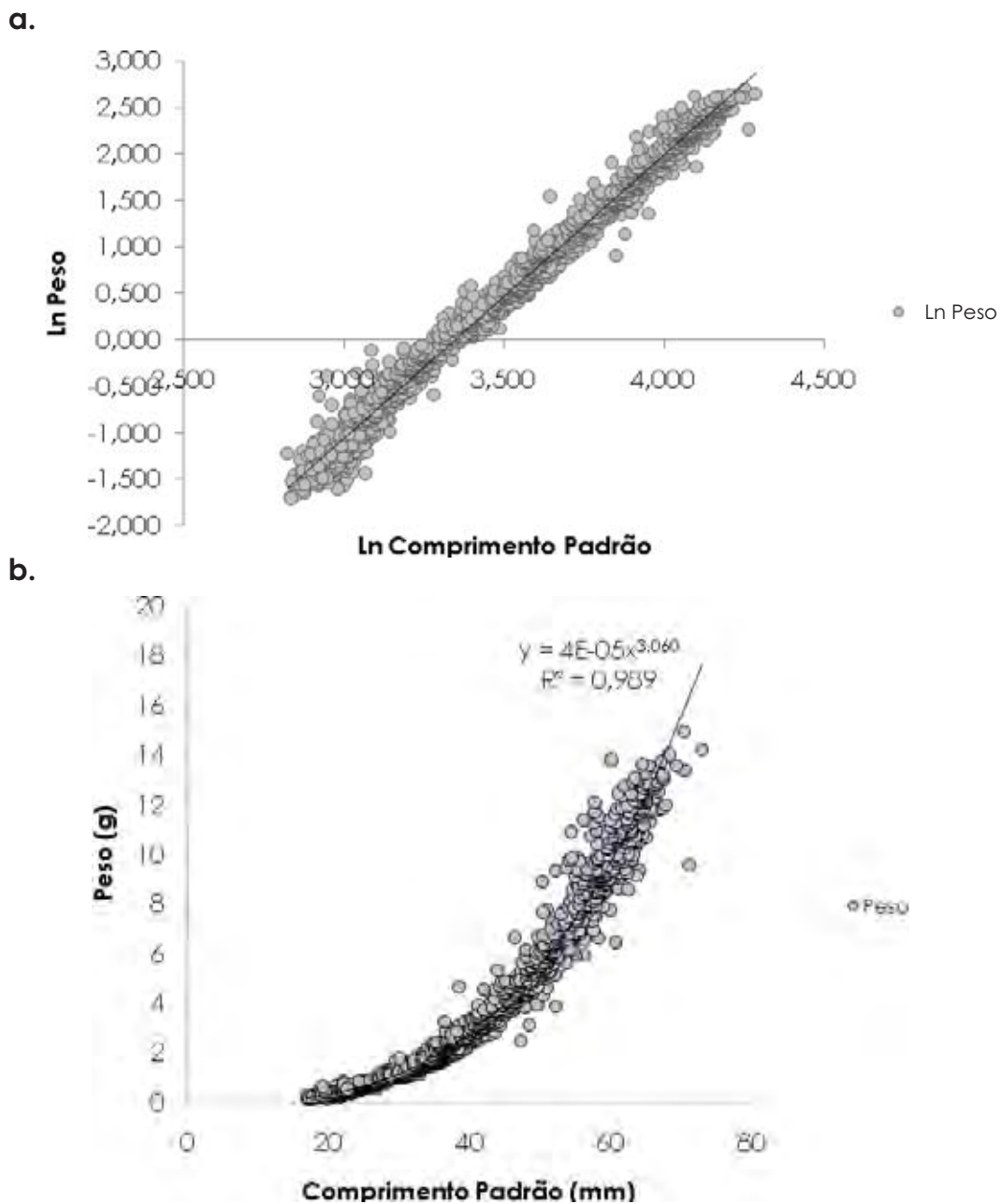


Figura 9. Relações alométricas entre Peso e Comprimento Padrão em *P. scalare* dos 30 aos 233 dia de idade. **a.** Regressão linear **b.** Coeficiente de determinação

4.7. Dinâmica das Macromoléculas

O comportamento dos nutrientes no início do período experimental foi mais estável amostrando uma aceleração após o dia 130, o peso corporal iniciou esta fase num tempo menor, após o dia 110.

A análise de regressão é uma ferramenta apropriada para descrever as relações entre peso corporal e peso da proteína. Embora, há uma alta correlação entre o peso corporal e o conteúdo de lipídios e cinzas, que muda dependendo os estágios da vida dos peixes, por isso é necessário analisar o crescimento com modelos mais compreensíveis. Assim, mais modelos mecanísticos são necessários para aumentar o conhecimento do crescimento e a utilização de nutrientes para ganho de biomassa (DUMAS et al., 2010).

4.7.1. Deposição dos Nutrientes Corporais

Para modelar a dinâmica das macromoléculas foi empregado o modelo de Gompertz e os parâmetros são apresentados na Tabela 8. O peixe à maturidade teve um peso corporal de 26,1356g. O peso da proteína, gordura, cinzas, e água à maturidade foi 4,5604, 2,2871, 1,1725 e 18,5911g respectivamente.

A máxima taxa de crescimento e a máxima deposição de proteína apresentaram um comportamento similar, atingindo seu máximo valor simultaneamente no dia 216.

A deposição de gordura foi mais tardia que a deposição de proteína, em concordância com Marcato (2007) a deposição de gordura está relacionada com a energia disponível para depósito, enquanto a quantidade de proteína esta determinada pelo genótipo do animal.

A máxima taxa de crescimento estimada para peso corporal pelo modelo foi 0,008857g/dia, e para os componentes proteína, gordura, cinzas e água foi 0,00918, 0,00959, 0,0103, e 0,00857 g respectivamente. A taxa de deposição de cinzas foi maior, seguida pela taxa de deposição de gordura e a menor foi a deposição de água. De acordo com Marcato (2007) a taxa de ganho de diferentes componentes não é diretamente proporcional à taxa de crescimento em diferentes pesos.

A deposição máxima de cinzas foi mais precoce, apresentando-se aos 209,2 dias.

O coeficiente de determinação para todas as variáveis estudadas esteve acima de 0,99, indicando o bom ajuste do modelo aos dados.

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros das equações de Gompertz para pesos da proteína, gordura, água e cinzas obtidos para acará bandeira (*P. scalare*).

Variáveis	Proteína	Gordura	Cinzas	Água
A (g)	4,5604 (±1,3471)	2,2871 (±0,5847)	1,1725 (±0,3647)	18,5911 (±6,5248)
k (por dia)	0,00918 (±0,00192)	0,00959 (±0,00174)	0,0103 (±0,00492)	0,00857 (±0,002)
D (dias)	216,1 (±32,3671)	217,3 (±26,8182)	209,2 (±26,8599)	225,8 (±40,1551)
R²	0,9956	0,9970	0,9960	0,9949

Peso assintótico (A), taxa de deposição (k), dias para atingir a taxa máxima (D), e coeficiente de determinação (R²)

Pode-se observar que o ponto de intersecção entre o valor estimado pelo modelo e a taxa de deposição corresponde ao ponto de inflexão, onde a taxa de deposição dos diferentes nutrientes é máxima, depois deste ponto, a taxa de deposição inicia o decréscimo até atingir o peso do componente na maturidade ou peso assintótico descrevendo um comportamento sigmóide (Figuras 10, 11, 12 e 13).

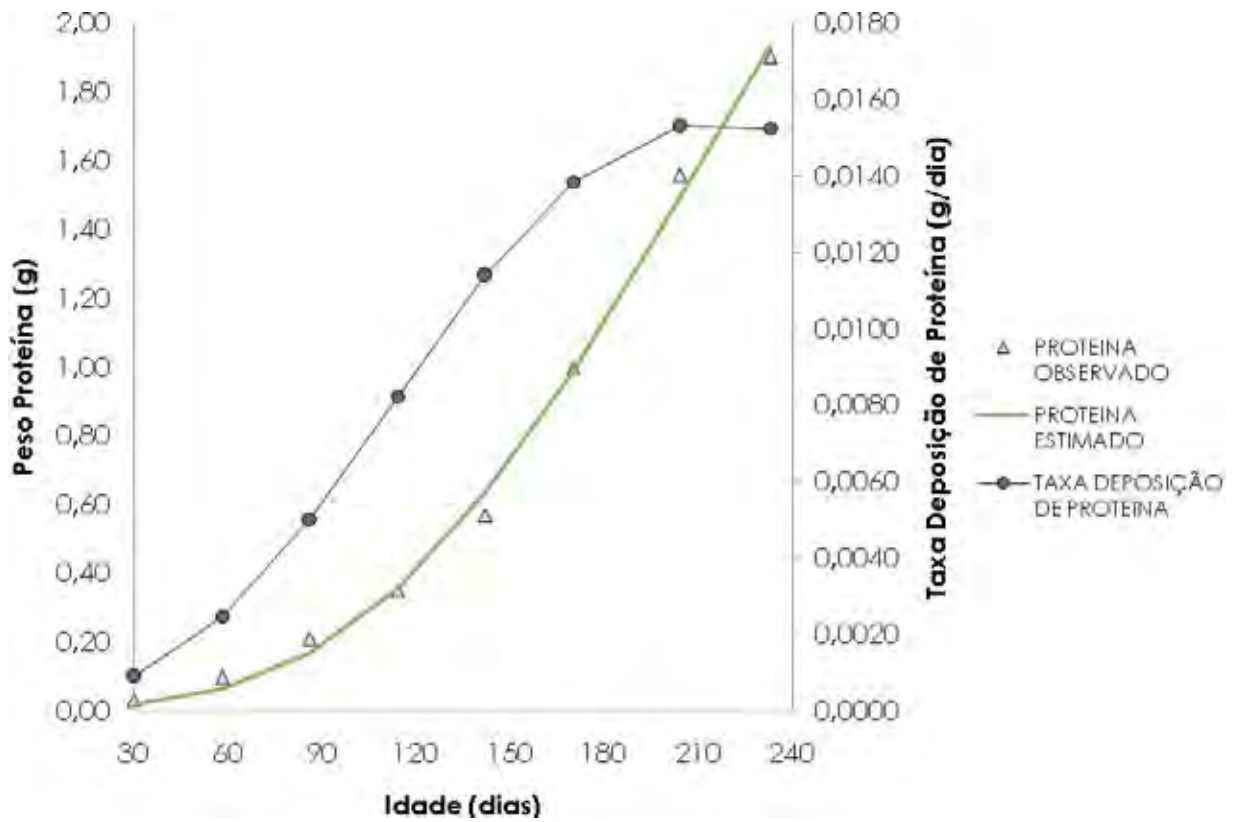


Figura 10. Curva e taxa deposição de proteína em função da idade em *P. scalare*.

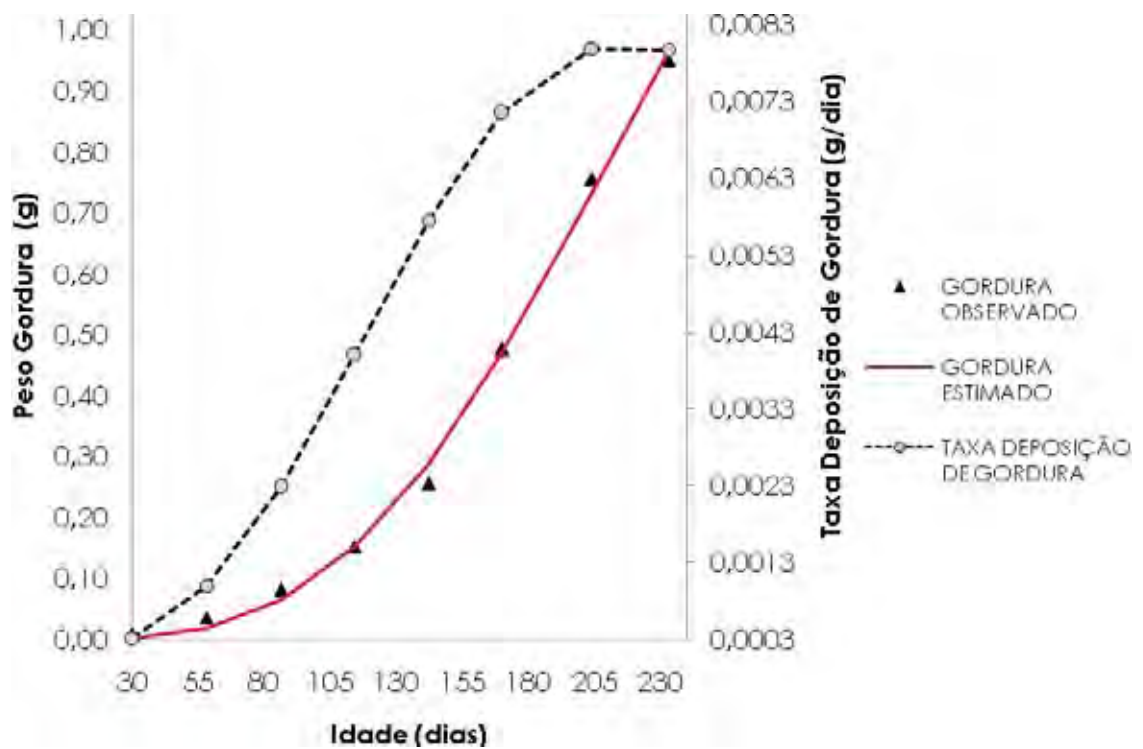


Figura 11. Curva e taxa deposição de gordura em função da idade em *P. scalare*

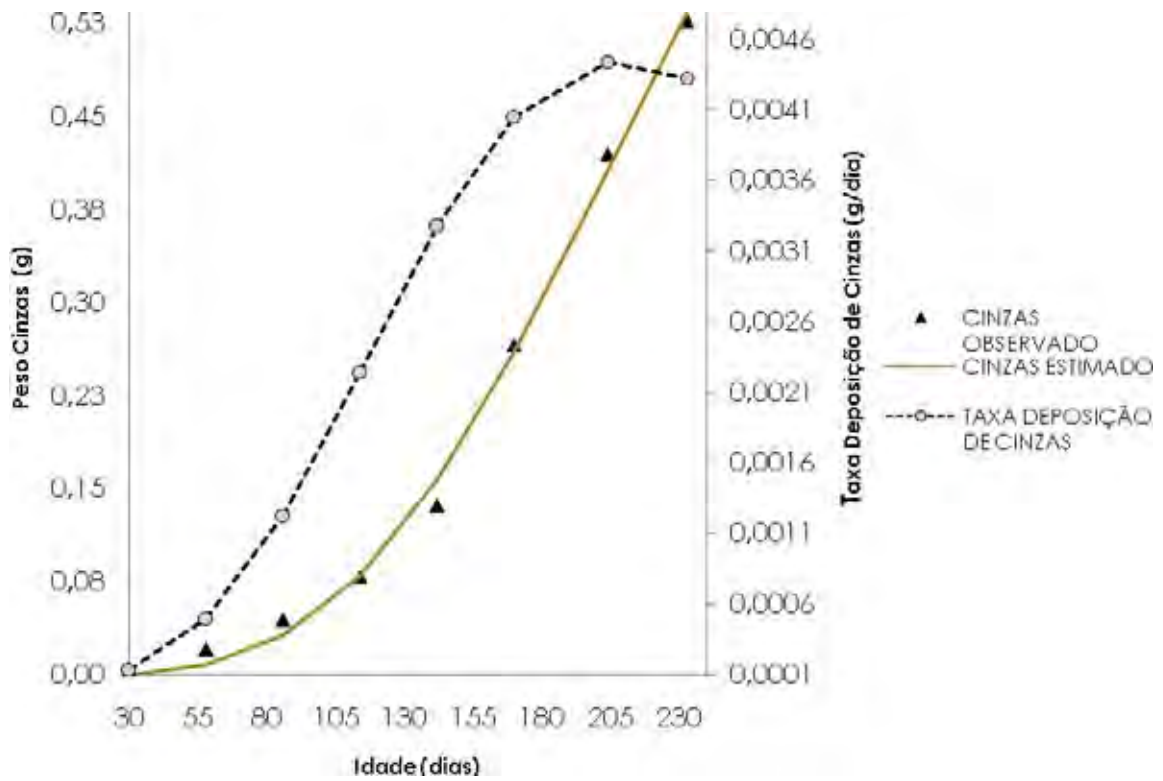


Figura 12. Curva e taxa deposição de cinzas em função da idade em *P. scalare*

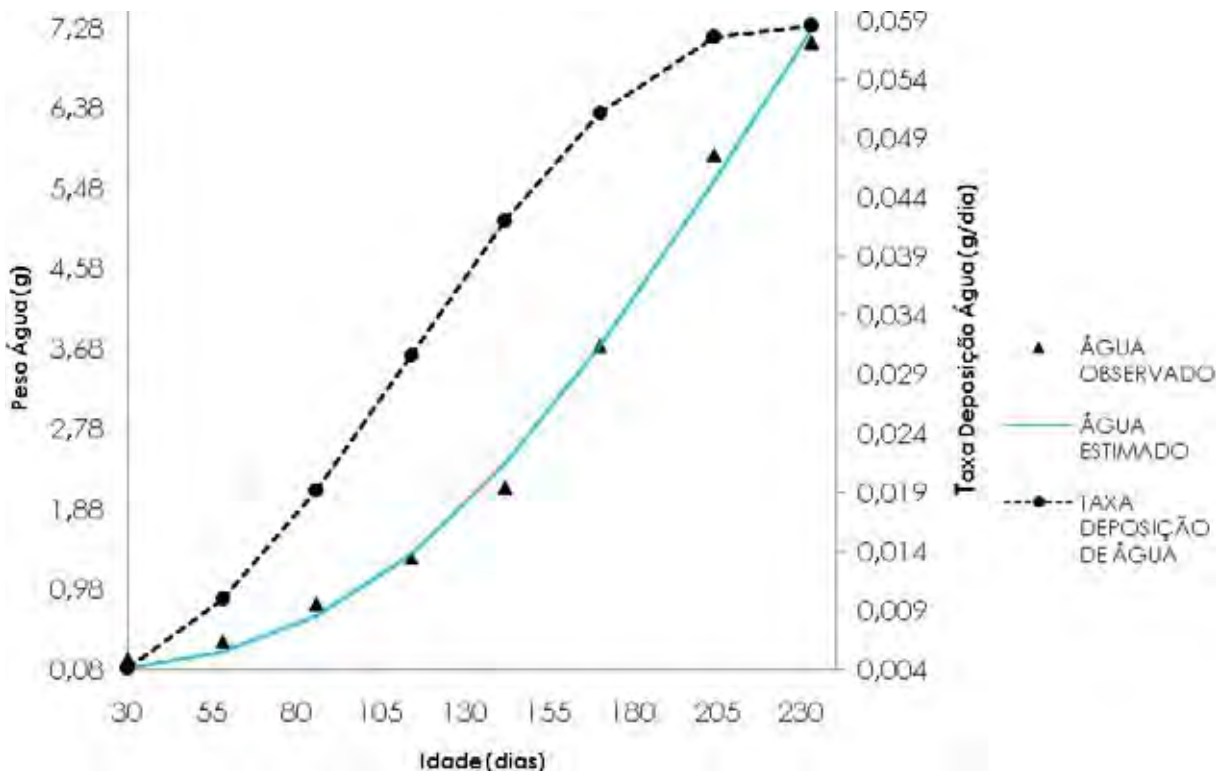


Figura 13. Curva e taxa deposição de água em função da idade em *P. scalare*

Com a primeira derivada do modelo de Gompertz obtiveram-se as taxas de deposição de proteína, gordura, cinzas e água (Tabela 9).

Tabela 9. Taxas de deposição de proteína, gordura, cinza e água em função da idade de *P. scalare*

Idade (dias)	Deposição de proteína (g/dia)	Deposição de gordura (g/dia)	Deposição de cinzas (g/dia)	Deposição de água (g/dia)
30	0,0009	0,0003	0,0001	0,0040
58	0,0024	0,0010	0,0005	0,0099
86	0,0050	0,0023	0,0013	0,0192
114	0,0082	0,0040	0,0022	0,0306
142	0,0114	0,0058	0,0033	0,0420
170	0,0138	0,0072	0,0040	0,0512
204	0,0153	0,0080	0,0045	0,0575
233	0,0152	0,0079	0,0043	0,0575

A simulação das taxas de deposição dos nutrientes se apresenta na Figura 14. Inicialmente a taxa de deposição esteve perto de zero, para todos os componentes, sendo maior a deposição de água; depois dos 60 dias aumentaram de forma acelerada até atingir seu ponto máximo entre os dias 216 – 225, em seguida se iniciou a fase de auto desaceleração, logo dos 550 dias a deposição de nutrientes foi mínima.

A precisão dos modelos de deposição de nutrientes depende de uma relação matemática coerente entre a deposição de nutrientes e o ganho de peso (DUMAS et al., 2010).

A taxa máxima de deposição de proteína foi atingida quando o peixe apresentou um peso de 9,54 g e a máxima deposição de lipídios foi atingida com um peso de 9,62 g.

O 50% da maturidade é atingido aos 258 dias para o peso corporal, para proteína 256 dias, para gordura 257 dias, para cinzas 245 dias e para água foi 268 dias.

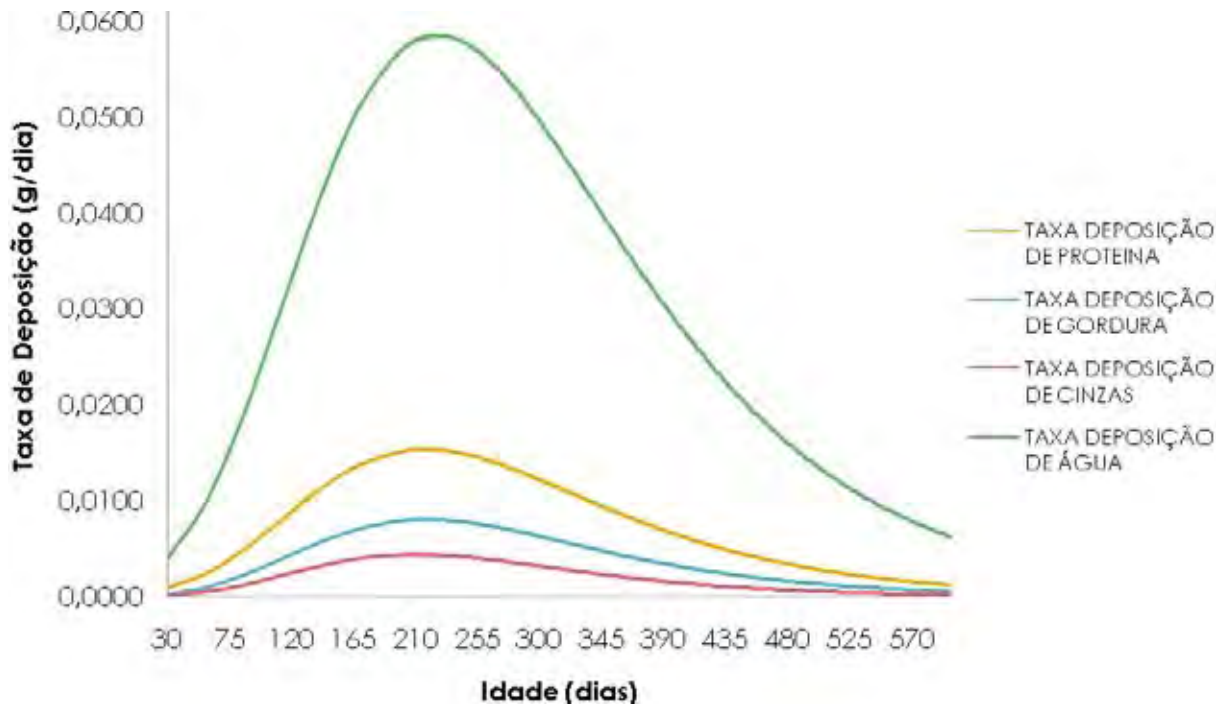


Figura 14. Simulação Taxa de deposição de proteína, gordura, cinzas e água em *P. scalare*

4.7.2. Alometria

Com as equações alométricas pode-se determinar as relações dos nutrientes corporais em relação ao peso protéico ou peso vivo, deste modo a predição de nutrientes em função do peso protéico corrige as variações da gordura corporal relacionada à dieta (MARCATO, 2007). A quantidade de proteína pode ser descrita como uma função de crescimento, e depois o crescimento da água, cinzas e lipídios pode ser relacionada à proteína para determinar a taxa de crescimento do corpo inteiro (GOUS et al., 1999). Embora, Lipídios e cinzas separadamente não são bom preditores do peso corporal (DUMAS et al., 2007).

Os coeficientes alométricos para gordura, cinzas e água em função do peso protéico apresentam-se na Tabela 10, e graficamente na Figura 15.

Para cada unidade de proteína corporal depositada há uma tendência a depositar 1,058 unidades de gordura, 1,095 unidades de cinzas e 0,925 unidades de água. Evidencia-se que os peixes depositam menos água corporal com o aumento da proteína corporal.

Tabela 10. Equações alométricas de peso corporal em gordura, cinzas e água em relação ao peso corporal protéico em juvenis de *P. scalare* do 30 ao 233 dia de idade.

Componente	Coeficientes		Equações	R ²
	Ln a	b		
Gordura	-0,739	1,058	PG = -0,739+1,058PP	0,999
Cinzas	1,336	1,095	PC = -1,336+1,095PP	0,999
Água	1,322	0,925	PA = 1,322+0,925PP	0,995

Peso Corporal Gordura (PG), Peso Corporal Cinzas (PC), Peso Corporal Água (PA), Peso Corporal Proteína (PP), Logaritmo natural da constante de normalização (Ln a), dimensões dos parâmetros alométricos.

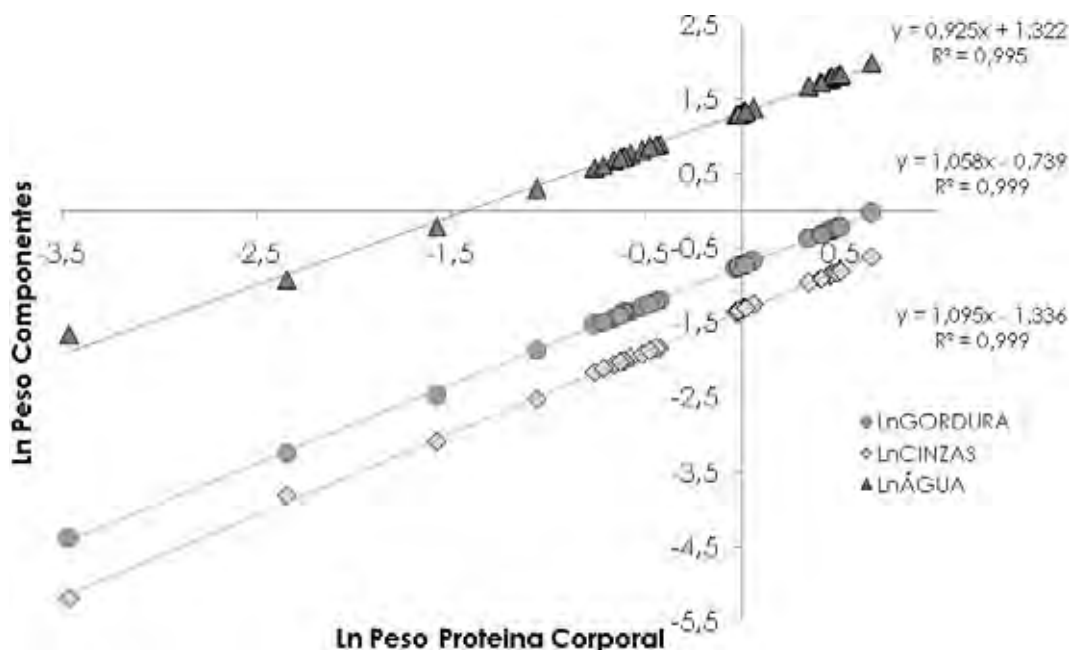


Figura 15. Relações alométricas entre Proteína e gordura, cinzas e água em *P. scalare* dos 30 aos 233 dias de idade.

Na Tabela 11 apresentam-se os coeficientes alométricos para os componentes corporais em função do peso vivo e graficamente na Figura 15.

A relação alométrica entre a proteína corporal e o peso vivo mostrou uma tendência isogônica ($b=1,037$) (Figura 16), a proteína aumenta na mesma proporção que o peso corporal, estas observações concordam com o estudo feito em truta por Dumas et al., (2007). Isto pode estar explicado porque o peso da proteína está ligado ao peso vivo (DUMAS, et al., 2007). A deposição de proteína e lipídios depende de vários fatores nutricionais, como o balance de aminoácidos disponíveis especialmente de aminoácidos essenciais, na proporção de energia digestível e proteína digestível na dieta (BUREAU, et al., 2002).

O desempenho da gordura respeito ao peso vivo foi superior, depositou-se 1,105 unidades de gordura por cada unidade de peso vivo. A gordura é a macromolécula mais dinâmica. Porém, a taxa de cambio da gordura corporal incrementou-se mais rápido que o peso corporal.

Os coeficientes alométricos em função do peso da proteína corporal e o peso vivo tiveram semelhança,

Para cada componente o coeficiente de determinação R^2 esteve acima de 0,99 apresentando um bom ajuste do modelo aos dados.

Tabela 11. Equações alométricas de peso corporal em gordura, cinzas e água em relação ao peso vivo em juvenis de *P. scalare* do 30 aos 233 dias de idade.

Componente	Coeficientes		Equações	R ²
	Ln a	b		
Proteína	-1,794	1,037	PP = -1,794+1,037PV	0,998
Gordura	-2,645	1,105	PG = -2,645+1,105PV	0,999
Cinzas	-3,306	1,022	PC = -3,306+1,022PV	0,999
Água	-0,347	0,969	PA = -0,347+0,969PV	0,995

Peso Corporal Gordura (PG), Peso Corporal Cinzas (PC), Peso Corporal Água (PA), Peso Vivo (PV), Logaritmo natural da constante de normalização (Ln a), dimensões dos parâmetros alométricos.

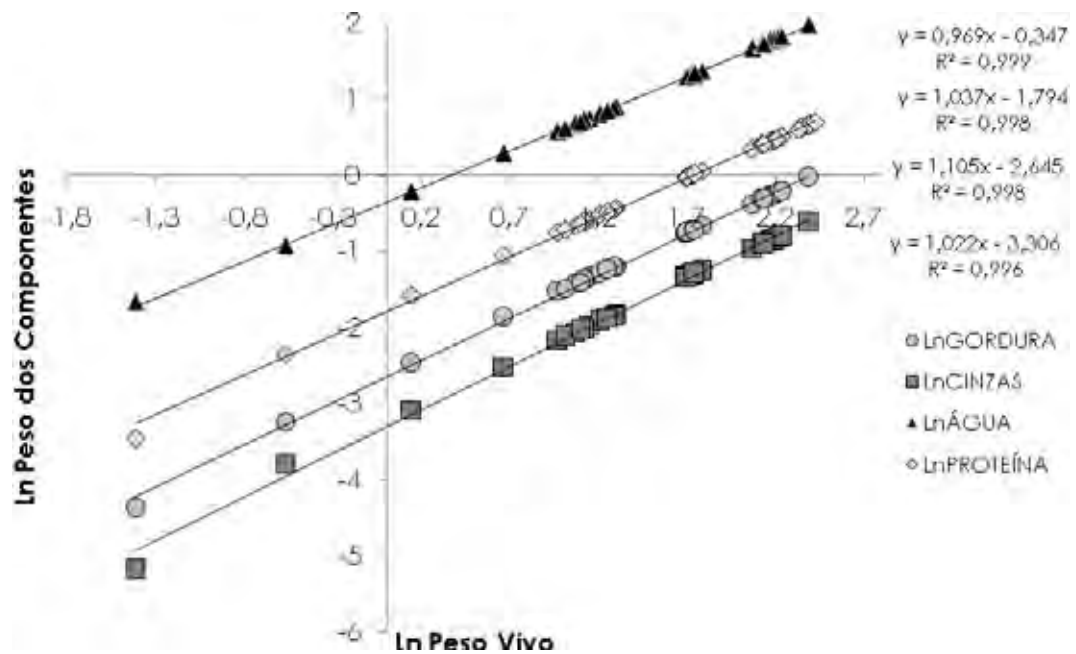


Figura 16. Relações alométricas entre peso vivo e gordura, cinzas e água em *P. scalare* do dia 30 ao dia 233 de idade.

A análise de regressão linear entre peso da água e peso da proteína apresentou uma relação estreita (Figura 17). De tal modo, por cada grama de proteína depositada foram retidos 3,731 g de água. Por cada 3 g de água, deposita-se 1g de proteína (SCHMIDT-NIELSEN, 1975; JOBLING, 1980). Os resultados obtidos neste experimento concordam com a análise feita por Dumas, et al., (2007) encontraram um coeficiente alométrico de 3,894, avaliando resultados de deposição de nutrientes com dados obtidos de 66 estudos em truta.

A análise de regressão linear entre lipídios e água apresentou uma relação inversa entre a porcentagem de lipídios e água corporal. Segundo os coeficientes de regressão ($y = -1,635x + 80,31$) por cada grama de lipídio depositado há uma diminuição de 1,635 gramas de água (Figura 18). Resultados semelhantes encontraram em outras espécies de peixes como truta (DUMAS et al., 2007) e truta alpina (*Salvelinus alpinus* (L.)) (LYYTIKAINEN, et al., 1997).

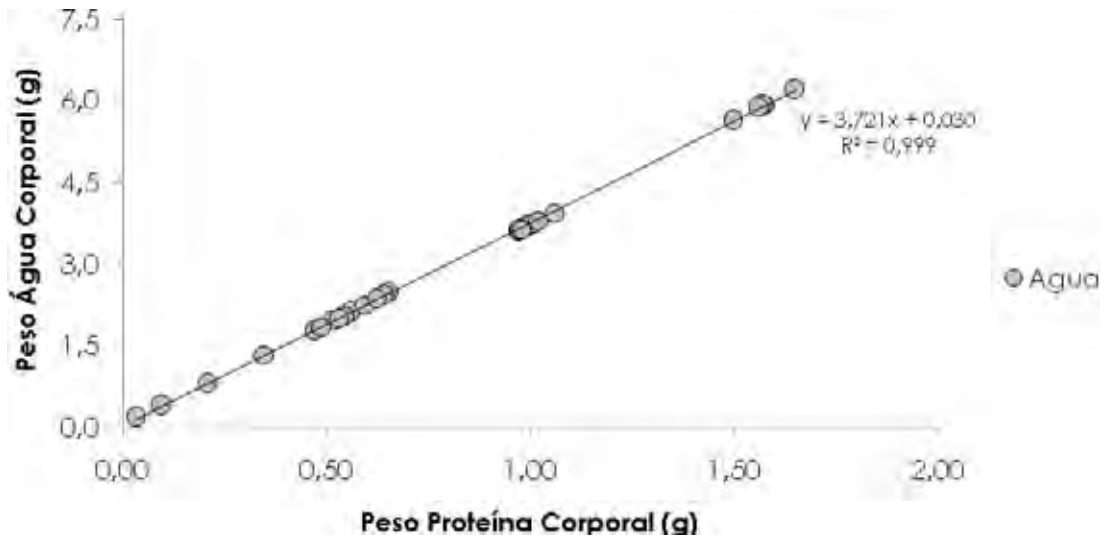


Figura 17. Relação entre peso da água corporal e peso da proteína corporal em *P. scalare* dos 30 aos 233 dias de idade.

Segundo os resultados obtidos por Black et al., (1986) os peixes quando comparados com outros animais de produção apresentam um conteúdo de lipídios e de água com uma tendência mais linear. Por exemplo, no Arenque (*Clupea harengus*) Iles e Wood (1965) atribuíram este comportamento ao fato que o peixe precisa manter seu volume, além disso, o ganho de gordura acontece em resposta a diferentes situações tais como o teor de energia é superior à quantidade necessária para o crescimento reprodutivo, e deposita-se mais água do que gordura e quando há um déficit de energia na dieta. Na *Tilapia aurea* também foi observada esta tendência (WINFREE; STICKNEY, 1981).

Para esta relação, apresentou-se o menor coeficiente de correlação (0,82).

Conhecendo as relações entre os nutrientes e as taxas de deposição, podem-se aproveitar estas mudanças e obter um benefício econômico.

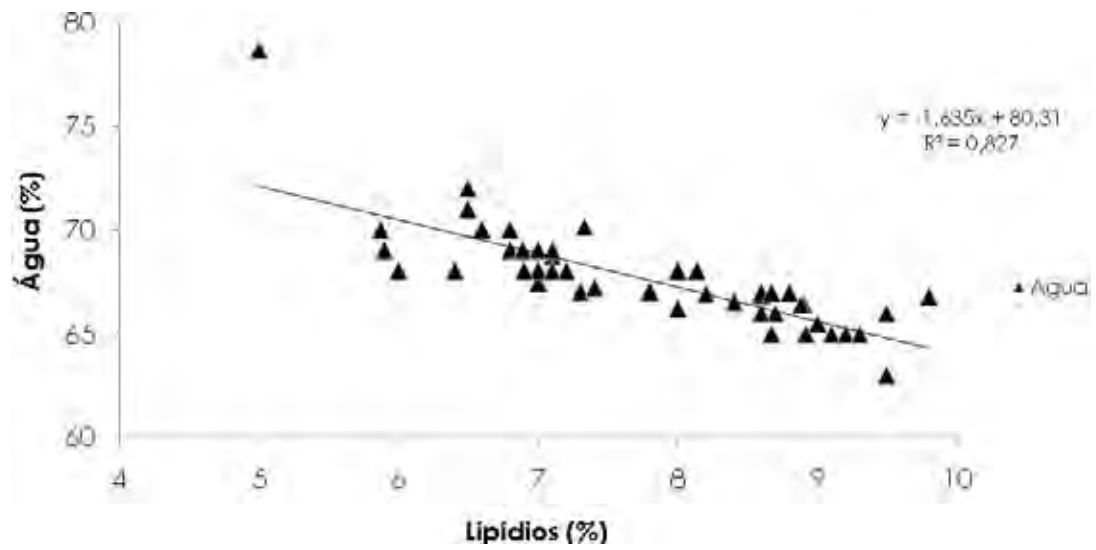


Figura 18. Conteúdo relativo de água e lipídios corporais em *P. scalare* dos 30 aos 233 dias de idade.

CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais do presente estudo, e de acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o modelo não-linear que teve o melhor ajuste para o conjunto de dados de peso para acará bandeira entre 30 e 233 dias de idade foi o modelo Logístico, sendo também o mais adequado por apresentar melhor interpretação biológica.

Há uma relação proporcional entre o peso e o comprimento dos acará bandeira apresentando-se uma alometria positiva.

Os acará bandeira apresentaram maior precocidade na deposição de cinzas, seguida pela deposição de proteína, gordura e água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os modelos de crescimento são ferramentas úteis que além de avaliar variáveis dentro de uma população, permitem tomar medidas para melhorar os pontos da curva, fazer uma seleção das características desejáveis dentro de um sistema de produção e permitem aperfeiçoar as estratégias de alimentação em acará bandeira.

- Para futuras pesquisas de crescimento alométrico para melhorar a padronização dos valores, poderiam ser estabelecidos diferentes grupos separando os peixes por sexo, idade, maturidade sexual e época do ano.

REFERÊNCIAS

7. REFERÊNCIAS

AGUILAR, F. *Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (Oreochromis spp.) y tilapia nilótica (Oreochromis niloticus var. Chitralada)" alimentadas con dietas peletizadas o extruidas.* 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Produção animal) – Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colômbia, Bogotá, Colômbia. 2010.

ALMEIDA, A.K.; FERREIRA, T.C.; SILVA, S.L.H.; KUSTER L.D.S.; PIRES A.V.; PEREIRA, I.G.; JÚNIOR, F.F.S. Alometria do crescimento do filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em dois sistemas de produção. ZOOTEC 2006 - 22 a 26 de maio de 2006 - Centro de Convenções de Pernambuco.

ANDERSON, D. R.; BURNHAM, P. K. AIC Model selection and inference a practical information-theorich approach. **Ecology**, v. 75, n. 6, p. 1780-1793. 1994.

ANDRADE S.L. Avaliação do crescimento de ovinos da raça Morada nova sob modelos não lineares Convencionais e alternativos. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – 2010. 55 f. Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia. Itapetinga – BA. 2010.

ARSLAN, M.; YILDIRIM, A.; BEKTA, S. Length-Weight Relationship of Brown Trout, *Salmo trutta* L., Inhabiting Kan Stream, Çoruh Basin, North-Eastern Turkey. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 4, p. 45-48, 2004.

BLACK, J.L.; CAMBEL, R.G.; WILLIAMS, I.H.; JAMES, K.J.; DAVIES, G.T. Simulation of energy and amino acid utilization in the pig. **Research and Development in Agriculture**, n.3, p. 121-145, 1986.

BERTALANFFY, L. V. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quartely Review of Biology**, v. 32, p. 217-230, 1957.

BRODY, S. Bioenergetcs and growth: with special reference to the efficiency complex of domestic animals. New York:Hafner, p. 1023, 1945.

BROWN, J. E.; FITZHUGH, JR. H. A., AND CARTWRIGHT, T. C. A Comparison of Nonlinear Models for Describing Weight-Age Relationships in Cattle. **Journal of Animal Science**. Texas, v. 42, p. 810-818, 1976.

BUREU, D. B.; KAUSHILK, S.; CHO, Y. C; Bioenergetics. In: HALVER, J.; HARDY, W. **Fish Nutrition**. Amsterdam Boston London New York Oxford Paris San Diego San Francisco Singapore Sydney Tokyo, 2002. p.1-60.

CACHO, R.F. M.S.; YAMAMOTO M. E.; CHELLAPA, S. Comportamento reprodutivo do acará bandeira, *Pterophyllum scalare* Cuvier & Valenciennes (Osteichthyes, Cichlidae) **Revista Brasileira de Zoologia**. v.16, n.1, p. 653 - 664,1999.

DUMAS, A.; LANGE, C.F.M.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, n. 273, p,165-181, 2007.

DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going?. **Aquaculture Research**. v. 41, p. 161-181, 2010.

ESPINGOLAN, R.; ALBUQUERQUE, L.G.; BALDI, F.; BOLIGON, A.A. comparação de modelos não-lineares utilizando pesos de Novilhos da raça Hereford. In: XXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, São José do Rio Preto, 2009.

FITZHUGH, H.A. Analysis of Growth Curves and Strategies for Altering Their Shape. **Journal Animal Science**. v. 42, p. 1036-1051, 1976.

FREITAS, A. R. Estimativas de curvas de crescimento na produção animal. Embrapa pecuária Sudeste Documentos, 68. São Carlos. 2007. Disponível en: www.cppse.embrapa.br Acesso: 22 – 06 - 10.

FREATO, T. A.; OLIVEIRA A.B.; ALLAMAN I.V; SOBUE S. ALINE DE ASSIS LAGO A.A.; FABRINI B. CH. Utilização de modelos não lineares no estudo do crescimento de piracanjubas (*Brycon orbignyanus*) cultivadas em viveiro escavado. 47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Salvador, BA – UFBA 2010.

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**. v.113, p. 83–94, 1998.

GÓMEZ, D.A.A., CERÓN M.F.M., RESTREPO L.F.B. Modelación de funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. **Revista Colombiana Ciencias Pecuarias**. v. 21, p. 39-58, 2008.

GOMIERO, J. *Curvas de crescimento morfométrico e alométrico de piracanjuba (Brycon orbignyanus)*. 2005. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Minas de Gerais. 2005.

GOUS, R.M.; MORAN, E.T.J.; 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**. n. 78, p. 812–821.1999

HILE, R. Age and growth of the Cisco *Leucichthys artedi* (Lesueur) in the lake of Northeastern highlands Wisconsin. **Bull. U. S. Bureau Fish**. n. 48, p. 311–317. 1936

HUANG, C. M.; LIAO, I.C. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.85, n.1/4, p. 199-205, 1990.

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.

ILLES, T. D.; WOOD, R.J. The fat /water relationship in North Sea herring (*Clupea harengus*), and its possible significance. **Journal of Marine Biological Association of the American Fisheries Society**, n.124, p. 347-355, 1965.

ÍIKYAZ, T. A.; METIN, G.; SOYKAN, O.; KINACIGIL, T. Age, growth and sexual development of solenette, *Buglossidium luteum* (Risso, 1810), in the central Aegean Sea. **Journal Applied Ichthyology**, v.26, p. 436–440, 2010.

JOBLING, M. Effects of starvation on proximate chemical composition and energy utilization of plaice, *Pleuronectes platessa* L. **Journal of Fish Biology**, n. 17, p. 325-334, 1980.

KATSANEVAKIS, S. Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. **Fisheries Research**, v. 81, p. 229–235, 2006.

KOCA S. B., DILER I, DULLUC A, YIGIT N. O., BAYRAK H. Effect of Different Feed Types on Growth and Feed Conversion Ratio of Angel Fish (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823). **Journal of Applied Biological Sciences**. v. 3, n. 2, p. 06-10, 2009.

KUHI, H. D.; PORTER, T.; LÓPEZ, S.; KEBREAB, E.; STRATHE, A. B.; DUMAS, A.; DIJKSTRA, J.; FRANCE, J. A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 227-240, 2010.

LYYTIKAINEN, T.; KOSKELA, J.; RISSANEN, I. The influence of temperature on growth and proximate body composition of under yearling Lake Inari arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)). **Journal of Applied Ichthyology**, n.13, p.191-194, 1997.

MARCATO, S. *Características do crescimento corporal, dos órgãos e Tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de Corte*. 2001. 207 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2007.

OLIVEIRA, W. *Proteína bruta, energia digestível e densidade de estocagem do ciclídeo ornamental acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*)*. 2009. 75 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Medicina Veterinária, Universidad Federal de Goiás. Goiana. 2009.

OLIVEIRA N. T E.; CORRÊA G.S.S.; CORRÊA A.B.; DOS SANTOS G. G.; SILVA M.A.; FERREIRA I. C. Ajuste de modelos não-lineares a dados de peso-idade de codornas de corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. In: ZOOTEC PB – UFPB/ABZ, 2008.

ORTEGA-SALAS, A. A.; CORTÉS, G. I.; REYES-BUSTAMANTE, H. Fecundity, growth, and survival of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions. **Revista de Biología Tropical**, v. 57, n. 3, p. 741-747, 2009.

PEREZ, E; DIAZ, F; ESPINA, S. Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein). **Journal of thermal biology**, Durban, v. 28, n. 8, p. 531-537, 2003.

PEROTTO, D.; CUE, R.I.; LEE, A.J. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. **Canadian Journal Animal Science**, n. 72, p. 773 – 782, 1992.

RAMOS S. *Ajustes de curvas de crescimento e estimativas da variabilidade genética de peso corporal de avestruzes (Struthio camelus)*. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2010.

RATKOWSKY, D. A. *Handbook of nonlinear regression models*. Marcel Dekker, New York, 1990.

RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In-**Plant Physiology, a treatise**, ed. Steward, F.C. Academic Press, London, p.1-76, 1959.

RODRIGUES L. *Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (Pterophyllum scalare)*. 2004. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - centro de aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2004.

SANI, B.K.; GUPTA, U.K.; SARKAR, A.; PANDEY, V.; DUBEY, V.K.; SINGH LAKRA, W. Length–weight relationships of 14 Indian freshwater fish species from the Betwa (Yamuna River tributary) and Gomti (Ganga River tributary) rivers. Technical note. **Journal Applied Ichthyology**, v. 26, p. 456-459, 2010.

SANTOS, V. B.; FREATO, T. A.; FREITAS, R. T. F.; LOGATO, P. V. R. Crescimento relativo e coeficientes alométricos de componentes do corpo de linhagens de Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n. 4, p. 357-364, 2006.

SANTOS, V. B.; de FREITAS, R. T. F.; SILVA, F. F.; FREATO, T. A. Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciências Agrotecnológica**, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, 2007.

SCHMIDT-NIELSEN, K. *Animal physiology: Adaptation and Enviroment*. London: Cambridge University Press. 1975.

SERAFINI M. A., LIMA R. R. L., DE FREITAS R. T. F., RAFAEL VILHENA REIS NETO, ALLAMAN I. B. Curvas de crescimento de tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e seus híbridos a partir de 300 dias de idade. In: XI Escola de Modelos de Regressão, 2009, Recife. Anais da XI Escola de Modelos de Regressão. Recife, 2009.

SILVA-JÚNIOR, M.G.; CASTRO A.C.L.; SOARES, L.S.; FRANÇA, V.L. Relação peso-comprimento de espécies de peixes do estuário do rio Paciência da Ilha do Maranhão, Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 20, p. 31-38, 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 1998.

TAVARES-DIAS, M; BARCELLOS, J.F.M.; MARCON, J.L; MENEZES, G.C.; ONO, E.A.; AFFONSO, E.G. Hematological and biochemical parameters for the pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (*Osteoglossiformes, Arapaimatidae*) in net Cage culture. **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 2, p. 61-68, 2007.

TAVARES-DIAS, M; ARAÚJO, C.S.O; GOMES, A.L.S.; ANDRADE, S.M.S. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**. v.12, n. 1: p. 59-65. 2010.

TOMLINSON, P.; ABRAMSON, N. Fitting A Von Bertalanffy Growth Curve By Least Squares Including Tables of Polynomials. **Fish Bulletin**, n. 116, p. 1-71, 1961.

THORNLEY, J.H.M.; FRANCE, J. *Mathematical models in agriculture: quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. 2nd ed. Wallingford: CABI, 2007. 906p.

WINFREE, R.A.; STICKNEY, R.R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, v.111, p.1001-1012, 1981.

WINSOR C. The Gompertz curve as a growth curve. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1932.

ZUANON, J.A.S.; SALARO, A.L.; BALBINO, E.M.; SARAIV A, A.; QUADROS, M.; FONTANARI, R.L. Níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de acará-bandeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.5, p. 1893 - 1896, 2006.

ANEXOS

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1

Programação

```
PROC NLIN DATA=abM METHOD=GAUSS MAXITER=50;  
PARMS A=15.6986 B=-24.33 C=0.0193 m=-1.5415;  
MODEL PESOM=a*(1-B*EXP(-C*EDAD))**M;  
OUTPUT OUT=RICH STUDENT=RS H=H PREDICTED=PESOP;  
run;  
proc reg data=rich;  
model pesom=pESOP;  
run;  
PROC NLmixed DATA=AB gconv=0.000000000001 ;  
PARMS A=15.6986 B=-24.33 C=0.0193 m=-1.5415;  
bounds a > 0;  
MODEL peso~normal (a*(1-B*EXP(-C*EDAD))**M,R);  
run;
```