

**EFEITO MATERNO E PATERNO EM  
CURIMBATÁ, *Prochilodus lineatus*  
(VALENCIENNES, 1836)**

**IVAN BEZERRA ALLAMAN**

**2008**

**IVAN BEZERRA ALLAMAN**

**EFEITO MATERNO E PATERNO EM CURIMBATÁ, *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES 1836)**

Dissertação apresentado à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Bezerra Allaman, Ivan.

Efeito materno e paterno em curimbatá *Prochilodus lineatus*  
(VALENCIENNES, 1836) / Ivan Bezerra Allaman. – Lavras : UFLA,  
2008.

87 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

Bibliografia.

1. Peixe. 2. Avaliação parental. 3. Larvas. 4. Pós-larvas. 5.  
Alevinos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 639.375



**IVAN BEZERRA ALLAMAN**

**EFEITO MATERNO E PATERNO EM CURIMBATÁ, *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES 1836)**

Dissertação apresentado à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADO em 15 de fevereiro de 2008

Profa. PhD. Ana Tereza de Mendonça Viveiros	UFLA
Profa. Dra. Priscila Vieira Rosa Logato	UFLA
Prof. Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho	UFMS

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

## *DEDICATÓRIA*

*Dedico este trabalho a Deus, por me conceber o direito a vida e por zelar por ela.*

*Ao meu pai biológico, Odélio Allaman (in memoriam) por todo o carinho no curto período em que passastes comigo.*

*Ao meu pai de criação, Valdemir Correa de Resende (in memoriam) por toda dedicação, amor, carinho, educação e ética.*

*Ao meu filho, Pedro Henrique Lacerda Allaman, que um dia possas compreender minha ausência e que tudo que faço é pensando em um dia dar-lhe o melhor.*

*A minha avó, Maria Magnólia Bezerra da Silva, exemplo de vida.*

*A minha irmã, Lizandra Bezerra Allaman, exemplo de perseverança.*

*E a minha mãe, Marilú Bezerra da Silva, por todos os sonos perdidos, cada segundo dedicado a minha educação e todas as dificuldades que enfrentastes para fazer de seus filhos pessoas de bem.*

*À senhora, mãe, fica minha eterna gratidão e admiração, e dizer que tudo que enfrentastes não foi em vão.*

## *AGRADECIMENTOS*

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela ótima formação.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concebida.

Ao Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pela orientação, amizade e paciência durante este período de curso e pelo exemplo de profissional que és.

A professora Ana Tereza Mendonça de Viveiros, pelo carinho e auxílio concedido para a realização deste trabalho e à professora Priscila Vieira Rosa Logato, pela amizade.

Ao prof. Dr. Alfredo Sampaio Carrijo, pela amizade, pelo carinho, por todos os ensinamentos que me passastes, por estender a mão nas horas mais difíceis, enfim, nada que eu diga expressará a eterna gratidão.

Aos professores Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho e ao Josué Ananias, pela amizade e por toda a ajuda valiosa no transcorrer do curso.

Ao amigo Vítor Fascina, pelo companheirismo durante a iniciação científica e à querida amiga Karina Márcia Ribeiro de Souza, por todos os conselhos e ensinamentos.

Aos amigos de nivelamento Eberson, Márcia, Vanderley, Jessé, Maria do Céu, Júlia, Karina e Vivian e de curso Thiago, Moacyr, Alexandre, Laura, Ariane, Ziara, Aline Lago, Aline Callegari, Carol, Adriano, Carlos e Valquíria.

Aos eternos amigos de república, Virgílio, Edson, Giovanni, Zé Neto, Carlos Rogério e André, por todos os momentos bons, pela amizade sincera e pela paciência durante nossa convivência.

Ao grande amigo Rafael Vilhena Reis Neto, pelo companheirismo em todas as horas, pelos conselhos e pela certeza de que ganhei não só um amigo, mais sim um grande irmão.

A todos os membros do grupo de estudos NAQUA.

Aos funcionários da piscicultura Eleci e Zé, pela boa convivência e amizade.

A dona Valdet Carneiro Lacerda e às suas filhas Paola, Fernanda e Carolina e a seu marido Adriano, por toda a dedicação que tiveram e ainda tens para com o meu filho.

Ao senhor Silvio Barbosa e aos seus familiares, pela amizade e ajuda em todos os momentos.

As minhas primas Vanda e Vanilda, pela ajuda preciosa no período em que residi em Lavras.

A minha família, pela união e exemplo de honestidade.

A minha namorada, Flávia, pela compreensão e carinho.

A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pela disponibilização dos reprodutores e a todos os seus funcionários.

À Furnas Centrais Elétricas S.A., pela disponibilização das matrizes e das instalações da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura para a realização deste trabalho.

À equipe da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, em especial, ao Sr. Dirceu e à Sra. Marcília, pelo auxílio e colaboração.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

E a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para meu êxito pessoal e profissional.

*“Todos aqueles que tiveram oportunidade de cursar um ensino superior público, têm, para com a sociedade, dever e obrigação de promover e gerar o desenvolvimento”*

## SUMÁRIO

Lista de Tabelas .....	i
Lista de Figuras.....	iii
RESUMO GERAL .....	iv
ABSTRACT .....	v
CAPÍTULO I - Introdução geral.....	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1 INTRODUÇÃO .....	2
2 OBJETIVOS .....	4
2.1 Geral .....	4
2.2 Específicos .....	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
3.1 Classificação taxonômica .....	5
3.2 Caracterização da espécie .....	6
3.3 Efeito materno .....	7
3.3.1 Considerações gerais.....	7
3.3.2 Qualidade do ovo .....	8
3.3.3 Fertilidade e eclodibilidade.....	11
3.3.4 Período larval, pós-larval e alevinos.....	12
3.3.5 Aspectos bioquímicos.....	14
3.3.6 Aspectos genéticos.....	15
3.4 Efeito paterno.....	16
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
CAPÍTULO II - Efeito materno e paterno sobre a taxa de fertilização e eclosão em curimatá <i>Prochilodus lineatus</i> .....	27

1 RESUMO.....	28
2 ABSTRACT .....	29
3 INTRODUÇÃO .....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
4.1 Local .....	32
4.2 Material biológico.....	32
4.3 Fertilização e incubação do ovos .....	33
4.4 Avaliação das características da água.....	34
4.5 Avaliação dos parâmetros reprodutivos.....	35
4.5.1 Fêmeas .....	35
4.5.2 Machos.....	35
4.6 Avaliação da taxa de fertilização e eclosão .....	36
4.7 Análise estatística .....	36
5 RESULTADOS .....	39
5.1 Análise descritiva dos dados.....	39
5.2 Análise inferencial dos dados .....	42
6 DISCUSSÃO .....	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
CAPÍTULO III - Efeito materno e paterno no desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos de curimatá <i>Prochilodus lineatus</i> .....	56
1 RESUMO.....	57
2 ABSTRACT .....	58
3 INTRODUÇÃO .....	59
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	61
4.1 Local .....	61
4.2 Material biológico.....	61
4.3 Fertilização, incubação do ovos e avaliação da característica da água .....	62

4.4 Avaliação dos parâmetros reprodutivos.....	63
4.4.1 Fêmeas.....	63
4.4.2 Machos.....	63
4.5 Avaliação das larvas, pós-larvas e alevinos.....	64
4.6 Análise estatística.....	65
5 RESULTADOS.....	68
5.2 Análise inferencial dos dados.....	68
6 DISCUSSÃO.....	74
6.1 Larvas e pós-larvas.....	74
6.2 Alevinos com 33 e 63 dias de idade.....	75
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
CAPÍTULO IV - Considerações Finais.....	80
ANEXO.....	84

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

- TABELA 1.** Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros avaliados na água que correspondem a: temperatura (Temp.), pH, oxigênio dissolvido (O2D) e condutividade elétrica (Cond.) ..... 34
- TABELA 2.** Delineamento experimental para estimação dos componentes de variância de pai e mãe, sendo F.V (Fonte de Variação), G.L (Graus de liberdade) e E(Q.M) (Esperança dos quadrados médios). ..... 38
- TABELA 3.** Médias e coeficientes de variação (CV) para as variáveis taxa de fertilidade e taxa de eclosão, antes e após a retirada da fêmea 7.39
- TABELA 4.** Matrix de percentagens das taxas de fertilização e eclosão de 35 combinações parentais. .... 40
- TABELA 5.** Média e coeficientes de variação (CV) de características reprodutivas de reprodutores de curimbatá usados na formação das famílias *Prochilodus lineatus*. ..... 41
- TABELA 6.** Teste de igualdade de coeficientes de variâncias entre as variáveis CE (concentração espermática) e DO (diâmetro do ovócito), considerando-se um valor nominal de significância de 5%. ..... 49
- TABELA 7.** Tabela resumida da ANOVA e a contribuição relativa da influência maternal, paternal e da interação sobre as variáveis taxa de fertilidade e taxa de eclosão em curimbatá *Prochilodus lineatus*. 49

### Capítulo 3

- TABELA 1.** Média e coeficientes de variação (CV) de características reprodutivas de fêmeas e machos de curimbatá *Prochilodus lineatus*. ..... 64

<b>TABELA 2.</b> Delineamento experimental para estimação dos componentes de variância de pai e mãe, sendo F.V (Fonte de Variação), G.L (Graus de liberdade) e E(Q.M) (Esperança dos quadrados médios). .....	67
<b>TABELA 3.</b> Média total e coeficientes de variação entre (CVE) e dentro (CVD) de famílias de características de crescimento para curimbatá <i>Prochilodus lineatus</i> nas fases de larva, pós-larvas e alevinos com 33 e 63 dias de idade. ....	68
<b>TABELA 4.</b> Correlação entre características reprodutivas de fêmeas, larvas, pós-larvas e alevinos de 33 a 63 dias de idade de curimbatá <i>Prochilodus lineatus</i> . ....	69
<b>TABELA 5.</b> Correlação entre características de larvas, pós-larvas e alevinos de 33 a 63 dias de idade de curimbatá <i>Prochilodus lineatus</i> . ....	71
<b>TABELA 6.</b> Tabela resumida da ANOVA e a contribuição relativa da influência maternal, paternal e da interação sobre as variáveis de larvas e pós-larvas em curimbatá <i>Prochilodus lineatus</i> . ....	72
<b>TABELA 7.</b> Tabela resumida da ANOVA e a contribuição relativa da influência maternal, paternal e da interação sobre as variáveis transformadas pela função logarítmica para alevinos de 33 dias e pela função arcotangente para 63 dias de idades em curimbatá <i>Prochilodus lineatus</i> . ....	73

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**FIGURA 1.** Exemplares de alevinos e adulto de curimatá *Prochilodus lineatus* 5

**FIGURA 2.** Dois grupos de fatores parentais que afetam a viabilidade da progênie em peixes. Seta pontilhada: Efeitos manifestados durante a embriogênese; seta sólida: efeitos manifestados em larvas com saco vitelínico e após a absorção do saco vitelínico. 10

### Capítulo 2

**FIGURA 1.** Esquema de fertilização. .... 34

**FIGURA 2.** Razão entre a concentração espermática e o diâmetro dos ovócitos para cada macho. .... 42

**FIGURA 3.** Razão entre a concentração espermática e o diâmetro dos ovócitos para cada fêmea. .... 42

### Capítulo 3

**FIGURA 1.** Esquema de fertilização. .... 63

## RESUMO GERAL

ALLAMAN, Ivan Bezerra. **Efeito materno e paterno em curimatá *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2008. 87p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar o efeito materno e paterno sobre a taxa de fertilização e de eclosão e sobre o desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos, com 33 e 63 dias de idade, de curimatá *Prochilodus lineatus*. O experimento foi conduzido na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, município de São José da Barra, MG. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial cruzado. Utilizou-se a análise de variâncias para avaliar os componentes de variâncias materno e paterno. Para a taxa de fertilização, foram encontradas as seguintes contribuições relativas em relação à variação total: mãe = 46,05%, pai = 13,64% e erro = 40,31%. Já para a taxa de eclosão, estas contribuições foram de: mãe = 2,89%, pai = 8,9% e erro = 88,2%. Para as variáveis de larvas, encontraram-se as seguintes contribuições relativas em relação a variação total: diâmetro do saco vitelínico - mãe = 50,88% e pai = 50,70%; comprimento total – mãe = 50,87% e pai = 50,76%. Em pós-larvas, estas contribuições foram: peso – mãe = 50,42% e pai = 49,80%; comprimento total – mãe = 50,87% e pai = 50,83%; comprimento padrão – mãe = 50,88% e pai = 50,83%. Para alevinos com 33 dias de idade, peso – mãe = 22,49% e pai = 26,27%; comprimento total – mãe = 45,52% e pai = 46,16%; comprimento padrão – mãe = 45,42% e pai = 46,15%. Em alevinos com 63 dias de idade, estas contribuições foram de: peso - mãe = 46,54% e pai = 46,99%; comprimento total – mãe = 45,70% e pai = 46,32%; comprimento padrão – mãe = 45,68% e pai = 46,33%. Concluiu-se que a mãe tem maior influência porcentual para a taxa de fertilização e que o pai teve contribuição porcentual um pouco maior para variação total da característica taxa de eclosão. Para alevinos a partir dos 33 dias de idade, os pais passam a contribuir semelhantemente para a variação total das características em estudo, devido, provavelmente, à ausência do efeito materno. Entretanto, para que haja inclusão destes efeitos para estas características, em programas de melhoramento genético, para aumentar o sucesso reprodutivo do plantel, é necessário um maior número de estudos para reforçar os resultados encontrados nesta pesquisa.

---

\* Comitê Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Orientador), Ana Tereza Mendonça de Viveiros – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (co-orientadoras)

## ABSTRACT

ALLAMAN, Ivan Bezerra. **Maternal and paternal effects in curimatá *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2008. 87p. MSc Thesis (Animal Production) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

The objective of the realization of this work was to evaluate the motherly effect and the fatherly effect over the fertilization rate and also the hatchery over the performance of the larvae and post larvae, and alevines with 33 and 63 days of age, from curimatá (*Prochilodus lineatus*). The experiment was conducted at the farm of hydrobiology and psiculture of Furnas, at the São João da Barra country, MG. The experiment outlining utilized was completely randomly in a crossed factorial design. There were utilized the analysis of variance to value the components of variance from the mother and from the father. To the fertilization rate, were found the following contributions in relation with the total variation: mother = 46.05%, father = 13.64% and error = 40.31%. To the hatchery rate, these contributions were: mother = 2.89%, father = 8.9% and error = 88.2%. To the variable of larvae, we can find the following contribution in relation with the total variable: diameter of the yolk-sac – mother = 50.88% and father = 50.70%, total length – mother = 50.87% and father = 50.76%. In the post larva these contributions were: weight - mother = 50.42% and father = 49.80%; total length – mother = 50.87% and father = 50.83%; pattern length – mother = 50.88% and the father = 50.83%. To the alevines with 33 days of age, weight – mother = 22.49% and the father = 26.27%; total length – mother = 45.52% and the father = 46.16%; pattern length – mother = 45.42% and the father = 46.15%. In alevines with 63 days of age, these contributions were: weight – mother = 46.54% and the father = 46.99%; total length – mother = 45.70% and the father = 46.32%; pattern length – mother = 45.68% and the father = 46.33%. We can to conclude that the mother has greater influence to the fertilization rate and the father had a perceptual contribution a litter greater to the total variance of the hatchery. To the alevines starting from 33 days of age, the parents start to contribute equally to the total variance from the characteristics in study, due, probably, because of the absence of the mother effect. Therefore, for to have the inclusion of this effects to this characteristics, in programs of genetically breeding, to increase the success of broodstock in the plantel is necessary a greater number of the studies, to reinforce the results inside this search.

---

\* Guidance Committee: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Supervisor), Ana Tereza Mendonça de Viveiros – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (co-supervisors)

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, além de todo o potencial territorial, apresenta uma ictiofauna riquíssima em espécies de alto potencial de produção, como pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*), pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), matrinxã (*Brycon cephalus*) e curimatã (*Prochilodus lineatus*), entre outras.

Entretanto, tanto em espécies de ambientes lênticos (que não precisam subir o rio para desovarem) como em espécies de ambientes lóticos (que realizam piracema), as perdas na larvicultura ainda são imensas.

Além de fatores abióticos, a falta de conhecimento de fatores genéticos e, em especial, a falta de informações sobre a habilidade materna em peixes corrobora para a baixa sobrevivência de larvas.

É provável que os poucos animais que sobrevivem, tanto nos centros de reprodução como na natureza, são advindos de fêmeas que propiciaram a eles todo um ambiente favorável para que pudessem sobreviver e se desenvolver, sendo este ambiente expresso pela qualidade do ovo.

Fatores como antioxidantes, andrógenos e fatores imunes são alguns dos constituintes mais importantes do ovo e primordiais para a sobrevivência do embrião.

Esta capacidade genética em prover um ambiente favorável a um bom desenvolvimento para o embrião e para a larva por meio do saco vitelínico pode permitir a seleção de matrizes e reprodutores geneticamente superiores e evitar a superestimação de genótipos que estão sob efeito materno.

Em bovinos e em aves, o aumento na produção se deve, principalmente, ao melhoramento genético, que inclui em seus programas a seleção de matrizes de maior habilidade materna. No entanto, as informações relacionadas à genética de peixes nativos ainda são escassas na literatura, principalmente no tocante aos

efeito materno e paternos. Esse ramo da ciência é essencial para expressar e justificar os resultados originados das pesquisas das áreas de interesse da piscicultura.

O conhecimento sobre as contribuições parentais poderão trazer diversos benefícios, tanto para os centros de reprodução que visam o repovoamento de espécies, como também para os centros que produzem peixes em escala comercial.

Para as unidades de repovoamento, a seleção de matrizes com maior habilidade materna poderá permitir maior produção de larvas e com maior resistência às variações propiciadas pelo ambiente, aumentando, desse modo, o sucesso de repovoamento.

Já para as unidades de produção em escala comercial, esta seleção para maior habilidade materna, provavelmente, aumentará a rentabilidade de todos os setores da piscicultura, desde as incubadoras até as unidades processadoras, aumentando, desse modo, a produção em escala comercial, deixando mais acessível este tipo de carne à sociedade brasileira, que priva pelo consumo devido ao alto preço do pescado, devido à baixa oferta no mercado.

Portanto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito materno e paterno em curimatá *Prochilodus lineatus*.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Objetivou-se, com o presente estudo, avaliar os efeitos materno e paterno em curimatá.

### **2.2 Específicos**

Avaliar os efeitos materno e paterno sobre:

- a taxa de fertilização e de eclosão;
- o desempenho larval, pós-larval e de alevinos com 33 e 63 dias de idade, por meio de medidas de peso e morfometria.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Classificação taxonômica

A classificação taxonômica da espécie, segue a preconizada por Castro & Vari (2003).

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Characiformes

Família: Prochilodontidae

Gênero: *Prochilodus*

Espécie: *Prochilodus lineatus*



**FIGURA 1.** Exemplos de alevinos e adulto de curimatá *Prochilodus lineatus*

### 3.2 Caracterização da espécie

O gênero *Prochilodus* tem ampla distribuição na América do Sul (Leccia, 1972). A espécie *Prochilodus lineatus* foi chamada, por indígenas da tribo mundurucu, na linguagem tupi Kurumatã, como curimatã-á. Posteriormente, recebeu vários nomes, em diversas regiões do Brasil, como grumatã, na região Sul, curimatá no Nordeste e curimbatá, no Amazonas.

O curimbatá, como é mais conhecido, apesar de ser de origem da bacia Paraná-Paraguai, possui registro nas bacias do São Francisco e Paraíba do Sul.

É um peixe de grande porte, atingindo até 70 cm, com o corpo comprimido e alto, e a cabeça larga. Possui cor cinza-esverdeada, sendo o corpo mais escuro no dorso, clareando-se no ventre, que é prateado. Prefere os ambientes lóticos, em locais de águas mais lentas. Realiza migração em massa, rio acima, na época de reprodução, de novembro a janeiro. O macho reproduz aos dois anos de idade, com 24 cm, e a fêmea, aos três anos, com 31 cm de comprimento. É um peixe detritívoro, tanto na fase jovem como na adulta (Companhia Energética de Minas Gerais, Cemig, 2000).

Quanto ao aspecto citogenético, é uma espécie que apresenta um número diplóide de  $2n=54$ ,  $NF=108$ , com cromossomos do tipo meta-submetacêntricos e, ainda, as regiões organizadoras de nucléolo estão localizadas na posição intersticial em um braço largo de um par de cromossomo metacêntrico (Jorge et al., 2004).

Essa espécie é muito importante economicamente, principalmente como fonte de subsistência de populações ribeirinhas. Além disso, sua carne é bastante utilizada na culinária e muito apreciada. As estações de reprodução têm grande interesse no sucesso de sua reprodução, uma vez que as larvas servem de alimento para espécies carnívoras de importância comercial, como o dourado (*Salminus maxillosus*) (Orfão, 2006). Ainda, é a principal espécie utilizada para

o controle da qualidade da água em pisciculturas de engorda, por ajudar a reduzir a quantidade de matéria orgânica depositada no fundo dos viveiros.

### **3.3 Efeito materno**

#### **3.3.1 Considerações gerais**

Efeito materno e paterno pode ser definido como a contribuição, a influência ou o impacto sobre o fenótipo de um indivíduo, atribuível diretamente ao fenótipo da mãe ou do pai, que podem ser causas genéticas ou ambientais (Hohenboken, 1984; Weigensberg et al., 1998; Bradford, 1972).

O efeito materno é o evento mais estudado entre os mamíferos, invertebrados e vertebrados, uma vez que a mãe influencia consideravelmente a vida da prole (nascimento, morte e mecanismos) e a dinâmica populacional. Ele pode ser expresso de duas formas: na primeira, o efeito materno é expresso por meio do fornecimento de recursos para a prole durante o período de desenvolvimento. A segunda forma diz respeito à possibilidade do efeito materno em influenciar na propagação de suas proles (Zehnder & Hunter, 2007; Fowler, 2005).

As influências ambientais maternas sobre o fenótipo da progênie são uma possível causa do atraso no aumento da variabilidade populacional e, provavelmente, um fator agravante sobre o equilíbrio da dinâmica populacional (Benton et al., 2001).

Tradicionalmente, os efeitos maternos têm sido tratados como uma fonte de variância ambiental problemática que confunde nossa habilidade para estimar com acurácia a base genética da característica de interesse (Krist, 2004).

Contudo, o conjunto de técnicas de cruzamentos aliado à genética quantitativa, constitui ferramenta essencial para avaliar e entender os efeitos maternos, de modo que passe a ser um ferramenta para auxiliar no equilíbrio da dinâmica populacional e, é claro, no melhoramento dos animais de produção.

Um dos métodos de cruzamento mais utilizados para avaliar o efeito materno é o “cross-fostering”, que separa os efeitos pré-natais do efeito pós-natal. Esse método foi utilizado para avaliar o efeito materno em uma população natural de esquilo vermelho *Tamiasciurus hudsonicus* (Mcadam et al., 2002).

As propriedades genéticas que são mensuradas para efeitos maternos são: herdabilidade, repetibilidade e correlação genética. Wilson et al. (2005) comentam que efeitos maternos herdáveis têm importantes conseqüências para a dinâmica populacional da características fenotípicas sob seleção, mas têm sido raramente testados nos estudos evolucionários.

### **3.3.2 Qualidade do ovo**

A qualidade do ovo é extremamente importante na piscicultura e pode ser definida como a capacidade do ovo em produzir larvas viáveis (Kjorsvik et al., 1990). Ela qual pode ser afetada pela idade materna e por outros fatores, como nutrição (qualidade e quantidade), tempo de duração do ciclo de formação dos ovos, processo de maturação da ova, fator genético e também fatores intrínsecos às propriedades do ovo.

O volume e o tamanho do ovo podem influenciar no desenvolvimento dos indivíduos, uma vez que estão correlacionados positivamente ( $r = 0,60$ ;  $P = 0,001$ ) com o tamanho da fêmea (Laugen et al., 2002). O tamanho dos ovos produzidos pode afetar significativamente o desempenho e a sobrevivência das pós-larvas, de forma que ovos grandes, geralmente, produzem indivíduos maiores e, portanto, mais capazes de competirem com outros indivíduos, aumentando as chances de sobrevivência (Pechenik et al., 1998).

Higashitani et al. (2007), em um estudo realizado com fêmeas e com suas respectivas progênes de peixe da espécie *Pseudopleuronectes yokohamae*, encontraram correlação positiva significativa entre comprimento total da fêmea e diâmetro dos ovócitos ( $r = 0,20$ ;  $p = 0,023$ ) e entre idade da fêmea e diâmetro dos ovócitos ( $r = 0,026$ ;  $p = 0,003$ ). Encontraram, ainda, correlação negativa

significativa ( $r = -0,19$ ;  $p = 0,031$ ) entre taxa de crescimento relativo da fêmea e diâmetro dos ovócitos.

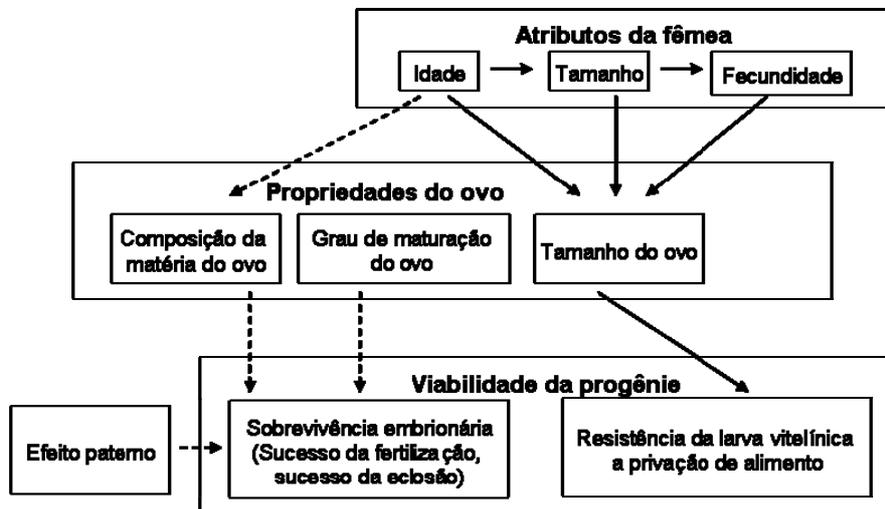
Huang et al. (1999), ao estudarem o efeito materno sobre as características de peixes da espécie *Acanthopagrus schlegeli*, encontraram que esta influência correspondia a 71,02% da variação total para volume do ovo, 37,73% para o volume do glóbulo do óleo no ovo, 68,03% para idade após eclosão, 51% para comprimento após eclosão e 51,57% para o volume do vitelo após eclosão.

Ao estudarem a influência materna sobre o tamanho e a viabilidade de ovos e larvas de peixes da espécie *Gadus morhua*, Marteinsdottir & Steinarsson (1998) obtiveram resultados significativamente ( $p < 0,001$ ) maiores na produção de ovos para fêmeas em estado inicial de reprodução quando comparadas a fêmeas que já estavam em estágio final de reprodução. Ainda, o tamanho do ovo foi afetado significativamente pelos seguintes parâmetros de fêmeas: condição ( $p < 0,0001$ ), comprimento ( $p < 0,0001$ ); peso ( $p < 0,0001$ ) e idade ( $p < 0,0025$ ).

Em peixes, as características reprodutivas mudam sistematicamente durante o ciclo de vida do indivíduo. O crescimento anual da fêmea e também as variações em condição ambientais induzem variações em cada fator importante, como o tamanho do ovo, a mortalidade do ovo, a flutuabilidade do ovo, a viabilidade larval e o período de desova (Solemdal, 1997).

Estes efeitos irão contribuir para a sobrevivência do embrião, que depende do estágio de maturação do ovo e da idade da fêmea via composição da matéria do ovo, resultando, estas relações progênie-ovo-parente na variabilidade da larva, em resistir a um período de fome e a predação (Kamler, 2005).

As possíveis contribuições da fêmea para o desenvolvimento de sua progênie são mostradas na Figura 2.



**FIGURA 2.** Dois grupos de fatores parentais que afetam a viabilidade da progênie em peixes. Seta pontilhada: efeitos manifestados durante a embriogênese; seta sólida: efeitos manifestados em larvas com saco vitelínico e após a absorção do saco vitelínico. Fonte: Adaptado de Kamler (2005).

Em crustáceo, Lamontagne & Mccauley (2001) demonstraram que mães da espécie *Daphnia*, alimentadas com alta quantidade de alimento, tiveram prole maior ( $p < 0,05$ ) em detrimento daquelas mães que se alimentaram com menor quantidade de alimento.

Em besouros da espécie *Tachyporus hypnorum* e *Hylobius abietis*, o efeito da qualidade da dieta sobre o desempenho foi significativo ( $P = 0,01$ ) sobre o volumes de ovos, assim como no desenvolvimento e na sobrevivência da larva ( $p < 0,0001$ ). A relação entre o volume do ovo e a massa corporal da larva teve comportamento linear ( $R^2 = 64,8\%$ ,  $p < 0,001$ ) (Kyneb & Toft, 2006; Wainhouse et al., 2001).

Assim sendo, os estudos detalhados sobre a qualidade do ovo, aliados às análises estatísticas e ao conhecimento sobre a intensidade que os efeitos

maternos e paternos têm nestas fases, otimizarão muito os trabalhos nos centros de reprodução.

### **3.3.3 Fertilidade e eclodibilidade**

A fertilidade e a eclodibilidade das fêmeas são os primeiros sinais a serem observados para uma estimativa da produção de larvas e podem estar correlacionados com diversos parâmetros de produção das fêmeas.

Estes parâmetros de produção são variáveis entre espécies e, até mesmo, dentro de uma mesma espécie. Como exemplo, podem-se mencionar trabalhos com as espécies *Brycon orbignyanus* (piracanjuba), *Brycon siebenthalae* (yamú) e *Salmo salar* (salmão-do-atlântico), os quais apresentaram um total de 47.170, 107.962 e 946 ovócitos por kg de fêmea, respectivamente (Dumont-Neto et al., 1997; Castellanos et al., 2004 e Estay et al., 1999).

Além dos aspectos genéticos, a nutrição é outro fator de variabilidade do número de ovócitos dentro de uma mesma espécie. O peso excessivo dos reprodutores pode prejudicar a quantidade de gametas produzidos, pois a gordura depositada no período anterior à desova ocupa a cavidade abdominal onde as gônadas estão localizadas, reduzindo a expansão destas durante a gametogênese, proporcionando baixa produção de oócitos e, conseqüentemente, baixa taxa de fertilização.

A probabilidade de fertilização de ovos maiores em condição de baixa concentração espermática é maior; já a produção de ovos menores e em maior número exige menos energia para a sua formação, porém, origina um maior número de indivíduos com menor chance de sobrevivência, devido ao tamanho reduzido destes (Levitan, 1991).

Apesar de todos os métodos para se estimar a taxa de fertilidade, estes podem ser subestimados, uma vez que alguns ovos encontrados nos ovários são

sujeitos à reabsorção ou à atresia e outros são reabsorvidos antes do final da maturação previamente à desova.

Essa variação individual da retenção de ovos pode estar refletindo o efeito materno por meio da capacidade reprodutiva, não só por meio da produção de ovos, como também da capacidade de liberação de ovos maduros. Estudos realizados com truta arco-íris (Springate et al., 1984) relataram que ovos retidos de 4 a 6 dias prejudicam a sobrevivência dos ovos e as taxas de eclosão podem variar de 36% a 1% (Azuma et al., 2003).

Em besouros da espécie *Callosobruchus maculatus*, observou-se que a idade materna pode influenciar tanto na ovoposição como na eclosão dos ovos (Fox et al., 2003). Nas espécies brasileiras, de maneira geral, a taxa de fertilização pode variar entre 12,73% e 67,71%, entre as espécies nativas (Dumont-Neto et al., 1997).

A idade à maturação sexual pode variar entre os peixes de acordo com a temperatura da região, de modo que temperaturas mais elevadas aceleram a síntese dos hormônios envolvidos com o desenvolvimento gonadal.

#### **3.3.4 Período larval, pós-larval e alevinos**

Quanto à relação entre atributos de fêmea e larvas, Higashitani et al. (2007) encontraram somente duas correlações significativas dentre as 28 correlações estudadas. As correlações foram entre idade materna e comprimento da notocorda em eclosão ( $r = 0,26$ ;  $P = 0,035$ ) e entre idade e volume do saco vitelínico a eclosão ( $r = 0,31$ ;  $P = 0,039$ ).

Gagliano & McCormik (2007) encontraram contribuição significativa de fêmeas que tiveram acesso a uma melhor qualidade de alimento sobre o tamanho do saco vitelínico ( $p < 0,001$ ) e o tamanho do glóbulo do óleo ( $p < 0,05$ ) de proles de peixes da espécie *Pomacentrus amboinensis*.

A variabilidade entre as características de desempenho, como peso, comprimento e taxa de crescimento, pode ser atribuída ao tamanho inicial da fase larval que, por sua vez, possui correlação positiva com o tamanho do ovo (Rana, 1997; Robison & Luempert, 1984).

Ovos de maiores tamanhos permitem o fornecimento de reservas nutritivas contidas no saco vitelínico por mais tempo às larvas nos seus primeiros dias de vida até completarem a abertura da boca e a formação do intestino, obtendo, dessa forma, maior chance de sobrevivência.

Em espécies nativas, como o pacu, a larvicultura apresenta baixas taxas de sobrevivência e grande heterogeneidade de tamanho durante o desenvolvimento, sendo mais acentuado em relação a outras espécies, como, por exemplo, a carpa e o tambaqui (Chabalin et al. 1989). Esse fato, aliado às condições de cultivo que são conduzidas no campo, vem contribuindo para o aumento do custo de produção e a baixa qualidade dos lotes cultivados.

A produção de larvas representa grande entrave da cadeia produtiva. Esse fato, provavelmente, é devido à baixa taxa de sobrevivência, pela variabilidade que existe nas taxas de crescimento, gerando lotes desuniformes como resultado da grande dependência da qualidade do ambiente materno em que as larvas e pós-larvas estão inseridas. Ao mesmo tempo, a produção de larvas e de pós-larvas depende grandemente da qualidade do ovo, que influencia as taxas de fertilização e de eclosão, sendo bem evidentes em diversas espécies de peixes marinhos e espécies de água doce (Kjorsvik & Lonning, 1983; Kjorsvik, 1994).

Gile & Ferguson (1995), estudando os efeitos materno e paterno na sobrevivência de larvas de quatro famílias formadas por dois reprodutores e duas matrizes truta arco-íris, observaram a variação significativa de 10,6% das taxas de sobrevivência entre duas famílias paternas ( $P < 0,01$ ) e não houve diferença na sobrevivência dos descendentes. Os autores atribuíram a variação na

sobrevivência das quatro famílias estudadas à diferença na viabilidade dos óvulos produzidos pelas fêmeas e sugeriram que a influência materna é de maior relevância pela qualidade dos ovos produzidos.

### **3.3.5 Aspectos bioquímicos**

Parte das diferenças em atividades enzimáticas entre os diferentes indivíduos também é considerada efeito materno. Pode-se citar como exemplo o trabalho de Saino et al. (2002), que avaliaram o efeito materno inicial e os fatores imunes antibacterianos em ovos, jovens e adultos de pássaros *Hirundo rustica*. O fator imune avaliado neste trabalho foi a lizoenzima, um componente antibacteriano muito importante, que é transferido para os ovos em pássaros. Neste trabalho, eles encontraram relação positiva ( $p < 0,001$ ) entre a atividade da lizoenzima nas mães e no plasma de suas progênes, aos 5 dias e aos 12 dias ( $p < 0,05$ ) após a eclosão.

Garamszegi et al. (2007) comentaram a importância de andrógenos, como a testosterona e antioxidantes, como o carotenóide e as vitaminas A e E na evolução do sistema nervoso central de pássaros, embora eles não tenham conseguido quantificar os efeitos maternos que influenciaram a secreção destas substâncias na gema do ovo, devido a outros efeitos de confundimento.

Em peixes da espécie *Paralichthys olivaceus*, a deficiência de antioxidantes, como a vitamina A, pode prejudicar a produção de ovos, a taxa de fertilização e a eclosão (Furuita et al., 2001).

Groothuis et al. (2006) pesquisaram ovos de gaivotas da cabeça preta *Larus ridibundus* e encontraram correlação negativa ( $r = -0,94$ ;  $P = 0,006$  e  $r = -0,75$ ;  $P = 0,05$ ) entre a massa corporal da fêmea, a diminuição da concentração de antioxidantes e o aumento dos níveis de testosterona, respectivamente.

Um outro fator extremamente difícil de controlar é a temperatura de conforto térmico para espécie, pois nem sempre os estudos são realizados em

nível de laboratório, onde a temperatura é controlada. Andersen et al. (2005) demonstraram que grupos de mães de insetos *Drosophila mercatorum* submetidas a diferentes temperaturas, proporcionando a elas uma condição alta de estresse, tiveram progênes com tamanho de asas significativamente ( $p < 0,001$ ) diferentes.

Bacigalupe et al. (2007) encontraram contribuição materna de 51,4% da variancia total da progênie para massa corporal ( $p < 0,001$ ), 23,3% para coma térmico ( $p < 0,01$ ), 26,1% para sensibilidade crítica após o coma térmico ( $p < 0,01$ ), 54,3% para sensibilidade crítica para o campo de temperatura máxima ( $p < 0,001$ ) e 35% para o gasto energético por um longo período ( $p < 0,01$ ), em um estudo com isópode terrestre da espécie *Porcellio laevis*.

Ao compararem a transferência materna da tolerância ao cádmio em larvas de peixes *Oreochromis niloticus*, Lin et al. (2000) observaram que larvas expostas ao cádmio, filhas de mães também expostas, toleraram significativamente ( $P = 0,042$ ) por mais tempo, quando comparadas às larvas expostas ao cádmio filhas de mães não expostas.

### **3.3.6 Aspectos genéticos**

Os estudos genéticos são de grande valia, pois respondem o quanto da variação fenotípica é devido a variações genéticas maternas e de ambiente.

Mcadam & Boutin (2003) avaliaram a variância materna e genética na taxa de crescimento em juvenis de esquilo vermelho *Tamiasciurus hudsonicus*, encontrando os seguintes componentes de variância:  $cov(mãe,filho) = 0,061 \pm 0,022$ ; ( $p < 0,001$ ), para a taxa de crescimento nos anos em que havia boa disponibilidade de alimento e  $cov(mãe,filho) = 0,113 \pm 0,074$ ; (ns), para a taxa de crescimento nos anos em que havia pouca disponibilidade de alimento. O autor argumenta que a não significância do último componente citado, provavelmente, foi devido a uma amostra pequena.

Em ovinos da raça Santa Inês, a variância genética materna para peso ao nascimento, peso aos 90 dias de idade e ganho de peso aos 90 dias de idade é responsável por, aproximadamente, 30% da variação fenotípica. Conclui-se que a não inclusão deste efeito no modelo pode resultar em estimativas superestimadas da herdabilidade direta (Sousa et al., 2004).

Em bovinos da raça nelore, Garcia et al. (2003) encontraram, entre outros parâmetros genéticos, correlação genética entre os efeitos diretos e maternos de -0,73, indicando que a seleção intensiva para o crescimento individual pode resultar em redução na performance materna.

Em peixes da espécie *Paralichthys olivaceu*, a taxa efeito materno para comprimento total logo após a eclosão foi de:  $m^2 = 0,21 \pm 0,21$  e reduziu para zero aos 30 dias após a eclosão. Para profundidade corporal, foi de  $m^2 = 0,08 \pm 0,13$ , para 10 dias após a eclosão e também reduziu para zero aos 30 dias após a eclosão (Shimada et al., 2007).

### **3.4 Efeito paterno**

A qualidade do sêmen é um dos fatores que influenciam a taxa de fertilização e eclosão e pode ser definida como a habilidade em fertilizar ovos (Aas et al., 1991). Esta habilidade é, provavelmente, intrínseca a cada indivíduo, ou seja, a capacidade em fertilizar ovos é diferente entre os machos.

Ferreira et al. (2001) e Luz et al. (2001) frizam a importância da avaliação qualitativa e quantitativa nos machos, para uma melhor eficiência na fertilização.

A má nutrição dos reprodutores também pode afetar a taxa de fertilidade e prejudicar a qualidade do sêmen. Vassallo-Agius et al. (2001) encontraram baixas taxas de fertilidade e eclosão quando suplementaram machos com deficiência de ácidos graxos essenciais n-3, prejudicando, desse modo, a motilidade do sêmen. Cavalli & Sorgeloos (2002) demonstraram claramente que

o lipídio 18:2n-6 e os AG poli-insaturados da família n-3 têm um papel crucial na regulação do desempenho reprodutivo e na qualidade da progênie de camarão *Macrobrachim rosenbergii*.

Na literatura, vários trabalhos mostraram as diferenças entre as espécies quanto à ultra-estrutura do espermatozóide e espermiogênese entre os teleócitos (Veríssimo-Silveira et al., 2006). Essas diferenças podem acarretar em crescimento desigual entre indivíduos nascidos na mesma época, filhos de machos diferentes.

Em machos de curimatá, a capacidade em produzir sêmen e a resistência a sucessivas coletas são diferentes entre os animais (Kavamoto et al. 1997). Essa diferença pode ser devido a diferenças genéticas entre os indivíduos, ou seja, machos com o maior potencial genético tendem a produzir um volume de sêmen maior e a resistir mais a sucessivas coletas de sêmen, aumentando a probabilidade de deixar o maior número de descendentes durante sua vida reprodutiva.

Métodos como o congelamento e o resfriamento de sêmen, a fim de preservar o material genético das espécies, têm sido bastante estudados. Murgas et al. (2007) realizaram avaliação espermática pós-descongelamento em curimatá *Prochilodus lineatus* e encontraram motilidade média e taxa de motilidade de  $73 \pm 41,02$  segundos e  $74 \pm 16,59\%$ , utilizando uma solução ativadora de bicarbonato de sódio a 119 mM.

A resistência do sêmen ao congelamento varia entre os machos de determinadas espécies, o que irá influenciar na taxa de fertilização. Babiak et al. (1998), ao utilizarem sêmen criopreservado para a fertilização de ovos de truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, encontraram que pelo menos um macho apresentou taxa de fertilização inferior aos demais ( $p < 0,05$ ).

As pesquisas mostram que os machos têm desempenhos diferentes quanto aos diversos tratamentos em que já foram testados. Isso, provavelmente,

se deve à superioridade genética que alguns machos têm sobre outros indivíduos. Gile & Ferguson (1995) observaram números de crias diferentemente significativas ( $p = 0,001$ ) entre os machos de truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss*.

A principal influência paterna relatada na literatura sobre a concepção de um indivíduo está justamente no sucesso da fertilização e da eclosão.

O sucesso de fertilização depende de vários fatores, como ponto de maturação do ovo, qualidade do ovo, qualidade do sêmen e, até mesmo, na competitividade entre os sêmens, como revelado por Stoltz & Neff (2006) que, ao estudarem a competição de sêmen na fertilização em peixe da guelra azul *Lepomis macrochirus*, constataram que o número de espermatozóides influencia fortemente a taxa de fertilização.

Os aspectos morfológicos também podem influenciar no sucesso da fertilização. Petersen et al. (2005) encontraram diferenças morfológicas entre indivíduos dentro das três espécies de peixe *Artemis* spp.

A concentração de sêmen pode ser um fator determinístico para a taxa de fertilização, dependendo do tamanho do ovo. Ovos com diâmetros grandes, quando expostos à baixa concentração espermática, têm fertilização maior quando comparados a ovos com diâmetros menores (Marshall et al., 2002).

Em larvas, pós-larvas e nas demais categorias que compreendem da eclosão até adulto, poucos trabalhos relatam a influência do pai. Rideout et al. (2004) encontraram efeito paterno em larvas logo após a eclosão para as características comprimento padrão (54,1% da variação total) e comprimento do miotoma (19,8% da variação total); já para 5 e 10 dias após a eclosão, a contribuição paterna em relação à variação total foi de 35,7% para comprimento padrão, 34,4% para área do vitelo e 18,1% para comprimento padrão, 11,7% para área de vitelo, 17,3% para altura do miotoma e 21,5% para largura do maxilar.

Saillant et al. (2001) avaliaram a taxa de fertilização, a sobrevivência do embrião 48 horas após a fertilização, a taxa de eclosão e o comprimento total da larva de *Dicentrarchus labrax* e encontraram efeito paterno significativo ( $p < 0,0001$ ) somente para taxa de eclosão.

Em um estudo realizado com híbridos de truta arco-íris e truta-marrom *Oncorhynchus* sp., Blanc (2003) encontrou variação paternal em híbridos de primeira geração, em todas as características estudadas, exceto para mortalidade de larvas e pós-larvas e para peso corporal, para 9 e 15 semanas de idade.

Bang et al. (2006) encontraram uma contribuição paternal maior do que a materna apenas para comprimento padrão (16,2%), em um estudo realizado com larvas de peixes *Clupea harengus*.

Embora muitos estudos comprovem a importância da viabilidade do sêmen sobre o sucesso de fertilização e eclosão, e que este sucesso tenha um considerável efeito do DNA citoplasmático, a arquitetura genética não permite resposta genética à seleção por meio da competição de sêmen em machos (Dowling et al., 2007).

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAS, G.H.; REFSTLE, T.; GJERDE, B. Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. **Aquaculture**, v. 95, p. 125-132, 1991.

ANDERSEN, D.H.; PERTOLDI, C.; SCALI, V.; LOESCHCKE, V. Heat stress and age induced maternal effects on wing size and shape in parthenogenetic *Drosophila mercatorum*. **Journal Evolutionary Biology**, v. 18, p. 884-892, 2005.

AZUMA, T.; OHTA, H.; ODA, S.; MUTO, K.; YADA, T.; UNUMA, T. Changes in fertility of rainbow trout eggs retained in column. **Fisheries Science**, v. 69, p. 131-136, 2003.

- BABIÁK, I.; GLOGOWSKI, J.; LUCZYNSKI, M.; GORYCZKO, K.; DOBOSZ, S.; KUZMINSKI, H. The effect of individual male potency on fertilization ability of fresh and cryopreserved milk of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v. 29, p. 337-340, 1998.
- BACIGALUPE, L.D.; ARAYA, N.M.; CARTER, M.J.; CATALÁN, T.P.; LARDIES, M.A.; BOZINOVIC, F. Maternal effects, maternal body size and offspring energetic: a study in the common woodlouse *Porcellio laevis*. **Comparative Biochemistry Physiology Part A**, v. 147, p. 349-354, 2007.
- BANG, A.; GRONKJAER, P.; CLEMMESSEN, C.; HOIE, H. Parental effects on early life history traits of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.) larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 334, p. 51-63, 2006.
- BENTON, T.G.; RANTA, E.; KAITALA, V.; BECKERMAN, A.P. Maternal effects and the stability of populations dynamics in noisy environments. **Journal of Animal Ecology**, v. 70, p. 590-599, 2001.
- BLANC, J.M. Paternal variation in juvenile survival and growth of the triploid hybrid between female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) and male brown trout (*Salmon trutta* L.). **Aquaculture Research**, v. 34, p. 205-210, 2003.
- BRADFORD, G.E. The role of maternal effects in animal breeding: VII. Maternal effects in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 35, n. 6, p. 1324-1334, 1972.
- CASTELLANOS, J. A.A.; ZANIBONI-FILHO, E.; PARDO-CARRASCO, S.C.; VÁSQUEZ-TORRES, W.; ATENCIO-GARCÍA, V.J. Breeding and domesticating *Brycon siebenthalae* females for reproduction. **Animal Sciences**, v. 26, n. 2, p. 159-163, 2004.
- CASTRO, R.M. C.; VARI, R. P. Family Prochilodontidae. In: REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS JR.; C. J. **Check list of the freshwater fisher of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p.742.
- CAVALLI, R.O.; SORGELOOS, P. Lipídios, performance reprodutiva e qualidade da progênie de camarão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia, GO: ABRAq, 2002. 33p.

CHABALIN, E.; SENHORINE, J.A.; LIMA, J.A. F. de. Estimativa de custo de produção de larvas e alevinos. **Boletim Técnico do CEPTA**, Pirassununga, v. 2, p. 61-74, 1989.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Guia ilustrado de peixes da bacia do rio grande**. Belo Horizonte: CEMIG/CETEC, 2000. 144p.

DOWLING, D.K.; LARKESON NOWOSTAWSKI, A.; ARNQVIST, G. Effects of cytoplasmic genes on sperm viability and sperm morphology in a seed beetle: implications for sperm competition theory? **Journal Compilation**, v. 20, p. 358-368, 2007.

DUMONT-NETO, R.; PELLI, A.; FREITAS, J.L. de; COSTA, C.L.; FREITAS, A.E.; BARBOSA, N.D.C. Reprodução induzida da piracanjuba (*Brycon orbignyanus* VALENCIENNES, 1903) durante a primeira maturação sexual, cultivado em cativeiro na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental de Volta Grande-CEMIG. **Boletim do Instituto Pesca**, São Paulo, v. 24, p. 105-107, 1997. Especial.

ESTAY, F.; VERGARA, C.; DIAZ, N.F. Reproductive performance of cultured Atlantic salmon *Salmo salar* L. 1758 in Chile. **Aquaculture Research**, v. 30, p. 759-764, 1999.

FERREIRA, A.A.; NUÑER, A.P. O.; LUZ, R.K.; TATAJE, D.A.R.; ESQUIVEL, J.R.; RESTREPO, J.B. Avaliação qualitativa e quantitativa do sêmen do Jundiá, *Rhamdia quelen*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 57-60, 2001.

FOWLER, M.S. Interactions between maternal effects and dispersal. **Oikos**, v. 110, p. 81-90, 2005.

FOX, C.W.; BUSH, M.L.; WALLIN, W.G. Maternal age affects offspring lifespan of the seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. **Functional Ecology**, v. 17, p. 811-820, 2003.

FURUITA, H.; TANAKA, H.; YAMAMOTO, T.; SHIRAISHI, M.; TAKEUCHI, T. Effects of high dose of vitamin A on reproduction and egg quality of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science**, v. 67, p. 606-613, 2001.

- GAGLIANO, M.; MCCORMICK, M.I. Maternal condition influences phenotypic selection on offspring. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, p. 174-182, 2007.
- GARAMSZEGI, L.Z.; BIARD, C.; EENS, M.; MOLLER, A.P.; SAINO, N.; SURAI, P. Maternal effects and the evolution of brain size in birds: Overlooked developmental constraints. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 31, n.4, p. 498-515, 2007.
- GARCIA, F.Q.; FERRAZ FILHO, P.B.; SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C. Tendência dos efeitos genéticos diretos e maternos do peso a desmama de bovinos da raça nelore mocha na região pecuária Campo Grande e Dourados – Mato Grosso do Sul. **Archives of Veterinary Science**, v. 8, n. 1, p. 93-97, 2003.
- GILE, S.R.; FERGUNSON, M.M. Factors affecting male potency in pooled gamete crosses of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 42, n. 3, p. 267-275, 1995.
- GROOTHUIS, T.G.G.; EISING, C.M.; BLOUNT, J.D.; SURAI, P.; APANIUS, V.; DIJKSTRA, C.; MULLER, W. Multiple pathways of maternal effects in black-headed gull eggs: constraint and adaptive compensatory adjustment. **Journal Compilation**, v. 19, p. 1304-1313, 2006.
- HIGASHITANI, T.; TAKATSU, T.; NAKAYA, M.; JOH, M.; TAKAHASHI, T. Maternal effects and larval survival of marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae*. **Journal of Sea Research**, v. 58, n. 1, p. 78-89, 2007.
- HOHENBOKEN, W.D. Maternal effects. In: CHAPMAN, A.B. **General and quantitative genetics**. Wisconsin: University of Wisconsin, 1984. cap.7, v. A4, p. 135-147.
- HUANG, W.B.; CHIU, T.S.; SHIH, C.T. Effects of maternal conditions on early life history traits of black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 15, p. 87-92, 1999.
- JORGE, L.C.; BOTTEGONI, A.L.; BARROS, F.; SÁNCHEZ, S. Caracterización cromosómica de *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) de la región nordeste argentina. **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, v. 18, 2004. Disponível em: <<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/4-Veterinaria/V-018.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2007.

KAMLER, E. Parent-egg-progeny relationships in teleost fishes: an energetics perspective: reviews. **Fish Biology and Fisheries**, v. 15, p. 399-421, 2005.

KAVAMOTO, E.T.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; ANDRADE-TALMELLI, E.F.; CAMPOS, B. E.S. Produção espermática do curimatá *Prochilodus scrofa* STEINDACHNER, 1881. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 24, p. 73-78, 1997. Edição Especial.

KJORSVIK, E. Egg quality in wild and broodstock cod *Gadus morhua* L. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 25, p. 22-29, 1994.

KJORSVIK, E.; LONNING, S. Effects of egg quality on normal fertilization and early development of the cod *Gadus morhua* L. **Journal of Fish Biology** v. 23, p. 1-12, 1983.

KJORSVIK, E.; MANGOR-JENSEN, A.; HOLMEFJORD, I. Egg quality in fishes. **Advances in Marine Biology**, v. 26, p. 71-113, 1990.

KRIST, M. Maternal effects and offspring performance: in search of the best method? **Oikos**, v. 2, n. 106, p. 422-426, 2004.

KYNEB, A.; TOFT, S. Effects of maternal diet quality on offspring performance in the rove beetle *Tachyporus hypnorum*. **Ecological Entomology**, v. 31, p. 322-330, 2006.

LAMONTAGNE, J.M.; MCCAULEY, E. Maternal effects in daphnia: what mothers are telling their offspring and do they listen? **Ecology Letters**, v. 4, p. 64-71, 2001.

LAUGEN, A. T.; LAURILA, A.; MERILA, J. Maternal and genetic contributions to geographical variation in *Rana temporaria* larval life-history traits. **Biological Journal of The Linnean Society**, v. 76, p. 61-70, 2002.

LECCIA, M. F. Consideraciones sobre la sistemática de la familia Prochilodontidae (Osteichthyes, Cypriniformes), con una sinopsis de las especies de Venezuela. **Acta Biología Venezuela** v. 8, n. 1, p. 35-96, 1972.

LEVITAN, D.R. Effects of gamete traits on fertilization in the sea and the evolution of sexual dimorphism. **Nature**, n. 382, p. 153-155, 1991.

LIN, H.C.; HSU, S.C.; HWANG, P.P. Maternal transfer of cadmium tolerance in larval *Oreochromis mossambicus*. **Journal of Fish Biology**, v. 57, p. 239-249, 2000.

LUZ, R.K.; REYNALTE-TATAJE, D.A.; FERREIRA, A.A.; ZANIBONI-FILHO, E. Desenvolvimento embrionário e estágios larvais do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*. **Boletim do Instituto Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 49-55, 2001.

MARSHALL, D.J.; STYAN, C.A.; KEOUGH, M.J. Sperm environment affects offspring quality in broadcast spawning marine invertebrates. **Ecology Letters**, v. 5, p. 173-176, 2002.

MARTEINSDOTTIR, G.; STEINARSSON, A. Maternal influence on the size and viability of Iceland cod *Gadus morhua* eggs and larvae. **Journal of Fish Biology**, v. 52, p. 1241-1258, 1998.

MCADAM, A.G.; BOUTIN, S. Effects of food abundance on genetic and maternal variation in the growth rate of juvenile red squirrels. **Journal Evolutionary Biology**, v. 16, p. 1249-1256, 2003.

MCADAM, A.G.; BOUTIN, S.; RÉALE, D.; BERTEAUX, D. Maternal effects and the potential for evolution in a natural populations of animals. **Evolution**, v. 56, n. 4, p. 846-851, 2002.

MURGAS, L.D.S.; MILIORINI, A.B.; FREITAS, R.T.F. de; PEREIRA, G.J.M. Criopreservação do sêmen de curimba (*Prochilodus lineatus*) mediante adição de diferentes diluidores, ativadores e crioprotetores. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 526-531, 2007.

ORFÃO, L.H. **Resfriamento e criopreservação de sêmen de curimba *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2006. 86p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PECHENIK J.A.; WENDT, D.E.; JARRET, J.N. Metamorphosis is not a new beginning: Larval experience influences juvenile performance. **Bioscience**, v. 48, p. 901-910, 1998.

PETERSEN, C.W.; MAZZOLDI, C.; ZARRELLA, K.A.; HALE, R.E. Fertilization mode, sperm characteristics, mate choice and parental care patterns in *Artedius spp.* (Cottidae). **Journal of Fish Biology**, v. 67, p. 239-254, 2005.

RANA, K. Reproductive biology and the hatchery rearing of tilapia eggs and fry. In: MUIR, J.F.; ROBERTS, R.J. **Recent advances in aquaculture**. Portland, OR, v. 3, p.343-406, 1997.

RIDEOUT, R.M.; TRIPPEL, E.A.; LITVAK, M.K. Paternal effects on haddock early life history traits. **Journal of Fish Biology**, v. 64, p. 695-701, 2004.

ROBISON, O.W.; LUEMPET, L.G. Genetic variation in weight and survival of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Aquaculture**, v. 38, p. 155–170, 1984

SAILLANT, E.; CHATAIN, B.; FOSTIER, A.; PRZYBYLA, C.; FAUVEL, C. Parental influence on early development in the *European sea bass*. **Journal of Fish Biology**, v. 58, p. 1585-1600, 2001.

SAINO, N.; DALL'ARA, P.; MARTINELLI, R.; MOLLER, A.P. Early maternal effects and antibacterial immune factors in the eggs, nestlings and adults of the barn swallow. **Journal Evolutionary Biology**, v. 15, p. 735-743, 2002.

SHIMADA, Y.; SHIKANO, T.; MURAKAMI, N.; TSUZAKI, T.; SEIKAI, T. Maternal and genetic effects on individual variation during early development in japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science**, v. 73, p. 244-249, 2007.

SOLEMDAL, P. Maternal effects: a link between the past and the future. **Journal of Sea Research**, v. 37, p. 213-227, 1997.

SOUSA, J.E.R. de; OLIVEIRA, S.M.P. de; ALMEIDA E SILVA, M. de; FRIDRICH, A.B.; FERREIRA, I.C.; CORRÊA, G.S.S; VENTURA, R.V. Estimativas de efeitos genéticos direto e materno dos pesos e ganhos de peso do nascimento a desmama em ovinos Santa Inês. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga, SP: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004. 3 p.

SPRINGATE, J.R.C.; BROMAGE, N.R.; ELLIOTT, J.A.K.; HUDSON, D.L. The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilization and survival to eying, hatch and swim-up in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). **Aquaculture**, v. 43, p. 313–322, 1984.

STOLTZ, J.A.; NEFF, B.D. Sperm competition in a fish with external fertilization: the contribution of sperm number, speed and length. **Journal Compilation**, v. 19, p. 1873-1881, 2006.

VASSALLO-AGIUS, R.; WATANBE, T.; YOSHIZAKI, G.; SATOH, S.; TAKEUCHI, Y. Quality of eggs and spermatozoa of rainbow trout fed an n-3 essential fatty acid-deficient diet and its effects on the lipid and fatty acid components of eggs, semen and livers. **Fisheries Science**, v. 67, p. 818-827, 2001.

VERÍSSIMO-SILVEIRA, R.; GUSMÃO-POMPIANI, P.; VICENTINI, C.A.; QUAGIO-GRASSIOTO, I. Spermiogenesis and spermatozoa ultrastructure in *Saminus* and *Brycon*, to primitive genera in Characidae (Teleostei: Ostariophyi: Characiformes). **Acta Zoologica**, v. 87, p. 305-313, 2006.

WAINHOUSE, D.; ASHBURNER, R.; BOSWELL, R. Reproductive development and maternal effects in the pine weevil *Hylobius abietis*. **Ecological Entomology**, v. 26, p. 655-661, 2001.

WEIGENSBERG, I.; CARRIÈRE, Y.; ROFF, D.A. Effects of male genetic contribution and paternal investment to egg and hatchling size in the cricket, *Gryllus firmus*. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 11, p. 135-146, 1998.

WILSON, A.J.; COLTMAN, D.W.; PEMBERTON, J.M.; OVERALL, A.D.J.; BYRNE, K.A.; KRUUK, L.E.B. Maternal genetic effects set the potential for evolution in a free-living vertebrate population. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 18, p. 405-414, 2005

ZEHNDER, C.B.; HUNTER, M.D.A. Comparison of maternal effects and current environmental on vital rates of *Aphis nerii*, the milkweed-oleander aphid. **Ecological Entomology**, v. 32, p. 172-180, 2007.

## CAPÍTULO II

### **EFEITO MATERNO E PATERNO SOBRE A TAXA DE FERTILIZAÇÃO E ECLOSÃO DE CURIMBATÁ *Prochilodus lineatus***

## 1 RESUMO

ALLAMAN, Ivan Bezerra. Efeito materno e paterno sobre a taxa de fertilização e eclosão de curimatá *Prochilodus lineatus*. In: \_\_\_\_\_. **Efeito materno e paterno em curimatá, *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2008. Cap. 2, p.27-55. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Objetivou-se, com este estudo, avaliar o efeito materno e paterno sobre a taxa de fertilização e eclosão de curimatá *Prochilodus lineatus*. O experimento foi conduzido na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, município de São José da Barra, MG. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial cruzado 7x5 (7 fêmeas e 5 machos), formando, desse modo, 35 famílias. Utilizou-se análise de variância para avaliar os componentes materno e paterno da variância. Para a taxa de fertilização, encontraram-se as seguintes contribuições relativas em relação à variação total: mãe = 46,05%, pai = 13,64% e erro = 40,31%. Já para a taxa de eclosão, estas contribuições foram de: mãe = 2,89%, pai = 8,9% e erro = 88,2%. Conclui-se que a mãe tem porcentualmente uma maior influência para taxa de fertilização e que o pai teve uma contribuição um pouco maior para taxa de eclosão, quando comparado com a mãe.

---

\* Comitê Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Orientador), Ana Tereza Mendonça de Viveiros – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (co-orientadoras)

## 2 ABSTRACT

ALLAMAN, Ivan Bezerra. Maternal and paternal effects in the fertilization and hatching rates of curimbatá *Prochilodus lineatus*. In: \_\_\_\_\_. **Maternal and paternal effects in curimbatá *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2008. Cap.2, p.27-55. MSc Thesis (Animal Production) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

The objective of this study was to value the motherly and fatherly effects over the fertilization rate and the hatchery of the curimbatá *Prochilodus lineatus*. The study was conducted at the hydrobiology and psiculture experimental station of Furnas at the São José da Barra County, MG. The experimental outlining was entirely randomly, in a crossed factorial design of 7x5 (seven females and five males), forming this way, 35 families. There was utilized the analysis of variance to value the motherly components and also the fatherly from the variance. To the fertilization rate, were found the following contributions in relation to the total variance: from mother = 46.05%, father = 13.64% and error = 40.31%. To the hatchery rate, these contributions were: mother = 2.89%, father = 8.9% and error = 88.2%. We can to conclude that the mother has, perceptually, a greater influence to the fertilization rate and that the father had a greater contribution to the hatchery rate, when compared with the mother.

---

\* Guidance Committee: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Supervisor), Ana Tereza Mendonça de Viveiros – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (co-supervisors)

### 3 INTRODUÇÃO

O efeito materno é definido, por Hohenboken (1984), como a contribuição, a influência ou o impacto sobre o fenótipo de um indivíduo, atribuível ao fenótipo da mãe, que podem ser causas genéticas ou ambientais (Bradford, 1972).

Segundo Kamler (2005), o efeito materno irá contribuir para a sobrevivência do embrião, que depende do estágio de maturação do ovo e da idade da fêmea via composição da matéria do ovo, resultando estas relações parental-ovo-progênie na variabilidade da larva em resistir a um período de fome e a predação.

As taxas de fertilidade e de eclosão são os primeiros parâmetros avaliados nas fêmeas, sendo de suma importância em um processo de seleção de matrizes e reprodutores superiores, pois sinalizam como está a qualidade do ovo. Este ponto é importante porque expressa a capacidade do ovo em produzir larvas viáveis (Kjorsvik et al., 1990).

A qualidade do ovo pode ser afetada por diversos fatores, como idade da mãe, quantidade e qualidade da dieta (Marteinsdottir & Steinarrsson, 1998; Dzyuba et al., 2006; Lamontagne & Mccauley, 2001; Kyneb & Toft, 2006). Esses fatores desencadeiam um desequilíbrio no metabolismo das fêmeas, prejudicando a secreção de fatores imunes andrógenos e antioxidantes, podendo influenciar diretamente o volume e o tamanho do ovo, já que estão correlacionados positivamente com o tamanho das fêmeas. O desempenho e a sobrevivência das larvas e pós-larvas também podem ser afetados significativamente (Garamszegi et al., 2007; Huang et al., 1999; Pechenik et al., 1998; Laugen et al., 2002; Higashitani et al., 2007; Wainhouse et al., 2001; Saino et al., 2002).

Além da qualidade do ovo, o efeito paterno (Weisgensberg et al. 1998), representado pela qualidade do sêmen, também pode influenciar a taxa de

fertilização e de eclosão. A qualidade pode ser definida como a habilidade em fertilizar ovos (Aas et al., 1991) e é, provavelmente, intrínseca ou particular de cada indivíduo.

Portanto, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito materno e o paterno sobre a taxa de fertilização e de eclosão em curimbatá *Prochilodus lineatus*.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local

O experimento foi realizado na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da empresa Furnas Centrais Elétricas S.A., no estado de Minas Gerais, no distrito de Furnas, município de São José da Barra, entre os meses de janeiro a fevereiro de 2007.

### 4.2 Material biológico

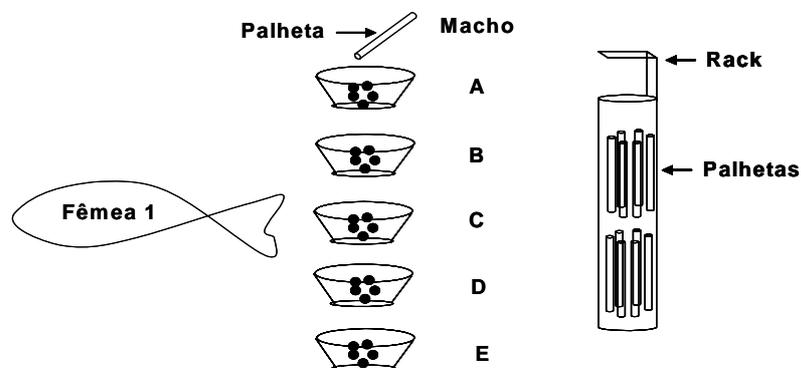
Foram utilizados cinco reprodutores de curimatá (*Prochilodus lineatus*), da Estação de Piscicultura da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), que foram capturados com rede de arrasto em viveiros de terra e, posteriormente, selecionados, por meio da visualização fenotípica, quando apresentavam a papila urogenital hiperêmica e liberação de sêmen por meio da massagem na cavidade celomática. Após este procedimento, os animais foram pesados e submetidos à indução espermática com extrato bruto de pituitária de carpa (EBPC), em uma dosagem única de 0,5 mg de EBPC por quilograma de peixe vivo, 12 horas antes da espermição. Na coleta do sêmen, foram respeitadas todas as normas de higienização para que fosse evitada a contaminação. O sêmen coletado em um tubo de ensaio graduado foi congelado em glicose com metilglicol, segundo o protocolo estabelecido por Orfão (2006), para posterior utilização na fertilização.

É importante ressaltar a importância do congelamento do sêmen para este tipo de pesquisa. Isso porque, no momento da fertilização, é necessário que os espermatozoides dos machos já estejam pré-disponíveis, uma vez que os ovócitos das fêmeas têm duração média de 20 minutos após a extrusão e desidratariam até a coleta do sêmen fresco. Isso, certamente, prejudicaria as taxas de fertilização das primeiras fêmeas, que teriam que esperar o sêmen dos últimos machos.

As sete matrizes de curimatá utilizadas eram provenientes da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas. As fêmeas que estavam sendo mantidas em viveiros de terra foram selecionadas por meio de visualização fenotípica, quando apresentavam a cavidade celomática distendida, volumosa e macia ao toque, geralmente com papila urogenital proeminente e rosada. Após a seleção, as mesmas foram mantidas em “raceways” para aclimação com fluxo de água contínuo. Antes da indução, os peixes foram pesados e, então, induzidos à desova com extrato bruto de pituitária de carpa (EBPC) em duas dosagens: a primeira, aplicada 24 horas (0,5 mg de EBPC por quilograma de peso corporal) e a segunda, 12 horas antes da desova. Esta última dosagem foi aplicada na proporção de 5 mg de EBPC por quilograma de peso corporal. O produto da desova de cada fêmea foi coletado em um béquer graduado e pesado em balança com precisão de 0,01 g.

#### **4.3 Fertilização e incubação do ovos**

Uma amostra da desova de cada fêmea foi coletada em um recipiente de plástico, dividida em cinco partes semelhantes e pesada em balança digital semi-analítica com precisão de 0,001 g ( $\approx 0,5$  g de ovócitos) para serem fertilizados com sêmen de cada macho que estava armazenado em palhetas de 0,5 ml (Figura 1).



**FIGURA 1.** Esquema de fertilização.

As 35 famílias geradas após a fertilização foram colocadas dentro de uma miniincubadora, identificadas e distribuídas aleatoriamente dentro de um tanque de concreto azulejado, com troca de água contínua e constante.

#### 4.4 Avaliação das características da água

Durante os dias de avaliação, foram mensurados alguns parâmetros da água, como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica (Tabela 1).

**TABELA 1.** Média ( $\bar{X}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV) dos parâmetros avaliados na água que correspondem a: temperatura (Temp.), pH, oxigênio dissolvido (O<sub>2</sub>D) e condutividade elétrica (Cond.)

Parâmetros	Estimadores		
	$\bar{X}$	S	CV (%)
Temp.	24,82	0,10	0,41
pH	6,95	0,05	0,71
O <sub>2</sub> D	5,87	0,09	1,52
Cond.	27,42	0,51	1,88

## **4.5 Avaliação dos parâmetros reprodutivos**

### **4.5.1 Fêmeas**

**Peso vivo:** as fêmeas foram pesadas, antes da indução hormonal, em uma balança digital regulada para quilogramas.

**Peso da desova:** a desova foi coletada e pesada em balança digital regulada para gramas, no momento da desova.

**Número de ovócitos por grama de ova:** este parâmetro foi avaliado no momento da desova por meio da contagem de ovócitos de aparência branca e opaca (não viáveis) e ovos esverdeados (viáveis) em amostras correspondentes a um grama à desova total das sete matrizes, para serem visualizadas em estereomicroscópio.

**Diâmetro dos ovócitos:** após a pesagem e a contagem dos ovócitos, uma amostra de 10 ovócitos por fêmea foi aferida, com auxílio de uma ocular micrométrica em um estereomicroscópio, e tiradas as suas médias, sendo a unidade expressa em milímetros.

### **4.5.2 Machos**

**Peso vivo:** os machos foram pesados em balança digital, antes que se fizesse a indução com hormônio. O peso correspondente aos machos foi expresso em quilogramas.

**Concentração:** foi estimada com uma câmara hematimétrica tipo de Neubauer “Improved”.

**Motilidade:** foi avaliada por meio da observação subjetiva de espermatozoides em movimento em relação ao total observado em um microscópio com aumento de 400 X e expressa em porcentagem. Para ativação do sêmen, foi utilizada solução NaCl 50mM, na proporção de 1:5 (sêmen diluído:ativador) (Orfão et al., 2006 e Maria et al., 2005).

#### **4.6 Avaliação da taxa de fertilização e eclosão**

A taxa de fertilidade foi avaliada 9 horas após a fertilização, por meio da contagem média de  $52 \pm 9$  ovos, sendo expressa em percentagem. Para avaliação da taxa de fertilidade, utilizou-se um estereomicroscópio.

A taxa de eclosão foi avaliada 22 horas após a fertilização (Ninhaus-Silveira et al., 2006), com temperatura média de  $24^{\circ}\text{C}$ , pela contagem média de  $31 \pm 17$  larvas.

A relação entre o número de espermatozóides, em ml, e o número de ovócitos, em mg, foi obtida dividindo-se a concentração espermática pelo número de ovócitos.

#### **4.7 Análise estatística**

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $7 \times 5$ , sendo 7 fêmeas e 5 machos, totalizando 35 famílias. Todas as variáveis foram testadas para verificação de homocedasticidade de variâncias pelo teste de Levene para a análise de variâncias (ANOVA). Para a utilização de correlação paramétrica entre os parâmetros reprodutivos, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, para a verificação da normalidade dos dados. Para a comparação entre os coeficientes de variação, foi utilizada a metodologia de Miller (1991). O modelo estatístico para análise de variância, assim como os respectivos componentes de variância, segue o modelo descrito por Becker (1984), apresentado na Tabela 2. Os efeitos de pai e mãe foram utilizados como efeito aleatório.

Como foi coletada apenas uma amostra por família, sendo a família considerada como unidade experimental, a interação e o erro se tornaram fatores de confundimento. Desse modo, as duas fontes de variação foram consideradas como erro experimental. Para a análise dos dados, utilizou-se o pacote estatístico Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows 15.0, assim como

para a estimação dos componentes da variância por meio do método MINQUE (estimador quadrático não viesado de norma mínima).

Para a comparação dos componentes da variância das fontes de variação, foi estimada a participação porcentual da variância da mãe, do pai e do erro em relação à variância total ou à soma dos componentes da variância.

**TABELA 2.** Delineamento experimental para estimação dos componentes de variância de pai e mãe, sendo FV (fonte de variação), GL (graus de liberdade) e E(QM) (esperança dos quadrados médios).

<b>Modelo</b>	<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>E(QM)*</b>
$Y_{ij} = \mu + S_i + D_j + e_{ij}$	S: pai	I-1	$JK\sigma_S^2 + \sigma_e^2$
	D: mãe	J-1	$IK\sigma_D^2 + \sigma_e^2$
	e: erro	(I-1)(J-1)	$\sigma_e^2$

\*  $\sigma_S^2$  = variância de pai;  $\sigma_D^2$  = variância de mãe;  $\sigma_e^2$  = variância do erro

Fonte: Adaptado de Blanc (2003).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análise descritiva dos dados

As taxas de fertilização e eclosão foram altas para todas as combinações parentais, exceto para a fêmea 7, para a qual foram baixas e, assim, ela foi retirada do banco de dados (Tabela 4).

Os resultados das médias e os coeficientes de variação das variáveis taxa de fertilização e taxa de eclosão, antes e após a retirada dos dados da fêmea 7, estão apresentados na Tabela 3.

**TABELA 3.** Médias e coeficientes de variação (CV) para as variáveis taxa de fertilidade e taxa de eclosão, antes e após a retirada da fêmea 7.

<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>CV</b>
<b>Antes da eliminação</b>			
Taxa de fertilidade	35	73,99%	17,36%
Taxa de eclosão	35	86,47%	21,10%
<b>Após a eliminação</b>			
Taxa de fertilidade	30	78,52%	7,72%
Taxa de eclosão	30	84,69%	22,46%

**TABELA 4.** Matrix de percentagens das taxas de fertilização e de eclosão de 35 combinações parentais.

Pais	Fêmea 1	Fêmea 2	Fêmea 3	Fêmea 4	Fêmea 5	Fêmea 6	Fêmea 7*
Macho 1	84,100	90,95	82,98	81,100	82,42	76,100	53,100
Macho 2	85,100	77,73	84,63	77,60	83,100	72,100	38,100
Macho 3	84,100	81,60	82,63	72,97	81,61	65,96	40,100
Macho 4	80,54	75,54	80,95	81,97	78,96	74,97	48,100
Macho 5	81,80	70,67	83,100	79,98	75,100	61,96	56,86

Números antes e após a vírgula representam a taxa de fertilização e de eclosão, respectivamente.

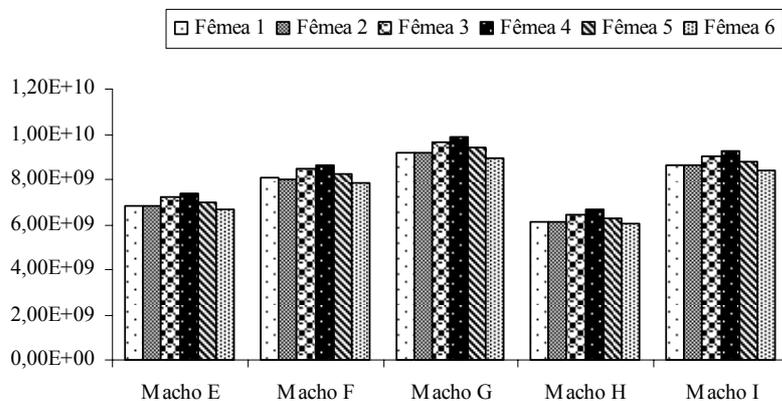
\*Fêmea eliminada do banco de dados.

As características reprodutivas avaliadas nas fêmeas e nos machos são demonstradas na Tabela 5.

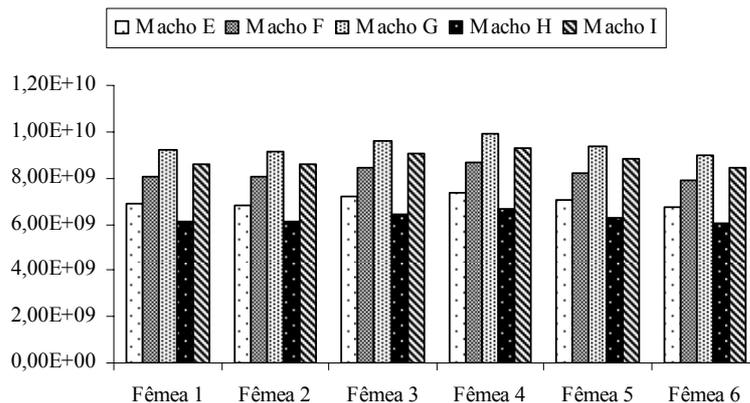
**TABELA 5.** Média e coeficientes de variação (CV) de características reprodutivas de reprodutores de curimatá usados na formação das famílias *Prochilodus lineatus*.

Variáveis	N	Média	CV (%)
<i>Fêmeas</i>			
Peso corporal (kg)	6	2,17	33,03
Peso da desova (kg)	6	0,36	24,93
Diâmetro dos ovócitos	6	0,68	3,60
Número de ovos por kg de ova	6	427	24,69
<i>Machos</i>			
Peso corporal (kg)	5	0,84	15,97
Volume seminal (ml)	5	1,62	56,09
Concentração espermática (sptz*10 <sup>9</sup> )	5	5,39	16,05
Motilidade (%)	5	72	11,62
Razão entre concentração espermática e diâmetro dos ovócitos	6	7,93	16,05

De acordo com a Figura 2, foi o macho G que obteve a maior relação média de número de espermatozoides (concentração espermática) por milímetro de ovócito (diâmetro do ovócito) ( $9,37 \times 10^9$ ), seguido pelo macho I ( $8,80 \times 10^9$ ), pelo macho F ( $8,21 \times 10^9$ ), pelo macho E ( $7,00 \times 10^9$ ) e pelo macho H ( $6,28 \times 10^9$ ). Ao contrário dos machos, a relação número de espermatozoides por milímetro de ovócito nas fêmeas foi muito próxima, como representado na Figura 3. A fêmea 4 obteve a maior relação ( $8,37 \times 10^9$ ), seguida das fêmeas 3 ( $8,16 \times 10^9$ ), 5 ( $7,95 \times 10^9$ ), 1 ( $7,77 \times 10^9$ ), 2 ( $7,75 \times 10^9$ ) e 6 ( $7,59 \times 10^9$ ).



**FIGURA 2.** Razão entre a concentração espermática e o diâmetro dos ovócitos para cada macho.



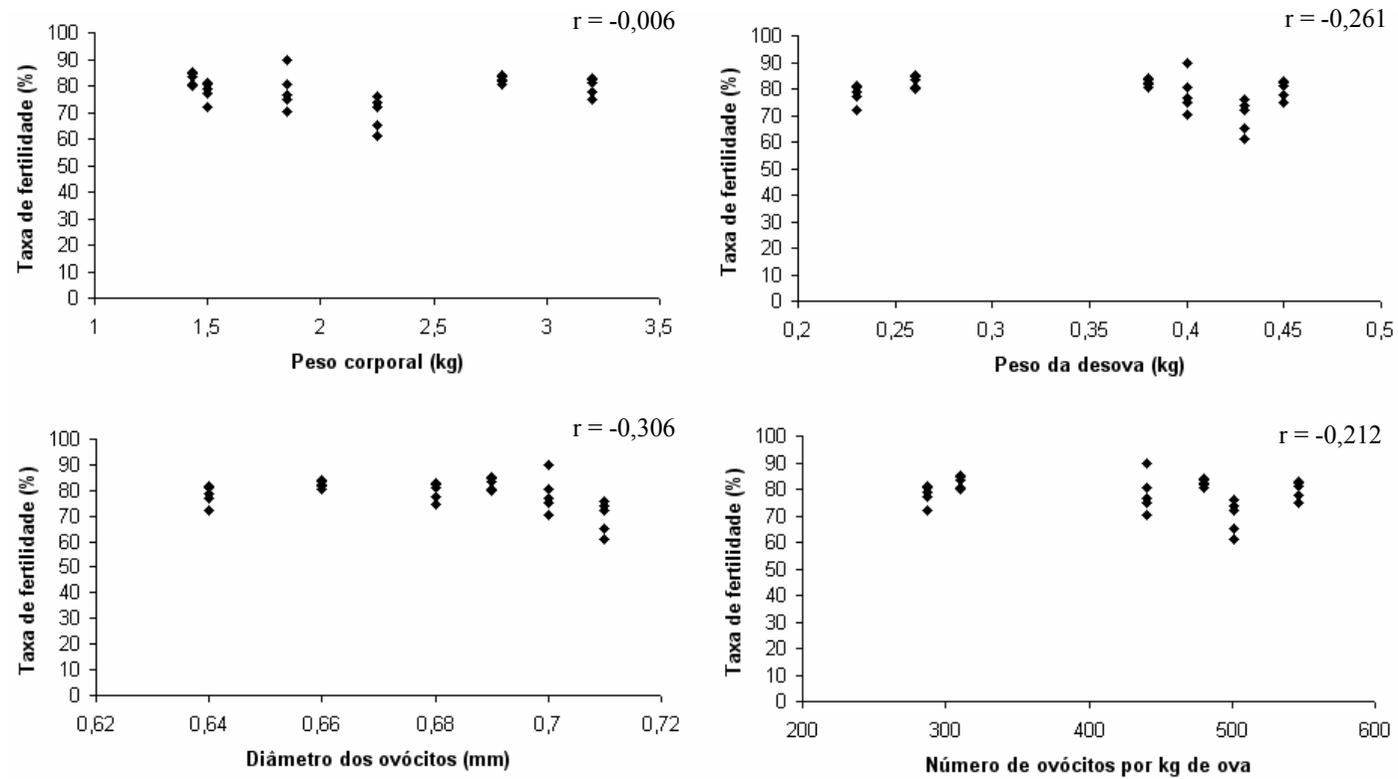
**FIGURA 3.** Razão entre a concentração espermática e o diâmetro dos ovócitos para cada fêmea.

## 5.2 Análise inferencial dos dados

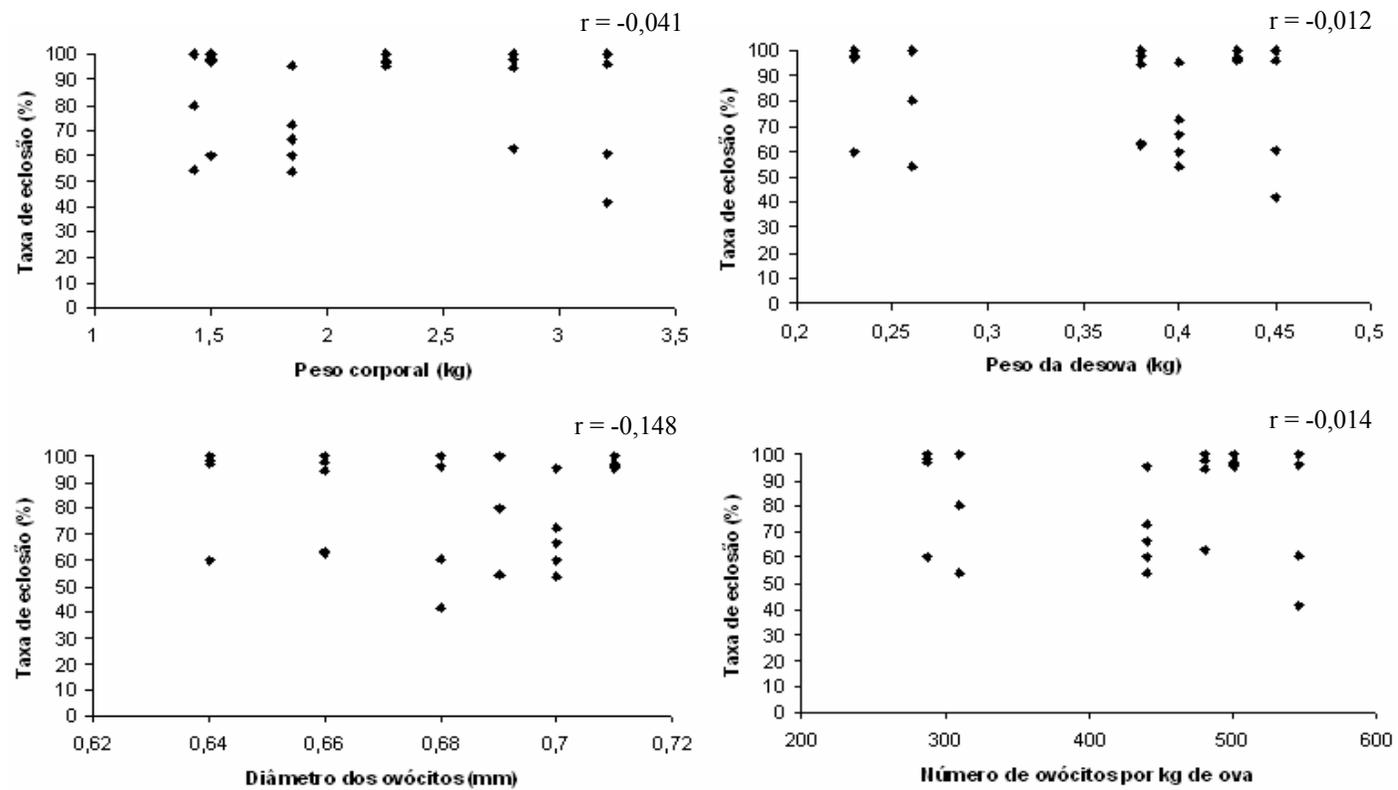
A correlação entre a variável taxa de fertilidade e as características reprodutivas das fêmeas não foi significativa ( $p > 0,05$ ). Os coeficientes de correlação foram obtidos com a variável taxa de fertilidade transformada por meio da função angular arcoseno  $\sqrt{X}$  de  $r = -0,006$ , para peso corporal;  $r = -0,261$ , para peso da desova;  $r = -0,306$ , para diâmetro dos ovócitos e  $r = -0,212$ , para número de ovócitos por quilograma de ova. As associações entre a

variável taxa de fertilidade com peso corporal, peso da desova, diâmetro dos ovócitos e número de ovócitos por quilograma de ova estão ilustradas na Figura 4.

Para a taxa de eclosão, a correlação com as características reprodutivas da fêmeas também não foi significativa ( $p>0,05$ ), sendo os coeficientes de correlação obtidos com a variável taxa de eclosão transformada por meio da função angular arcoseno  $\sqrt{X}$  de  $r = -0,041$  para peso corporal,  $r = -0,012$  para peso da desova,  $r = -0,148$  para diâmetro dos ovócitos e  $r = -0,014$  para número de ovócitos por quilograma de ova. As associações entre a variável taxa de eclosão com peso corporal, peso da desova, diâmetro dos ovócitos e número de ovócitos por quilograma de ova estão ilustradas na Figura 5.



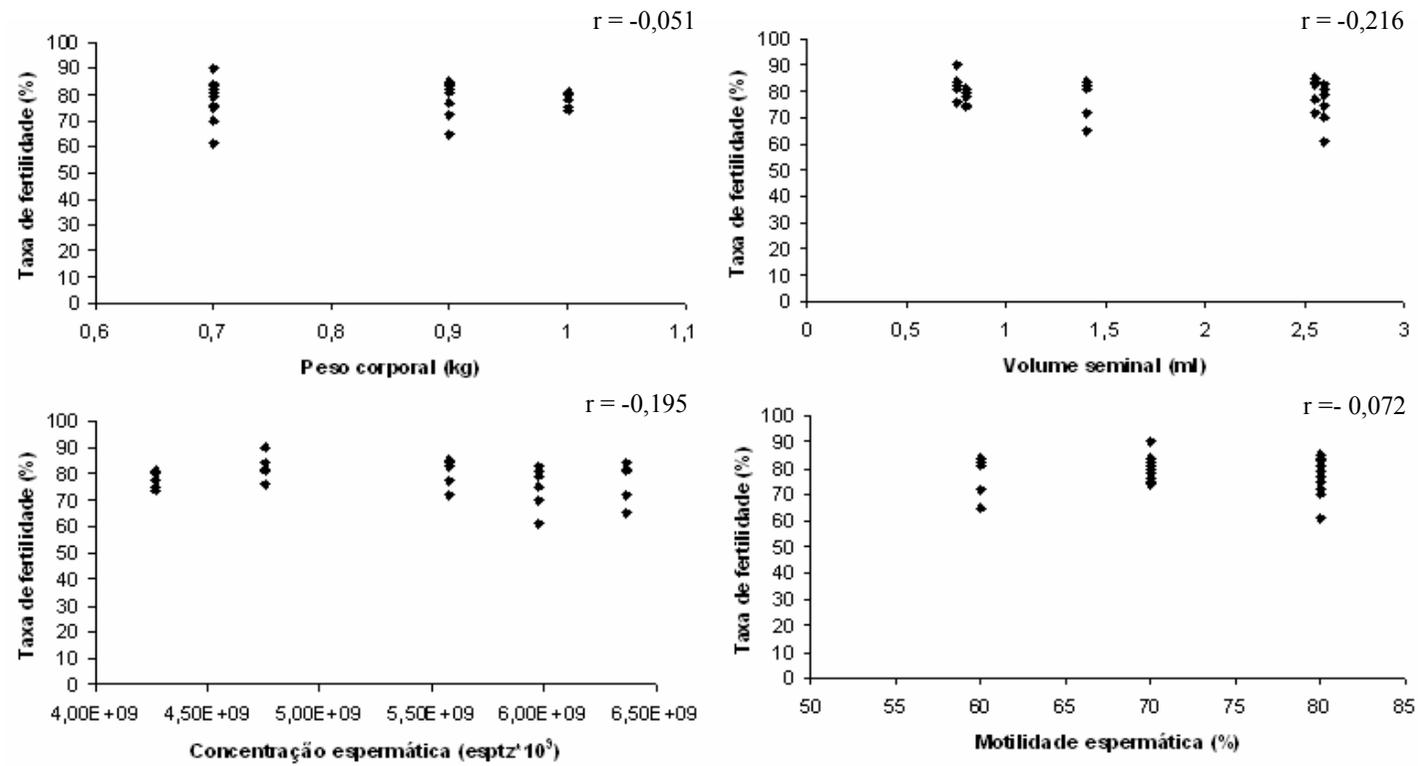
**FIGURA 4.** Correlação entre características reprodutivas de fêmeas (peso corporal, peso da desova, diâmetro dos ovócitos e número de ovócitos por kg de ova) com a variável taxa de fertilidade, em curimatá *Prochilodus lineatus*.



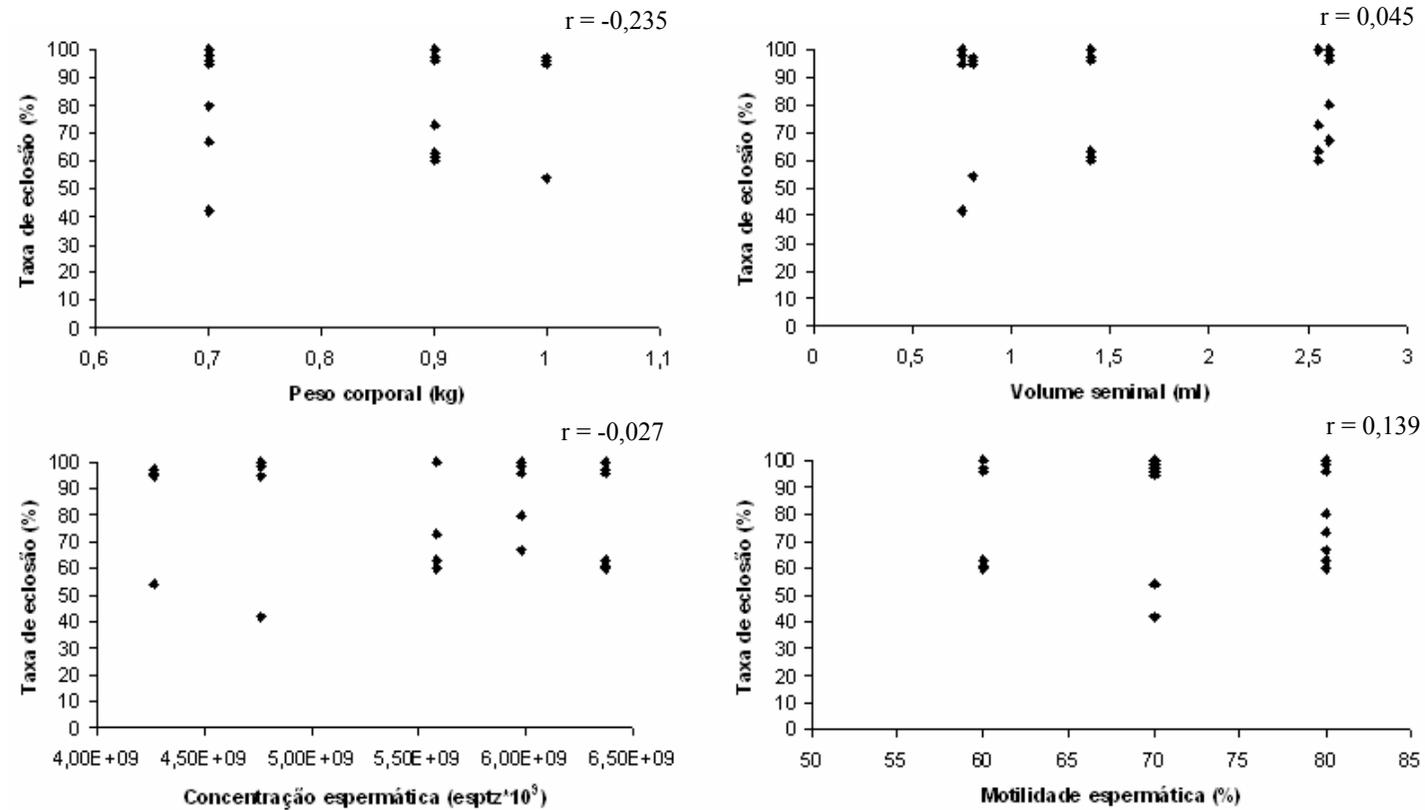
**FIGURA 5.** Correlação entre características reprodutivas de fêmeas (peso corporal, peso da desova, diâmetro dos ovócitos e número de ovócitos por kg de ova) com a variável taxa de eclosão, em curimatá *Prochilodus lineatus*.

Nos machos, não houve correlação significativa ( $p > 0,05$ ) entre a taxa de fertilidade transformada pela função angular arcoseno  $\sqrt{X}$  com as características reprodutivas peso corporal ( $r = -0,051$ ), volume seminal ( $r = -0,216$ ), concentração espermática ( $r = -0,195$ ) e motilidade espermática ( $r = -0,072$ ). As associações entre a taxa de fertilidade com peso corporal, volume seminal, concentração espermática e motilidade espermática estão ilustrados na Figura 6.

Não houve correlação significativa ( $p > 0,05$ ) da variável taxa de eclosão transformada pela função arcoseno  $\sqrt{X}$  com o peso corporal ( $r = -0,235$ ), volume seminal ( $r = 0,045$ ), concentração espermática ( $r = -0,027$ ) e motilidade espermática ( $r = 0,139$ ), nos machos. As associações entre a taxa de eclosão com peso corporal, volume seminal, concentração espermática e motilidade espermática estão ilustrados na Figura 7.



**FIGURA 6.** Correlação entre características reprodutivas de machos (peso corporal, volume seminal, concentração espermática e motilidade espermática) com a variável taxa de fertilidade, em curimatá *Prochilodus lineatus*.



**FIGURA 7.** Correlação entre características reprodutivas de machos (peso corporal, volume seminal, concentração espermática e motilidade espermática) com a variável taxa de eclosão, em curimatá *Prochilodus lineatus*.

Quanto à hipótese de igualdade de coeficientes de variâncias entre as variáveis CE e DO, não houve evidências significativas para rejeitar esta hipótese no valor nominal de 5% (Tabela 6).

**TABELA 6.** Teste de igualdade de coeficientes de variâncias entre as variáveis CE (concentração espermática) e DO (diâmetro do ovócito), a 5% de significância

Variáveis	ni	$\kappa_i = S_i / \bar{X}_i$	Zc	P (Z>Zc)
CE	5	0,161	0,8786	0,8106
DO	6	0,036		

Pelos dados da Tabela 7, observa-se que a mãe obteve o maior índice de contribuição (46,05%) da variação total para taxa de fertilização, contra 13,64% e 40,31% da contribuição do pai e do erro, respectivamente. Para a taxa de eclosão, o erro foi o responsável pelo maior índice (88,2%) de contribuição da variação total, quando comparado a variação dos pais, tendo o pai (8,90%) obtido um índice relativamente maior do que o da mãe (2,89%) .

**TABELA 7.** Tabela resumida da ANOVA e contribuição relativa da influência maternal, paternal e da interação sobre as variáveis taxa de fertilidade e taxa de eclosão em curimatá *Prochilodus lineatus*.

Fontes	gl.	QM	Sig.	Variância	Contribuição relativa (%)
Taxa de fertilidade					
Mãe	5	51,120	0,001	8,701	46,05
Pai	4	23,074	0,042	2,577	13,64
Erro	20	7,615		7,615	40,31
Taxa de eclosão					
Mãe	5	445,049	0,361	12,548	2,89
Pai	4	613,838	0,212	38,589	8,90
Erro	20	382,307		382,307	88,20

## 6 DISCUSSÃO

O maior índice de contribuição da mãe em relação ao pai, para variação total da taxa de fertilidade, se deve ao fato de a qualidade do ovócito (Patton et al., 2007) ser mais impactante no momento da fertilização quando comparado com a qualidade do sêmen. A hipótese pode ser comprovada ao se definir qualidade do ovo, segundo Brian Rothery, como a adequação a um determinado fim (no caso fertilização) e, ao fracionar essa definição, segundo Shoji Shiba (Scucuglia, 2001), ver-se-á que, nesse caso, a idade da fêmea, a nutrição da fêmea, a morfologia e a morfometria do ovócito são fatores primordiais para que ocorra a fertilização, que de forma secundária irá depender da qualidade do sêmen (Marteinsdottir & Steinarsson, 1998; Dzyuba et al., 2006; Fox et al., 2003; Lamontagne & Mccauley, 2001; Kyneb & Toft, 2006; Vassalo-Agius et al., 2001; Vassalo-Agius et al., 2002; Kjorsvik et al., 1990; Shields et al., 1997 e Levitan, 1991).

A associação antagônica entre a relação concentração espermática e diâmetro dos ovócitos com a concentração espermática mensuradas nos machos e a associação positiva da relação concentração espermática e diâmetros dos ovócitos com o diâmetro dos ovócitos mensuradas nas fêmeas reforçam os argumentos encontrados na literatura de que a menor concentração espermática aumenta a taxa de fertilização (Marshall et al. 2002) e que ovos maiores em condições de baixa concentração espermática possuem probabilidade maior de fertilização (Levitan, 1991).

Os resultados para variabilidade espermática, muito bem evidenciados na Figura 2, corroboram os dados de Estay et al. (1999) e enfatizam as suspeitas de Gile & Ferguson (1995) de que essa variação pode resultar em diferentes taxas de fertilização, ao contrário das fêmeas, em que o diâmetro dos ovócitos

foi semelhante (Figura 3), mesmo não havendo diferenças significativas entre os coeficientes de variação (Tabela 6).

O maior índice atribuível ao erro para taxa de eclosão, provavelmente, se deve a fatores não controlados, como a capacidade de transmissão de antioxidantes, andrógenos, fatores imunes e de DNA mitocondrial que influenciam grandemente na sobrevivência e no desenvolvimento do embrião, assim como na capacidade de cada embrião em absorver estes fatores, uma vez que o efeito da interação é baixo na taxa de eclosão (Biard et al., 2007; Royle et al., 2003; Gilbert et al., 2007; Garamszegi et al., 2007; Saino et al., 2002; Hiendleder & Wolf, 2003; Brown et al., 2006; Hohenboken, 1984; Blanc & Poisson, 1983).

O índice de contribuição do pai levemente maior em relação à mãe para taxa de eclosão deve-se ao fato de o tamanho das larvas dentro do ovo ter maior contribuição genética do pai (Rideout et al., 2004; Bang et al., 2006; Weigensberg et al., 1998) concordando com os resultados de Saillant et al. (2001).

Portanto, conclui-se que a mãe tem maior índice de contribuição para taxa de fertilização e que o pai tem um índice de contribuição um pouco maior do que a mãe para taxa de eclosão, sendo esta variável altamente influenciada por fatores não conhecidos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAS, G.H.; REFSTLE, T.; GJERDE, B. Evaluation of milt quality of Atlantic salmon. **Aquaculture**, v. 95, p. 125-132, 1991.

BANG, A.; GRONKJAER, P.; CLEMMESSEN, C.; HOIE, H. Parental effects on early life history traits of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.) larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 334, p. 51-63, 2006.

- BECKER, W.A. **Manual of quantitative genetics**. Washington: Washington State University, 1984. 40 p.
- BIARD, C.; SURAI, P.F.; MOLLER, A.P. An analysis of pre- and post-hatching maternal effects mediated by carotenoids in the blue tits. **European Society for Evolutionary Biology**, v. 20, p. 326-339, 2007.
- BLANC, J.M. Paternal variation in juvenile survival and growth of the triploid hybrid between female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) and male brown trout (*Salmo trutta* L.). **Aquaculture Research**, v. 34, p. 205-210, 2003.
- BLANC, J.M.; POISSON, H. Parental sources of variation in hatching and early survival rates of *Salmon trutta* x *Salvelinus fontinalis* hybrid. **Aquaculture**, v. 32, p. 115-122, 1983.
- BRADFORD, G.E. The role of maternal effects in animal breeding: VII. Maternal effects in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 35, n. 6, p. 1324-1334, 1972.
- BROWN, K.H.; LEE, R.W.; THORGAARD, G.H. Use of androgenesis for estimating maternal and mitochondrial genome effects on development and oxygen consumption in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 143, p. 415-421, 2006.
- DZYUBA, B.; LOOK, K.J.W.V.; CLIFFE, A.; KOLDEWEY, H.J.; HOLT, W.V. Effect of parental age and associated size on fecundity, growth and survival in the yellow seahorse *Hippocampus kuda*. **The Journal of Experimental Biology**, v. 209, p. 3055-3061, 2006.
- ESTAY, F.; VERGARA, C.; DIAZ, N.F. Reproductive performance of cultured Atlantic salmon *Salmo salar* L. 1758 in Chile. **Aquaculture Research**, v. 30, p. 759-764, 1999.
- FOX, C.W.; BUSH, M.L.; WALLIN, W.G. Maternal age affects offspring lifespan of the seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. **Functional Ecology**, v. 17, p. 811-820, 2003.
- GARAMSZEGI, L.Z.; BIARD, C.; EENS, M.; MOLLER, A.P.; SAINO, N.; SURAI, P. Maternal effects and the evolution of brain size in birds: Overlooked developmental constraints. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 31, n.4, p. 498-515, 2007.

GILE, S.R.; FERGUNSON, M.M. Factors affecting male potency in pooled gamete crosses of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 42, n. 3, p. 267-275, 1995.

GILBERT, L.; BULMER, E.; ARNOLD, K.E.; GRAVES, J.A. Yolk androgens and embryo sex: Maternal effects or confounding factors? **Hormone and Behavior**, v. 51, p. 231-238, 2007.

HIENDLEDER, S.; WOLF, E. The mitochondrial genome in embryo technologies. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 38, p. 290-304, 2003.

HIGASHITANI, T.; TAKATSU, T.; NAKAYA, M.; JOH, M.; TAKAHASHI, T. Maternal effects and larval survival of marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae*. **Journal of Sea Research**, v. 58, n. 1, p. 78-89, 2007.

HOHENBOKEN, W.D. Maternal effects. In: CHAPMAN, A.B. **General and quantitative genetics**. Wisconsin: University of Wisconsin, 1984. cap.7, v. A4, p. 135-147.

HUANG, W.B.; CHIU, T.S.; SHIH, C.T. Effects of maternal conditions on early life history traits of black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 15, p. 87-92, 1999.

KAMLER, E. Parent-egg-progeny relationships in teleost fishes: an energetics perspective: reviews. **Fish Biology and Fisheries**, v. 15, p. 399-421, 2005.

KJORSVIK, E.; MANGOR-JENSEN, A.Ç HOLMEFJORD, I. Egg quality in fishes. *Advances in Marine Biology*, v. 26, p. 71-113, 1990.

KYNEB, A.; TOFT, S. Effects of maternal diet quality on offspring performance in the rove beetle *Tachyporus hypnorum*. **Ecological Entomology**, v. 31, p. 322-330, 2006.

LAMONTAGNE, J.M.; MCCAULEY, E. Maternal effects in daphnia: what mothers are telling their offspring and do they listen? **Ecology Letters**, v. 4, p. 64-71, 2001.

LAUGEN, A. T.; LAURILA, A.; MERILA, J. Maternal and genetic contributions to geographical variation in *Rana temporaria* larval life-history traits. **Biological Journal of The Linnean Society**, v. 76, p. 61-70, 2002.

LEVITAN, D.R. Effects of gamete traits on fertilization in the sea and the evolution of sexual dimorphism. **Nature**, n. 382, p. 153-155, 1991.

MARIA, A.N. **Diluidores e crioprotetores no resfriamento e congelamento do sêmen de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*)**. 2005. 71p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARSHALL, D.J.; STYAN, C.A.; KEOUGH, M.J. Sperm environment affects offspring quality in broadcast spawning marine invertebrates. **Ecology Letters**, v. 5, p. 173-176, 2002.

MARTEINSDOTTIR, G.; STEINARSSON, A. Maternal influence on the size and viability of Iceland cod *Gadus morhua* eggs and larvae. **Journal of Fish Biology**, v. 52, p. 1241-1258, 1998.

MILLER, G.E. Asymptotic test statistic for coefficients of variation. *Communications in Statistics. Theory and Methods*, New York, v. 20, n. 10, p. 3351-3362, 1991.

NINHAUS-SILVEIRA, A.; FORESTI, F.; AZEVEDO, A. Structural and ultrastructural analysis of embryonic development of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme; Prochilodontidae). **Zygote**, v. 14, p. 217-229, 2006.

ORFÃO, L.H. **Resfriamento e criopreservação de sêmen de curimba *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2006. 86p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PATTON, S.J.; KANE, S.L.; WHEELER, P.A.; THORGAARD, G.H. Maternal and paternal influence on early embryonic survival of androgenetic rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Implications for measuring egg quality. **Aquaculture**, v. 263, p. 26-34, 2007.

PECHENIK, J.A.; WENDT, D.E.; JARRET, J.N. Metamorphosis is not a new beginning: Larval experience influences juvenile performance. **Bioscience**, v. 48, p. 901-910, 1998.

RIDEOUT, R.M.; TRIPPEL, E.A.; LITVAK, M.K. Paternal effects on haddock early life history traits. **Journal of Fish Biology**, v. 64, p. 695-701, 2004.

ROYLE, N. J.; SURAI, P. F.; HARTLEY, I. F. The effect of variation in dietary intake on maternal deposition of antioxidants in zebra finch eggs. **Functional Ecology**, v. 17, p. 472-481, 2003.

SAILLANT, E.; CHATAIN, B.; FOSTIER, A.; PRZYBYLA, C.; FAUVEL, C. Parental influence on early development in the *European sea bass*. **Journal of Fish Biology**, v. 58, p. 1585-1600, 2001.

SAINO, N.; DALL'ARA, P.; MARTINELLI, R.; MOLLER, A.P. Early maternal effects and antibacterial immune factors in the eggs, nestlings and adults of the barn swallow. **Journal Evolutionary Biology**, v. 15, p. 735-743, 2002.

SCUCUGLIA, R. **A Polêmica definição de qualidade**. 2001. Disponível em: <[http://www.gaussconsulting.com.br/artigos\\_atualizados/a\\_polemica\\_definicao\\_de\\_qualidade.pdf](http://www.gaussconsulting.com.br/artigos_atualizados/a_polemica_definicao_de_qualidade.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2008.

SHIELDS, R.J.; BROWN, N.P.; BROMAGE, N.R. Blastomere morphology as a predictive measure of fish egg viability. **Aquaculture**, v. 155, p. 1-12, 1997.

VASSALLO-AGIUS, R.; WATANABE, T.; IMAIZUMI, H.; YAMAZAKI, T. Spawning performance of yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed dry pellets containing paprika and squid meal. **Fisheries Science**, v. 68, p. 230-232, 2002.

VASSALLO-AGIUS, R.; WATANABE, T.; IMAIZUMI, H.; YAMAZAKI, T.; SATOH, S.; KIRON, V. Effects of dry pellets containing astaxanthin and squid meal on the spawning performance of striped jack *Pseudocaranx dentex*. **Fisheries Science**, v. 67, p. 667-674, 2001.

WAINHOUSE, D.; ASHBURNER, R.; BOSWELL, R. Reproductive development and maternal effects in the pine weevil *Hylobius abietis*. **Ecological Entomology**, v. 26, p. 655-661, 2001.

WEIGENSBERG, I.; CARRIÈRE, Y.; ROFF, D.A. Effects of male genetic contribution and paternal investment to egg and hatchling size in the cricket, *Gryllus firmus*. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 11, p. 135-146, 1998.

### **CAPÍTULO III**

#### **EFEITO MATERNO E PATERNO NO DESEMPENHO DE LARVAS, PÓS-LARVAS E ALEVINOS DE CURIMBATÁ *Prochilodus lineatus***

## 1 RESUMO

ALLAMAN, Ivan Bezerra. Efeito materno e paterno sobre no desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos de curimbatá *Prochilodus lineatus*. In: \_\_\_\_\_. **Efeito materno e paterno em curimbatá *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2008. Cap. 3, p. 56-79. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito materno e paterno no desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos, com 33 e 63 dias de idade, de curimbatá *Prochilodus lineatus*. O experimento foi conduzido na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas, município de São José da Barra, MG. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um esquema factorial cruzado 5x5 (5 fêmeas e 5 machos), formando, desse modo, 25 famílias. Utilizou-se análise de variâncias para avaliar os componentes de variâncias materno e paterno. Para as variáveis relacionadas às larvas encontraram-se as seguintes contribuições relativas em relação à variação total: diâmetro do saco vitelínico – mãe = 50,88% e pai = 50,70%; comprimento total - mãe = 50,87% e pai = 50,76%. Em pós-larvas, estas contribuições foram: peso – mãe = 50,42% e pai = 49,80%; comprimento total – mãe = 50,87% e pai = 50,83%; comprimento padrão – mãe = 50,88% e pai = 50,83%. Para alevinos com 33 dias de idade, obtiveram-se: peso – mãe = 22,49% e pai = 26,27%; comprimento total – mãe = 45,52% e pai = 46,16%; comprimento padrão – mãe = 45,42% e pai = 46,15%. Em alevinos com 63 dias de idade, estas contribuições foram de: peso - mãe = 46,54% e pai = 46,99%; comprimento total – mãe = 45,70% e pai = 46,32%; comprimento padrão – mãe = 45,68% e pai = 46,33%. Conclui-se que a mãe tem, porcentualmente, maior influência nas fases iniciais de desenvolvimento, neste caso larvas e pós-larvas e que, a partir dos 33 dias de idade, os pais passam a contribuir semelhantemente para a variação total das características em estudo, devido, provavelmente, à ausência do efeito materno.

---

\* Comitê Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Orientador), Ana Tereza Mendonça de Viveiros – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (co-orientadoras)

## 2 ABSTRACT

ALLAMAN, Ivan Bezerra. Maternal and paternal effects in the performance of larval, post larval and fingerlings of curimbatá *Prochilodus lineatus*. In: \_\_\_\_\_. **Maternal and paternal effects in curimbatá *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2008. Cap.2, p. 56-79. MSc Thesis (Animal Production) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

The objective of this study was evaluate the fatherly and motherly effect in the performance of larval and post-larval and alevines with 33 and 63 days of age of the curimbatá *Prochilodus lineatus*. The experience was conduced in the hydrobiology station and psciculture of Furnas, in São José da Barra country – MG. The experimental outlining was completely randomly in a factorial crossed design 5x5 (5 females and 5 males) forming, this way, 25 families. There were utilized an analysis of variance to evaluate the variance components from the fatherly and motherly. To the variance of larvae, was found the following contribution, relative to the total variation: diameter of the yolk-sac – mother = 50.88% and father = 50.70%; total length – mother = 50.87% and father = 50.76%. In post-larvae, these contributions were: weight-mother = 50.42% and father = 49.80%; total length – mother = 50.87% and father = 50.83%; the pattern length – mother = 50.88% and father = 50.83%. To the alevine with 33 days of age we have the weight of the mother = 22.49% and the father = 26.27%; total length – mother = 45.52% and the father = 46.16%; pattern length – mother = 45.42% and the father = 46.15%. In the alevines with 63 days of age, these contributions were of: weight – mother = 46.54% and the father = 46.99%; total length – mother = 45.70% and father = 46.32%; pattern length – mother = 45.68% and father = 46.33%. We can to conclude that the mother has perceptually greater influence in the initial stages of the development, in the case, the larvae and post-larvae, and starting from 33 days of age the parents starts to contribute to the total variation of the characteristics in study, due of, probably the absence of the motherly effect.

---

\* Guidance Committee: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Supervisor), Ana Tereza Mendonça de Viveiros – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA (co-supervisors)

### 3 INTRODUÇÃO

O curimatá pertence ao gênero *Prochilodus*, que tem ampla distribuição na América do Sul (Leccia, 1972) e que foi descrita por tribos indígenas da tribo Mundurucu, na linguagem tupi Kurumutã, como curimatã-á. A espécie *Prochilodus lineatus* possui vários nomes em diversas regiões do Brasil, como grumatã, na região Sul, curimatá, no Nordeste e curimatá, no Amazonas.

O efeito materno é definido perfeitamente, por Hohenboken (1985), como uma contribuição, influência ou impacto sobre o fenótipo de um indivíduo, atribuível pelo fenótipo da mãe, o qual pode ter causas genéticas ou ambientais (Bradford, 1972).

Os efeitos parentais podem interferir temporaria ou definitivamente no desenvolvimento do indivíduo, dependendo da qualidade do ovo, que pode ser afetada por diversos fatores, como idade da fêmea, quantidade e qualidade da dieta. Estes fatores podem desencadear um desequilíbrio no metabolismo, prejudicando, desse modo, a secreção de fatores imunes, andrógenos e antioxidantes, e influenciar diretamente no volume e no tamanho do ovo, já que estão correlacionados positivamente com o tamanho das fêmeas, afetando significativamente o desempenho e a sobrevivência das larvas e pós-larvas (Marteinsdottir & Steinarsson 1998; Dzyuba et al. 2006; Lamontagne & Mccauley 2001; Kyneb & Toft 2006; Saino et al. 2002; Garamszegi et al. 2007; Huang et al. 1999; Laugen et al. 2002; Higashitani et al. 2007; Pechenik et al. 1998; Wainhouse et al. 2001).

Gagliano & McCormik (2007) encontraram contribuição significativa de fêmeas de peixes que tiveram acesso à alimentação de melhor qualidade sobre o tamanho do saco vitelínico ( $p < 0,001$ ) e o tamanho do glóbulo do óleo ( $p < 0,05$ ) de proles da espécie *Pomacentrus amboinensis*.

Gile & Ferguson (1995) encontraram variação significativa de 10,6% das taxas de sobrevivência entre duas famílias paternas ( $P < 0,01$ ) de truta arco-íris. Os autores atribuíram a variação na sobrevivência das quatro famílias estudadas à diferença na viabilidade dos óvulos produzidos pelas fêmeas e sugeriram que a influência materna é de maior relevância, pela qualidade dos ovos produzidos.

Portanto, no intuito de fornecer informações importantes para a conservação e o desenvolvimento das espécies destinadas à produção comercial, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito materno e paterno no desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos de curimatá.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local

O experimento foi realizado na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da empresa Furnas Centrais Elétricas S.A., no estado de Minas Gerais, distrito de Furnas, em São José da Barra, entre os meses de janeiro a fevereiro de 2007. O município localiza-se geograficamente a 20°43' de latitude Sul e 46°18' de longitude Oeste.

### 4.2 Material biológico

Foram utilizados cinco reprodutores de curimbatá (*Prochilodus lineatus*) da Estação de Piscicultura da Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), que foram capturados com rede de arrasto em viveiros de terra e, posteriormente, selecionados por meio da visualização fenotípica, quando apresentavam a papila urogenital hiperêmica e liberação de sêmen por meio da massagem na cavidade celomática. Após este procedimento, os animais foram pesados e submetidos à indução espermiática com extrato bruto de pituitária de carpa (EBPC) em uma dosagem única de 0,5 mg de EBPC por quilograma de peixe vivo, 12 horas antes da espermição. Na coleta do sêmen, foram respeitadas todas as normas de higienização para que fosse evitada a contaminação com sangue e excretas. O sêmen coletado em um tubo de ensaio graduado foi congelado em glicose com metilglicol, segundo o protocolo estabelecido por Orfão (2006), para posterior utilização na fertilização.

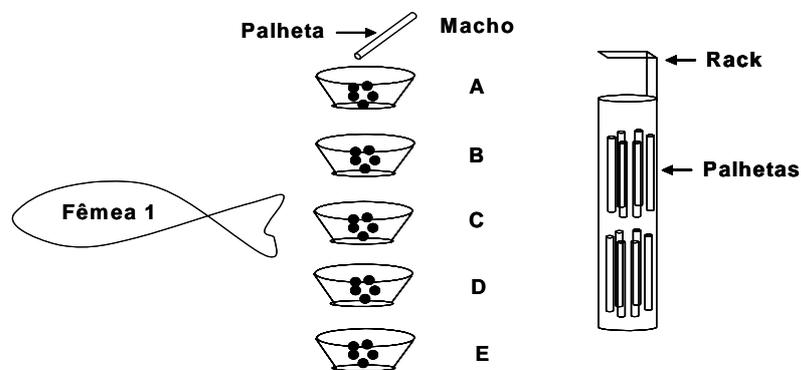
É importante ressaltar a importância do congelamento do sêmen para este tipo de pesquisa, pois, no momento da fertilização, é necessário que os espermatozoides dos machos já estejam pré-disponíveis, uma vez que os ovócitos das fêmeas têm duração média de 20 minutos após a extrusão e desidratariam até a coleta do sêmen fresco. Isso, certamente, prejudicaria as

taxas de fertilização das primeiras fêmeas, que teriam que esperar o sêmen dos últimos machos.

As cinco matrizes de curimatá utilizadas eram provenientes do local onde ocorreu o experimento, ou seja, da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Furnas. As fêmeas que estavam sendo mantidas em viveiros de terra foram selecionadas por meio da visualização fenotípica, quando apresentavam a cavidade celomática distendida, volumosa e macio ao toque, geralmente com papila urogenital proeminente e rosada. Após a seleção, as mesmas foram mantidas em “raceways” para aclimação com fluxo de água contínuo. Os peixes foram pesados e, então, induzidos à desova com extrato bruto de pituitária de carpa (EBPC) em duas dosagens: a primeira aplicada 24 horas (0,5 mg de EBPC por quilograma de peso corporal) e a segunda 12 horas antes da desova, sendo esta última dosagem aplicada na proporção de 5 mg de EBPC por quilograma de peso corporal. O produto da desova de cada fêmea foi coletado em um béquer graduado e pesado em balança com precisão de 0,01 g.

#### **4.3 Fertilização, incubação do ovos e avaliação da característica da água**

Uma amostra da desova de cada fêmea foi coletada em um recipiente de plástico, dividida em cinco partes semelhantes e pesada em balança digital semi-analítica com precisão de 0,001 g ( $\approx$  0,5 g de ovócitos) para serem fertilizados com sêmen de cada macho que estava armazenado em palhetas de 0,5 ml, segundo a Figura 1.



**FIGURA 1.** Esquema de fertilização.

As 25 famílias geradas após a fertilização foram colocadas dentro de uma mini-incubadora identificada e distribuída aleatoriamente dentro de um tanque de concreto azulejado, com troca de água contínua e constante.

Durante os dias de avaliação, foram mensurados alguns parâmetros da água, como temperatura ( $24,82 \pm 0,1$ ), pH ( $6,95 \pm 0,05$ ), oxigênio dissolvido ( $5,87 \pm 0,09$ ) e condutividade elétrica ( $27,47$ ).

#### 4.4 Avaliação dos parâmetros reprodutivos

##### 4.4.1 Fêmeas

**Peso vivo:** as fêmeas foram pesadas, antes da indução hormonal, em uma balança digital regulada para quilogramas.

**Diâmetro dos ovócitos:** após a pesagem e a contagem dos ovócitos, a média proveniente de uma amostra de 10 ovócitos por fêmea foi aferida, em milímetros, em um estereomicroscópio.

##### 4.4.2 Machos

**Peso vivo:** os machos foram pesados em balança digital antes que se fizesse a indução com hormônio e a unidade foi expressa em quilogramas.

**Concentração:** foi estimada com uma câmara hematómica tipo Neubauer “Improved”.

A média e o coeficiente de variação das características reprodutivas dos reprodutores são apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1.** Média e coeficientes de variação (CV) de características reprodutivas de fêmeas e machos de curimatá *Prochilodus lineatus*.

Variável <sup>1</sup>	Fêmeas			Variável <sup>2</sup>	Machos		
	N	Média	CV		N	Média	CV
PC (kg)	5	2,05	35,39%	PC (kg)	5	0,84	15,97%
DO (mm)	5	0,68	3,68%	CE (*10 <sup>9</sup> )	5	5,39	16,05%

<sup>1</sup>Característica reprodutiva de fêmea: PC – peso vivo; DO – diâmetro do ovócito;

<sup>2</sup>Característica reprodutiva de macho: PC – peso vivo; CE – concentração espermática.

#### 4.5 Avaliação das larvas, pós-larvas e alevinos

Após a eclosão, esperou-se um tempo de 2 horas para amostragem das larvas, para que a realização da aferição das características de desempenho e desenvolvimento em um estereomicroscópio, com o auxílio de uma ocular micrométrica. Amostraram-se, aleatoriamente, 4 larvas por família com um minipuçá. As características avaliadas foram:

**Diâmetro do saco vitelínico:** compreende o diâmetro maior do saco vitelínico, considerando que o mesmo assemelha-se a uma elipse. A unidade usada foi milímetros.

**Comprimento total:** compreende da extremidade anterior da cabeça até o final da pré-cauda da larva, sendo a unidade expressa em milímetros.

**Relação diâmetro do saco vitelínico e comprimento larval:** este cálculo foi feito por meio da divisão do diâmetro maior do saco vitelínico pelo comprimento total da larva.

O período de pós-larva compreendeu desde a absorção do saco vitelínico até o alcance de peso de 1g. Amostraram-se, aleatoriamente, 5 pós-larvas por família, após 2 horas da absorção do saco vitelínico com uma mini-peneira. As

aferições foram avaliadas em estereomicroscópio, com o auxílio de uma ocular micrométrica. Avaliaram-se os seguintes parâmetros:

**Peso vivo:** foi utilizada uma balança analítica e a medida expressa em miligramas;

**Comprimento total:** da extremidade anterior da cabeça até o final da pré-cauda e o valor expresso em milímetros;

**Comprimento padrão:** da extremidade anterior da cabeça até o final da notocorda e o valor expresso em milímetros.

Após a aferição das pós-larvas, cada família foi transferida para um tanque de concreto de forma retangular, com medidas de 2x4x1 m, para acompanhamento das demais fases. As mesmas medidas utilizadas na fase pós-larval foram utilizadas para os alevinos.

#### **4.6 Análise estatística**

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x5, sendo 5 fêmeas e 5 machos, totalizando 25 famílias. Todas as variáveis foram testadas para a verificação de homocedasticidade de variâncias, pelo teste de Levene, para a análise de variâncias (ANOVA). Para as correlações entre os parâmetros reprodutivos com os parâmetros de desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos, assim como para as correlações entre os parâmetros das progênes, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados. Utilizou-se a correlação linear de Pearson entre as variáveis reprodutivas. O modelo estatístico para análise de variância, assim como os respectivos componentes de variância, seguiu o modelo descrito por Becker (1984), apresentado na Tabela 2. Os efeitos de pai e mãe foram utilizados como efeito aleatório.

Foram coletados 5 indivíduos de cada família, desde larvas até os 63 dias de idade. Como cada família foi considerada como unidade experimental, a

interação e o erro se tornaram fatores de confundimento, sendo, desse modo, as duas fontes de variação consideradas como erro experimental. O pacote estatístico utilizado para análise dos dados foi o Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows 15.0, e a estimação dos componentes da variância pelo método MINQUE (estimador quadrático não viesado de norma mínima).

Para a estimação dos componentes da variância dos alevinos com 33 e 63 dias de idades, foi incluída, no modelo estatístico, a densidade (P) dos animais como covariável, de modo que esta fonte de variação não influenciasse nos resultados.

Para a comparação dos componentes da variância das fontes de variação foi estimada a participação porcentual da variância da mãe, do pai e do erro em relação à variância total ou à soma dos componentes da variância.

**TABELA 2.** Delineamento experimental para estimação dos componentes de variância de pai e mãe, sendo FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade e E(QM) = esperança dos quadrados médios.

<b>Modelo</b>	<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>E(Q.M)*</b>
$^1 Y_{ij} = \mu + S_i + D_j + e_{ij}$	S: pai	I-1	$JK\sigma_S^2 + \sigma_e^2$
$^2 Y_{ij} = \mu + S_i + D_j + \beta(P_{ij} + \overline{P_{...}}) + e_{ij}$	D: mãe	J-1	$IK\sigma_D^2 + \sigma_e^2$
	e: erro	(I-1)(J-1)	$\sigma_e^2$

<sup>1</sup>modelo estatístico utilizado para larvas e pós-larvas;

<sup>2</sup>modelo estatístico utilizado para alevinos com 33 e 63 dias de idade, em que:  $\beta$  é o coeficiente de regressão linear entre a variável resposta e a covariável,  $P_{ij}$  é o valor da variável de densidade associada ao indivíduo  $Y_{ij}$  e  $\overline{P_{...}}$  é a média geral da variável de densidade no experimento.

\*  $\sigma_S^2$  = variância de pai;  $\sigma_D^2$  = variância de mãe;  $\sigma_e^2$  = variância do erro

Fonte: Adaptado de Blanc (2003).

## 5 RESULTADOS

### 5.2 Análise inferencial dos dados

A média total e os coeficientes de variação dentro e entre famílias, para as características de crescimento em todas as fase de avaliação, encontram-se na Tabela 3.

**TABELA 3.** Média total e coeficientes de variação, entre (CVE) e dentro (CVD) de famílias, de características de crescimento para curimatá *Prochilodus lineatus* nas fases de larva, pós-larva e alevinos com 33 e 63 dias de idade.

Variáveis	Média ( $\pm$ EP)	CV <sub>E</sub> (%)	CV <sub>D</sub> (%)
Larvas			
Diâmetro médio saco vitelínico (mm)	0,94( $\pm$ 0,01)	4,20	4,24
Comprimento total (mm)	2,45( $\pm$ 0,01)	3,61	2,80
Pós-larvas			
Peso (mg)	1,65( $\pm$ 0,03)	11,20	10,73
Comprimento total (mm)	3,27( $\pm$ 0,01)	2,62	2,30
Comprimento padrão (mm)	3,11( $\pm$ 0,01)	2,94	2,54
Alevinos com 33 dias de idade			
Peso (g)	2,16( $\pm$ 0,19)	62,50	64,07
Comprimento total (mm)	49,27( $\pm$ 1,37)	19,52	19,74
Comprimento padrão (mm)	36,27( $\pm$ 1,01)	19,86	19,66
Alevinos com 63 dias de idade			
Peso (g)	11,57( $\pm$ 1,01)	62,42	61,05
Comprimento total (mm)	86,27( $\pm$ 2,18)	17,37	18,33
Comprimento padrão (mm)	66,47( $\pm$ 1,67)	17,49	18,04

Dentre as características apresentadas na Tabela 4, nenhum parâmetro reprodutivo de fêmeas e machos correlacionou-se significativamente ( $p > 0,05$ ) com os parâmetros avaliados em larvas, pós-larvas e alevinos de 33 e 63 dias de idade.

**TABELA 4.** Correlação entre características reprodutivas de fêmeas, larvas, pós-larvas e alevinos de 33 a 63 dias de idade, de curimbatá *Prochilodus lineatus*.

Variáveis	Fêmeas		Machos	
	PC (kg)	DO (mm)	PC (kg)	CE (esptz*10 <sup>9</sup> )
Larvas				
Diâmetro médio saco vitelínico (mm)	-0,5013	-0,5718	0,2092	-0,0718
Comprimento total (mm)	-0,7616	-0,3898	-0,0884	-0,5303
Pós-larvas				
Peso (mg)	-0,8058	0,0854	0,6446	0,5955
Comprimento total (mm)	-0,528	-0,4355	-0,5768	-0,623
Comprimento padrão (mm)	-0,4402	-0,3734	-0,4815	-0,6797
Alevinos com 33 dias de idade				
Peso (mg)	-0,1654	-0,5839	-0,5737	-0,1707
Comprimento total (mm)	0,1821	-0,0202	-0,5477	-0,3133
Comprimento padrão (mm)	0,2707	-0,0706	-0,5548	-0,2685
Alevinos com 63 dias de idade				
Arcotangente peso (mg)	0,2962	-0,7529	-0,8244	0,3427
Comprimento total (mm)	0,5157	0,394	-0,8717	-0,0144
Comprimento padrão (mm)	0,7256	0,5846	-0,8694	0,0457

Na Tabela 5 observa-se a correlação entre as características de larvas com as características mensurados em sua fase a posteriori (pós-larvas e alevinos). Verifica-se, pelos dados desta Tabela, que houve correlação positiva e significativa apenas com as características avaliados em pós-larvas ( $r_{\text{DMSV-PPL}} = 0,494$ ;  $p < 0,05$ ;  $r_{\text{DMSV-CTPL}} = 0,424$ ;  $p < 0,05$ ;  $r_{\text{DMSV-CPPL}} = 0,407$ ;  $p < 0,05$ ;  $r_{\text{CT-PPL}} = 0,523$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{\text{CT-CTPL}} = 0,478$ ;  $p < 0,05$ ;  $r_{\text{CT-CPPL}} = 0,468$ ). As características

avaliadas nos alevinos com 33 dias de idade correlacionaram-se positiva e significativamente com as variáveis mensuradas aos 63 dias de idade ( $r_{P33-CT63} = 0,754$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{P33-CP63} = 0,742$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{P33-ARTANP63} = 0,773$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CT33-CT63} = 0,773$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CT33-CP63} = 0,761$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CT33-ARTANP63} = 0,777$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CP33-CT63} = 0,772$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CP33-CP63} = 0,760$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CP33-ARTANP63} = 0,751$ ;  $p < 0,01$ ). As correlações significativas entre os parâmetros avaliados dentro de cada categoria (larvas, pós-larvas e alevinos) foram: larvas ( $r_{DMSV-CT} = 0,784$ ;  $p < 0,01$ ); pós-larvas ( $r_{CTPL-CPPL} = 0,969$ ;  $p < 0,01$ ); alevinos com 33 dias de idade ( $r_{P33-CT33} = 0,985$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{P33-CP33} = 0,978$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CT33-CP33} = 0,993$ ;  $p < 0,01$ ) e alevinos com 63 dias de idade ( $r_{CT63-CP63} = 0,996$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CT63-ARTANP63} = 0,916$ ;  $p < 0,01$ ;  $r_{CP63-ARTANP63} = 0,920$ ;  $p < 0,01$ ).

**TABELA 5.** Correlação entre características de larvas, pós-larvas e alevinos de 33 a 63 dias de idade, de curimatá *Prochilodus lineatus*.

Variáveis <sup>1</sup>	Larvas		Pós-larvas			Alevinos com 33 dias de idade			Alevinos com 63 dias de idade	
	DMSV	CT	PPL	CTPL	CPPL	P33	CT33	CP33	CT63	CP63
CT	0,784**	1	-	-	-	-	-	-	-	-
PPL	0,494*	0,522**	1	-	-	-	-	-	-	-
CTPL	0,424*	0,477*	0,223	1	-	-	-	-	-	-
CPPL	0,406*	0,468*	0,157	0,969**	1	-	-	-	-	-
P33	-0,221	-0,146	-0,091	-0,089	-0,082	1	-	-	-	-
CT33	-0,217	-0,203	-0,076	-0,057	-0,061	0,985**	1	-	-	-
CP33	-0,184	-0,164	-0,073	-0,045	-0,050	0,977**	0,992**	1	-	-
CT63	-0,266	-0,368	-0,222	-0,195	-0,149	0,754**	0,772**	0,772**	1	-
CP63	-0,253	-0,367	-0,230	-0,187	-0,138	0,742**	0,761**	0,760**	0,996**	1
ARTANP63	-0,288	-0,333	-0,220	-0,269	-0,197	0,772**	0,777**	0,751**	0,915**	0,919**

<sup>1</sup>DMSV – diâmetro médio do saco vitelínico (mm); CT – comprimento total (mm); PPL – peso da pós-larva (mg); CTPL – comprimento total da pós-larva (mm); CPPL – comprimento padrão da pós-larva (mm); P33 – peso, aos 33 dias de idade (g); CT – comprimento total, aos 33 dias de idade (mm); CP – comprimento padrão aos 33 dias de idade (mm); CT63 – comprimento total, aos 63 dias de idade (mm); CP63 – comprimento padrão, aos 63 dias de idade (mm); ARTANP63 – arcotangente do peso, aos 63 dias de idade.

**TABELA 6.** Tabela resumida da ANOVA e a contribuição relativa da influência maternal, paternal e da interação sobre as variáveis de larvas e pós-larvas, em curimatá *Prochilodus lineatus*.

Fontes	gl.	QM	Sig.	Variância	Contribuição relativa (%)
Larvas					
<i>Diâmetro saco vitelínico</i>					
Mãe	4	0,005	0,002	0,289	50,88%
Pai	4	0,002	0,092	0,288	50,70%
Erro	16	0,001		-0,009	-1,58%
<i>Comprimento total</i>					
Mãe	4	0,024	0,005	1,945	50,87%
Pai	4	0,005	0,382	1,940	50,76%
Erro	16	0,004		-0,063	-1,64%
Pós-larvas					
<i>Peso</i>					
Mãe	4	0,078	0,053	0,904	50,42%
Pai	4	0,022	0,531	0,893	49,80%
Erro	16	0,027		-0,004	-0,22%
<i>Comprimento total</i>					
Mãe	4	0,023	0,002	3,478	50,87%
Pai	4	0,008	0,080	3,475	50,83%
Erro	16	0,003		-0,117	-1,70%
<i>Comprimento padrão</i>					
Mãe	4	0,027	0,000	3,135	50,88%
Pai	4	0,013	0,008	3,132	50,83%
Erro	16	0,003		-0,105	-1,70%

Durante a fase de larvas e pós-larvas, a mãe teve um índice de contribuição um pouco maior em todas as variáveis analisadas (em larvas: diâmetro do saco vitelínico = 50,88%; comprimento total = 50,87% e em pós-larvas: peso = 50,42%; comprimento total = 50,87% comprimento padrão = 50,88%). Já na categoria de alevinos com 33 e 63 dias de idade, o índice de

contribuição do pai foi um pouco maior para variação total das características, quando comparado ao das mães (em alevinos com 33 dias de idade: peso = 26,27%; comprimento total = 46,16%; comprimento padrão = 46,15% e alevinos com 63 dias de idade: peso = 46,99%; comprimento total = 46,42%; comprimento padrão = 46,33%). Nas Tabelas 6 e 7 mostram-se, com detalhe, as contribuições relativas parentais para larvas e pós-larvas e para alevinos com 33 e 63 dias de idade.

**TABELA 7.** Tabela resumida da ANOVA e a contribuição relativa da influência maternal, paternal e da interação sobre as variáveis transformadas pela função logarítmica para alevinos de 33 dias e pela função arcotangente para 63 dias de idades, em curimatá *Prochilodus lineatus*.

Fontes	gl.	QM	Sig.	Variância	Contribuição relativa (%)
Alevinos 33 dias de idade					
<i>Ln do peso</i>					
Mãe	4	0,058	0,952	0,169	22,49%
Pai	4	0,133	0,819	0,198	26,27%
Densidade	1	1,823	0,038	-	-
Erro	15	0,350		0,385	51,24%
<i>Ln do comprimento total</i>					
Mãe	4	0,007	0,940	2,521	45,52%
Pai	4	0,012	0,863	2,557	46,16%
Densidade	1	0,218	0,032	-	-
Erro	15	0,039		0,461	8,32%
<i>Ln do comprimento padrão</i>					
Mãe	4	0,005	0,971	2,150	45,42%
Pai	4	0,013	0,857	2,185	46,15%
Densidade	1	0,210	0,035	-	-
Erro	15	0,039		0,399	8,43%
Alevinos 63 dias de idade					
<i>Arco tangente peso</i>					
Mãe	4	0,001	0,664	0,395	46,54%
Continuação...					

Pai	4	0,001	0,392	0,399	46,99%
Densidade	1	0,032	0,000	-	-
Erro	15	0,001		0,055	6,47%
<i>Comprimento total</i>					
Mãe	4	5,367	0,991	2148,500	45,70%
Pai	4	55,165	0,612	2178,000	46,32%
Densidade	1	3794,135	0,000	-	-
Continuação...					
Erro	15	80,254		375,190	7,98%
<i>Comprimento padrão</i>					
Mãe	4	4,611	0,982	1280,800	45,68%
Pai	4	32,318	0,619	1299,100	46,33%
Densidade	1	2309,666	0,000	-	-
Erro	15	47,789		224,110	7,99%

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Larvas e pós-larvas

Nestas fases, observou-se maior contribuição relativa da mãe, devido à qualidade do ovo, que é afetada por fatores como idade, quantidade e qualidade da dieta e por fatores imunes, andrógenos e antioxidantes que influenciam diretamente o volume e o tamanho do ovo, afetando, desse modo, o desempenho de larvas e de pós-larvas (Marteinsdottir & Steinarsson 1998; Dzyuba et al. 2006; Lamontagne & Mcclauley 2001; Kyneb & Toft 2006; Saino et al. 2002; Biard et al. 2006; Garamszegi et al. 2007; Cavalli et al. 2002; Huang et al. 1999; Pechenik et al. 1998; Wainhouse et al. 2001; Bang et al. 2006).

A influência da mãe não foi muito expressiva em relação aos machos, devido à pequena variação no tamanho dos ovócitos entre as fêmeas, uma vez que o tamanho do ovo influencia fortemente o desempenho das proles (Dziminski & Roberts 2006).

As altas correlações entre larvas e pós-larvas demonstra que o desempenho das pós-larvas ainda está na dependência da qualidade do nutriente

presente no saco vitelínico da larva, uma vez que o vitelo é fonte de reserva importante em períodos de escassez de alimento (Atencio-García et al. 2003).

## **6.2 Alevinos com 33 e 63 dias de idade**

O uso da densidade como covariável foi extremamente importante na predição dos dados e a sua não inclusão poderia levar a conclusões errôneas, uma vez que densidades diferentes alteram o desempenho dos animais (Koberstein & Durigan 2001; Luz & Zaniboni Filho, 2002).

As contribuições porcentuais materna e paterna para os alevinos com 33 e 63 dias de idade foram semelhantes em todas as características avaliadas. Provavelmente, os vestígios dos nutrientes contidos no saco vitelínico, que influenciavam as pós-larvas, não influenciam mais nestas idades, prevalecendo a expressão genética do indivíduo advindo da contribuição genética dos pais. Isso demonstra que o efeito materno não contribui mais para a variação total das características peso, comprimento total e comprimento padrão dos alevinos (Rideout et al. 2004; Bang et al. 2006; Weigensberg et al. 1998; Alcapán et al. 2007).

A baixa intensidade das correlações de características das larvas com as características avaliadas nos alevinos com 33 e 63 dias de idade e a alta intensidade da associação entre as características dos alevinos reforçam as discussões anteriores.

Para inferir se estas correlações poderiam ser utilizadas como critério de seleção, seriam necessárias as correlações genéticas, como demonstraram os trabalhos de Doupé & Lymbary (2005) ao indentificarem altas correlações entre características mensuradas aos 6 e 18 meses de idade em peixes da espécie *Acanthopagrus butcheri*.

A avaliação dos componentes genéticos também é importante para observar se os fatores genéticos não aditivos contribuem de forma expressiva

para variação total da característica nestas idades. Isso porque alguns trabalhos mostram que estes efeitos são maiores do que os genéticos aditivos nas idades iniciais (Wang et al. 2006; Blanc et al. 2005).

Em conclusão, o índice de contribuição materna foi maior do que a paterna para a variação total das características avaliadas em larvas e pós-larvas. Em alevinos com 33 e 63 dias de idade, a contribuição dos pais foi semelhante para variação total nas características peso, comprimento total e comprimento padrão.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCAPÁN, A.C.; NESPOLO, R.F.; TORO, J.E. Heritability of body size in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupé 1854): effects of environment and ageing. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 313-320, 2007.

ATENCIO-GARCÍA, V.; ZANIBONI-FILHO, E.; PARDO-CARRASCO, S.; ARIAS-CASTELLANOS, A. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 61-72, 2003.

BANG, A.; GRONKJAER, P.; CLEMMESSEN, C.; HOIE, H. Parental effects on early life history traits of Atlantic herring (*Clupea harengus* L.) larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 334, p. 51-63, 2006.

BECKER, W.A. **Manual of quantitative genetics**. Washington: Washington State University, 1984. 40 p.

BIARD, C.; SURAI, P.F.; MOLLER, A.P. An analysis of pre- and pos-hatching maternal effects mediated by carotenoids in the blue tits. **European Society for Evolutionary Biology**, v. 20, p. 326-339, 2006.

BLANC, J.M. Comparison of experimental designs for estimating quantitative genetic parameters in fish. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1099-1105, 2003.

BLANC, J.M.; VALÉE, F., MAUNAS, P.; FOURIOT, J.P. Maternal variation in juvenile survival and growth of triploid hybrids between female rainbow trout and male brown trout and brook charr. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 120-129, 2005.

BRADFORD, G.E. The role of maternal effects in animal breeding: VII. Maternal effects in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 35, n. 6, p. 1324-1334, 1972.

CAVALLI, R.O.; SORGELOOS, P. Lipídios, performance reprodutiva e qualidade da progênie de camarão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia, GO: ABRAq, 2002. 33 p.

DOUPÉ, R.G.; LYMBERY, A.J. Genetic covariation in production traits of sub-adult black bream *Acanthopagrus butcheri* after grow-out. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1128-1132, 2005.

DZIMINSKI, M.A.; ROBERTS, J.D. Fitness consequences of variable maternal provisioning in quacking frogs (*Crinia georgiana*). **Journal Evolutionary Biology**, v. 19, p. 144-155, 2006.

DZYUBA, B.; LOOK, K.J.W.V.; CLIFFE, A.; KOLDEWEY, H.J.; HOLT, W.V. Effect of parental age and associated size on fecundity, growth and survival in the yellow seahorse *Hippocampus kuda*. **The Journal of Experimental Biology**, v. 209, p. 3055-3061, 2006.

GAGLIANO, M.; MCCORMICK, M.I. Maternal condition influences phenotypic selection on offspring. **Journal of Animal Ecology**, v. 76, p. 174-182, 2007.

GARAMSZEGLI, L.Z.; BIARD, C.; EENS, M.; MOLLER, A.P.; SAINO, N.; SURAI, P. Maternal effects and the evolution of brain size in birds: Overlooked developmental constraints. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 31, n.4, p. 498-515, 2007.

GILE, S.R.; FERGUNSON, M.M. Factors affecting male potency in pooled gamete crosses of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 42, n. 3, p. 267-275, 1995.

HIGASHITANI, T.; TAKATSU, T.; NAKAYA, M.; JOH, M.; TAKAHASHI, T. Maternal effects and larval survival of marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae*. **Journal of Sea Research**, v. 58, n. 1, p. 78-89, 2007.

HOHENBOKEN, W.D. Maternal effects. In: CHAPMAN, A.B. **General and quantitative genetics**. Wisconsin: University of Wisconsin, 1984. cap.7, v. A4, p. 135-147.

HUANG, W.B.; CHIU, T.S.; SHIH, C.T. Effects of maternal conditions on early life history traits of black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 15, p. 87-92, 1999.

KOBERSTEIN, T.C.R.D.; DURIGAN, J.G. Produção de larvas de curimatá (*Prochilodus scrofa*) submetidos a diferentes densidades de estocagem e níveis de proteína bruta nas dietas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 123-127, 2001.

KYNEB, A.; TOFT, S. Effects of maternal diet quality on offspring performance in the rove beetle *Tachyporus hypnorum*. **Ecological Entomology**, v. 31, p. 322-330, 2006.

LAMONTAGNE, J.M.; MCCAULEY, E. Maternal effects in daphnia: what mothers are telling their offspring and do they listen? **Ecology letters**, v. 4, p. 64-71, 2001.

LAUGEN, A. T.; LAURILA, A.; MERILA, J. Maternal and genetic contributions to geographical variation in *Rana temporaria* larval life-history traits. **Biological Journal of The Linnean Society**, v. 76, p. 61-70, 2002.

LECCIA, M. F. Consideraciones sobre la sistemática de la familia Prochilodontidae (Osteichthyes, Cypriniformes), con una sinopsis de las especies de Venezuela. **Acta Biología Venezuela** v. 8, n. 1, p. 35-96, 1972.

LUZ, R.K.; ZANIBONI-FILHO, E. Larvicultura do Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 560-565, 2002.

MARTEINSDOTTIR, G.; STEINARSSON, A. Maternal influence on the size and viability of Iceland cod *Gadus morhua* eggs and larvae. **Journal of Fish Biology**, v. 52, p. 1241-1258, 1998.

ORFÃO, L.H. **Resfriamento e criopreservação de sêmen de curimba *Prochilodus lineatus* (VALENCIENNES, 1836)**. 2006. 86p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PECHENIK J.A.; WENDT, D.E., JARRET, J.N. Metamorphosis is not a new beginning: Larval experience influences juvenile performance. **Bioscience**, v. 48, p. 901-910, 1998.

RIDEOUT, R.M.; TRIPPEL, E.A.; LITVAK, M.K. Paternal effects on haddock early life history traits. **Journal of Fish Biology**, v. 64, p. 695-701, 2004.

SAINO, N.; DALL'ARA, P.; MARTINELLI, R.; MOLLER, A.P. Early maternal effects and antibacterial immune factors in the eggs, nestlings and adults of the barn swallow. **Journal Evolutionary Biology**, v. 15, p. 735-743, 2002.

WAINHOUSE, D.; ASHBURNER, R.; BOSWELL, R. Reproductive development and maternal effects in the pine weevil *Hylobius abietis*. **Ecological Entomology**, v. 26, p. 655-661, 2001.

WANG, C.H.; LI, S.F.; XIANG, S.P.; WANG, J.; LIU, Z.G.; PANG, Z.Y.; DUAN, J.P.; XU, Z.B. Additive, dominance genetic effects for growth-related traits in common carp, *Cyprinus carpio* L. **Aquaculture Research**, v. 37, p. 1481-1486, 2006.

WEIGENBERG, I.; CARRIÈRE, Y.; ROFF, D.A. Effects of male genetic contribution and paternal investment to egg and hatchling size in the cricket, *Gryllus firmus*. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 11, p. 135-146, 1998.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O *Prochilodus lineatus* é uma espécie amplamente distribuída na América do Sul, sendo de extrema importância para as comunidades ribeirinhas que dependem da pesca para a subsistência.

Por ser uma espécie iliófoga, ela está na base da cadeia alimentar, servindo, desse modo, de alimento para outras espécies, mantendo, assim, o equilíbrio da fauna.

Em pisciculturas, é amplamente utilizada tanto para o consumo de carne como para a manutenção da qualidade da água nos viveiros, além de ser uma das principais espécies forrageiras utilizadas em estações de reprodução para a alimentação de espécies carnívoras.

O repesamento para a geração de energia fez com que o estoque desta espécie nas bacias hidrográficas, prejudicando assim a reprodução e o equilíbrio ecológico.

Técnicas de reprodução artificial e, principalmente, estudos de criopreservação de sêmen pretendem minimizar a lacuna provocada pelo desenvolvimento humano. Mas, estas técnicas, por si só, não garantem a perpetuação das espécies. Por isso, o conhecimento da genética e a implantação de programas de melhoramento aumentam a produção das espécies, satisfazendo os consumidores, além de aumentarem e encurtarem o tempo de reposição das espécies nos rios.

Portanto, o conhecimento da contribuição dos pais é de suma importância para o direcionamento de programas de melhoramento genético. Neste capítulo, são apresentados, em síntese, os principais assuntos abordados nesta dissertação, relativos à contribuição materna e paterna sobre a taxa de fertilização e eclosão e sobre o desempenho de larvas, pós-larvas e alevinos com 33 e 63 dias de idade.

Foi avaliada a contribuição porcentual de mães e pais sobre a taxa de fertilização e eclosão em 30 famílias de meios-irmãos, advindos de um esquema de acasalamento fatorial entre 6 fêmeas e 5 machos.

Observou-se que a mãe contribuiu mais, porcentualmente, para a variação total da taxa de fertilização em relação ao pai, devido, provavelmente, à qualidade do ovo, que é fator primordial para que ocorra tal evento. Já para a taxa de eclosão, a contribuição do pai foi relativamente maior para variação total, pelo fato de o comprimento da larva dentro do ovo se dever, em maior parte, a diferenças genéticas dos pais.

Para as características de larvas e pós-larvas, a mãe foi a responsável pela maior contribuição para variação total em relação ao pai, para as características diâmetro do saco vitelínico e comprimento total para larvas e em pós-larvas para peso, comprimento total e comprimento padrão. Esta maior contribuição da mãe para as larvas se deve à presença de nutrientes contidos no saco vitelínico, advindos do ovo. Em pós-larvas, provavelmente, os vestígios dos nutrientes no saco vitelínico ainda exercem influência no desempenho dos mesmos.

Em alevinos com 33 e 63 dias de idade, a contribuição materna e paterna foi semelhante, para a variação total das características avaliadas. Esta equivalência, possivelmente, se deve ao fato de não existir mais efeito materno a partir dos 33 dias de idade, prevalecendo, desse modo, a expressão genética do indivíduo, advinda da contribuição genética dos pais.

Conclui-se, com base nesses dados, que a mãe influencia porcentualmente mais nas características de desempenho nas fases iniciais de vida do animal (taxa de fertilização, larvas e pós-larvas), embora o pai contribua porcentualmente mais para taxa de eclosão, devido, provavelmente, a diferenças genéticas entre os pais, medidas diretamente no macho pela variância genética aditiva. A partir dos 33 dias de idade, tanto o pai como a mãe passam a

contribuir semelhantemente para a variação total das características de desempenho.

Em estudos futuros, pretende-se aumentar o número de amostras por família, assim como avaliar um maior número de características possíveis, tanto nos reprodutores como também nas proles, para estimar os componentes genéticos, a fim de obter reprodutores e reprodutizes geneticamente superiores com maior precisão e em um menor período de tempo.

## ANEXOS

### ANEXO

- TABELA 1A.** Teste de homogeneidade de variâncias sobre as variáveis taxa de fertilidade e eclosão de curimatá *Prochilodus lineatus* (valores originais e transformados). ..... 85
- TABELA 2A.** Teste de normalidade sobre os resíduos das variáveis transformadas taxa de fertilidade e taxa de eclosão de curimatá *Prochilodus lineatus*. ..... 85
- TABELA 3A.** Teste de normalidade sobre os parâmetros reprodutivos de ambos os sexos de curimatá *Prochilodus lineatus*. ..... 85
- TABELA 4A.** Teste de homogeneidade de variâncias sobre as variáveis de larvas, pós-larvas e alevinos de 33 e 63 dias de idade de curimatá *Prochilodus lineatus* (valores originais e transformados). ..... 86
- TABELA 5A.** Teste de normalidade sobre os resíduos dos parâmetros de larvas, pós-larvas e alevinos de 33 e 63 dias de idade de curimatá *Prochilodus lineatus*. ..... 87

**TABELA 1A.** Teste de homogeneidade de variâncias sobre as variáveis taxa de fertilidade e eclosão de curimatá *Prochilodus lineatus* (valores originais e transformados).

Variáveis	Estatística de Levene	gl. 1	gl. 2	Sig.
Taxa de fertilidade	2,964900274	5	24	0,031893
Taxa de eclosão	3,772590922	5	24	0,011594
Arco seno da taxa de fertilidade	2,533245932	5	24	0,056135
Arco seno da taxa de eclosão	2,051693602	5	24	0,107207

**TABELA 2A.** Teste de normalidade sobre os resíduos das variáveis transformadas taxa de fertilidade e taxa de eclosão de curimatá *Prochilodus lineatus*.

Variáveis	Shapiro-Wilk	g.l	Sig.
Arco seno da taxa de fertilidade	0,975731521	30	0,7043
Arco seno da taxa de eclosão	0,954456999	30	0,2222

**TABELA 3A.** Teste de normalidade sobre os parâmetros reprodutivos, de ambos os sexos, de curimatá *Prochilodus lineatus*.

Variáveis	Shapiro-Wilk	gl.	Sig.
Fêmea <sup>1</sup>			
Peso corporal (kg)	0,923234	6	0,52894972
Peso desova (kg)	0,870466	6	0,22806939
Diâmetro ovócitos (mm)	0,959583	6	0,81651901
Número de ovócito (un./kg)	0,894953	6	0,34495485
Macho <sup>2</sup>			
Peso corporal (kg)	0,851908	5	0,20062380
Volume seminal (ml)	0,826213	5	0,13026807
Concentração espermática	0,953570	5	0,76265175
Motilidade espermática (%)	0,881038	5	0,31403956

**TABELA 4A.** Teste de homogeneidade de variâncias sobre as variáveis de larvas, pós-larvas e alevinos de 33 e 63 dias de idade de curimatá *Prochilodus lineatus* (valores originais e transformados).

Variáveis	Estatística de Levene	gl. 1	gl. 2	Sig.
Larvas				
Diâmetro médio saco vitelínico	2,33	4	20	0,0903
Comprimento total	2,43	4	20	0,0805
Pós-larvas				
Peso	0,26	4	20	0,8954
Comprimento total	1,43	4	20	0,2598
Comprimento padrão	1,50	4	20	0,2393
Alevinos com 33 dias de idade				
Peso	4,36	4	20	0,0106
Comprimento total	2,95	4	20	0,0453
Comprimento padrão	2,95	4	20	0,0452
Logarítmo natural do peso	1,83	4	20	0,1615
Logarítmo natural do comprimento total	2,24	4	20	0,1004
Logarítmo natural do comprimento padrão	2,37	4	20	0,0869
Alevinos com 63 dias de idade				
Peso	3,09	4	20	0,0390
Comprimento total	2,73	4	20	0,0577
Comprimento padrão	2,32	4	20	0,0914
Arcotangente do peso	2,53	4	20	0,0722

**TABELA 5A.** Teste de normalidade sobre os resíduos dos parâmetros de larvas, pós-larvas e alevinos de 33 e 63 dias de idade, de curimbatá *Prochilodus lineatus*.

<b>Variáveis</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>gl.</b>	<b>Sig.</b>
Larvas			
Diâmetro médio saco vitelínico	0,925	25	0,068379
Comprimento total	0,964	25	0,507949
Pós-larvas			
Peso	0,967	25	0,583881
Comprimento total	0,961	25	0,440175
Comprimento padrão	0,947	25	0,216108
Alevinos com 33 dias de idade			
Peso	0,967	25	0,581438
Comprimento total	0,983	25	0,944816
Comprimento padrão	0,988	25	0,988766
Alevinos com 63 dias de idade			
Peso	0,908	25	0,027514
Comprimento total	0,928	25	0,082174
Comprimento padrão	0,937	25	0,130471
Arcotangente peso	0,978	25	0,848447