

POLIMORFISMO EM TRUTA ARCO-ÍRIS – II. CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS
E ANORMALIDADES GENÉTICAS EM POLIMORFOS DE TRUTA ARCO-ÍRIS,
Salmo irideus, Gibbons (OSTHEICHTHYES, SALMONIFORMES, SALMONIDAE)

(Polymorphism in rainbow trout – II. Reproductive and genetics abnormalities in
polymorphics of rainbow trout, *Salmo irideus*, Gibbons (Osteichthyes,
Salmoniformes, Salmonidae).

Bianor CORRÊA DA SILVA NETO¹
Marcos Guilherme RIGOLINO²
Yara Aiko TABATA³
Eduardo Cunha FARIAS⁴

RESUMO

Foram avaliadas, na Estação Experimental de Salmonicultura de Campos do Jordão, as características reprodutivas dentro e entre acasalamentos de 47 reprodutores de truta arco-íris e analisadas as taxas de fecundidade e fertilidade dos parentais acasalados, bem como a taxa de sobrevivência dos alevinos descendentes. As ocorrências de anormalidades genéticas em F_1 foram descritas. Houve ordenação e classificação dos indivíduos com má-formações através do tipo e frequência observadas nos diferentes tratamentos. O modelo matemático utilizado permitiu a combinação de duas colorações e dois sexos, formando quatro "pools" gênicos.

ABSTRACT

At the Trout Culture Experimental Station of Campos do Jordão, São Paulo, Brazil, the reproductive traits resulting from the mating of 47 parentals of rainbow trout were estimated. The fecundity and fertility rates of the mating parents as well as the survival rate of their fry were analysed. The occurrence of genetic abnormalities at F_1 were detected. The organization and classification of abnormal individuals, were according to the type and frequency that appeared in the different experiments. The mathematical model employed permitted combinations between two colorations and two sexes, forming four genic pools.

1. INTRODUÇÃO

Nos cultivos intensivos o aumento da produtividade está alicerçado na melhoria do manejo reprodutivo e alimentar, na eficiência do controle da sanidade animal e na adoção do melhoramento genético animal.

A seleção genética deve ser iniciada, somente, quando houver conhecimento da interferência das condições ambientais e após terem sido satisfeitos os requisitos técnicos exigidos pelo criatório e haja, também, conhecimento básico sobre a economia do cultivo em termos de custo-benefício.

A análise global indicará o sistema de acasalamento, os métodos e as modalidades seletivas a serem incluídas no planejamento.

O aparecimento de coloração de origem polimorfa mutacional em espécies uti-

lizadas em piscicultura, torna-se auspicioso, principalmente, pela possibilidade de funcionarem como marcadores de características fenotípicas externas.

Um problema fundamental na operacionalidade de um programa de seleção é a detecção de animais produtivos e ainda jovens, de maneira a separá-los antes do período reprodutivo. MOAV et alii (1976) sugerem a utilização de polimorfismo bioquímico para "marcar" geneticamente as famílias e seus descendentes, aliás WILKINS (1981) reafirma esta proposição. Nenhum programa sério, nem sequer uma rudimentar seleção massal linear, pode ser implementada sem este concurso.

As estimativas dos parâmetros genéticos em características de importância eco-

(1) Pesquisador Científico – Diretor da Divisão de Pesca Interior – Instituto de Pesca.

(2) Pesquisador Científico – Estação Experimental de Salmonicultura – Divisão de Pesca Interior – Instituto de Pesca – Bolsista CNPq.

(3) Pesquisador Científico – Estação Experimental de Salmonicultura – Divisão de Pesca Interior – Instituto de Pesca.

(4) Professor Livre-Docente – Instituto de Ciências Biomédicas – USP.

nômica podem ser avaliadas através de análise de meio-irmãos, irmãos completos ou regressão de descendência sobre os parentais (FALCONER, 1964).

Segundo KINGHORN (1983) os coeficientes de herdabilidade (h^2) podem ser considerados baixos (< 0.30) e os coeficientes de variação altos ($> 30\%$), com relação aos ganhos de peso em truta arco-íris. O mesmo autor ressalta, entretanto, que a mortalidade nos estágios iniciais de crescimento podem representar importante probabilidade econômica na criação e a esta deverá ser dada grande atenção; LERNER (1964), também salienta que deve ser dada grande importância às flutuações dos fatores am-

bientais ou abióticos, no caso de espécies aquáticas.

O aparecimento de más-formações, consideradas como anormalidades genéticas em linhagens endocruzadas, pode ser de razoável importância na determinação e escolha das linhas de seleção consanguínea, conforme KIRPICHNIKOV (1981).

São objetivos deste trabalho os estudos das características reprodutivas em acasalamentos de polimorfos de truta arco-íris, da mortalidade dos descendentes, bem como a detecção e a classificação dos tipos de más-formações, causadas pela interação dos fatores ambientais e genéticos. Não se pretende estudar as causas das diferentes anormalidades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Salmonicultura, localizada em Campos do Jordão (22°45' latitude sul, 45°30' longitude oeste e altitude de 1.600 metros), durante o período de julho 1983 a março de 1984.

Foram utilizados 47 reprodutores de truta arco-íris (*Salmo irideus*, Gibbons) com 2 anos de idade, sendo: 11 machos de colorido marrom ou padrão, 11 machos de colorido amarelo, 12 fêmeas de colorido marrom ou padrão e 13 fêmeas de colorido amarelo, dos quais foram obtidos o peso e os comprimentos total, padrão, de cabeça, e a altura do corpo. O colorido marrom pode ser considerado como padrão (P), quando referido como tratamento.

Os padrões cromáticos do material experimental empregado neste trabalho foram descritas por FARIAS et alii 1986.

Os gametas foram coletados por compressão abdominal, constituindo quatro "pools" gênicos, com os quais procedeu-se a fecundação artificial pelo método a seco, segundo LEITRITZ & LEWIS (1976), distribuídos conforme os tratamentos referentes aos seguintes acasalamentos: A - Colorido Marrom X Colorido Amarelo; B - Colorido Amarelo X Colorido Marrom; C - Colorido Amarelo X Colorido Amarelo; D - Colorido Marrom X Colorido Marrom.

Os ovos foram incubados separada-

mente por tratamento, sob condições idênticas de incubação, período durante o qual procedeu-se a coleta dos ovos gorados a cada dois dias. Esses ovos foram contados até quando se constatou o aparecimento da pigmentação ocular do embrião, ocasião em que foram quantificados por tratamento, permitindo a obtenção das taxas de mortalidade, de fertilidade e do número de óvulos utilizados.

A contagem de alevinos, na fase final da absorção da vesícula vitelínica, forneceu as frequências dos exemplares de coloridos marrom e amarelo para cada tratamento.

Os indivíduos foram transferidos, separadamente por tratamento, para os tanques de alevinagem, onde se iniciou a alimentação, tendo sido coletados os portadores de deformações e fixados em formol a 10%. Foram ordenados conforme o tipo teratológico e estabelecidas as respectivas frequências.

O delineamento experimental utilizado (OSTLE, 1965) foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e desigual número de repetições por tratamento, conforme modelo matemático seguinte:

$$\hat{Y}_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

sendo: M = média populacional

T_i = efeito de i tratamentos ($i=4$)
 E_{ij} = efeito residual com distribuição $N(0,1)$

Foram realizados testes de χ^2 para observar os efeitos dos tratamentos experi-

mentais nas diferentes colorações, segundo DANTAS & WAGNER (1980).

A aceitação da hipótese de nulidade (H_0) foi ao nível de rejeição estatística de 5% ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados biométricos dos reprodutores utilizados no presente trabalho estão especificados na TABELA 1.

TABELA 1
Características biométricas médias dos reprodutores de truta-arco-íris

Coloração	L_1	L_2	L_3	H_C	W
Amarela	38,5	31,5	7,8	7,4	539,5
Marrom (padrão)	34,6	28,4	7,4	7,3	454,5

L_1 = comprimento total em centímetros

L_2 = comprimento padrão em centímetros

L_3 = comprimento da cabeça em centímetros

H_C = altura do corpo em centímetros

W = peso em gramas

Trabalhos de REFSTIE (1980), GUNES & GJEREM (1981) demonstram ser a correlação genética, entre peso e comprimento, positiva e alta em todas as idades. Deve dar-se preferência à seleção por comprimento, ao invés de selecionar-se por peso, devido à maior expectativa da resposta correlacionada.

Os resultados obtidos pela contagem total dos ovos, do número de ovos olhados e gorados e os percentuais de mortalidade e de fertilidade estão apresentados na TABELA 2.

TABELA 2
Número total de ovos por tratamento, número de ovos olhados e gorados, e percentuais de mortalidade e fertilidade experimentais

Tratamentos	Nº total de ovos	Nº de ovos olhados	Nº de ovos gorados	% mortalidade	% fertilidade
P X A	5780	4304	1476	25,54	74,46
A X P	5152	3817	1335	25,91	74,09
A X A	6724	4151	2573	38,27	61,73
P X P	5828	3510	2318	39,77	60,23

GALL & GROSS (1978), comparando três linhagens selecionadas, obtiveram valores médios bastante altos no que se refere à característica número total de ovos, entretanto, os valores de fertilidade média foram próximos aos encontrados neste experimento.

Foi realizado o teste de χ^2 afim de comparar as frequências observadas nos diferentes tratamentos experimentais entre os alevinos de coloridos marrom e amarelo. Esses resultados estão apresentados na TABELA 3.

TABELA 3

Tratamentos	Marrom (P)	Amarelo (A)	Total
P X A	1027(1164,0)	964(827,0)	1.991
A X P	1017(1318,3)	1238(936,7)	2.255
A X A	472(892,7)	1055(634,3)	1.527
P X P	2068(1209,0)	(859,0)	2.068

Os resultados foram significativos ao nível de 5% ($\chi^2 = 2151,21$ e χ^2 crítico = 7,82).

O número de alevinos obtidos nos diferentes tratamentos é baixo, em consequência a taxa média de mortalidade dos ovos nos tratamentos, que foi de 32,37%, com limites mínimo e máximo de 25,54% a 39,77% respectivamente; como também da mortalidade de larvas que foi da ordem de 50,32%.

A TABELA 4 apresenta as frequências observadas de anomalias de trutas nos diferentes tratamentos e, separadamente, por colorações.

A observação da TABELA 4 permite deduzir a proporcionalidade (P : A) de ocorrências nos diferentes tratamentos: A = 1:1, B = 1:1, C = 1:2 e D = P > A. Es-



FIGURAS - 1 - Alevino normal de colorido marrom (padrão)
2 e 3 - Cifoses em grau intermediário (180°) e avançado (360°)
4 - Lordose pronunciada em alevino de coloração marrom em truta arco-íris
5 - Escoliose considerada leve em truta arco-íris.
6 e 7 - Deformações da cabeça e deformações mandibulares em truta arco-íris.
8 e 9 - Bissomias incompletas em alevinos de truta arco-íris.



FIGURAS - 10 e 11 - Exemplos de agenesias em alevinos de truta arco-íris.
 12 e 13 - Hidrocele vitelínica em alevino amarelo de truta arco-íris e respectivo detalhe.
 14 e 15 - Macroftalmia e atresia ocular em alevinos de truta arco-íris.
 16 - Urúdidmia em alevino marrom de truta arco-íris

tas proporções coincidem com os resultados apresentados na TABELA 3.

A TABELA 5 mostra os diferentes tipos de anomalias genéticas ordenadas por freqüências decrescentes.

As denominações das teratologias e suas respectivas etimologias descritas neste trabalho foram baseadas, primordialmente, em PEREIRA (1969) e REBELLO (1914). Foram realizadas documentações fotográficas nos diversos tipos de anormalidades encontradas, as quais estão apresentadas

TABELA 4
Freqüências de anomalias observadas nos alevinos dos diferentes tratamentos e colorações

Tratamentos	Marrom (P)	Amarelo (A)	Total
P X A	50	51	101
A X P	38	29	67
A X A	15	46	61
P X P	92	—	92
	195	126	321

TABELA 5
Tipos de anomalias genéticas ordenadas pelas freqüências relativas nos diferentes tratamentos experimentais e separadamente pelos colorados Marrom (P) e Amarelo (A).

Tipos	A		B		C		D		Totais	Porcentuais
	P	A	P	A	P	A	P	A		
Cifoses	36	43	30	16	11	38	69	—	243	75,70
Escalioses	7	2	2	9	3	4	8	—	35	10,90
Deformações da cabeça	1	1	4	1	—	—	4	—	11	3,43
Bosomias	2	2	—	1	—	1	1	—	7	2,18
Agenesia das nadadeiras	2	1	—	1	1	1	1	—	7	2,18
Hidróceles vitelínicas	—	1	—	—	—	1	3	—	5	1,56
Urodimias	—	1	1	—	—	—	1	—	3	0,93
Lordoses	—	—	—	—	—	—	3	—	3	0,93
Torções raquidianas	2	—	—	—	—	—	1	—	3	0,93
Macroftalmias	—	—	1	—	—	—	1	—	2	0,62
Atresias oculares	—	—	—	1	—	—	—	—	1	0,31
Teratopagos monoftalmos	—	—	—	—	—	1	—	—	1	0,31
TOTAL	50	51	38	29	15	46	91	—	321	100

nas FIGURAS respectivas. Para fins comparativos, a FIGURA 1 apresenta um alevino normal de colorido marrom.

Os aumentos fotográficos foram de 2,4x tendo sido fotografados originalmente com 1,3x.

As maiores freqüências correspondem às escafoses que etimologicamente significam condições que aparentam forma de barco (do grego *scafhós* — barco). Representam 87,53% do total das más-formações e congregam as cifoses, escalioses e lordoses.

Cifoses (do grego *kyphós* — quilha). Consiste em um desvio raquidiano projetando-se dorsalmente. O percentual de aparecimento foi de 75,70%. A gravidade da ano-

malia depende do ângulo de desvio que pode ser menor do que 90° até valores maiores que 360°. As FIGURAS 2 e 3 mostram cifoses de graus intermediários e avançado.

Lordoses (do grego *lordós* — curvado) consiste em um desvio raquidiano arqueando-a ventralmente. O percentual encontrado foi de 0,93%. A FIGURA 4 documenta este tipo de má-formação.

Escalioses (do grego *scoliós* — torto) desvio lateral raquidiano à direita ou à esquerda. ROBERTS & SHEPERD (1980) apresenta como causa das escalioses em peixes a deficiência de potássio. O percentual para esta anormalidade foi de 10,90%. A FIGURA 5 mostra um alevino albino com

uma escoliose leve e conjugada a uma TORÇÃO RAQUIDIANA (consiste na rotação da raque sobre o eixo longitudinal; esse componente representa 0,93% do total).

Deformações da cabeça ou deformações mandibulares — Essas anomalias podem ser teratogênicas de toda a extensão da cabeça ou em parte da cabeça e representam 3,43% das anomalias encontradas. As FIGURAS 6 e 7 permitem verificar essas deformações.

Bissomias — Consiste em uma duplicação da cabeça e do tronco. Estas duplicações são incompletas com relação ao resto do corpo. Quando a duplicação for completa é denominada teratopagos (do grego terás, teratos — monstro, indivíduo deformado; paqueis — unidos) que são indivíduos mal-formados unidos entre si. No caso de dois alevinos, unidos pelo saco vitelínico, teríamos um caso de *Teratopagos Monofalinos* (do grego mono — um, unidade e omphalé — umbigo). Estas bissomias estão documentadas nas FIGURAS 8 e 9 e representam 2,18% e 0,31% das deformações encontradas da fase experimental.

Agnesias (do grego a — negação; quéneses — formação). Consiste na ausência de nadadeiras; as agnesias encontradas foram as da nadadeira caudal ou anal e caudal, ou ainda; da parte posterior do corpo. Representavam 2,18% das anomalias.

Hidroceles vitelínicas (do grego ydor — água; chélê — hérnea). Consiste numa distensão exagerada da vesícula por acúmulo de líquido de aspecto aquoso. Sua ocorrência na amostra foi de 1,56%.

Anoftalmias (do grego an — negação; oftalmós — olho). Consiste na atrofia ou na ausência do globo ocular. As *macroftalmias* e *microftalmias* são condições em que os globos oculares formam-se maiores ou menores do que os normais. Representam em conjunto com as Atresias 0,93% das anormalidades.

Urodídimia (do grego urá — extremidade posterior, cauda; didímós — duplo). Consiste na duplicação das nadadeiras anal e caudal. Parece relacionar-se com as bissomias. Aparecem com um percentual de 0,93%.

4. CONCLUSÕES

- 1) Sugere-se não efetuar acasalamentos entre linhagens de colorido amarelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANTAS, C. A. & WAGNER, F. R. 1980. *Introdução à estatística*. 1ª ed., São Paulo, Academia de Ciências do Estado de S. Paulo, 142p.
- FALCONER, D. S. 1964. *Introduction to quantitative genetics*. 3ª ed., London, Oliver and Boyd 365p.
- FARIAS, L. C. et alii. 1986. Polimorfismo em truta Arco-íris. I. Padrões cromáticos em polimorfos de truta arco-íris, *Salmo trutta* Gibbons (Osteichthyes, Salmoniformes, Salmonidae). B. Inst. Pesca, São Paulo, 13(2): XX-XX, dez.
- GALL, G. A. L. & GROSS, S. J. 1978. A genetic analysis of the performance of three rainbow trout broodstocks. *Aquaculture* 15: 113-27.
- GUNNES, K. & GHIDREMI, T. 1981. A genetic analysis of body weight and length in rainbow trout reared in seawater for 18 months. *Aquaculture*, 24: 161-74.
- KINGBORN, B. P. 1983. A review of quantitative genetics in fish breeding. *Aquaculture*, 31: 283-304.
- KIRPICHNIKOV, V. S. 1981. *Genetic bases of fish selection*. Trad. G. G. Gamse, Berlin, Springer-Verlag 410p. Original russo.
- LEHRITZ, F. & LEWIS, R. 1976. Trout and salmon culture (Hatchery methods) *Fish Bull.*, 164: 164-197.
- LERNER, I. M. 1964. *La base genética de la selección*. Barcelona, Ediciones Gsa 409p.
- MOAV, R. et alii. 1976. Applications of electrophoretic genetic markers to fish breeding. I. Advantages and methods. *Aquaculture*, 9: 217-28.
- OSTIL, B. 1965. *Estatística aplicada*. 1ª ed., México, Fd. Limusa-Wiley 629p.
- PEREIRA, I. 1969. *Dicionário Grego-Português e Português-Grego*. 4ª ed., Porto, Livraria Apostolado da Imprensa 430p.
- RIBEIRO, G. P. 1914. *Noções de teratologia*. 1ª ed. Bahia, Livaria Catilina 142p.
- REIFSTAL, T. 1980. Genetic and environmental sources of variation in body weight and length of rainbow trout fingerlings. *Aquaculture*, 19: 351-57.
- ROBERTS, R. J. & SHEPHERD, C. J. 1980. *Enfermedades de la trucha*. 1ª ed., Espanha, Acribia 187p.
- WILKINS, N. P. 1981. The rationale and relevance of genetics in aquaculture: An overview. *Aquaculture*, 22: 209-28.