



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS
CAMPUS: LARANJEIRAS DO SUL – PR
ENGENHARIA DE AQUICULTURA

BELIZARIA DALMAZO DO NASCIMENTO

IDENTIFICAÇÃO DE HERDABILIDADE DE COLORAÇÃO EM
LEBISTE (*Poecilia reticulata*) (PETERS 1859)

LARANJEIRAS DO SUL

2018

BELIZARIA DALMAZO DO NASCIMENTO

**IDENTIFICAÇÃO DE HERDABILIDADE DE COLORAÇÃO EM
LEBISTE (*Poecilia reticulata*) (PETERS 1859)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Aquicultura.

Orientador: M.Sc. Alexandre Monkolski

Co- orientadora: Dr. Silvia Romão

**LARANJEIRAS DO SUL – PR
2018**

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Nascimento, Belizaria Dalmazo do
IDENTIFICAÇÃO DE HERDABILIDADE DE COLORAÇÃO EM
LEBISTE (*Poecilia reticulata*) (PETERS 1859)/ Belizaria
Dalmazo do Nascimento. -- 2018.
46 f.

Orientador: Alexandre Monkolski.

Co-orientador: Silvia Romão.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia de Aquicultura , Laranjeiras do Sul, PR,
2018.

1. Trabalho de Conclusão de Curso . I. Monkolski,
Alexandre, orient. II. Romão, Silvia, co-orient. III.
Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

BELIZARIA DALMAZO DO NASCIMENTO**IDENTIFICAÇÃO DE HERDABILIDADE DE COLORAÇÃO EM
LEBISTE (*Poecilia reticulata*) (PETERS 1859)**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: M.Sc Alexandre Monkolski
Professor na UFFS – Campus Laranjeiras do Sul – PR
Co-orientadora: Silvia Romão
Professora na UFFS – Campus Laranjeiras do Sul – PR

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

29 / 06 / 2018

BANCA EXAMINADORA

Alexandre Monkolski

Prof^a. M.Sc Alexandre Monkolski
– UFFS

Amanda Keller Siqueira

Prof^a. Dr^a. Amanda Keller Siqueira
– UFFS

Jorge Garcia P

Prof. Dr. Jorge Erick Garcia Parra
– UFFS

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, a minha mãe Madalena, e a os meus irmãos, e principalmente para Vinicius V. que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e aos meus pais, pelo apoio e ajuda prestada durante o curso de Engenharia de Aquicultura.

Aos meus amigos agradeço pelo companheirismo e pelas demonstrações de apoio nos momentos difíceis.

Ao professor Alexandre Monkolski pelo acompanhamento no decorrer do mesmo e correções e sugestões na elaboração do projeto.

A professora Silvia Romão pelo acompanhamento no decorrer do experimento e sugestões na elaboração do Projeto.

Aos professores Dr^a. Amanda Keller Siqueira e Dr. Jorge Erick Garcia Parra por aceitarem participar da banca de defesa do TCC.

“...Muitos desses denominados amigos do peito, do coração, são sinceros, são verdadeiros e sabem quando não estamos bem, sabem o que nos deixa feliz...”. Obrigada minhas amigas Anair , Andreia, Rafaela e Soeli, pelo companheirismo de todas as horas.

Epígrafe

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

(Paulo Beleki)

RESUMO

O desenvolvimento de novas técnicas de melhoramento genético para determinar o genótipo e fenótipo do lebiste é um aspecto importante para o desenvolvimento da aquarofilia, pois esse procedimento possibilita selecionar as características mais atrativas da espécie para o mercado de ornamentação. Por essa razão a proposta do trabalho foi analisar os processos de herdabilidade com relação ao padrão de coloração entre espécimes selvagens e albinos. Os resultados evidenciaram que o padrão de coloração em indivíduos selvagens varia conforme a presença ou ausência de luz. Os melanóforos irradiados distribuídos pelo corpo dos lebistes selvagens, usualmente na presença de luz por um período de 10, minutos retraem os grânulos de melanina em direção ao centro da célula manifestando-se, externamente, como ausência de cor. Os pigmentos encontrados nos xantóforos foram à base de carotenoides, destacando-se as cores laranja, vermelho, e amarelo. Os albinos que correspondem a espécimes não selvagens apresentaram os melanóforos arredondados e melanina em baixa quantidade, sendo assim eles puderam ser classificados como albinos ou pseudoalbinos. O albinismo apareceu no lebiste nos indivíduos onde o macho apresentou característica de heterozigose, e seu cruzamento gerou uma prole com indivíduos com fenótipo albino e selvagem, onde existe a probabilidade de 50% dos indivíduos serem filhos normais não portadores do gene e 50% de probabilidade dos filhos heterozigotos portarem o gene. Os resultados obtidos nos cruzamentos do grupo 2 (selvagem x selvagem) e grupo 3 (albino x selvagem), indicaram que o padrão de herança foi do tipo completo, ou seja, predominaram os caracteres do selvagem. Todavia, nos grupos 1 (albino x albino) e 4 (selvagem x albino) ocorreu a expressão dos dois fenótipos descritos. No cruzamento teste, entre linhagens puras de selvagens e mutantes (albinos), o alelo para fenótipo selvagem foi dominante sobre o alelo recessivo albino. O padrão de herança do albinismo é provavelmente uma característica de um alelo mutante recessivo e a característica selvagem é um alelo dominante. Os cruzamentos entre linhagens mostraram-se uma técnica viável para selecionar características requeridas para ornamentação entre o padrão selvagem e albino.

Palavras chaves: Genética. Peixe ornamental. Reprodução. Albinismo. Mutação.

ABSTRACT

The development of new genetic improvement techniques to determine the genotype and phenotype of the lebiste is an important aspect for the development of aquarofilia, since this procedure makes it possible to select the most attractive characteristics of the species for the ornamentation market. For this reason, the proposal of the work was to analyze the heritability processes regarding the coloring pattern between wild and albino specimens. The results showed that the staining pattern in wild individuals varies according to the presence or absence of light. The irradiated melanophores distributed by the body of the wild lebister, usually in the presence of light for a period of 10 minutes, retract the melanin granules towards the center of the cell manifesting externally as absence of color. The pigments found in the xanthophores were carotenoids, with orange, red, and yellow highlights. The albinos that correspond to non-wild specimens presented the melanophores and melanin in low quantity, so they could be classified as albinos or pseudoalbinos. Albinism appeared in lebers in individuals where the male presented a characteristic of heterozygosis, and its crossbreeding generated offspring with individuals with albino and wild phenotype, where there is a probability that 50% of the individuals are normal offspring not carrying the gene and 50% probability of the heterozygous offspring carry the gene. The results obtained in the crosses of group 2 (wild x wild) and group 3 (albino x wild), indicated that the pattern of inheritance was of the complete type, that is, the wild ones prevailed. However, in groups 1 (albino x albino) and 4 (wild x albino) expression of the two described phenotypes occurred. At the cross-over, between pure wild and mutant (albino) strains, the wild-type allele was dominant over the albino recessive allele. The inheritance pattern of albinism is probably a characteristic of a recessive mutant allele and the wild-type is a dominant allele. Crosses between lineages proved to be a viable technique to select features required for ornamentation between the wild and albino pattern.

Key words: Genetics. Ornamental fish. Reproduction. Albinism. Mutation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de um macho (acima) e de uma fêmea (abaixo) com ponto gravídico de *P. reticulata* (lebiste).

Figura 2 – Recipientes plásticos usados para execução dos experimentos de cruzamento dos fenótipos selecionados de lebistes. (A) Seleção e identificação das linhagens selecionadas; (B) Introdução dos aeradores; (C) Machos e fêmeas de lebistes; (D) Introdução de tela de contenção.

Figura 3 – Módulo experimental do cruzamento teste entre macho albino e fêmea selvagem.

Figura 4 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento I entre macho albino e fêmea albina.

Figura 5 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento II entre macho selvagem e fêmea selvagem.

Figura 6 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento III entre macho albino e fêmea selvagem.

Figura 7 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento IV entre macho selvagem e fêmea albina.

Figura 8 – Espécimes com fenótipo albino e selvagem selecionados para exame histológico dos cromatóforos.

Figura 9 - Sequência de imagens de detalhes dos cromatóforos presentes nas nadadeiras por fotografia em microscópio óptico. (a) Detalhe da nadadeira; (b) pigmentos na carotenoides laranja, vermelho, e amarelo; (c) pigmentos melânicos pretos.

Figura 10 – Corte histológico das nadadeiras de um lebiste albino mostrando os detalhes dos cromatóforos. (a) e (b) xantóforos amarelos e combinação com melanóforos pretos; (c) detalhe dos xantóforos aumentados com pigmentos amarelos.

Figura 11 – Detalhe dos melanóforos e seu funcionamento mediante a estímulos luminosos. (a) pigmentos de melanina irradiando para os dendritos em fundo escuro; (b) retração dos pigmentos de melanina dentro do melanóforos durante a exposição de luz.

Figura 12 – Movimento dos pigmentos de melanina dentro dos melanóforos. (a), (b), (c) e (d) sequência de retração dos pigmentos entre os prolongamentos e saco elástico sob exposição à luz.

Figura 13 – Tipologia dos melanóforos encontrados em lebistes albinos mostrando a diminuição da quantidade de melanina.

Figura 14 - Amostra da nadadeira de um espécime albino que apresentava cores estruturais azuis e iridescentes e leucóforos. (a), (b) e (c) detalhes dos iridóforos e leucóforos na epiderme do lebiste em conjunto com melanóforos e xantóforos.

Figura 15 – Corte em seção transversal da pele de peixes mostrando os cromatóforos.

Figura 16 – Organização estrutura geral da célula de um cromatóforo.

Figura 17 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento I.

Figura 18 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento II.

Figura 19 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento III.

Figura 20 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento IV.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GERAL	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE <i>Poecilia</i>	6
2.3. REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS E DE QUALIDADE DA ÁGUA	7
2.4. RITUAL DE REPRODUÇÃO DE <i>Poecilia</i>	9
2.5 DEFINIÇÕES DE ALGUNS TERMOS USADOS NO MELHORAMENTO GENÉTICO	10
2.5.1 FENÓTIPOS E GENÓTIPOS QUE A ESPÉCIE APRESENTA	12
2.5.2 SELEÇÃO DE LINHAGEM E CRUZAMENTOS	13
2.5.3 CROMATÓFOROS E ALBINISMO	14
3. METODOLOGIA	15
3.1. OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DOS ANIMAIS.....	15
3.2. CRUZAMENTOS E SELEÇÃO	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 DESCRIÇÕES DOS PADRÕES DE COLORAÇÃO DA PELE DO <i>P. reticulata</i>	20
4.2 RESULTADOS DOS CRUZAMENTOS.....	26
5. CONCLUSÕES	29
REFERENCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

A produção de peixes ornamentais é uma atividade profissional altamente competitiva nos países em que a aquicultura é praticada, vem contribuindo significativamente para a economia mundial, em que diversas espécies são empregadas nos mais diversos sistemas de cultivo (SILVA et al, 2010). A produção comercial no Brasil se encontra em pleno crescimento, sendo a literatura mais disponível focada na aquariofilia, que tem como função a ornamentação e manutenção dos aquários (VIDAL, 2002).

O consumidor de peixes ornamentais tem um perfil exigente, o qual a procura de novidades e raridades dentro do mercado, se torna uma constante. O produtor brasileiro ainda precisa desenvolver aspectos de regularidade, qualidade e especialidade para se colocar no patamar de competitividade do extrativismo da pesca ornamental e importação de espécimes exóticos ou raros. O desenvolvimento tecnológico para a criação pode ser um fator determinante na conservação dos espécimes naturais, pois o comércio desses animais no Brasil, ainda é baseado meramente no extrativismo, cuja destinação atende basicamente o mercado externo. Os peixes são capturados, principalmente, no Estado do Amazonas e comercializados nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, apresentando boa aceitação no mercado, por serem exemplares bem desenvolvidos e de difícil cultivo em cativeiro. Os exemplares mais cobiçados pela Europa e EUA são aqueles em que se eleva os fenótipos com cores raras (RIBEIRO et al, 2008), o que destaca a importância do desenvolvimento da área de produção de novas linhagens de peixes ornamentais.

Atualmente existe uma ampla variedade de espécies de peixes ornamentais que são comercializadas, dentre elas destaca-se o lebiste (*P. reticulata*), um peixe interessante sob o ponto de vista comercial, devido a sua enorme variedade fenotípica representada por praticamente doze tipos diferentes de cauda e quarenta padrões de cores reconhecidas (LIMA, 2003). Apesar de existirem diversas espécies ornamentais nativas, o lebiste agrega alguns atributos biológicos que os tornam muito mais atrativos para a produção e comercialização, pois apresentam nado ágil, alta fertilidade, rusticidade e diversificação de cores. É um dos peixes ornamentais mais produzidos no aquarismo com grande popularidade e aceitação ao redor do mundo, pois são peixes de porte pequeno, coloridos, com formas bonitas e atraentes (LEITE et al, 2012).

Os gargalos de produção desses peixes se relacionam a compreensão dos processos biológicos que regem as características genéticas dos espécimes, pois ao longo do tempo os

cruzamentos não controlados realizados por produtores em aquarofilia, resultaram na perda dos caracteres originais. Estudos específicos das linhagens existentes podem ajudar a entender e resgatar as linhagens originais, para a promoção do melhoramento genético em laboratório, relacionando esse conceito com a capacidade adaptativa ao ambiente. Um dos pontos cruciais é entender as mutações na espécie, que correspondem à diversidade de várias respostas desiguais, expressas em alterações na morfologia do organismo ao longo do seu desenvolvimento, como por exemplo, o albinismo presente nos peixes (PAIVA, 2012).

Investigações sobre herdabilidade são bem vindas, à medida que possibilitam a identificação de como os padrões morfológicos se manifestam ao longo dos cruzamentos das diferentes linhagens e respectivas gerações, especialmente no que se refere a determinação dos fenótipos dominantes, análise de melanóforos e padrões de cores, que são caracteres importantes para o sucesso no âmbito da ornamentação.

1.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Identificação do processo de herdabilidade de coloração em lebiste, *Poecilia reticulata* (peters 1859).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar os espécimes por padrão de coloração;
- Montar sistema simplificado de produção e cruzamento de linhagens de lebistes;
- Realizar diferentes cruzamentos levando em consideração os fenótipos;
- Realizar o acompanhamento da fêmea até o nascimento dos filhotes;
- Analisar melanóforos e padrões de cores a partir de cortes histológicos da cauda;
- Determinar os alelos com relação a padrões de dominância e recessividade.

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar do lebiste ser um peixe requerido pelo mercado de ornamentais, sua produção em cativeiro é bastante escassa, ou simplesmente inexistente na região Sul, onde a sua comercialização provm de lugares distantes, o que interfere na saúde do animal, que chega debilitado e muitas vezes com patógenos, não sobrevivendo (Trabalho em Elaboração)¹.

Toda via, é cada vez mais reconhecido que a alta demanda de produção deve estar relacionada com cuidados apropriados aos peixes. A saúde e o conforto desses animais

ocupam relevância crescente nas técnicas de produção adotadas. O abate, o transporte, densidade, a qualidade da água e o manejo são os principais pontos críticos da produção de peixes, podendo interferir no seu grau de bem-estar (PEDRAZZAN et al, 2007). A produção local pode contribuir para a melhoria das condições de comércio dos peixes ornamentais, evitando problemas com o estresse e mortalidade recorrentes da atividade. Estudo com foco no desenvolvimento da nutrição, reprodução, produção de novas linhagens e manutenção dos espécimes em cativeiro podem contribuir significativamente para o crescimento racional da aquicultura ornamental na região.

A coloração é um dos critérios que aparentemente chamam a maior atenção das pessoas, ao apreciar peixes em aquários ou lagos, especialmente quando essas cores são vibrantes e fortes. Assim, peixes com tonalidades marcantes em vermelho, azul ou amarelo contrastando com outras mais escuras embelezam o ambiente, e é nesse quesito que o leibiste se encaixa. As diversidades de linhagens existentes trabalham com aspectos essenciais da ornamentação, como por exemplo, variação no tamanho, forma corporal (nadadeiras) e especialmente a coloração que tornam essa espécie interessante (RIBEIRO, 2008).

Porém a coloração não pode ser o único critério usado para atender requisitos de ornamentação, haja visto o aumento do uso de espécies mutantes albinas com efeito similar. Exemplares totalmente isentos de cor, como leibistes albinos (*Pristella maxillaris* e *Corydoras* sp.) ou acarás-discos brancos (*Symphysodon* sp.), peixes acinzentados ou totalmente negros como o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) e até espécies transparentes como o peixe-vidro (*Parambassis ranga*) são usados com fins ornamentais da mesma maneira que os multicoloridos (RIBEIRO, 2008).

A produção de peixes ornamentais representa uma grande atividade econômica, podendo gerar uma renda significativa para os produtores, sendo importante para o desenvolvimento da piscicultura baseada em práticas de produção sustentável que levem em consideração a compreensão da biologia da espécie para reprodução das linhagens em cativeiro (VIDAL, 2002). A formação de linhagens focada principalmente nos padrões de cores e tamanho das nadadeiras dos machos é praticada principalmente por aquarofilistas, tendo grande soma no comércio de ornamentais. A utilização de pequenos grupos de reprodutores para a produção de um grande número de gerações tem consequências desastrosas para a espécie. Os cruzamentos consanguíneos podem causar homogeneidade genética, com efeitos nocivos na saúde dos animais, resultando em perdas dos padrões do fenótipo de interesse e eventos drásticos de eliminação do plantel, refletindo negativamente na produção (PEREIRA, 2008).

Os registros referentes aos padrões de herança e cruzamentos refletem o quanto são escassos a compreensão da transmissão dos caracteres que são interessantes nos peixes sob o ponto de vista ornamental. O domínio dessa prática de forma racional poderia ser importante para resgatar a linhagens originais e estabelecer protocolos de cruzamentos para evitar homogeneidade genética e promover a obtenção de novos fenótipos. Considerando que a aquicultura ornamental é uma atividade promissora a ser desempenhada por pequenos produtores em sistema de agricultura familiar, seria de grande interesse o conhecimentos dos protocolos de cruzamento entre duas linhagens com fenótipos diferentes, como albinos e selvagens por exemplo. Isso torna-se mais interessante no caso do lebiste, por ser uma espécie extremamente versátil, encontrada em diversas formas e atrelada a diversas finalidades, como entretenimento, decoração, lazer e para uso no ensino de ciências e biologia. Por essa razão, a insuficiência de dados referentes à genética da espécie no Brasil, associada à sua importância comercial em nível mundial, impulsionam e fundamentam a realização da presente pesquisa, como contribuição científica ao desenvolvimento da aquicultura ornamental.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO DA PISCICULTURA ORNAMENTAL

A atividade de comércio de peixes ornamentais iniciou-se no Sri Lanka na década 1930, contudo a prática foi amplamente difundida para outras partes do mundo, através dos criadores japoneses, que tinham historicamente a tradição do cultivo de peixes ornamentais desde 400 a.C. (PEREIRA, 2015). Na época, as técnicas de manutenção eram insuficientes e o conhecimento sobre os requisitos nutricionais e reprodutivos dos organismos mantidos era praticamente inexistente. A evolução do conhecimento e o desenvolvimento de tecnologia baseado no estudo dos espécimes ornamentais possibilitou a manutenção desses organismos em aquários de maneira mais segura. A partir da metade do século XX, com o desenvolvimento do transporte aéreo, os peixes puderam ser exportados para todo o mundo (RIBEIRO, 2008) e hoje qualquer loja de aquário contém uma infinidade de espécies de ornamentais originárias de diversos países. Estima-se que só nos últimos anos foram movimentados quase 1,4 bilhões de dólares em exportações de organismos ornamentais aquáticos, onde Singapura, Espanha, Japão e República Tcheca destacam-se como os maiores produtores. A produção atende a demanda dos maiores consumidores, incluindo países como os Estados Unidos, o Reino Unido, a Alemanha, Singapura e o Japão, que juntos chegaram a movimentar 1,2 bilhões de dólares entre o período de 2011 a 2014 (COMTRADE, 2015).

A aquariofilia, ou aquarismo, é a técnica de criar peixes, plantas ou outros organismos aquáticos com finalidade ornamental ou para estudo. Esta ocupação evoluiu muito depois do século XX com o desenvolvimento de pacotes tecnológicos direcionados ao cultivo desses organismos em laboratórios e residências. Entretanto é fundamental destacar que a aquariofilia e a piscicultura ornamental são atividades completamente diferentes. A criação de peixes ornamentais sob o ponto de vista de entretenimento e lazer, sem fins lucrativos para os praticantes, vista apenas como um hobby é considerado como aquarofilia ou aquarismo. A piscicultura ornamental, por sua vez, corresponde à produção de peixes em cativeiro envolvendo a reprodução, larvicultura e engorda, na maior parte do tempo com finalidade comercial (SAMPAIO et al, 2008), para atender as demandas do mercado de aquarofilia.

O aumento da produção de peixes ornamentais no Brasil ocorreu a partir da década de 1940, representado por pequenos produtores que executavam essa prática de maneira isolada em municípios da região Sudeste. Houve grande interesse em espécies de peixes da região amazônica entre as décadas de 1950 e 1960, para suprir o mercado de organismos ornamentais utilizados em aquários (VIDAL, 2003), por atenderem boa parte dos requisitos necessários para ornamentação. Estados como São Paulo e Rio de Janeiro ainda se destacam nesse tipo de produção, abastecendo grande parte do mercado interno, com faturamentos otimistas. Paiva (2012) demonstra que a aquicultura de peixes ornamentais é uma opção lucrativa para produtores, e um dos peixes que mais se destaca nesta atividade é o lebiste (*P. reticulata*), sendo considerada a segunda espécie mais comercializada no Brasil, pois além de gerar renda, desenvolve o mercado interno desse ramo.

Apesar do grande número de informações veiculadas atualmente, pouco se sabe sobre as verdadeiras preferências a respeito dos envolvidos na criação de espécies aquáticas ornamentais. Muito menos se sabe sobre seus aspectos sociais e econômicos, suas opiniões acerca da prática e ainda, sobre as principais espécies recomendadas, recursos empregados na atividade dentre diversos outros pontos-chaves, que correspondem aos gargalos e entraves da atividade (PEREIRA, 2015).

No que diz respeito ao lebiste, observamos uma perspectiva promissora para o desenvolvimento de seu comércio, contudo ainda há uma escassez de profissionais capacitados para atender a demandas do mercado. O aprimoramento genético do lebiste, por exemplo, está sendo desdobrado há várias décadas, resultou na formação de várias linhagens com variações de coloração, formato e tamanho. Porém, poucos estudos com enfoque na genética do espécime têm sido desenvolvidos no Brasil, em comparação o nível internacional (RADIONOVA, 1996). A grande maioria das pesquisas relatadas demonstra que as análises

foram e estão sendo feitas com base na avaliação do fenótipo, o que provoca há um curto prazo de tempo, a perda dos padrões das linhagens originais por falta de conhecimento de suas características hereditárias (LEITE et al, 2012). Dessa forma, a exploração do tema torna-se relevante para ampliar os conhecimentos a respeito do processo de transmissão hereditária, que na prática se traduzem na seleção racional das linhagens, de forma a preservar o “pool” gênico da espécie.

2.2 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS E *Poecilia*

O lebiste (*Poecilia reticulata*) (PETERS 1859) é considerado como um ótimo produto para o mercado de peixes ornamentais, pois as enormes variações de cores e da forma da cauda criam um “display” bastante interessante para uso restrito dentro da aquarofilia, agregando valor comercial ao espécime devido a sua enorme atratividade (MONTEIRO, 2013). O enorme potencial para a ornamentação está relacionado ao atendimento dos requisitos básicos da aquarofilia como nado ágil, elevada fertilidade, rusticidade, diversificação morfológica incluindo 12 variações na forma da cauda e 40 padrões de cores (LIMA, 2004; ANDRADE et al, 2005).

A família Poeciliidae corresponde a um grupo de peixes teleósteo nativos da América Central e norte da América do Sul, cujo representante mais conhecido é o lebiste que também pode ser chamado de guppy ou barrigudinho (quando se tratar de indivíduos selvagens). As fêmeas são maiores que os machos atingindo, 6,5 cm de comprimento, enquanto os machos usualmente não ultrapassam os 3,3 cm (Figura 1). As variedades de cores estão presentes nos machos, porque são caracteres importantes para pareamento e reprodução, já as fêmeas na maioria das vezes têm cores acinzentadas e pardas se destacando pouco em relação aos machos (ANDRADE et al, 2005).

O desenvolvimento embrionário desse espécime ainda é uma incógnita, pois há um contrassenso entre a literatura correspondente a biologia do lebiste, a qual o enquadram hora como ovovivíparo, hora como vivíparo (MONTEIRO, 2013). De qualquer forma o resultado da eclosão é um indivíduo juvenil que permanece por um tempo dentro do útero da fêmea, facilmente visualizado durante dissecações de fêmeas grávidas em estudos ictiológicos.

Classificação zoológica do *Poecilia reticulata* segundo Peter (1983) é a seguinte:

Classe: Osteichthyes

Subclasse: Actynopterygii

Superordem: Teleostei

Ordem: Cyprinodontiformes

Subordem: Cyprinodontoidei

Superfamília: Poeciloidea

Família: Poeciliidae

Subfamília: Poecillinae

Gênero: *Poecilia*

Espécie: *P. reticulata*

Figura 1 – Imagem de um macho (acima) e de uma fêmea (abaixo) com ponto gravídico de *P. reticulata* (lebiste).



Fonte: CESAR, 2012, Disponível em < <http://peixesbrasil.com/2012/12/guppy-lebiste.html>>. Acesso em: 11 de Junho de 2018.

2.3 ASPECTOS NUTRICIONAIS E DE QUALIDADE DA ÁGUA

A alimentação é um dos principais pilares para a produção de qualquer organismo aquático, para ter um animal de qualidade e saudável, sendo um ponto crucial para o crescimento, para assegurar que o peixe atinja seu tamanho e potencial máximo. A dieta dos animais aquáticos varia enormemente desde herbívoros-algívoros, herbívoros-plantívoros, detritívoros (restos de animais e o lodo) e carnívoros. Embora exibam uma determinada preferência por um tipo de alimento disponível no ambiente, isso não os impede de se alimentarem de outros itens. A construção e adaptação do sistema digestivo tem relação direta com a evolução da espécie de peixe considerada, assim espécies com hábitos alimentares semelhantes, mas de famílias distintas, apresentam sistemas digestivos muito semelhantes (BALDISSEROTO, 2013).

Nesse aspecto o lebiste exibe uma ampla plasticidade alimentar, pois no ambiente natural, alimentam-se de zooplâncton, insetos e detritos (FISHBASE, 2018), contudo, alguns estudos que analisam a dieta alimentar desses peixes no Brasil evidenciam a ocorrência de restos de microalgas no conteúdo estomacal (ARANHA; CARAMSCHI, 1999). Embora a classificação nutricional do lebiste seja controversa, a maioria dos dados referentes a alimentação indicam um comportamento de onívoro, pois usualmente encontra-se no conteúdo estomacal desses peixes proporções equilibradas de vegetais e animais consumidos.

Na atualidade, a maior parte dos sistemas de produção utilizada para criação de peixes utiliza alimento artificial para alimentação dos animais, sendo geralmente dietas ricas em proteínas. Nos sistemas de produção intensivos em viveiros escavados, a oferta excessiva de ração demonstra ser uma das maiores fontes de amônia e fósforo dos cultivos, já nos sistemas semi-intensivos e extensivos não há a necessidade de grande demanda de alimento artificial (AVNIMELECH, 1999; BOSMA e VERDEGEM, 2011).

Em situações de criação em cativeiro ou laboratório, o lebiste aceita muito bem alimentos secos, em flocos, granulados ou liofilizado, mas possui alta preferência por alimentos vivos, como artêmias ou enquitreias. Os recém-nascidos podem ser alimentados com sera mikropan, que consiste de um preparado de spirulina, dáfnias, ciclops, plâncton e mexilhões triturados com elevados teores de fibras e cálcio. A administração da sera mikropan é realizada preparando-se uma pasta misturando-se o pó a água, em dosagens alternadas com a oferta de artêmia (ALMEIDA, 2011).

Segundo Kubitzka (1998) a exigência de temperatura depende da fase de desenvolvimento em que o animal se encontra (ovo, larva, pós-larva ou juvenil). As espécies tropicais normalmente apresentam ótimo crescimento em temperaturas entre 28 e 30 °C. Temperaturas mínimas e máximas da água devem ser conhecidas de modo a determinar a viabilidade do cultivo de uma espécie em particular. A escala de pH para peixes em geral compreende valores de 0 a 14. Valores de pH de 6,5 a 9,0 são mais adequados à produção de lebiste. Valores abaixo ou acima desta faixa podem prejudicar o crescimento e a reprodução e, em condições extremas, causar a morte dos peixes. O oxigênio segue o padrão de outras espécies de peixes, sendo o valor crítico de sobrevivência próximo aos 3 mg de O₂/L, e como são peixes encontrados em áreas de remanso de riachos e rios, o lebistes devem ser mantido em ambientes bem oxigenados com a concentração em torno de 5 a 6 mg de O₂/L (ZIMERMANN, 2001).

Outros parâmetros como, alcalinidade, dureza, amônia total, nitrito, nitrato, também devem ser mantidos sobre controle. Os lebiste são peixes de água doce e, portanto, para que

os processos de controle da osmorregulação não sejam prejudicados a água não pode ultrapassar os 75 mg/L de CaCO_3 , devendo estar numa condição de água mole. Sobras de alimento, decomposição de peixes e plantas, fezes acumuladas dos peixes, refletem diretamente para a alteração do pH, assim valores de alcalinidade adequados ajudam a estabilizar essas variações promovendo um ambiente mais confortável a sobrevivência. Contudo, a prática de uso de sais para aumentar a alcalinidade e controlar o pH deve ser feita de maneira racional pois podem afetar a regulação osmótica de peixes adaptados a condição de água doce. Os nitritos (NO_2), amônia em meio aquoso (NH_4OH) e fosfatos (PO_4), denunciam o trabalho de bactérias benéficas dentro do aquário, mas atenção redobrada deve ser dada aos dois primeiros, pois em dosagens altas são “tóxicos” e podem causar metahemoglobinemia. O terceiro, apesar de não afetar diretamente os peixes, se alcançar níveis elevados, vai contribuir para a proliferação de algas, que nesse caso podem estender a frequência de manutenção de limpeza do aquário sujeitando os espécimes a um maior estresse e morte das plantas ornamentais do fundo, levando a produção de gases tóxicos de decomposição como o metano e o gás sulfídrico (Kubtiza, 2003).

2.4. RITUAL DE REPRODUÇÃO E *Poecilia*

Uma das peculiaridades do lebiste é o dimorfismo sexual, pois facilmente observamos nos machos uma grande variação de cores, cores mais intensas (LIMA, 2003) e a alteração da nadadeira anal que se transforma num gonopódio, estrutura que funciona como órgão copulador. O gonopódio é um apêndice articulado para frente, que executa também movimentos para o lado ou giros como um círculo (PETER, 1983). Está localizado exatamente atrás do poro urogenital e, em frente a esse poro, estão as duas nadadeiras pélvicas, um pouco diferentes das femininas. A fertilização é realizada pelas três nadadeiras em conjunto projetadas para frente formando um tubo temporário, através do qual o esperma é transmitido à fêmea. Amputações parciais do gonopódio não são fatores limitantes para que os machos fecundem a fêmea, e esse órgão possui uma alta capacidade de regeneração, reconstituindo-se por completo após eventos traumáticos (LIMA, 2003).

A corte realizada pelo macho, antes de qualquer tentativa de fecundação obedece a certos padrões hereditários, sendo comum o hábito de perseguição constante para pareamento com a fêmea. Esse comportamento incansável exige que o criador tenha disponível de 3 a 8 fêmeas para cada macho (PAIVA, 2012). Na exibição é constante o abrir das nadadeiras, contorções do corpo, súbito nadar de marcha ré, e por último, erguer o gonopódio em direção a fêmea. PETER (1983) destaca que não é somente a corte que tem papel importante na

reprodução, mas também parece existir uma linguagem de cores no corpo, pelo menos nas formas selvagens. Aparentemente, há uma relação entre o movimento de cada estágio de corte e a intensificação de pigmentação em determinadas áreas do corpo. A mudança de cores na epiderme do lebiste se verifica devido a uma concentração rapidamente variável de melanóforos da pele, o que deverá ser um acoplamento com o comportamento reprodutor (RAMOS, 2011).

As fêmeas são maiores que os machos e exibem poucas variações no padrão de cor (LEITE et al., 2012). Como abrigam os ovos observa-se uma dilatação no abdômen, especialmente no período de “gravidez”. O comportamento reprodutivo de aceitação da exibição do macho pela fêmea, se expressa pela adoção de uma postura estacionária, que é um pouco inclinada para cima e um pouco para o lado. O período de gestação ocorre entre a fecundação e o nascimento, durando de 22 a 24 dias, com as concepções ocorrendo a cada 27 a 30 dias (RAMOS, 2011). Embora a classificação trófica do embrião seja controversa, uma boa parte dos autores sugere que o lebiste seja ovovivíparo uma vez que parte dos nutrientes necessários ao desenvolvimento seja fornecida por reservas do saco vitelínico (MONTEIRO, 2013).

2.5 DEFINIÇÕES DE ALGUNS TERMOS USADOS NO MELHORAMENTO GENÉTICO

A palavra genética significa o estudo dos genes, que analisa a transmissão das características hereditárias, entre os seres vivos de uma mesma espécie. O foco da genética é compreender como a aquisição de determinados genes transmitidos de geração a geração, irão determinar aspectos da morfologia, fisiologia e comportamento dos organismos e o que ocorre caso esses fatores sofram uma mudança. As primeiras leis genéticas foram elaboradas por Mendel (1865) e atualmente a ciência considera várias modalidades de estudo para a genética: a clássica ou mendeliana (que se centra no estudo dos cromossomas e dos genes e na forma como são herdados de geração em geração), a quantitativa (analisa o impacto de múltiplos genes sobre o fenótipo), a molecular (estuda o ADN, a sua composição e a forma como se duplica), a populacional e evolutiva (centra a sua atenção no comportamento dos genes no seio de uma população e de como isso determina a evolução dos organismos) e a genética do desenvolvimento (a forma como os genes controlam o desenvolvimento dos organismos) (GRIFFITHS et al, 2011).

“ Genes são segmentos de DNA encontrados em cromossomas estão localizados no núcleo das células. Genes armazenam o mapa do corpo, quando uma nova parte do corpo precisa ser construída o mapa é lido e essa nova parte é construída por ele, o gene passa esse mapa para a próxima geração” (GRIFFITHS et al, 2011).

A genética tem uma grande importância para a evolução da aquicultura, pois através dela podemos ter ganho de variabilidade entre espécies através de seleção e cruzamentos que é a geração de híbridos. Entre esses conceitos, estão o genótipo e o fenótipo, termos criados em 1909, por Wilhelm Ludvig Johannsen (1857-1927), que representam características genéticas, físicas, morfológicas e comportamentais de um organismo (GRIFFITHS et al, 2011).

Genótipo

O genótipo pode ser definido como a constituição genética de um indivíduo, ou seja, o conjunto de genes recebidos dos progenitores. Quando dizemos que um organismo possui genes recessivos e dominantes ou que um indivíduo é homocigoto ou heterocigoto, fazemos referência ao seu genótipo. As características genotípicas podem ser descobertas analisando-se o fenótipo ou os descendentes de um indivíduo. O genótipo de um organismo não pode ser alterado, diferentemente de um fenótipo. Isso acontece porque o fenótipo sofre influência do meio, o que não ocorre com o genótipo (GRIFFITHS et al, 2011).

Fenótipo

O fenótipo corresponde ao resultado da expressão dos genes em combinação com as ações do meio ambiente, que determina a forma do corpo, o funcionamento e a existência de determinados órgãos, e as respostas dos organismos ao ambiente em função da presença desses elementos (GRIFFITHS et al, 2009). Como exemplo de características fenotípicas, podemos citar a cor das flores, a cor do pêlo de um animal, a cor dos cabelos de uma pessoa, entre outros. Características não visíveis, mas verificáveis, como o tipo sanguíneo de uma pessoa, também são características fenotípicas. As características fenotípicas, como ditas anteriormente, dependem das ações ambientais. Dois irmãos gêmeos que vivem em localidades diferentes, por exemplo, podem ter tonalidades de pele diferenciadas, uma vez que a radiação solar influencia diretamente a produção de melanina, afetando a cor da pele (PINHEIRO, 2010).

Homocigoto

Homocigoto ou homocigótico é um termo da genética para indicar que os alelos presentes em um locus genético são idênticos. Um indivíduo é chamado de homocigoto, quando os alelos que se aglomeram e codificam uma determinada característica são iguais, de forma que durante a reprodução os indivíduos produzirão apenas um tipo de gameta. Por exemplo, em ervilhas, a característica sementes verdes é recessiva, portanto homocigota, pois possui o genótipo vv, e produzirá apenas gametas v. O gene é o mesmo, mas tem dois alelos

diferentes. Se um indivíduo herda dos pais genes idênticos, ele é chamado de homozigoto (PINHEIRO, 2010).

Heterozigoto

Cada indivíduo possui dois alelos de cada gene, sendo que cada um deles está alocado em um dos dois cromossomos homólogos. Quando o indivíduo possui dois alelos diferentes do mesmo gene, diz-se que este indivíduo é heterozigoto. Às vezes um alelo é dominante e outro é recessivo. O alelo dominante é aquele que possui maior capacidade de manifestar as suas características e, o alelo recessivo, é aquele que possui menor capacidade de manifestar as suas características. O gene recessivo só consegue manifestar suas características quando o outro do par também é recessivo. Os indivíduos heterozigotos podem gerar descendentes com características diferentes, conforme o descendente herde dele um ou outro alelo (PINHEIRO, 2010).

2.5.1 FENÓTIPOS E GENÓTIPOS QUE A ESPÉCIE APRESENTA

O DNA é composto por uma cadeia linear de nucleotídeos, que são moléculas formadas de açúcar do tipo pentose, ligado a um grupo de fosfato e a bases nitrogenadas. As **mutações gênicas** originam-se de alterações na sequência de bases nitrogenadas de determinado gene durante a duplicação da molécula de DNA, que podem levar o material genético a codificar um tipo de proteína diferente da que deveria ter sido originalmente codificada. As mutações gênicas podem ocorrer por: **(1) Substituição:** quando observa-se a substituição de uma base nitrogenada por outra no nucleótido que forma o DNA; **(2) Deleção:** remoção de uma única base ou centenas delas do nucleotídeo; **(3) Inserção ou Adição:** quando observa-se a introdução de uma ou mais bases nitrogenadas nos genes (DERGAM et al, 2002).

As mutações gênicas são consideradas as fontes primárias da variabilidade, pois aumentam o número de alelos disponíveis em um locus, incrementando um conjunto gênico da população. Embora ocorram espontaneamente, podem ser provocados por agentes mutagênicos, como radiações e certas substâncias químicas (DERGAM et al, 2002).

Um dos fatos mais fascinantes relativamente aos lebetes é padrão de variações de cores e a ocorrência do albinismo, que estão intimamente relacionados a processo mutagênicos. No caso do lebeste as mutações estão presentes de maneira que colaboram na característica desejável para a ornamentação. Esse fato faz com que os produtores tenham grande interesse em aplicar técnicas de melhoramento genético nos peixes ornamentais (PAIVA, 2012). Quando um par de cromossomos é formado pela reunião dos genes, podem obter-se diferentes “sortidos”, conforme o gene de cada progenitor que vão constituir o

cromossomo, e isso se torna mais significativo quando ocorre uma mudança nos genes. A junção desses genes em diferentes combinações num cromossomo geram características variáveis criando diferentes linhagens que por vezes após o processo de ligação são raramente rompidas (PAIVA, 2012).

2.5.2 SELEÇÃO DE LINHAGEM E CRUZAMENTOS

Em cruzamentos consanguíneos quase todos os artigos referem que os machos são sempre tão diferentes, que não é possível encontrar dois que se possam confundir (GRIFFITHS, 2009). Na realidade essa conclusão é um grande equívoco, pois provavelmente não há a compreensão de que cruzamentos consanguíneos podem gerar indivíduos com características similares. Os animais obtidos por cruzamentos são os únicos que nos permitem estudar com segurança os processos de hereditariedade. Assim os cruzamentos possibilitam a seleção de uma característica desejável para o consumidor de ornamentais, contudo preservando algumas características originais da espécie num banco de genes.

Um ambiente controlado como o laboratório, os lebetes de linhagens diferentes tem bastante facilidade de acasalar dentro dos aquários. Por essa razão, as mesmas precauções em cruzamentos adotados para outras espécies animais devem ser seguidas na adoção de práticas melhoramento genético para essa espécie de peixe (GRIFFITHS, 2009). Em cada geração, devem-se escolher os maiores e mais vigorosos para servirem como progenitores da geração seguinte. A junção de progenitores com as mesmas características serve para concentrar as características, caso haja uma série de características desejáveis, estas serão integradas num único peixe, produzindo provavelmente um peixe do mesmo modo, as características não desejáveis também podem ser integradas ou eliminadas. Cada geração é um pouco menos prolífica, e os dados dos experimentos desenvolvidos nesse trabalho confirmam essa afirmação, pois durante os cruzamentos observou-se menor quantidade de indivíduos gerados e famílias menos vigorosas até a quinta geração. O melhoramento genético para a característica desejada começa a dar resultados satisfatórios a partir de cruzamentos da quinta geração (SILVA; ROMÃO, 2017).

O cruzamento de raças estabelecidas trata-se simplesmente de um grupo de peixes com conjuntos semelhantes de genes ou cromossomos, num arranjo relativamente definido, o que frequentemente ocorre como uma regressão. Quando o cruzamento de melhores exemplares de dois tipos diferentes é realizado por várias vezes, nunca obtemos peixes de qualidade equivalente à dos respectivos progenitores. O conjunto de genes não é semelhante aos dos pais e os novos cromossomos não conseguem produzir a aparência desejada

(FRIDMAN, 2010). Segundo Griffiths (2009) a junção de indivíduos fortemente relacionados entre si pode ser considerada uma criação de “linhagem”, usada para conservar características com interesse especial. A relação entre os peixes neste tipo de criação é de alto grau de parentesco, normalmente mais próxima do que a de “primos diretos”, e tem como desvantagem a probabilidade de formação de indivíduos com uma série de problemas fisiológicos ou até mesmo morfológicos. Evitar cruzamentos dessa natureza auxilia a obter um tipo de criação mais segura e sem qualquer das desvantagens da criação consanguínea (FRIDMAN, 2010).

2.5.3 CROMATÓFOROS E ALBINISMO

Os peixes ósseos são de coloração variada devido às células pigmentares, cromatóforos, na derme, tanto por fora como por baixo das escamas, de forma que pigmentos pretos, amarelos, alaranjados e vermelhos estão presentes em diferentes espécies (STORER et al., 2000). A concentração ou dispersão dos grânulos de pigmento presentes nos cromatóforos determinam a intensidade das cores. Esta dispersão ocorre por ação de vários hormônios e neurotransmissores que agem em estruturas específicas na superfície das células. Os peixes ornamentais são caracterizados por ampla diversidade de cores e padrões de coloração. Animais que podem mudar de rapidamente, em resposta à luz, temperatura ou a estímulos neuro-hormonais, possuem vários tipos de cromatóforos, classificados conforme o pigmento que armazenam (LINHARES, 2015).

Os cromatóforos podem ser classificados em: (A) Xantócitos ou xantóforos, células arredondadas localizadas na epiderme e hipoderme que contém pigmentos de cor vermelho, amarelo ou alaranjado; (B) Melanócitos ou melanóforos, células radiadas (semelhantes a uma estrela), localizadas embaixo das escamas na epiderme e na hipoderme que contém melanina, um pigmento escuro; (C) Iridócitos ou Iridóforos, células achatadas que contém pigmentos prateados resultantes da aglomeração de grânulos de guanina, que funcionam com refletores da luz (ORR, 1996). Da combinação destes resultam o verde (preto + amarelo), marrom (vermelho ou amarelo + preto) e outras cores. Cristais refletores de guanina e hipoxantina em outras células (iridócitos) fornecem cores “estruturais” resultantes de fenômenos de interferência (HICKMAN Jr.; ROBERTS; LARSON, 2004).

Os cristais, frequentemente em forma de placas, refletem luz de diferentes comprimentos de onda de acordo com a sua largura e a das camadas citoplasmáticas que os separam. Quando estas camadas têm aproximadamente a mesma largura que os cristais, é refletida a luz de um longo comprimento de onda como o vermelho, quando são menos largas,

é refletido comprimentos de onda mais curtos como o amarelo ou verde (HICKMAN Jr.; ROBERTS; LARSON, 2004). O aspecto prateado brilhante comum nos peixes é provocado pela imbricação de camadas de plaquetas que refletem diferentes partes do espectro. Uma faixa de onda não refletida por uma camada pode penetrar mais profundamente para ser refletida por outra camada. Em conjunto as camadas podem refletir luz de todo o espectro espécies (LINHARES, 2015).

A pele dos peixes com capacidade de camuflagem contém cromatóforos, com pigmento amarelo, pardo, laranja, vermelho, azul e preto em uma cápsula elástica circundada por células musculares. As alterações de cores são reguladas por células musculares ao redor dos cromatóforos que quando contraídas fazem com que os pigmentos fiquem espalhados sobre a pele e, quando relaxados, contribuem para que fiquem concentrados tornando a coloração menos aparente. Os cromatóforos são controlados por sistema nervoso e provavelmente pelos hormônios, sendo a visão o principal identificador de coloração do substrato do fundo de areia, rocha e assim por diante. Isso permite que peixes como o linguado consigam mudar facilmente de cor de um ambiente para o outro sem a menor dificuldade (LINHARES, 2015).

Segundo Ferreira (2009), albinismo é uma anomalia congênita caracterizada pela ausência total ou parcial do pigmento da pele, dos pelos, da íris e da coroide. A ausência quase completa ou completa da melanina na pele e olhos já é bem conhecida entre os vertebrados, invertebrados e seres humanos. A ocorrência de albinismo em peixes foi relatada na carpa, *Cyprinus Carpio*, no peixe do paraíso, *Macropodus opercularis*, no rabo de espada, *Xiphophorus hellerii*, no medaka, *Oryzias latipes*, e no peixe cego da caverna mexicana, *Anoptichthys atrobius*. O albinismo pode aparecer em outros peixes mais ainda não foram analisados geneticamente (YAMAMOTO, 1968). O caráter, no caso o albinismo, só vai se expressar nos indivíduos que forem portadores de dois fatores recessivos (aa). Assim um casal formado por um indivíduo não albino e um indivíduo albino terá todos os seus filhos normais, porém heterozigoto para o gene do albinismo.

3. METODOLOGIA

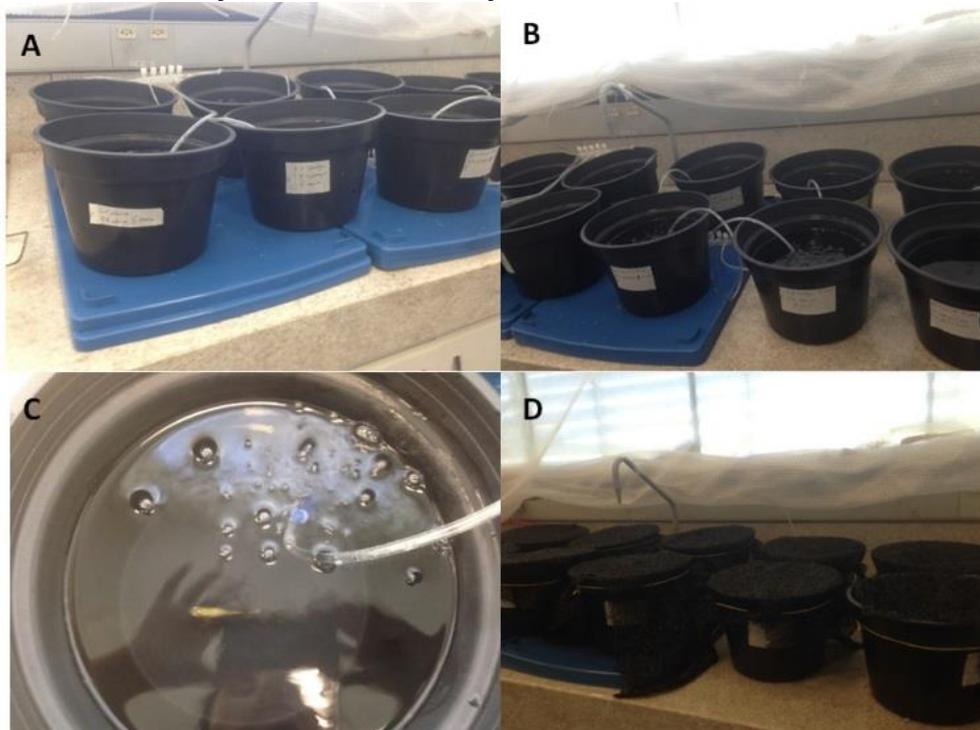
3.1. OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DOS ANIMAIS

O experimento foi realizado na Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS, campus Laranjeiras do Sul-PR no Laboratório de Patologia durante o período de 26 de fevereiro a 30 abril de 2018. Os peixes foram obtidos a partir de acervo já existente no laboratório, o qual já

desenvolve atividades com o lebiste. Os juvenis foram mantidos em recipientes plásticos de polietileno com capacidade de 5 L, de cor preta para melhor observação do albinismo, pois devido a esta característica do recinto o animal não consegue se camuflar no ambiente. Utilizou-se um total de 10 recipientes plásticos, com uma densidade de 3 indivíduos adultos, sendo 2 fêmeas e 1 macho em cada recipiente, com aeração constante e temperatura de 25°C, sendo mantidos em laboratório (figura 2).

Os espécimes foram alimentados uma vez por dia entre 9 e 10 horas da manhã, com ração floculada (alimento completo para peixes ornamentais), que contém uma grande quantidade de ingredientes naturais, onde a porcentagem de proteína bruta é de 45%. Os ingredientes utilizados em sua composição são minerais orgânicos, enzimas digestivas e probióticos, além de não conterem corantes artificiais. A sifonagem foi realizada com uma mangueira transparente e um balde plástico graduado duas vezes por semana trocando 75% da água como demonstra a figura 2.

Figura 2 – Recipientes plásticos usados para execução dos experimentos de cruzamento dos fenótipos selecionados de lebistes. (A) Seleção e identificação das linhagens selecionadas; (B) Introdução dos aeradores; (C) Machos e fêmeas de lebistes; (D) Introdução de tela de contenção.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

3.2. CRUZAMENTOS E SELEÇÃO

As matrizes foram submetidas a 1 cruzamento teste (controle) e 4 tratamentos, todos em duplicata. Os tratamentos foram distribuídos da seguinte maneira:

- **Cruzamento Teste** (módulos 5 e 10) – cada módulo contendo 1 macho albino e 2 fêmeas selvagens (figura 3).

Figura 3 – Módulo experimental do cruzamento teste entre macho albino e fêmea selvagem.

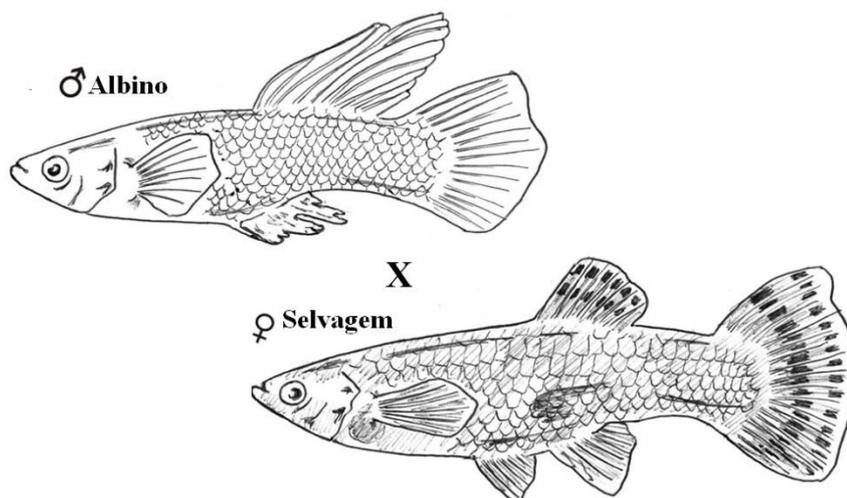


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Tratamento 1** (módulos 1 e 6) – indivíduos 100% albino cada módulo contendo 1 macho e 2 fêmeas (figura 4).

Figura 4 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento I entre macho albino e fêmea albina.

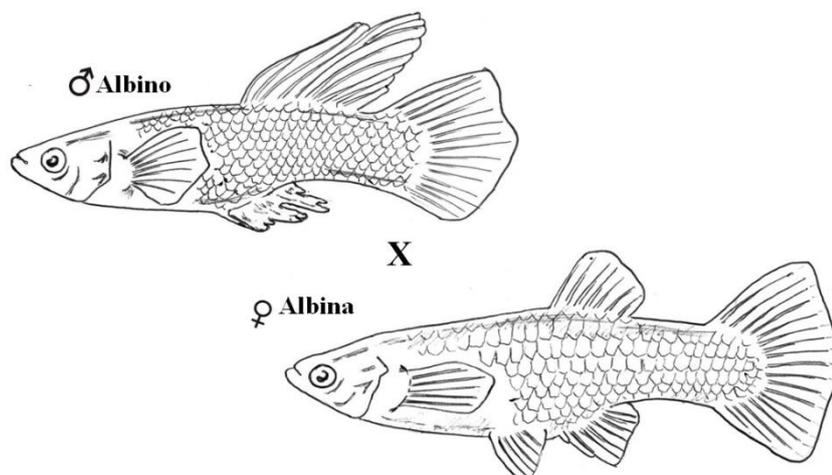


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Tratamento 2** (módulos 2 e 7) – indivíduos 100% selvagem cada módulo contendo 1 macho e 2 fêmeas (figura 5).

Figura 5 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento II entre machos selvagens e fêmea selvagens.

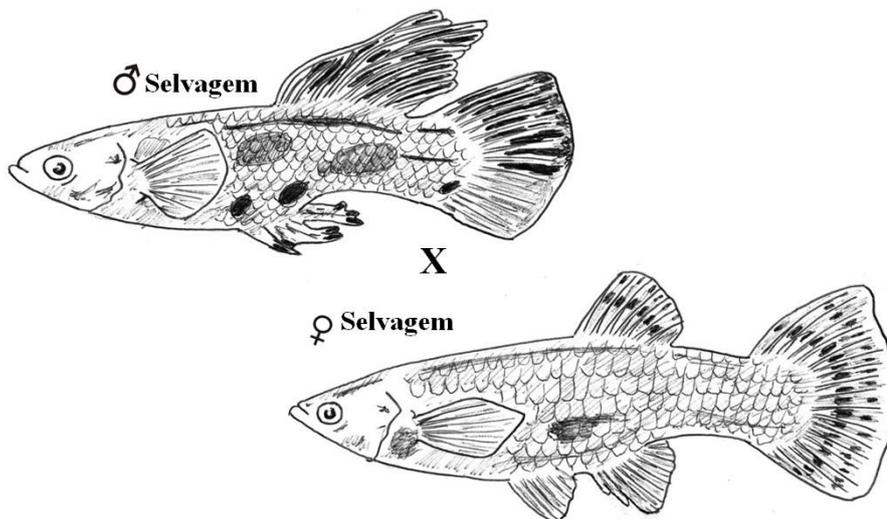


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Tratamento 3** (módulos 3 e 8) – cada módulo contendo 1 macho albino e 2 fêmeas selvagens (figura 6).

Figura 6 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento III entre macho albino e fêmea selvagem.

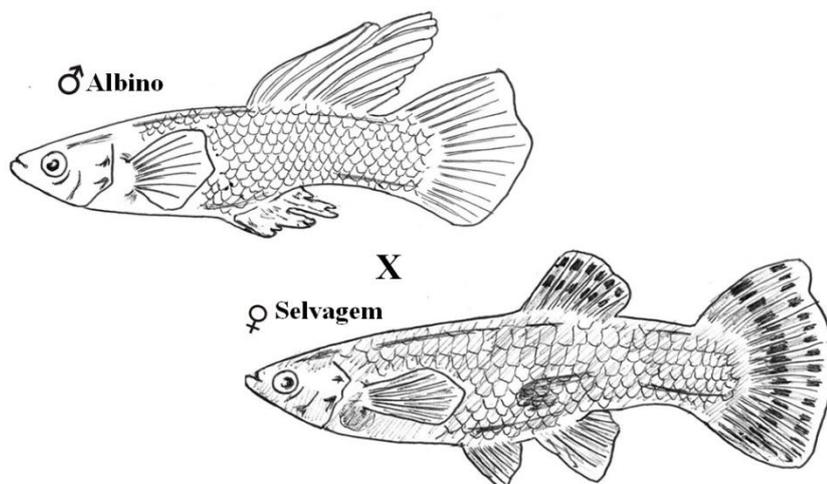


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Tratamento 4** (módulo repetitivos 4 e 9) – cada módulo contendo 1 macho selvagem e 2 fêmeas albinas (figura 7).

Figura 7 – Módulo experimental do cruzamento do tratamento IV entre macho selvagem e fêmea albina.

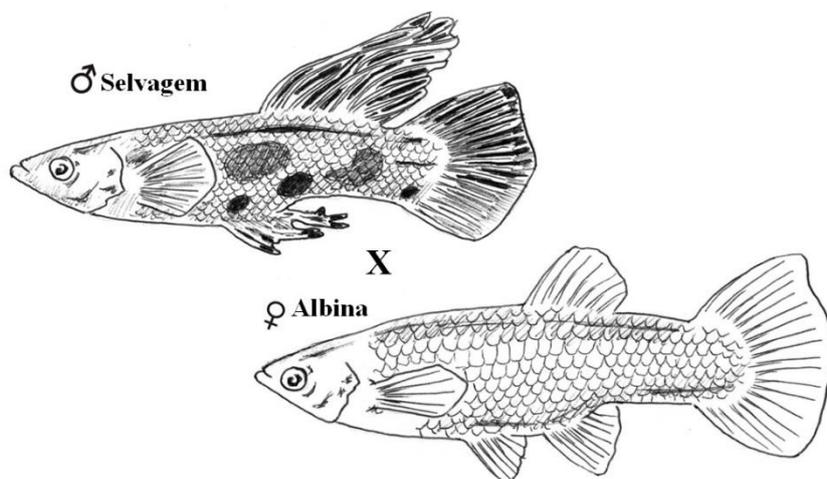
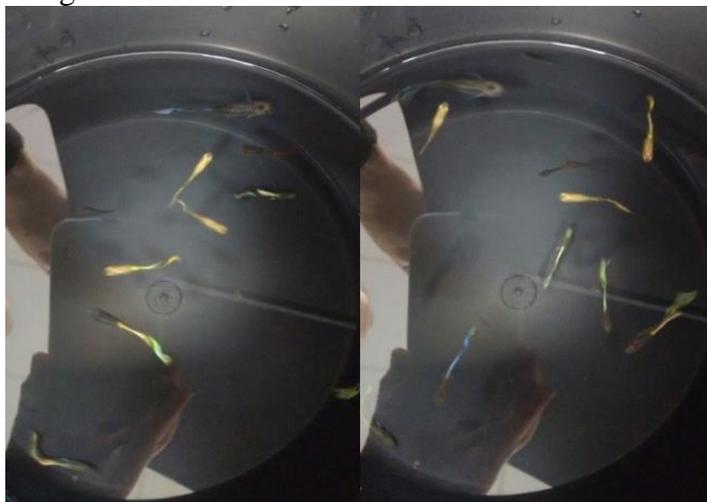


Ilustração: Monkolski, 2018.

Alguns peixes selvagens e albinos foram selecionados aleatoriamente para análise de coloração e transferidos para recipientes plásticos com água desclorada, e levados ao laboratório de Bioquímica como mostra a figura 8. A essência de cravo foi usada como anestésico, para imobilização dos animais, possibilitando a retirada de um pequeno pedaço da nadadeira dos espécimes. Os fragmentos de tecido retirados foram colocados sobre uma lamina e recobertos com uma folha escura por um período de 10 minutos, para impedir a entrada de luz sobre as células de cor (cromatóforos). Subsequentemente, as lâminas foram levadas ao microscópio óptico para verificar o comportamento dos cromatóforos em relação a presença e ausência de um estímulo luminoso.

Figura 8 – Espécimes com fenótipo albino e selvagem selecionados para exame histológico dos cromatóforos.



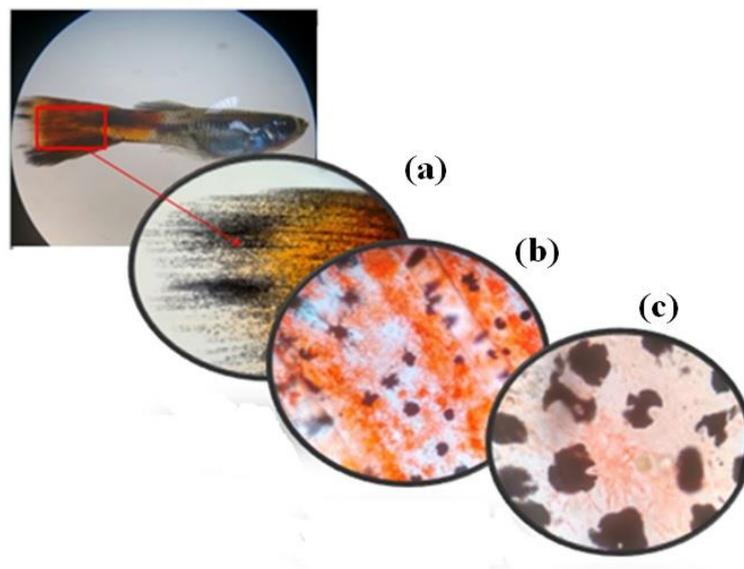
Fonte: Romão, 2018.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESCRIÇÃO DOS PADRÕES DE COLORAÇÃO DA PELE DE *P. reticulata*

O plantel do laboratório os animais com coloração mais escura e outros mais claras, e exibiam uma resposta de mudança de cor diferenciada quando colocados em ambientes mais escuros. Os mais claros mantinham a mesma cor em relação ao contraste de fundo, mas os mais escuros assumiam por completo essa coloração, tornando-se camuflados. A figura 9 mostra os cortes histológicos para os fenótipos escolhidos para o cruzamento: o selvagem que tem os melanóforos irradiados e o albino que tem baixa quantidade de melanina e, aparentemente, muitos melanóforos não irradiados, que portanto, não fazem a irradiação dos grânulos. Em função dessas peculiaridades da estrutura dos cromatóforos, os selvagens apresentaram a capacidade de camuflagem, enquanto os albinos não foram capazes de mudar a sua cor.

Figura 9 - Sequência de imagens de detalhes dos cromatóforos presentes nas nadadeiras por fotografia em microscópio óptico. **(a)** Detalhe da nadadeira; **(b)** pigmentos nos carotenoides laranja, vermelho, e amarelo; **(c)** pigmentos melânicos pretos.

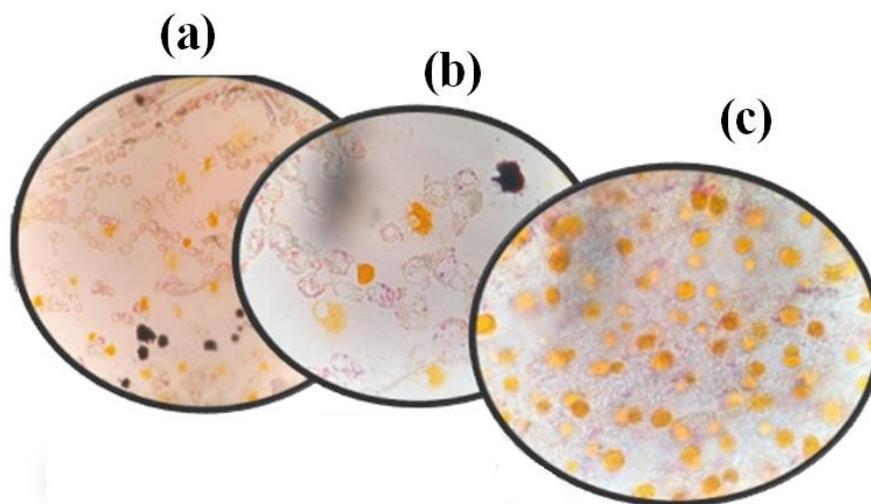


Fonte: ROMÃO, 2018.

Os cromatóforos dos indivíduos selvagens, quando ficam expostos ao escuro, espalham seus pigmentos de melanina ao longo dos dendritos do saco elástico dos melanóforos. Na presença de luz os pigmentos, de melanina concentram-se ao centro do pacote de pigmento. Os melanóforos contêm vesículas de melanina, chamados melanossomas,

sendo responsáveis pela variação de tonalidades de cor dos peixes ornamentais e pelo escurecimento da pele. Os xantóforos de cor alaranjada, avermelhada ou amarelada contém pteridinas, e são os maiores responsáveis pelos padrões de cores dos lebetes, pois suas diferentes combinações resultam numa enorme variedade de paleta de cores (figura 10).

Figura 10 – Corte histológico das nadadeiras de um lebiste albino mostrando os detalhes dos cromatóforos. (a) e (b) xantóforos amarelos e combinação com melanóforos pretos; (c) detalhe dos xantóforos aumentados com pigmentos amarelos.

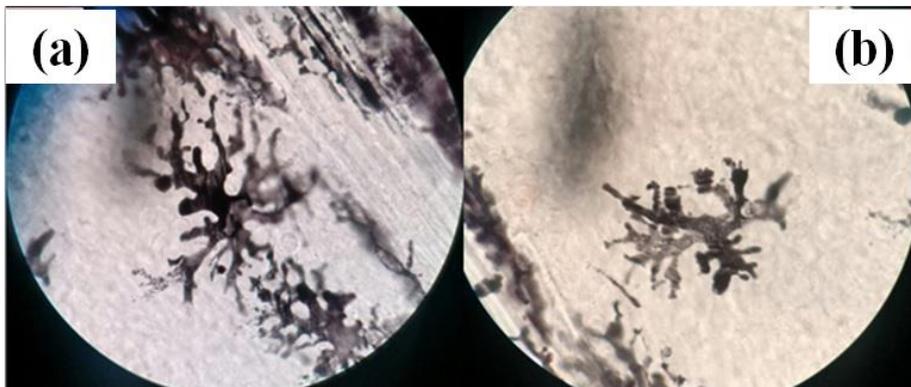


Fonte: Romão, 2018.

Os iridóforos funcionam como células refletoras porque contém cristais de guanina (purinas) de coloração prateada/azulada. As cores azuis iridescentes são desencadeadas pelo formato achatado dos iridóforos, que lhe conferem a estrutura de uma placa refletora de comprimentos de onda de cores azuis ou prateadas. Na maioria dos peixes com tonalidade azul, não há células pigmentares com estas cores. Em vez disso, verde ou azul é o resultado de iridóforos ou leucóforos que cobrem xantóforos e melanóforos da pele (FUJII, 2000). O efeito de reflexão e refração da luz provocando pelas células refletoras adjacentes a hipoderme do lebiste, junto ao efeito de filtragem dos xantóforos e melanóforos criam o efeito de padrão de cores e tonalidade, para quem está vendo esses peixes ornamentais (FUJII, 2000).

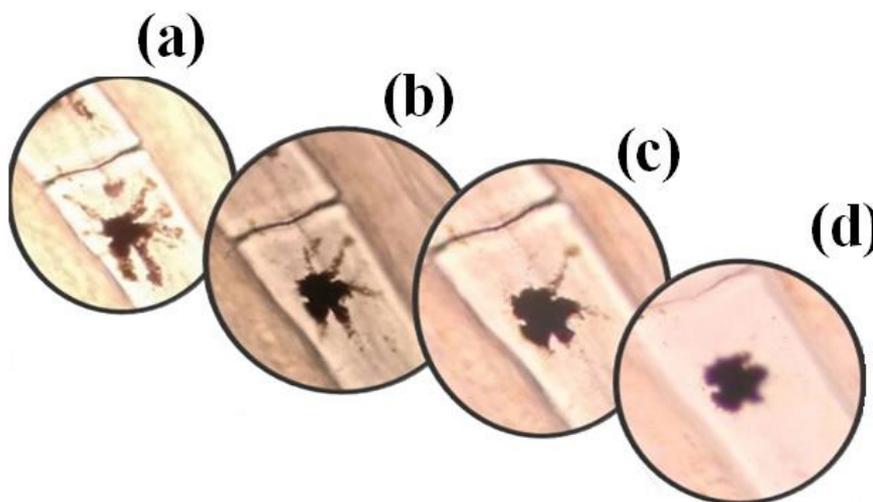
Os resultados evidenciaram que os selvagens produzem muita melanina, o que explica a grande variação de tonalidades de cores nos espécimes aliado a capacidade vigorosa de movimentação desses ao longo da estrutura celular do cromatóforo em resposta a luminosidade do ambiente (figura 11 e 12).

Figura 11 – Detalhe dos melanóforos e seu funcionamento mediante as estímulos luminosos. (a) pigmentos de melanina irradiando para os dendritos em fundo escuro; (b) retração dos pigmentos de melanina dentro do melanóforos durante a exposição de luz.



Fonte: Romão, 2018.

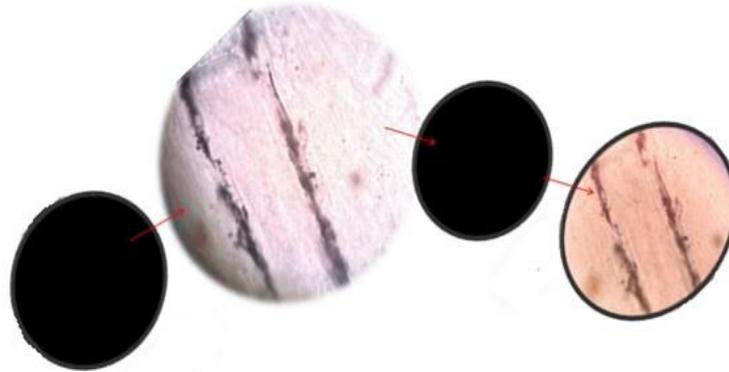
Figura 12 – Movimento dos pigmentos de melanina dentro dos melanóforos. (a), (b), (c) e (d) sequência de retração dos pigmentos entre os prolongamentos e saco elástico sob exposição a luz.



Fonte: Romão, 2018.

No caso dos albinos, observa-se a presença de xantóforos de coloração amarelo vermelho e alaranjado e, também, melanóforos contendo melanina em menor quantidade, mas os cromatóforos possuem uma forma arredondada desprovida de dendritos ou prolongamentos, o que provavelmente limita a visualização de cores e sua capacidade de camuflagem (figura 13).

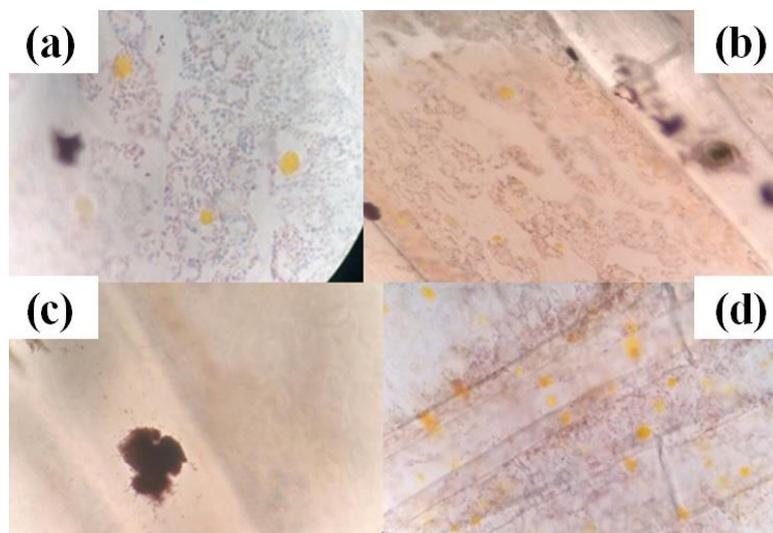
Figura 13 – Tipologia dos melanóforos encontrados em lebistes albinos mostrando a diminuição da quantidade de melanina.



Fonte: Romão, 2018.

Embora tenha sido observado uma certa contração do cromatóforo, o efeito de mudança de cor fica anulado nos albinos, pelo fato de existir a modificação da morfologia da maioria dos cromatóforos que não se enquadra na tipologia de melanóforos irradiados. O albino exibe um padrão de coloração branca prateada porque contém melanina em baixa quantidade que não é capaz de se movimentar dentro do melanóforos, e uma grande quantidade de células brancas chamadas leucóforos que também apresentam grânulos de guanina, resultando em uma coloração branca prateada (figura 14).

Figura 14 - Amostra da nadadeira de um espécime albino que apresentava cores estruturais azuis e iridescentes e leucóforos. (a), (b) e (c) detalhes dos iridóforos e leucóforos na epiderme do lebiste em conjunto com melanóforos e xantóforos.



Fonte: Romão, 2018.

As amostras de tecido epidérmico retirados da nadadeira caudal evidenciaram a diversidade de pigmentos encontrados no macho selvagem, variando entre o amarelo, vermelho, azul iridescente e o preto. Segundo Figueiredo (2011) estes três padrões de cores são importantes para atrair as fêmeas do lebiste e estão associados à herança genética do macho que potencializa as cores para executar o cortejamento. Assim, é comum encontrar os machos com uma grande quantidade de pigmentos carotenoides laranja, vermelho, e amarelo, pigmentos melânicos pretos e cores estruturais azuis e iridescentes na epiderme e hipoderme.

As fêmeas escolhem os machos que vão acasalar de pendendo da tonalidade da cor sendo que tons como o vermelho. Além da capacidade rápida alteração no padrão de coloração, estas modificações são usadas para a sobrevivência para evitar ataques de predadores, captura de presas de maneira mais eficiente, camuflagem, seleção sexual, entre outras funções (SUGIMOTO, 2002; SVENSSON et al., 2005).

Em peixes, tem-se observado uma cooperação entre dois tipos de cromatóforos, melanóforos e iridóforos, para formar diferentes tons de coloração na pele, padrão semelhante ao observado em anfíbios e répteis (OLIVEIRA e FRANCO-BELUSSI, 2012). Os cromatóforos (figuras 15 e 16) são células que apresentam inúmeras projeções citoplasmáticas com formato dendrítico, com vesículas contendo pigmentos que podem ser melanina, carotenoides, entre outros. A natureza desses pigmentos é responsável pela determinação do tipo de célula pigmentar. Nos peixes, essas células são encontradas na derme, epiderme e escamas, e estas migram para esses locais após serem originadas no tubo neural durante o desenvolvimento embrionário (HAWKES, 1974; TAKAHASHI et al., 2014).

Aparentemente o polimorfismo de cor tem sido associado em algumas espécies animais com risco de predação, pois quanto maior a disponibilidade de cores do indivíduo mais fácil é o processo de ajuste da camuflagem de contraste para ludibriar o predador. A cor pode também estar associada o ritual de comportamento, pois Martin e Hengstebeck (1981) verificaram que em lebistes certos padrões de cor dos olhos se correlacionam com comportamentos agressivos, e mudam rapidamente nos machos para determinar status reprodutivo.

Em comparação com rãs e répteis que mudam a cor lentamente, demorando até horas, os peixes mostram essa resposta em poucos minutos, porque a regulação não envolve hormônios, mas sem um estímulo neuro-humoral. Há diferenças também nos cromatóforos, pois nos peixes eles são menores, e a dinâmica das organelas pigmentares são mais coordenadas e mais rápidas quando comparada ao das rãs (KELMAN et al, 2006; RHODES e SCHLUPP, 2012).

Figura 15 – Corte em seção transversal da pele de peixes mostrando os cromatóforos.

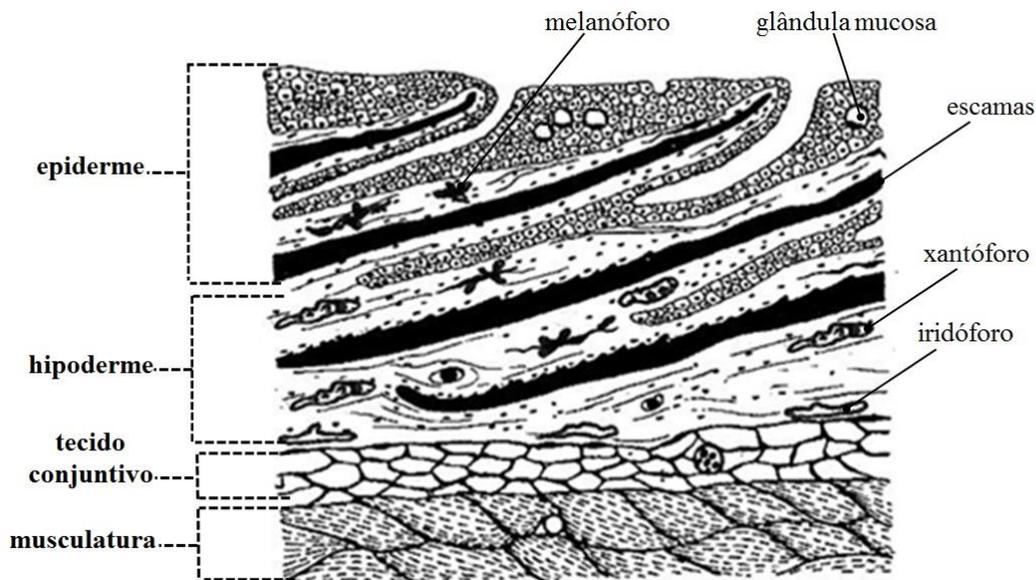


Ilustração: Monkolski, 2018.

Figura 16 – Organização estrutura geral da célula de um cromatóforo.

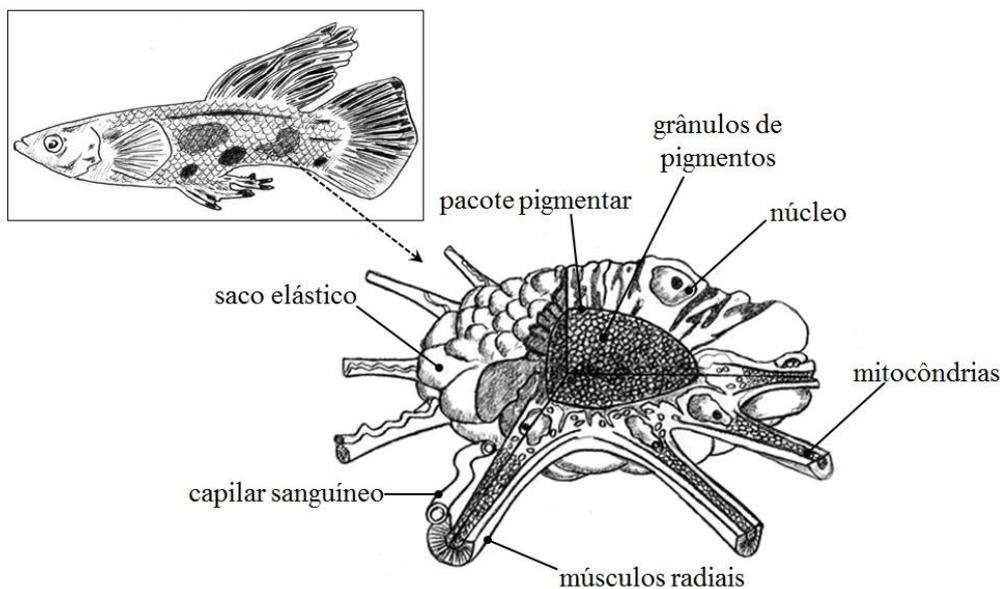


Ilustração: Monkolski, 2018.

Estudos sobre tilápia do Nilo e juvenis de salmões mostraram que a cor dos olhos está associada ao status social e a comunicação entre os indivíduos (SUTER; HUNTINGFORD, 2002; VOLPATO et al, 2003). Os autores dessas investigações sugerem que a cor dos olhos mudava de acordo com a situação do cardume, correspondendo a um sinal de comunicação. Em machos de *Astatotilapia burtoni* observa-se uma aparência associada ao aparecimento de

uma barra escura marcante nos olhos quando existem conflitos sociais ou reprodutivos. Estudos comparativos entre os cromatóforos de organismos usados no cultivo em aquicultura, ainda são relativamente escasso sendo necessário aprofundamento nesse tema (VOLPATO et al, 2003).

4.2 RESULTADOS DOS CRUZAMENTOS.

Os resultados alcançados a partir de linhagens já determinadas entre albinos e selvagens, são demonstradas a seguir:

- **Grupo do cruzamento teste: Macho Albino x Fêmea Selvagem (de família com indivíduos selvagens e albinos)**

Os cruzamentos desses indivíduos nos módulos experimentais 3 e 8 geraram apenas uma prole cada um, indicam a presença de heterozigose (figura 20). Neste cruzamento o objetivo foi identificar o genótipo da fêmea selvagem.

- **Grupo de Cruzamento do Tratamento I: Macho Albino x Fêmea Albina**

No tratamento 1 representado pelos módulos experimentais (1) nasceram 6 indivíduos e no (6) nasceram 4 indivíduos, proles 100% albinas. Os juvenis expressaram a condição de albinismo através da falta de melanina em todo o corpo, a presença da característica homozigota recessiva (figura 17). Aparentemente pouca ou nenhuma melanina foi formada no corpo e observou, em alguns indivíduos, uma redução significativa do número de melanóforos, sendo considerados pseudoalbinos.

Figura 17 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento I.

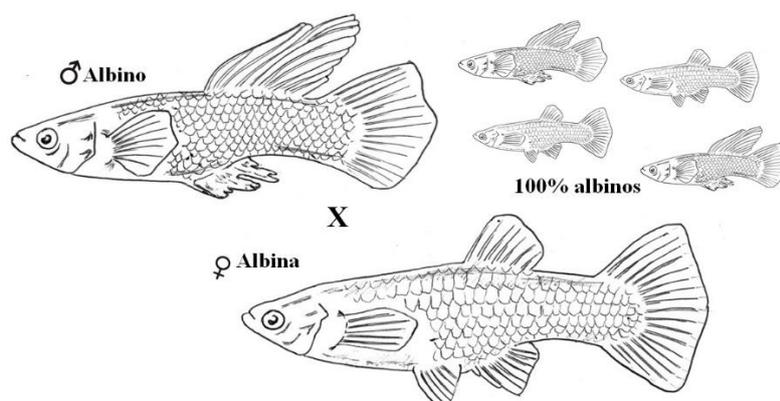


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Grupo de Cruzamento do Tratamento II: Macho Selvagem X Fêmea Selvagem**

No segundo cruzamento os casais selvagens do modulo 2 geraram um individuo 100% selvagem representada por apenas 3 indivíduos. Os juvenis e adultos possuíam melanóforos, o que caracteriza a presença de pigmentos pretos sob a epiderme e hipoderme (figura 18). Essa condição se refere a alelos homozigóticos dominantes, que determinam a produção de melanina desde o nascimento do juvenil. No módulo 7 as fêmeas não se reproduziram e por essa razão não foi possível observar o padrão de herdabilidade.

Figura 18 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento II.

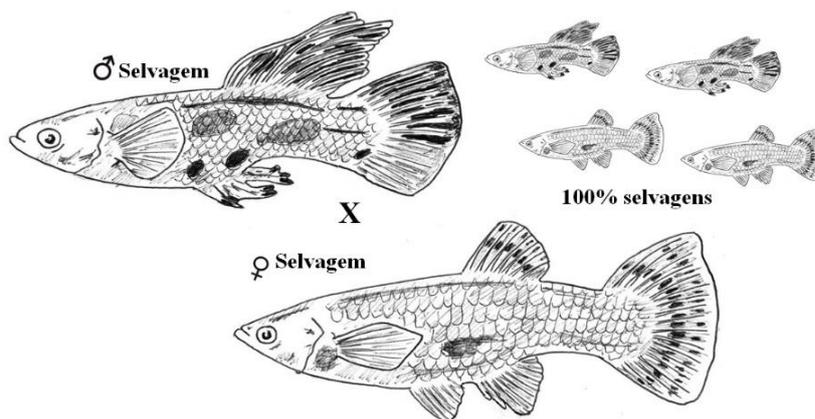


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Grupo de Cruzamento do Tratamento III: Macho Albino puro (originário de família de albinos) X Fêmea Selvagem pura (originária de família de selvagens)**

Nos cruzamentos do tratamento III obteve-se 100% de selvagens, indicando que os alelos que determinam essa condição são homozigotos dominantes. Apesar de existir a probabilidade de 50% selvagens e 50% albinos, a característica de albinismo não se manifestou na geração de filhotes.

Figura 19 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento III.

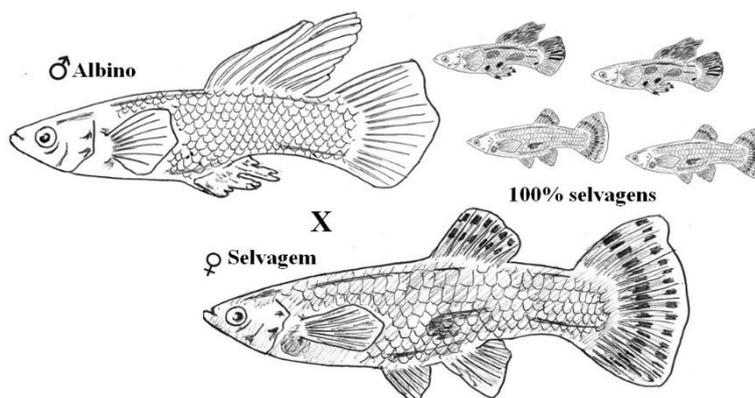


Ilustração: Monkolski, 2018.

- **Grupo Cruzamento Experimental IV: Macho Selvagem X Fêmea Albina**

No cruzamento entre macho selvagem e fêmeas albinas, do módulo 4, nasceu apenas um indivíduo selvagem e 16 indivíduos albinas, demonstrando que o macho tem características de heterozigose. Nesse cruzamento haveria a probabilidade de nascerem 50% de cada fenótipo, filhos normais não portadores do gene e filhos heterozigotos portadores do gene. Os resultados evidenciaram que a coloração albina e selvagem se manifestaram na prole (figura 20).

Figura 20 – Fenótipo dos indivíduos filhos gerados no grupo de cruzamento do tratamento IV.

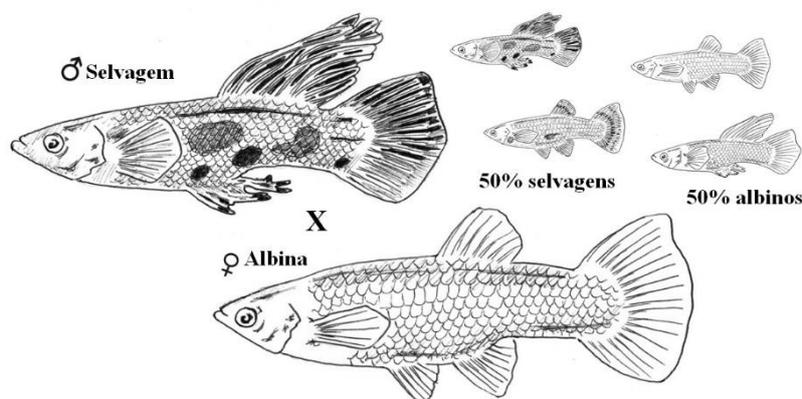


Ilustração: Monkolski, 2018.

Como citado anteriormente nos tratamentos 7, 5 e 9 delineados, não foi obtido reprodução no período de ensaio, devido ao tempo ser curto e a chegada do inverno, que é um período que eles quase não reproduzem. Os resultados obtidos possibilitaram deduzir a existência do genótipo homozigoto recessivo aa e o genótipo dominante homozigoto (SS), que determinam a expressão da coloração albina e selvagem. No cruzamento desenvolvido entre machos SS x fêmea aa, e macho aa x fêmea SS, uma se mostrou homozigótica e o outro heterozigoto, assim a ocorrência dos genótipos esperados foi efetivamente realizada, pois, se uma fêmea heterozigótica for acasalada com um macho heterozigoto a prole produzida teria uma proporção de 75% para selvagem e 25% para albino. Tal resultado foi realmente obtido neste experimento.

Os resultados do experimento corroboram com os padrões de herança descritos na literatura (GRIFFITHS et al, 2011), principalmente nos tratamentos II e III que indicaram o padrão de herança completa. O cruzamento entre linhagens puras de selvagens e mutantes (albinos) indicaram que o alelo para fenótipo selvagem é dominante sobre o alelo albino recessivo.

Destes experimentos apenas os espécimes no tratamento IV apresentaram características de heterozigose incompleta, nos demais cruzamentos obtiveram-se proles homozigotas. Uma revisão da literatura revelou que apenas vinte casos de albinismo parcial ou total acontecem em espécies de tubarões. A escassez desse fenômeno pode ser resultado da diversidade no padrão de coloração fazendo com que espécimes albinos se tornem presas fácil para predadores (TALENT, 1973). Todavia, alguns indivíduos albinos conseguem chegar a idade adulta, pois são características atípicas e muito raras em lebiste de ambiente natural, bem como em outras espécies (BARRULL et al., 2002). Casos de albinismo parcial ou total foram relatados em outros peixes.

Num estudo realizado em espécies de peixinhos dourados, o gene A não é inibidor e nem inativo, mas controla a deposição normal de melanina e o desenvolvimento normal dos melanóforos. Onde o gene hipostático também governa a formação de melanina e o desenvolvimento de melanóforos, mas sua ação é lenta. Já em espécimes selvagens o início da formação de melanina e o desenvolvimento dos melanóforos são rápidos (YAMAMOTO, 1973).

Experimentos de cruzamento genético indicam que a regressão do pigmento em *Astyanax* é um traço poligênico. Em alguns casos os testes de complementação resultam em híbridos F1 com maior pigmentação, o que é sugestivo de genes diferentes, enquanto em outros há não-complementação, indicando que os mesmos genes estão envolvidos. Recentemente, foram identificados 18 QTL (“Quantitative Trait Loci”), significa identificar sua posição no genoma e estimar seus efeitos), diferentes que afetam a quantidade e a qualidade da pigmentação baseada em melanóforos no peixe-caverna de Pachón. Entre os muitos QTL e genes preditos que definem aspectos de melanóforo e redução de pigmento, existem dois traços relativamente simples cujos genes e mutações subjacentes foram identificados e caracterizados o gene do albinismo e o chamado gene marrom (JEFFERY, 2000).

5. CONCLUSÕES

A hipótese apresentada no início da pesquisa a respeito dos resultados parciais de padrão de herança do albinismo indica que a característica é resultante de uma mutação, sendo o alelo mutante recessivo e o alelo selvagem dominante.

No que se refere ao processo reprodutivo do lebiste, conforme observado, o mesmo apresenta algumas características desejáveis, como por exemplo, facilidade de seleção de

reprodutores, baixíssimo índice de mortalidade, características que potencializam a expansão do cultivo do lelbiste para a ornamentação.

A metodologia de cruzamentos entre linhagens mostrou-se uma técnica viável para quem procura realizar cultivos de peixes ornamentais únicos com características selecionadas a partir de técnicas de melhoramento genético. De acordo com os resultados do experimento realizado esta técnica proporciona uma maior variação no padrão de coloração onde obteve-se no tratamento (1) 100% albino; no tratamento (2) 100% selvagens, onde no cruzamento teste foi determinado que o albinismo é uma característica resultante de uma mutação que ocorre no alelo recessivo; no tratamento (3) obtiveram-se indivíduos 100% selvagens e no tratamento (4) verificou-se que o macho apresenta característica de heterozigose, apresentando indivíduos com coloração albina e selvagens.

Em relação à análise dos pigmentos encontrados na pele foi possível ver cores laranja, vermelho, e amarelo, pigmentos melânicos pretos e cores estruturais azuis e iridescentes.

Esses dados levantados no estudo são importantes para compreender os padrões de herdabilidade de lelbiste, que ainda foram pouco explorados.

Espera-se contribuir dessa forma, com aumento de informações sobre esse fenômeno hereditário, é facilitar os procedimentos de cruzamento a fim de obter uma característica de cor desejável a ornamentação.

REFERENCIAS

ANDRADE, R. L.B.; ANDRADE, L. S.; BOSCOLO, W. R.;³ e SOARES, C. M. S.; **Comportamento, sobrevivência e desenvolvimento de lebigtes, ebistes, *Poecilia reticulata*** *Poecilia reticulata reticulata*, submetidos a agentes utilizados na profilaxia de doenças. Universidade Estadual de Maringá. Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 27, núm. 4, 2005, p. 1-7.

ARANHA, J. M. R. e CARAMASCHI, E. P.; Estrutura populacional, aspectos da reprodução e alimentação dos Cyprinodontiformes (Osteichthyes) de um riacho do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 1999, p. 637–651.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**, 3 edição. ed. 293 editoraufsm, Samta Maria, 2013.

B A R R U L L, J.; MATE, I. BUENO M.; **Presence of atypical characteristics in a specimen of small-spotted catshark *S c y l i o r h i n u s c a n i c u l a* (Linnaeus, 1758) caught in the Mediterranean**. Ann. Ser. Hist. Nat., 12: 2002. 23-26 p.

CARDOSO, R. S. **Caracterização da Aquicultura Ornamental na Zona da Mata Mineira**. Disponível em:< <http://pt.scribd.com/doc/60243831/aquiculturaornamental-na-zona-da-mata-mineira>>. Acesso em: 19 de jan. 2012.

COMTRADE - **Commodity Trade Statistics Database. Top export and Import of Ornamental Fish (live)**. Disponível em <<http://comtrade.un.org/db/ce/ceSnapshot.aspx?px=H1&cc=030110>>. Acesso: 30 de maio de 2018.

_____. Confederação dos Criadores de Guppy: micarif. Disponível em:<http://www.ccg.org.br/fotos_micarif.htm> Acesso em 22 de maio. 2018.

DERGAM, J. A.; PAIVA, S. R.; SCHAEFFER, C. E.; GODINHO, A. L. e VEIRA, F. **Phylogeography and RAPDPCR variation in *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Pisces, Teleostei) in southeastern Brazil**. Genet. Mol. Biol., n.25, p.379- 387, 2002

JEFFERY, W. R.; STRICKLER, A. G, GUINEY, S. HEYSER, D.; **Tomarev SI. Prox1 in eye degeneration and sensory organ compensation during development and evolution of the cavefish *Astyanax***. Dev Genes Evol. 2000; p. 223–30.

FERREIRA, A. B. H.; **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**: Ed. Positivo, ed.4, Curitiba, 2009. 2 272 p.

FIGUEIREDO, E. P.; MARINHO, L. P. SILVA, M. N. Escolha Feminina no comportamento reprodutivo de *Poecilia reticulata*. Aracajú: **Cadernos de Graduação – Ciências biológicas e saúde**, V.13, n.14 jul/dez 2011. 35-46 p.

FRIDMAN, C. **As 1º e 2º leis de Mendel e conceitos básicos de citogenética**. Licenciatura em ciências. USP/UNIVESP. 2010. 3-28 p.

FUJII, R. A regulação da atividade móvel em cromatóforos de peixes . **Pigment Cell Res.** **13**, 2000. 300-319 p.

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; Carroll, S. B. **Introdução à Genética**. 9º edição. Guanabara Koogan. 712p. 2008.

HICKMAN JR., C. P.; ROBERTS, L. R.; LARSON, A. **Princípios integrados de biologia IV**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 846 p.

KELMAN, E. J.; TIPTUS, P.; OSORIO, D. A solha juvenil (*Pleuronectes platessa*) produz camuflagem combinando de forma flexível dois padrões separados . **J. Exp. Biol.** **209**. 2006. 3288-3292 p.

KUBITZA, F.; Qualidade da água na produção de peixes - parte I. **Panorama da aquicultura**, vol.8, nº45, 1998.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí. 229 p. 2003.

LEITE, A.S. V.; SOUZA, C. D.; JUNIOR, A. F.: Padronização de uma metodologia para a análise citogenética de uma linhagem selecionada de lebiste (*Poecilia reticulata*). **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 3. 2012. 60-76 p.

LIMA, A. O.; BERNADINO, B.; PROENA, C.E.M. de. Agronegócio de Peixes Ornamentais no Brasil e no Mundo. **Panorama da Aquicultura**. v. 11, n. 65. 2001.17-23 p.

LIMA, A. O. Aquicultura Ornamental: O potencial de mercado para algumas espécies de peixes ornamentais. **Panorama da Aquicultura**. v. 13, n. 78. 2003. 28-29 p.

LIMA, A. O. Aquicultura Ornamental: Políticas Públicas Dirigidas Podem Colocar o Brasil Junto aos Maiores Produtores Mundiais. **Panorama da Aquicultura**. v. 14 n. 83. 2004. 58-59 p.

LINHARES, R. M. **Densidade e distribuição dos cromatóforos na pele do cardinal tetra (*Paracheirodon axelrodi* Schultz 1956) após exposição à luz intensa**. UFAM, 2015, 15 p. Relatório Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), Manaus, 2014-2015.

MARTIN, F. D.; HENGSTEBECK, M. F. Cor dos olhos e agressividade em guppies juvenis, *Poecilia reticulata* peters (Peixes: Poeciliidae) . **Anim Beh.** **29**. 1981.325-331 p.

- MONTEIRO, A. B. **Biogeografia Evolutiva: A seleção sexual e o índice de predação como fatores evolutivos do Lebistes (*Poecilia reticulata*) em comunidades íctias**. 2013. 98 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2013.
- ORR, R. T. **Biologia dos vertebrados**. 5ª ed. São Paulo: Roca, 1996. 518 p.
- PAIVA, S. C. **Curvas de Crescimento Morfométrico de Guppy (*Poecilia Reticulata*) do Nascimento à Maturidade Sexual**. 2012. 44 p. Dissertação (Mestrado Aquicultura) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia.
- PEDRAZZANI, A. S.; MOLENTO, C. F. M.; CARNEIRO P. C. F.; CASTILHO M. F.: **senciência e bem-estar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor. Panorama da Aqüicultura**, julho/agosto, 2007.
- PEREIRA, D. A. S. **Aquariofilia no Brasil: Identificação dos Aquariofilistas e as Principais Características da Atividade em Água Doce**. 2015. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pampa, Curso de Tecnologia em Aquicultura, Uruguaiana, 2015.
- PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal**. Ed. 5, **Editora FEPMVZ**. 2008. 617 p.
- PEREIRA D. A. S.; **Aquariofilia no Brasil: identificação dos aquariofilistas e as principais características da atividade em água doce**. Uruguaiana 2015.
- PINHEIRO, M. C.; **Conceitos básicos no ensino de genética: do livro didático ao estudante**. Porto alegre. 2010. P.1-40.
- RADIONOVA, M.I.; NIKITIN S.V. BORODIN, P.M. **Synaptonemal complex analysis of interspecific hybrids of *Poecilia*** (Teleostei, Poeciliidae). 1996.
- RAMOS, M. M. **Anatomia Completa do Guppy**. Disponível em :<www.forumamordepeixe.com.br/viewtopic.php?f=36&t=130> Acesso em: 17 de out. 2011.
- RHODES, S. B.; SCHLUPP, I. **Mudança rápida e socialmente induzida de um distintivo de status** . *J. Fish Biol.* **80**. 2012. 722-727 p.
- SANTOS, V.; **Diferença entre genótipo e fenótipo**. Disponível em: <<https://biologianet.uol.com.br/genetica/diferenca-entre-genotipo-fenotipo.htm>> Acesso em: 31 de maio, 2018.
- SILVA, R. P.; ROMÃO, S.; **Estabelecimento e manutenção de linhagens do peixe ornamental *poecilia reticulata* (PETERS, 1859) EM AMBIENTE CULTIVO. ANAIS DA JIC - JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**, [S.l.], v. 1, n. 7, set. 2017. ISSN 2526-205X. Disponível em:<<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/view/5705>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

- SUTER, H. C.; HUNTINGFORD, F. A. Cor dos olhos em juvenis do salmão do Atlântico: efeitos do status social, agressão e sucesso no forrageamento. **J. Fish Biol.** **61**. 2002. 606-614 p.
- STORER, T. I.; USINGER, R. L.; STEBBINS, R. S.; NYBAKKEN, J. W. **Biologia IV geral**. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. 816 p.
- SZPILMAN, M. **Peixes marinhos do Brasil**: guia pratico de identificacao. Rio de Janeiro: M. Szpilman, 2000. 288 p.
- VALÉRIO, S. B.; SUARÉZ, Y. R. **Aspéctos Populacionais de Poecilia Reticulata (Petters, 1859) em um riacho da Bacia Dourado – MS**. Disponível em:<www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/programas/senior/RESUMOS/resumo_1255.html>
Acesso em: 22 de jan. 2012.
- VIDAL, M. V.J. Peixes ornamentais: reprodução em aqüicultura. **Panorama da Aqüicultura**. v.1, n.5. 2003. 22-27 p.
- VIDAL, M. V. J. Boas Perspectivas para a Piscicultura Ornamental. **Panorama da Aquicultura**. v. 12, n. 71. 2002. 42-45 p.
- VIDAL, M. V. J. Reprodução em Aquicultura. **Panorama da Aquicultura**. v. 13, n. 79. 2002. 22-27 p.
- VOLPATO, G. L.; LUCHIARI, A. C, DUARTE, C. R, BARRETO, R. E.; RAMANZINI, G. C. Cor dos olhos como indicador de classificação social na tilápia do Nilo. **Braz. J. Med. Biol. Res.** **36**. 2003. 1659-1663 p.
- YAMAMOTO, T.; Inheritance of albinism in the goldfish, *Carassius auratus*. Japan. **J. GENETICS** Vol. 48. 1973. 53-64 p.
- STORER, T. I.; USINGER, R. L.; STEBBINS, R. S.; NYBAKKEN, J. W. **Biologia IV geral**. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. 816 p.
- SZPILMAN, M. **Peixes marinhos do Brasil**: guia pratico de identificacao. Rio de Janeiro: M. Szpilman, 2000. 288 p.
- ZIMERMANN, S.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MOREIRA, H. L. M. **Fundamentos da moderna aqüicultura**. Canoas: Ed. ULBRA, 2001. 200 p.